

BAB I

PENDAHULUAN

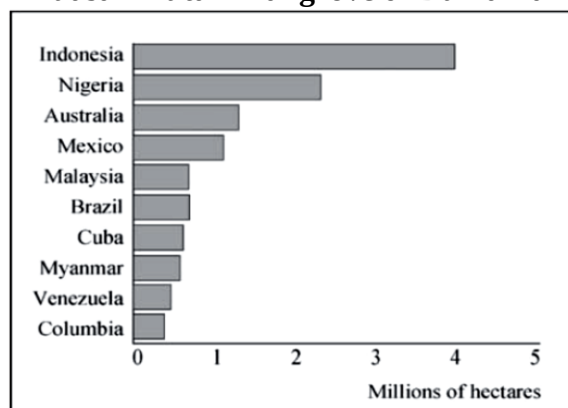
1.1. Latar Belakang

Hutan mangrove merupakan suatu ekosistem yang kompleks dan khas yang merupakan perpaduan antara ekosistem daratan dan lautan. Selain itu hutan mangrove berkembang pada lokasi-lokasi yang masih dipengaruhi oleh pasang surut air laut yang merembes pada aliran sungai di sepanjang pesisir pantai. Oleh karena perpaduan tersebut, ekosistem mangrove sangat berperan dalam memelihara ekosistem daratan juga ekosistem lautan.

Menurut Aksornkoe (1993, dalam Collins et al., 2008) ekosistem mangrove mempunyai peran yang sangat vital bagi kelangsungan hidup masyarakat pesisir, baik sebagai penyedia sumberdaya ekonomi (produk perikanan) maupun sebagai penopang daya dukung lingkungan bagi tempat huni masyarakat pesisir yang aman dan nyaman.

Sebaran hutan mangrove di dunia sebagian besar terdapat di benua Asia. Berdasarkan data World Resources Institute tahun 1996 (dalam Collins et al., 2008), negara yang mempunyai hutan mangrove terbesar secara berturut-turut ialah Indonesia, kemudian Nigeria, Australia, Mexico, Malaysia dan Brasil sebagaimana pada gambar 1.1. Miramontes-Beltran et al. (2016) memperkirakan luasan hutan mangrove hingga akhir abad ke-20 tinggal kurang dari 50%. Sedangkan separuh dari sisa yang masih ada tersebut diperkirakan dalam kondisi kritis.

Gambar 1. 1
Sebaran Luasan Hutan Mangrove di Dunia Tahun 1996.



Sumber: World Resources Institute (1996, dalam Collins et al., 2008)

Menurut data FAO of United Nations (2007) luas hutan mangrove di dunia pada tahun 2005 hanya sekitar 15,2 juta ha. Ada sekitar 3,6 juta ha hutan mangroves yang hilang sejak tahun 1980. Pada periode tahun 1980-an hutan mangrove yang hilang sebanyak 185.000 ha/tahun, pada periode tahun 1990-an telah hilang 118.500 ha/tahun, dan pada tahun 2000-2005 telah hilang 102.000 ha/tahun.

Meskipun tren luasan pertahun hutan mangrove yang hilang mengalami penurunan, namun secara agregat hilangnya hutan mangrove tersebut bisa dibilang sangat signifikan dan mengawatirkan. Jika kita coba hitung dengan asumsi berkurangnya hutan mangrove per tahun adalah konstan yaitu 102.000 ha/tahun, dengan estimasi sisa hutan mangrove seperti yang telah disebutkan di atas yaitu seluas 15,2 juta ha pada tahun 2005, maka diperkirakan 150 tahun kedepan yaitu tahun 2154 hutan mangrove di dunia berpotensi hilang.

Di Indonesia sendiri luasan hutan mangrove mengalami tren yang juga menurun. Kerusakan hutan mangrove di Indonesia mencapai sekitar 530.000 ha/tahun (Sari, 2011). Menurut Widigdo (2000, dalam Rochana, 2001) luas hutan mangrove di Indonesia berkurang dari 5,21 juta hektar pada tahun 1982 menjadi 3,24 juta hektar pada tahun 1987. Disamping itu berdasarkan data FAO luas hutan mangrove di Indonesia pada tahun 2005 adalah 3.062.300 ha. Sedangkan data terbaru tahun 2009 yang dirilis oleh BAKOSURTANAL (dalam Kordi, 2012) yang saat ini bernama Badan Informasi Geospasial menyatakan bahwa luas hutan mangrove di Indonesia tinggal sekitar 3,244 juta ha. Berdasarkan data awal dari Widigdo (2000, dalam Rochana, 2001) dan data terakhir dari Badan Informasi Geospasial tersebut maka luasan hutan mangrove yang hilang dalam kurun waktu dua puluh tujuh (27) tahun adalah seluas 1,98 juta ha atau hilang 73.333 ha per tahun. Jika hal ini tidak segera ditanggulangi maka dalam empat puluh lima tahun kedepan (tahun 2054) hutan mangrove di Indonesia beresiko dapat hilang seluruhnya.

Kota Tarakan sendiri merupakan salah satu daerah di Indonesia yang hutan mangrovenya dari tahun 2001 hingga 2006 juga mengalami degradasi. Tekanan yang berlebihan terhadap kawasan hutan mangrove untuk berbagai kepentingan tanpa mengindahkan kaidah-kaidah pelestarian alam telah mengakibatkan terjadinya penurunan luas hutan mangrove yang cukup drastis. Padahal ekosistem

mangrove mempunyai peran yang sangat penting bagi Kota Tarakan dimana sebagai kota pulau tentu sangat rentan terhadap ancaman tsunami, abrasi pantai, angin besar, intrusi air laut, dan kenaikan muka air laut. Selain itu sebagai kota yang didominasi ekosistem pesisir maka kehidupan ekonomi masyarakatnya khususnya masyarakat pesisir sangat bergantung langsung pada pemanfaatan sumberdaya laut dan pesisir dimana hutan mangrove mempunyai peran vital di dalamnya.

Berdasarkan beberapa penelitian telah membuktikan bahwa rusaknya/hilangnya ekosistem mangrove dapat berdampak negatif bagi Kota Tarakan. Hilangnya ekosistem mangrove tersebut dapat menyebabkan erosi pantai sekitar 20 cm dalam kurun waktu delapan (8) tahun (Saito, 2005 dalam Collins et al., 2008). Selain itu berdasarkan riset yang dilakukan oleh tim dari Institut Teknologi Bandung (ITB), salah satu pulau yang memiliki pantai yaitu Tarakan, sebagian sisi daratannya diprediksi bakal tenggelam pada 2030 (<http://www.jpnn.com/read/2011/11/10/107776/Abrasi-Pantai-Tarakan-Makin-Parah->). Hal tersebut didasarkan pada tren kenaikan muka air laut dan abrasi pada wilayah dengan ekosistem mangrove yang telah hilang/rusak. Penelitian Triwahyuni (2009) memperkuat dimana kemunduran garis pantai akibat abrasi cenderung terjadi pada bagian selatan Kota Tarakan. Menurut penelitiannya, dalam kurun waktu tahun 1991-2001 di beberapa tempat mengalami sedimentasi, namun terdapat beberapa area juga yang mengalami kemunduran pantai antara 0,65 meter-12,93 meter, terutama pada daerah yang hutan mangrovenya rusak atau hilang. Hal tersebut tentu saja akan semakin memperburuk ketersediaan lahan untuk menopang kehidupan masyarakat di Kota Tarakan yang sudah sangat terbatas.

Dalam perspektif perubahan iklim, ekosistem mangrove berperan penting dalam mencegah percepatan terjadinya perubahan iklim global. Setidaknya dengan rasio luasan hutan mangrove yang hanya sekitar 0,7% dibandingkan luas keseluruhan hutan, namun justru mampu menyimpan 10% dari semua emisi karbon (Purnobasuki, 2006). Menurut penelitian CIFOR (*Center for International Forestry Research*) hutan mangrove mampu menyimpan karbon 5 (lima) kali lebih besar dibandingkan hutan terestrial (Aziz et al., 2015). Bahkan dari 11,5 milyar ton karbon biru yang mampu diserap oleh ekosistem pesisir sekitar 57% diantaranya (6,5 milyar ton) diserap oleh mangrove (Ahmed & Glaser, 2016). Setidaknya tiap

hektar hutan mangrove mampu menyimpan 1023 ton karbon biru didalam biomasa dan bawah tanahnya (Ahmed & Glaser, 2016). Meskipun begitu dalam periode 20 tahun terakhir ruang penyimpanan karbon oleh hutan mangrove yang hilang mencapai 3,2 juta ton akibat adanya konversi hutan mangrove menjadi aquaculture (Aziz et al., 2015). Sedangkan Ahmed & Glaser (2016) memperkirakan bahwa konversi tiap hektar hutan mangrove menjadi budidaya tambak mampu menghilangkan potensi penyimpanan karbon biru sebanyak 661 hingga 1135 ton/ha.

Dari berbagai permasalahan yang ditimbulkan akibat rusaknya dan hilangnya ekosistem hutan mangrove, baik dalam lingkup lokal Kota Tarakan maupun lingkup global terkait perubahan iklim, sudah seharusnya ada perhatian khusus terhadap keberlanjutan ekosistem hutan mangrove yang terintegrasi dalam suatu kebijakan tata ruang yang ada. Oleh karena itu monitoring dan manajemen hutan mangrove menjadi penting untuk dilakukan.

1.2. Perumusan Masalah

Kondisi hutan mangrove di Kota Tarakan berpotensi terus mengalami kerusakan dan banyak hutan mangrove yang hilang. Rusaknya ekosistem mangrove berkonsekuensi secara global terhadap perubahan komposisi atmosfer, kenaikan suhu udara yang berimplikasi pada kenaikan permukaan air laut dan meningkatkan abrasi pantai dan menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Akibatnya di Kota Tarakan diprediksi kenaikan muka air laut mencapai 14,7 cm pada tahun 2030 (Purbo et al., 2016).

Berdasarkan data dalam materi teknis RTRW Kota Tarakan tahun 2012-2032, sejak tahun 2001 hingga 2006 (dalam kurun waktu enam tahun) kawasan hutan mangrove telah berkurang 334 hektar (66,8 ha/tahun). Hal ini tentu saja sangat menghawatirkan mengingat predikat Kota Tarakan sebagai kota pulau (pulau kecil) dengan berbagai kerentanannya dimana ekosistem hutan mangrove sangat berperan penting di dalamnya.

Tabel 1. 1
Luas Hutan Mangrove Kota Tarakan Tahun 2001-2006

No	Sumber	Luas (ha)	Tahun
1	Data Dinas Kehutanan (PT. Interaka)	1.100	2001
2	DPUTR Kota Tarakan	1.201	2005
3	Universitas Borneo	766	2006

Sumber: Materi Teknis RTRW Kota Tarakan 2012-2032

Sebagai langkah antisipasi terhadap dampak negatif kerusakan ekosistem mangrove di Kota Tarakan dan mencegah terjadinya perubahan iklim, monitoring perkembangan hutan mangrove menjadi penting untuk dilakukan. Dalam memonitor hutan mangrove tidak cukup sebatas luasan, sebarannya dan kondisinya saja, namun kesesuaiannya terhadap kebijakan tata ruang juga sangat penting untuk dianalisis. Selain itu sebagai langkah mitigasi perubahan iklim dan bentuk komitmen Indonesia dalam hal ini Kota Tarakan terhadap UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*), potensi penyimpanan karbon perlu dikalkulasi.

Banyak metode maupun pendekatan untuk memonitor hutan mangrove, namun pemanfaatan teknik penginderaan jauh merupakan yang paling efektif dan efisien digunakan khususnya untuk memonitor hutan mangrove dengan cakupan luas dan multitemporal serta bersifat tahun lampau (mundur ke belakang), yang tentu saja sangat sulit bahkan tidak bisa dilakukan melalui pegamatan/observasi di lapangan.

Dalam pemanfaatan penginderaan jauh untuk vegetasi (mangrove), penilaian kondisi dan stok karbon hutan mangrove dapat dianalisis menggunakan indeks vegetasi. Namun masing-masing indeks vegetasi mempunyai keakuratan khas yang sangat dipengaruhi oleh karakteristik wilayah (pesisir) dan karakteristik hutan mangrove pada masing-masing wilayah. Oleh karena itu berbeda wilayah umumnya akan berbeda juga jenis indeks vegetasi yang paling akurat dalam menginterpretasikan kondisi hutan mangrove tersebut.

Dengan kekhasan karakteristik wilayah (pesisir) dan hutan mangrove di Kota Tarakan, maka penting untuk menentukan jenis indeks vegetasi yang paling baik dan akurat digunakan untuk membantu memonitor dan menginterpretasi

perkembangan dan stok karbon hutan mangrove di Kota Tarakan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mendalam mengenai Kajian Perkembangan Hutan Mangrove Berdasarkan Indeks Vegetasi yang Paling Sesuai di Wilayah Pesisir Kota Tarakan. Penelitian tersebut dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Seberapa jauh perkembangan hutan mangrove di Kota Tarakan?
2. Jenis indeks vegetasi apa yang paling baik dan akurat untuk mengkaji kondisi dan stok karbon hutan mangrove di Kota Tarakan?
3. Bagaimana kesesuaian hutan mangrove terhadap kebijakan tata ruang yang ada?

1.3. Tujuan dan Sasaran Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini ialah untuk mengkaji perkembangan hutan mangrove dan menemukan jenis indeks vegetasi yang paling akurat untuk menginterpretasi kondisi dan stok karbon hutan mangrove, serta mengkaji kesesuaian lahan hutan mangrove terhadap kebijakan tata ruang. Sasarannya ialah untuk menganalisis sebaran dan luasan hutan mangrove multitemporal di Kota Tarakan melalui teknik analisis *klasifikasi citra* terbimbing terhadap Citra Landsat tahun 2000 dan 2016, menganalisis jenis indeks vegetasi yang paling sesuai digunakan untuk menilai kepadatan dan stok karbon hutan mangrove, serta menganalisis kesesuaian lahan hutan mangrove terhadap kebijakan tata ruang Kota Tarakan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah:

1. Memberikan informasi kepada *stakeholder* khususnya masyarakat dan Pemerintah Kota Tarakan terkait nilai penting ekosistem mangrove.
2. Memberikan informasi jenis indeks vegetasi yang paling baik digunakan untuk menganalisis kondisi dan potensi penyimpanan karbon hutan mangrove di Kota Tarakan.
3. Memberikan alternatif kebijakan dalam pengelolaan hutan mangrove.

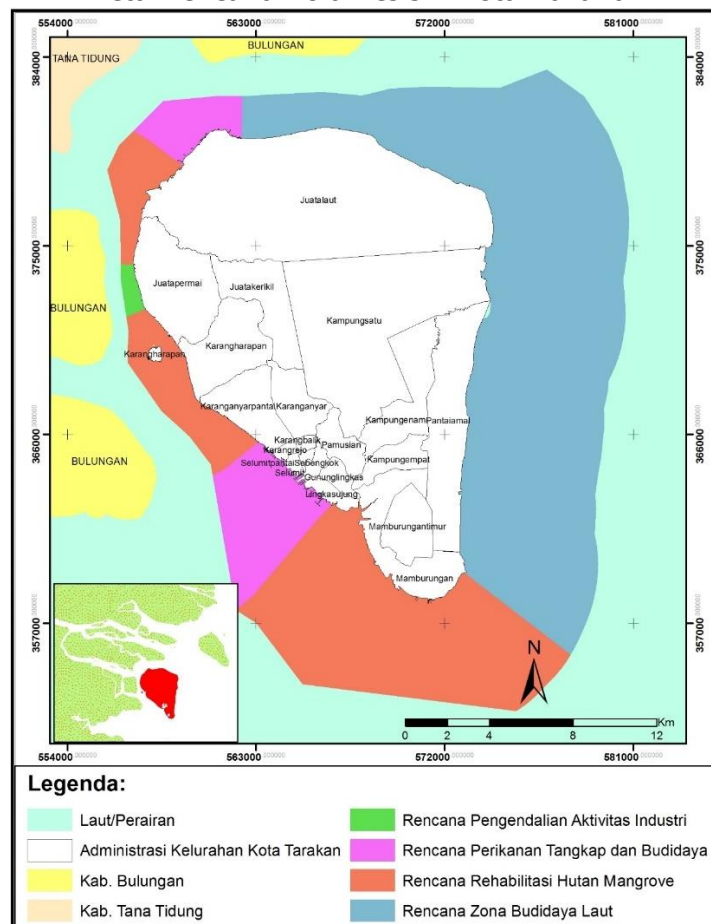
1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dibedakan menjadi dua yaitu ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup materi sebagaimana subbab berikut.

1.5.1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah penelitian ialah wilayah pesisir di Kota Tarakan secara keseluruhan baik zona daratan, maupun zona peralihan khususnya dimana ekosistem mangrove tersebut berada. Wilayah pesisir Kota Tarakan penting untuk diteliti mengingat Kota Tarakan sebagai kota pulau sekaligus menjadi salah satu pulau kecil di Indonesia yang sebagian besar wilayahnya merupakan pesisir dan sebagian besar penduduknya bermukim di wilayah pesisir Kota Tarakan. Pentingnya wilayah pesisir bagi kehidupan penduduk Kota Tarakan menjadikan wilayah pesisir di Kota Tarakan menarik untuk dikaji, khususnya disini terkait perkembangan hutan mangrove.

Gambar 1. 2
Peta Rencana Pola Pesisir Kota Tarakan



Sumber: Penulis (2017)

1.5.2. Ruang Lingkup Materi

Untuk mempermudah dan memperjelas laporan penelitian ini maka ruang lingkup materi yang akan dibahas ialah:

- Mangrove yang menjadi obyek penelitian ialah hutan mangrove yang hidup di wilayah pesisir Kota Tarakan. Hutan mangrove disini merupakan komunitas vegetasi pantai, yang didominasi oleh beberapa spesies pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai yang berlumpur.
- Peneliti hanya membahas tentang perkembangan hutan mangrove di wilayah pesisir Kota Tarakan secara temporal berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi citra satelit. Sehingga guna/tutupan lahan lainnya tidak menjadi materi penelitian ini. Perkembangan hutan mangrove yang dianalisis meliputi luasan dan sebaran hutan mangrove, serta kondisi dan stok karbon hutan mangrove berdasarkan kerapatan tajuk yang diinterpretasi secara digital berdasarkan nilai pantulan citra.
- Kerapatan hutan mangrove dan stok karbon hutan mangrove ditetapkan berdasarkan nilai suatu indeks vegetasi terakurat yang akan ditentukan juga dalam penelitian ini. Jenis indeks vegetasi yang paling akurat tersebut ditentukan berdasarkan perbandingan nilai korelasi dan persamaan regresi antara berbagai nilai indeks vegetasi tersebut dengan kondisi riil hasil pengukuran di lapangan.
- Kebijakan pengelolaan konservasi hutan mangrove dianalisis berdasarkan *overlay* kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove terhadap rencana pola ruang dalam RTRW.

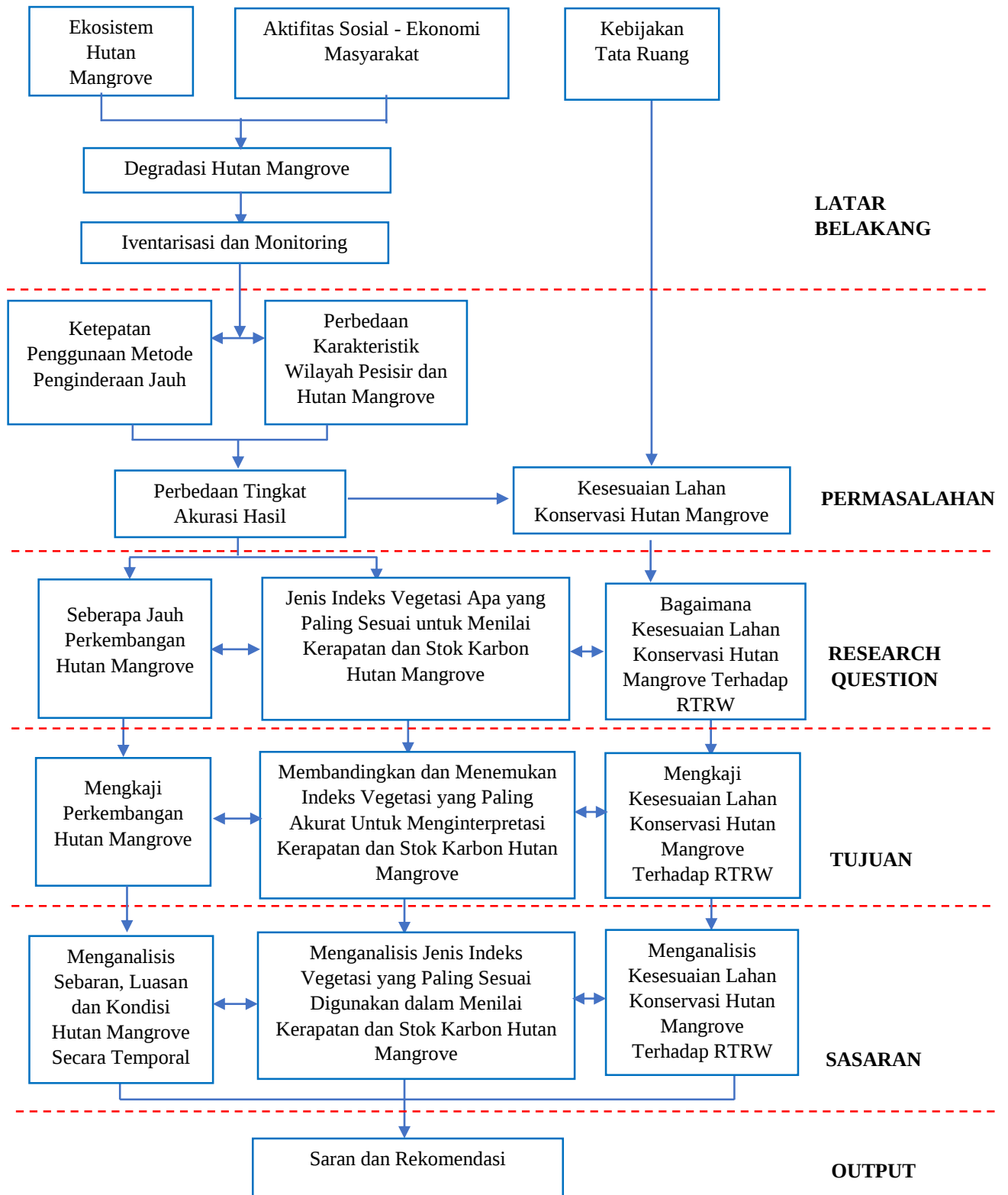
1.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini bertujuan untuk membandingkan penelitian yang dilakukan dengan penelitian-penelitian dengan tema yang sama yang telah dilakukan sebelumnya. Perbandingan penelitian yang dilakukan dengan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebagaimana tabel 1.2 berikut.

Tabel 1. 2
Perbandingan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Lainnya

Perbedaan	Penelitian I Dian Mudianthy, 2011	Penelitian II Denny Maulana A, 2014	Penelitian III Ganjar Saefurahman, 2008	Penelitian IV Dedi Surachman, 2016
Judul	Dampak Hilangnya Hutan Mangrove terhadap Ekologi Lingkungan Fisik Pesisir Kec. Semarang Utara	Pemanfaatan Citra Satelit untuk Penentuan Lahan Kritis Mangrove di Kecamatan Tugu, Kota Semarang	Distribusi, Kerapatan dan Perubahan Luas Vegetasi Mangrove Gugus Pulau Pari Kepulauan Seribu Menggunakan Citra FORMOSAT 2 dan LANDSAT 7/ETM+	Kajian Perkembangan Hutan Mangrove Berdasarkan Indeks Vegetasi yang Paling Sesuai di Wilayah Pesisir Kota Tarakan
Tujuan	Mengetahui dampak berkurangnya hutan mangrove di pesisir Kota Semarang	Memetakan tingkat kekritisn lahan hutan mangrove di Kec. Tugu Kota Semarang	Memetakan distribusi, kerapatan dan perubahan luas ekosistem mangrove di gugus Pulau Pari Kepulauan Seribu	Mengkaji perkembangan hutan mangrove dan menemukan jenis indeks vegetasi yang paling akurat untuk menginterpretasi kondisi dan potensi penyimpanan karbon hutan mangrove di Kota Tarakan. Selain itu juga mengkaji kesesuaian lahan konservasi terhadap kebijakan tata ruang.
Lokasi	Pesisir Kota Semarang	Kec. Tugu Kota Semarang	Pulau Pari Kepulauan Seribu	Wilayah Pesisir Kota Tarakan
Ruang Lingkup	Mendeskripsikan dampak hilangnya hutan mangrove dari hasil observasi lapangan di lapangan berdasarkan luasan hutan mangrove dari data sekunder.	Mendeskripsikan luasan dan persebaran lahan kritis hutan mangrove	Mendeskripsikan perubahan distribusi, kerapatan dan perubahan luas ekosistem mangrove	Mendeskripsikan perubahan sebaran dan luasan hutan mangrove dan mendeskripsikan jenis indeks vegetasi yang paling efektif untuk menilai kondisi dan menghitung stok karbon hutan mangrove, serta mendeskripsikan kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove terhadap kebijakan tata ruang yang ada.
Hasil Penelitian	Teridentifikasinya dampak dari berkurangnya hutan mangrove yang dapat merugikan masyarakat	Teridentifikasinya luasan dan persebaran lahan kritis hutan mangrove	Teridentifikasinya distribusi, kerapatan dan perubahan luas ekosistem mangrove	Teridentifikasinya perubahan sebaran, luasan, kerapatan dan besaran stok karbon hutan mangrove serta teridentifikasinya kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove terhadap kebijakan tata ruang.

1.7. Kerangka Pemikiran



1.8. Metodologi Penelitian

Metodologi dalam penelitian ini adalah sebagai subbab berikut.

1.8.1. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini berlokasi di wilayah pesisir Kota Tarakan, Provinsi Kalimantan Utara. Pengolahan citra satelit rencana dilakukan bulan September 2016 hingga November 2016. Survei lapangan dilakukan pada bulan November 2016 hingga Desember 2016.

1.8.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah:

- **Alat** : Laptop dengan perangkat lunak pendukungnya seperti ArcGIS 10.3, ERDAS Er Mapper 2014, ENVI, Ms. Office 2016, Google Earth Pro dan IBM SPSS versi 22.
GPS Garmin dengan ketelitian 3 m
Perekam Audio-Visual (kamera, video and *voice recorder*)
Alat tulis (buku tulis, kertas, pena, kapur, dll.)
Tongkat kayu sebagai tiang pembatas
Meteran (20 M)
- **Bahan** : Citra Satelit Landsat 7 ETM+ Tahun 2000
Citra Satelit Landsat 8 tahun 2016
Peta RBI dan RTRW Kota Tarakan 2012-2032
Data Lapangan
Peta Kerja sebagai acuan pengambilan sampel

1.8.3. Teknik Pengumpulan Data

1.8.3.1 Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan survei instansional ke beberapa instansi yang relevan di kota Tarakan seperti BPS, Bappeda, Dinas Kelautan Perikanan, Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan lain sebagainya. Selain itu

pengumpulan data sekunder juga dilakukan dengan *men-download* data/informasi/literatur dari internet dari sumber yang valid dan berkaitan dengan mangrove. Data sekunder utama yang dibutuhkan dalam penelitian ialah:

Tabel 1. 3
Kebutuhan Utama Data Sekunder Penelitian

NO	Jenis Data	Sumber
1	Daerah Dalam Angka Kota Tarakan	BPS Kota Tarakan
2	Profil Lingkungan Hidup	BPLH Kota Tarakan
3	Profil Perikanan Kota Tarakan	DKP Kota Tarakan
4	Profil Kota Tarakan	Bappeda Kota Tarakan
5	Citra Landsat 7 ETM+ tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2016	Bappeda, website-USGS
6	Peta RBI Kota Tarakan	BIG
7	Peta Landuse Kota Tarakan	Bappeda/DPUTR
8	Peta Jenis Tanah	Bappeda/DPUTR
9	Peta Tata Ruang Kota Tarakan Tahun 2012-2032	Bappeda/DPUTR
10	Kontur Kota Tarakan	USGS
11	PDRB Kota Tarakan	BPS Kota Tarakan

Sumber: Analisis Penulis (2017)

1.8.3.2 Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan survey dan observasi langsung di lapangan. Observasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi mangrove eksisting di wilayah pesisir Kota Tarakan. Selain itu observasi dilakukan untuk mengamati, mengukur dan memvalidasi antara hasil pengolahan citra dengan kondisi riil di lapangan. Oleh karena itu dalam observasi ini dilakukan pengukuran terhadap tingkat kepadatan hutan mangrove pada lokasi sampel yang telah ditentukan. Dalam observasi ini diperlukan sarana berupa perahu motor, GPS, meteran (20 meter), tongkat kayu dan kamera. Output utama observasi lapangan berupa tingkat kepadatan hutan mangrove masing-masing sampel area, dan estimasi biomassa dan stok karbon sampel hutan mangrove, serta foto kondisi eksisting mangrove di wilayah pesisir Kota Tarakan dan list koordinat.

1.8.3.3 Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Penentuan sampel dilakukan untuk memudahkan surveyor dalam memperhitungkan dan merencanakan waktu kerja dan jalur pelaksanaan survei lapangan.

Metode penentuan sampel yang digunakan untuk uji akurasi hasil klasifikasi guna/tutupan lahan tahun 2000 dan 2016 ialah *geographic sample*. Dalam hal ini dibuat 100 titik sampel secara geografis yang masing-masing titik menginformasikan jenis guna/tutupan lahan hasil klasifikasi (tahun 2000 dan tahun 2016) dengan jenis guna/tutupan lahan riil di lapangan (tahun 2000 dan tahun 2016)

Metode sampel untuk uji akurasi nilai kerapatan dan estimasi biomassa dan stok karbon vegetasi mangrove adalah *stratified random sampling*. Maksudnya disini ialah sampel diambil berdasarkan kelompok (zona) hutan mangrove yang terkategori tinggi-sedang-rendah menurut pengamatan peneliti di lapangan. Kemudian dari masing-masing kelompok (zona) tersebut kemudian diambil sampel secara acak (*random sampling*) untuk diukur tingkat kerapatan riil.

Jumlah sampel yang diambil minimal sebanyak 51 sampel area. Hal ini didasarkan pada Perka BIG No. 3 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove, sehingga untuk luas area penelitain (hutan mangrove) 1000-an ha maka jumlah sampel minimal sebanyak 51 sesuai dengan rumus:

$$A = TSM + \left(\frac{\text{Luas (Ha)}}{1500} \right)$$

dimana,

A : Jumlah Sampel Minimal

TSM : Total Sampel Minimal = 50

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } A &= 50 + (1297/1500) \\ &= 50 + 0,865 \\ &= 50,865 = \mathbf{51} \text{ Sampel Area} \end{aligned}$$

Tabel 1. 4
Jumlah Sampel Minimal Yang Diambil

Skala	500 ha	1000 ha	5000 ha
1:25.000	50	<u>51</u>	53

Skala	500 ha	1000 ha	5000 ha
1:50.000	30	31	33
1:250.000	20	21	23

Sumber: Perka BIG No. 3 Tahun 2014 (diolah)

Dalam pengukuran kerapatan, nilai kerapatan diperoleh sebagai hasil perbandingan antara jumlah individu mangrove di dalam suatu satuan area sebagaimana rumus berikut:

$$D = \frac{ni}{A}$$

dimana,

- D : Nilai Kerapatan mangrove suatu area sampel
ni : Nilai tegakan pohon mangrove dalam area sampel dikali masing-masing bobot
A : Luas area petak pengambilan sampel (10x10m)

Karena semua luas area sampel adalah sama yaitu 10x10m, maka variabel A bisa dihilangkan dengan kata lain nilai kerapatan mangrove suatu area sampel (D) sama dengan nilai tegakan pohon mangrove dalam area sampel yang sama dikali masing-masing bobot berdasarkan diameter pohon mangrove. Penentuan nilai tegakan diperoleh berdasarkan kriteria sebagaimana tabel 1.5.

Tabel 1. 5
Tabel Penghitungan Nilai Tegakan Area Sampel

No	Tinggi Pohon	Diameter Pohon	Jumlah Pohon Dalam Area Pegamatan (10mx10m)	Bobot	Nilai
1	>1 meter	D <10 cm	A pohon	0,5	0,5x A
2		20 cm < D > 10 cm	B pohon	1,0	1,0x B
3		D > 20 cm	C pohon	1,5	1,5x C
Total Nilai Tegakan					0,5xA+1,0xB+1,5xC

Sumber: Perka BIG No. 3 Tahun 2014 (diolah)

Nilai diameter pohon diekstrak dari pengukuran keliling batang pohon berdasarkan rumus keliling lingkaran yaitu $K = \Pi \times D$, sehingga $D = \frac{K}{3,14}$ dimana K adalah keliling, Π bernilai 3,14 dan D adalah dimeter.

Data keliling/diameter pohon yang telah disurvei digunakan juga untuk menghitung potensi biomasa dan stok karbon vegetasi mangrove melalui formula **$\text{Log } Y = 2,616 \text{ Log GBH} - 2,210$** dimana Y adalah biomasa (kg) dan GBH adalah keliling batang pohon mangrove (cm).

Terkait penghitungan jumlah pohon mangrove didasarkan ketentuan sesuai kriteria pada tabel 1.6.

Tabel 1. 6
Kriteria Sampel Pohon Mangrove

NO	Kriteria	Sumber
1	Apabila batang bercabang di bawah ketinggian sebatas dada (1,3 m) dan masing-masing cabang memiliki diameter ≥ 10 cm maka diukur sebagai dua pohon yang terpisah.	Perka BIG No. 3 Tahun 2014
2	Apabila percabangan batang berada di atas setinggi dada atau sedikit di atasnya maka diameter diukur pada ukuran setinggi dada atau di bawah cabang	
3	Apabila batang mempunyai akar tunjang/udara, maka diameter diukur 30 cm di atas tonjolan tertinggi	
4	Pohon yang dihitung ialah pohon mangrove dengan tinggi > 1 m, sedangkan yang tingginya < 1 meter tidak dihitung	Saefurahman (2008)
5	Jenis pohon mangrove tidak dibedakan disini, sehingga semua jenis pohon mangrove dengan ketinggian > 1 meter menjadi bagian dari sampel area	Analisis penulis

Sumber: Diolah dari berbagai sumber

Dalam penentuan zona sampel, ditentukan berdasarkan lokasi komunitas mangrove berada. Dalam penelitian ini semua lokasi komunitas mangrove akan dijadikan zona sampel namun dengan pertimbangan bahwa zona tersebut dapat diakses surveyor. Oleh karena itu zona sampel yang diambil masih fleksibel dan tergantung pada kondisi akses dilapangan. Meskipun begitu, jumlah sampel minimal (area sampel) tetap berjumlah 51 yang tersebar secara random pada masing-masing zona sampel (zona komunitas mangrove).

1.8.4. Teknik dan Tahapan Analisis

Teknik dan tahapan analisis merupakan salah satu proses penelitian yang dilakukan setelah semua data yang diperlukan sudah dikompilasi dan diolah. Teknik dan tahapan analisis yang digunakan pada penelitian ini pada dasarnya dilakukan menggunakan metode analisis kuantitatif. Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini ialah:

a. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk menganalisis dan menjelaskan data dan informasi hasil dari pengolahan data dan informasi. Ada dua analisis deskriptif yang digunakan yaitu: (1) analisis deskriptif kuantitatif untuk menjelaskan secara deskriptif hasil pengolahan data secara statistik, dalam hal ini *crosstabs* uji Koefisien Cohen's Kappa serta uji korelasi dan regresi indeks vegetasi dengan kondisi riil dilapangan; (2) analisis deskriptif kualitatif untuk menjelaskan data dan informasi hasil observasi dan wawancara terhadap stakeholder di lapangan.

b. Analisis Komparatif

Analisis komparatif digunakan untuk menganalisis dan menjelaskan perbedaan data hutan mangrove di wilayah pesisir kota Tarakan meliputi luasannya, sebarannya, kondisi, dan stok karbon hutan mangrove berdasarkan hasil pengolahan data citra satelit yang *time series* yaitu pada tahun 2000 dan tahun 2016. Selain itu analisis komparatif juga digunakan untuk membandingkan kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove dengan kebijakan tata ruang yang ada.

c. Analisis Spasial

Analisis ini digunakan untuk mengoverlay berbagai peta hutan mangrove hasil penelitian dengan perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG). Dengan analisis ini dapat diketahui bagaimana pola dan perubahan berbagai peta hutan mangrove hasil penelitian secara spasial temporal.

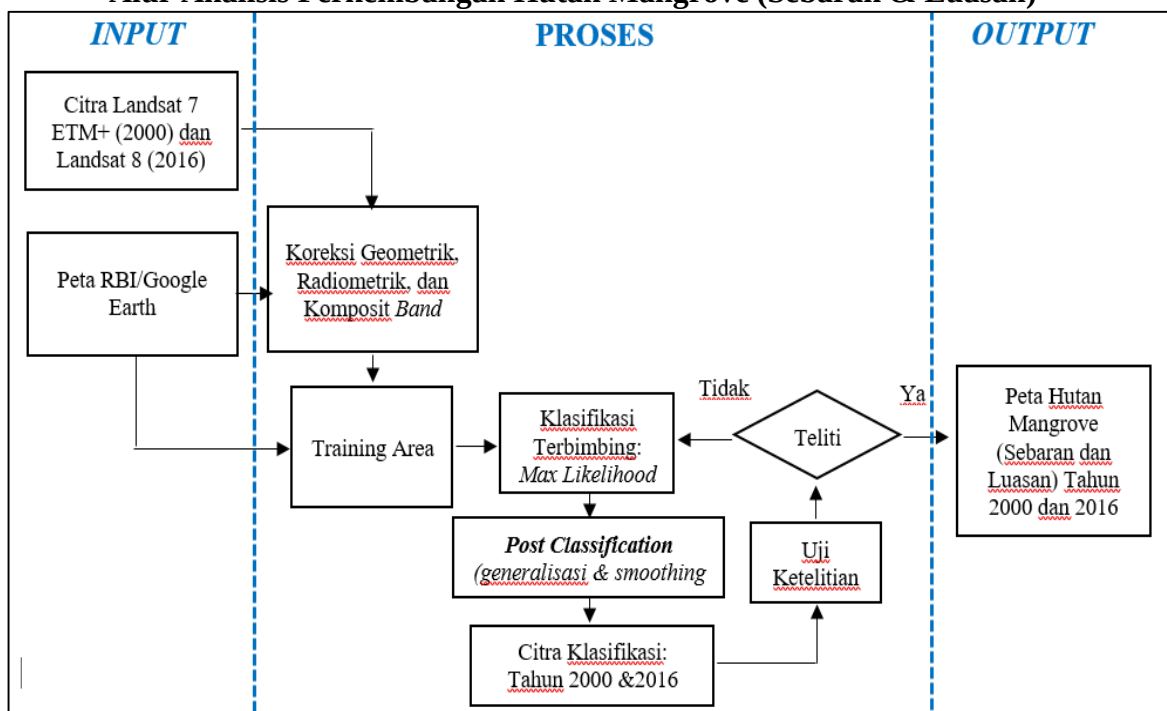
Tahapan analisis dalam penelitian ini terdiri dari tiga komponen utama yaitu analisis perkembangan hutan mangrove, analisis kesesuaian indeks vegetasi untuk mangrove dan analisis kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove.

a. Analisis Perkembangan Hutan Mangrove

Analisis perkembangan hutan mangrove digunakan untuk mengetahui terkait tiga hal utama yaitu sebaran hutan mangrove, luasan hutan mangrove, dan kondisi hutan mangrove. Analisis disini dihasilkan berdasarkan proses pengolahan citra satelit multitemporal menggunakan teknik penginderaan jauh dan SIG. Untuk mengidentifikasi sebaran dan luasan hutan mangrove dilakukan dengan teknik klasifikasi terbimbing (*max likelihood*) terhadap citra Landsat 7 ETM+ tahun 2000 dengan komposit RGB 453, dan terhadap citra Landsat 8 dengan komposit RGB 564 (Purwanto et al., 2014). Hasil klasifikasi guna/tutupan lahan tahun 2000 dan tahun 2016 kemudian diuji akurasi dengan jenis guna/tutupan lahan sebenarnya dengan menggunakan citra digital resolusi tinggi dari google earth pada tahun berkenaan (tahun 2000 dan tahun 2016) berdasarkan 100 titik sampel geografis yang telah ditentukan melalui uji statistik koefisien Cohen's Kappa.

Secara keseluruhan alur analisis perkembangan hutan mangrove (sebaran dan luasan) dapat dilihat pada gambar 1.3.

Gambar 1. 3
Alur Analisis Perkembangan Hutan Mangrove (Sebaran & Luasan)



Sumber: Analisis Penulis (2017)

b. Analisis Indeks Vegetasi

Analisis ini digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian nilai suatu indeks vegetasi terhadap kondisi riil kerapatan hutan mangrove di lapangan. Indeks vegetasi terbaik yang dihasilkan kemudian dijadikan dasar untuk menganalisis kondisi dan besaran penyimpanan karbon hutan mangrove.

Indeks vegetasi yang akan dibandingkan berjumlah 10 jenis yaitu RVI, NDVI, TDVI, RDVI, GNDVI, DVI, SAVI, OSAVI, IPVI dan EVI. Untuk itu nilai masing-masing indeks vegetasi tersebut dicari terlebih dahulu berdasarkan citra tahun 2016, kemudian dibandingkan dengan nilai kerapatan hutan mangrove hasil pengukuran riil sampel di lapangan yang berjumlah 51 sampel. Tahun 2016 dipilih karena memang data pembandingnya (tingkat kerapatan hutan mangrove riil pengukuran di lapangan) ialah tahun 2016.

Untuk menghilangkan efek perbedaan kondisi atmosfer antar periode waktu, maka dilakukan koreksi atmosferik (radiometrik). Oleh karena itu sebelum dilakukan perhitungan indeks vegetasi sesuai formulanya masing-masing, maka dilakukan koreksi radiometrik sehingga semua citra telah mempunyai standar nilai reflektan (*reflectance*) yang sama.

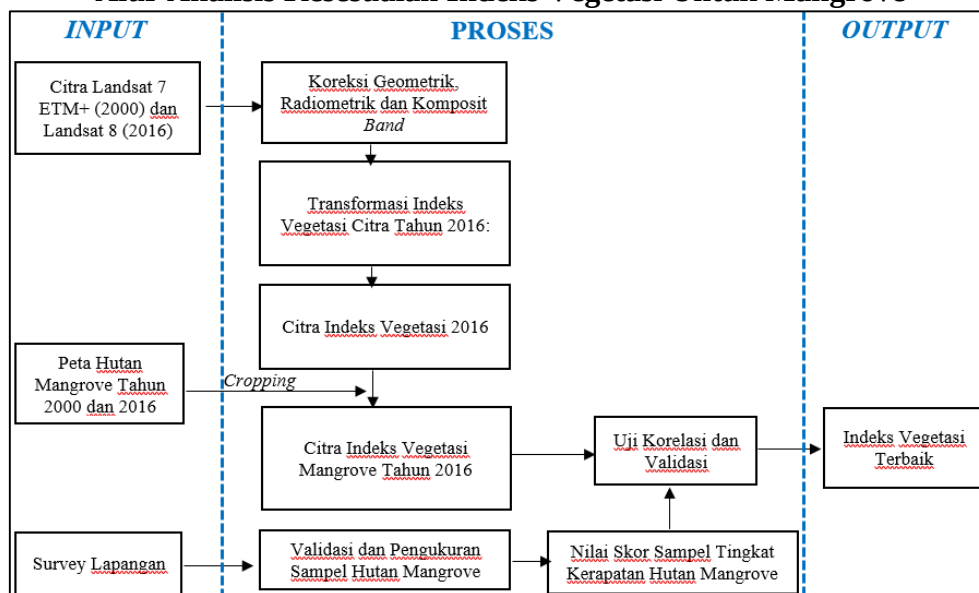
Hasil masing-masing nilai indeks vegetasi dibandingkan dengan nilai tingkat kerapatan riil di lapangan pada area yang sama. Perbandingan tersebut dilakukan dengan uji statistik korelasi untuk mengetahui indeks vegetasi mana yang korelasinya paling kuat. Nilai korelasi indeks vegetasi yang terkuat dijadikan asumsi untuk menentukan jenis indeks vegetasi yang paling sesuai untuk menilai kerapatan hutan mangrove di Kota Tarakan. Penilaian kondisi hutan mangrove didasarkan pada nilai indeks vegetasi terbaik yang akan mencerminkan kerapatan vegetasi dan degradasi hutan mangrove. Semakin tinggi nilai indeks vegetasi tersebut mengindikasikan kondisi kerapatan vegetasi yang semakin tinggi pula. Untuk itu kerapatan vegetasi mangrove diklasifikasikan menjadi 5 (lima) kelas berdasarkan nilai indeks vegetasi yang dihasilkan sebagaimana tabel 1.7. Adapun alur analisis kesesuaian indeks vegetasi untuk mangrove seperti pada gambar 1.4.

Tabel 1. 7
Klasifikasi Nilai Indeks Vegetasi

NO	Nilai NDVI	Kerapatan
1	$0,70 < VI \leq 1,00$	Sangat Tinggi
2	$0,42 < VI \leq 0,70$	Tinggi
3	$0,32 < VI \leq 0,42$	Sedang
4	$0,10 < VI \leq 0,32$	Jarang
5	$-1,00 \leq VI \leq 0,10$	Sangat Jarang

Sumber: Modifikasi Departemen kehutanan (2005)

Gambar 1. 4
Alur Analisis Kesesuaian Indeks Vegetasi Untuk Mangrove



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Pada dasarnya semakin rapat vegetasi mangrove pada suatu area maka diasumsikan bahwa hutan mangrove pada area tersebut tergolong dalam kondisi sehat atau baik dan sebaliknya (Miramontes-Beltran et al., 2016). Hal ini didasarkan bahwa ciri hutan mangrove terdegradasi ialah rendahnya tingkat kehijauan vegetasi mangrove dan akan menghasilkan nilai indeks vegetasi yang rendah pula (Menses-Tovar, 2011 dalam Miramontes-Beltran et al., 2016). Oleh karena itu dalam penelitian ini peneliti menggunakan dasar perubahan kelas indeks vegetasi sebagai penilai degradasi hutan mangrove tersebut. Konsepnya perubahan (tren) kelas indeks vegetasi tiap pixel atau area akan menentukan suatu area hutan mangrove terdegradasi atau tidak pada area tersebut. Tren negatif menunjukkan terjadinya proses degradasi pada suatu

kelas area pada kurun waktu yang diteliti (2000 hingga 2016). Begitu sebaliknya jika trennya positif menunjukkan adanya *recovery* (peningkatan kualitas dan kuantitas vegetasi mangrove) pada area tersebut. Berdasarkan perubahan kerapatan mangrove dari tahun 2000 dan tahun 2016 kemudian juga dibuat suatu tipologi kondisi hutan mangrove seperti pada tabel 1.8.

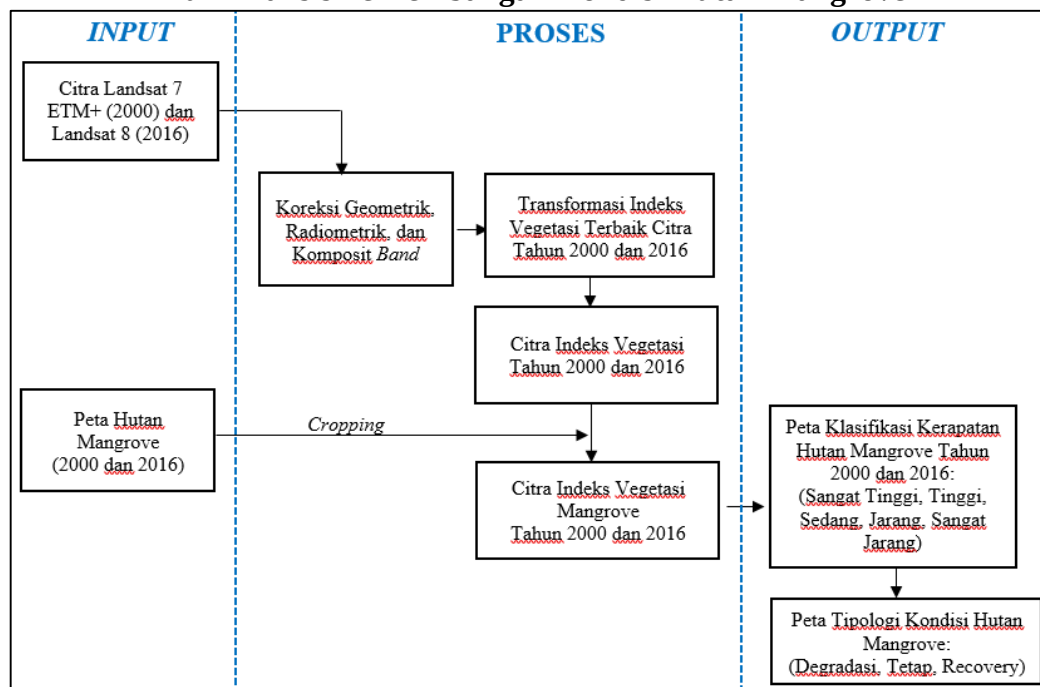
Tabel 1. 8
Kriteria Tipologi Kondisi Hutan Mangrove

No	Kerapatan Mangrove	Tipologi
1	Tahun 2000 > Tahun 2016	Degradasi
2	Tahun 2000 = Tahun 2016	Tetap
3	Tahun 2000 < Tahun 2016	<i>Recovery</i>

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Alur analisis kondisi hutan mangrove dapat dilihat pada gambar 1.5.

Gambar 1. 5
Alur Analisis Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove



Sumber: Analisis Penulis (2017)

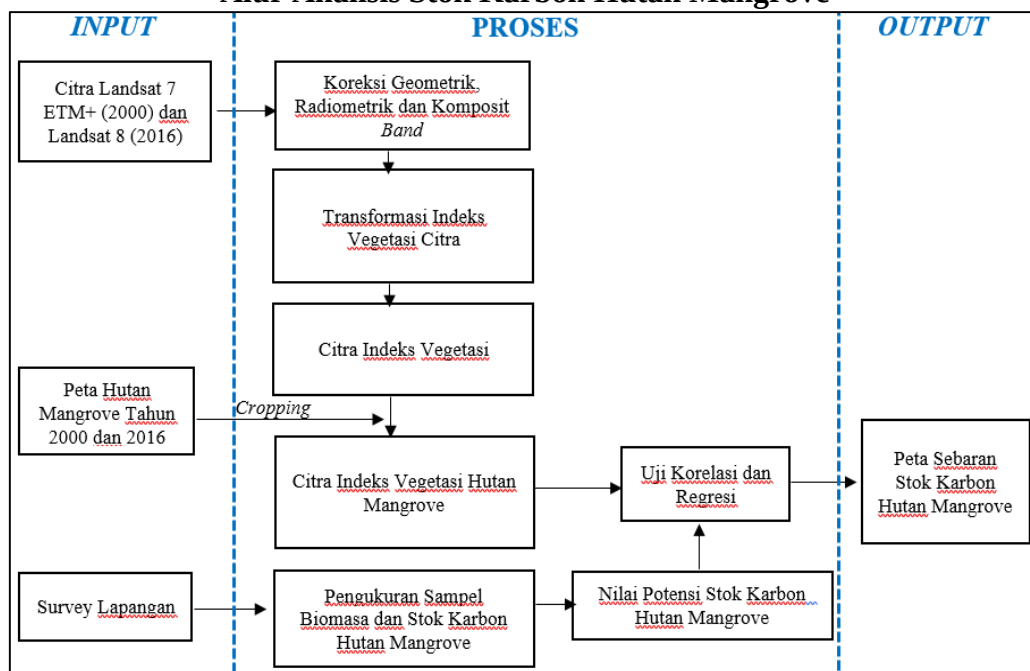
Selain untuk menganalisis kondisi hutan mangrove, indeks vegetasi terbaik juga dijadikan dasar untuk menganalisis besaran stok karbon hutan mangrove. Untuk itu terlebih dahulu harus dicari besaran potensi biomasa dan stok karbon dari hasil pengukuran dilapangan. Besaran potensi biomasa dan stok karbon dari hasil pengukuran dilapangan diperoleh berdasarkan algoritma Clough & Scott (1989) yaitu $\text{Log } Y = 2,616 \text{ Log GBH} - 2,210$ dimana Y adalah biomasa

mangrove (kg) dan GBH adalah keliling batang pohon mangrove (cm). Sedangkan nilai stok karbon diperoleh dari hasil nilai biomasa dikali dengan 45% (Brown & Gaston, 1996).

Hasil pengukuran masing-masing titik area sampel kemudian diuji korelasi dan regresi dengan indeks vegetasi untuk memperoleh jenis indeks vegetasi yang terbaik untuk membuat suatu persamaan regresi yang digunakan untuk mengukur potensi dan sebaran stok karbon hutan mangrove.

Alur analisis kondisi hutan mangrove dapat dilihat pada gambar 1.6.

Gambar 1. 6
Alur Analisis Stok Karbon Hutan Mangrove



Sumber: Analisis Penulis (2017)

c. Analisis Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove

Analisis ini digunakan untuk mengetahui sebaran area hutan mangrove yang sesuai untuk dijadikan area konservasi yang didasarkan pada dua jenis kesesuaian yaitu sesuai dengan parameter lahannya dan sesuai dengan kebijakan tata ruang yang berlaku.

Paramater kesesuaian lahan konservasi diperoleh dari hasil reduksi berbagai macam parameter yang digunakan oleh 3 (tiga) sumber literatur utama yaitu Khomsin (2005), Wardhani (2014) dan Magdalena et al. (2015). Berdasarkan kesamaan berbagai parameter yang digunakan oleh ketiga sumber tersebut, serta ketersediaan data dan aspek homogenitas data suatu parameter, maka

dalam penelitian ini parameter tersebut disarikan menjadi 6 (enam) parameter utama. Keenam parameter tersebut kemudian dioverlaykan berdasarkan bobotnya masing-masing (*weighted overlay*). Rincian parameter dan bobotnya dapat dilihat pada tabel 1.9.

Tabel 1. 9
Parameter Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove

No	Parameter	Bobot	S1	S2	S3	N	Ket
1	Ketebalan mangrove (m)	25,00	>500	200-500	50-200	<50	Nilai Skor: S1=3 S2=2 S3=1 N=0 Nilai Maks: 300
2	Kerapatan Mangrove	25,00	Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang	Jarang	
3	Substrat Dasar	12,50	Lumpur berpasir	Pasir Berlumpur	Pasir	Berbatu	
4	Kemiringan Lereng	12,50	<10%	10-25%	25-45%	>45%	
5	Jarak dari sungai (km)	12,50	<0,5	>0,5-1	>1-2	>2	
6	Salinitas (‰)	12,50	25-29	29-33	0-1	0	

Sumber: Khomsin (2005), Wardhani (2014), Magdalena et al. (2015) (diolah).

Tingkat kesesuaian kawasan konservasi ditentukan berdasarkan indeks kesesuaian kawasan yang diperoleh berdasarkan formula:

$$IKK = \sum \left[\frac{N_i}{N_{maks}} \right] \times 100\%$$

Keterangan:

IKK : Indeks Kesesuaian Kawasan Konservasi

N_i : Nilai Parameter ke-i

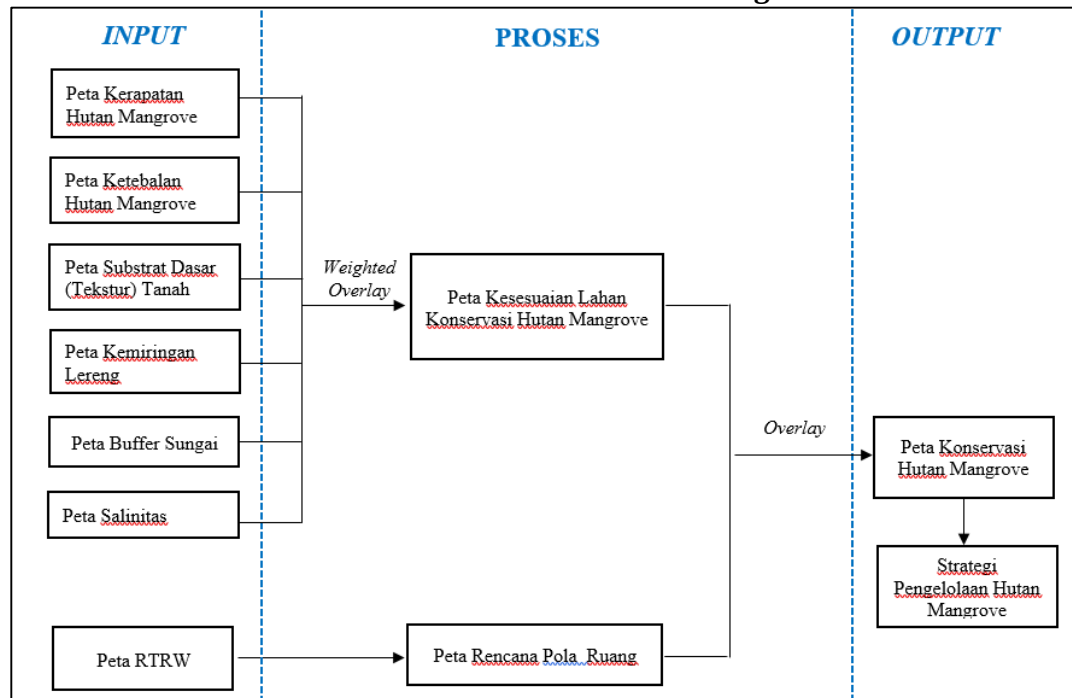
N maks : Nilai maksimum dari suatu kategori kawasan konservasi = 300

dimana IKK:

- 0-25% = Tidak Sesuai
- >25% - 50% = Sesuai Bersyarat
- >50% - 75% = Sesuai
- >75% = Sangat Sesuai

Hasil Klasifikasi peta kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove kemudian dioverlaykan dengan peta RTRW Kota Tarakan tahun 2012-2032. Hasil overlay inilah yang dijadikan dasar untuk menentukan area hutan mangrove yang sesuai untuk dikonservasi. Alur analisis konservasi hutan mangrove dapat dilihat pada gambar 1.7.

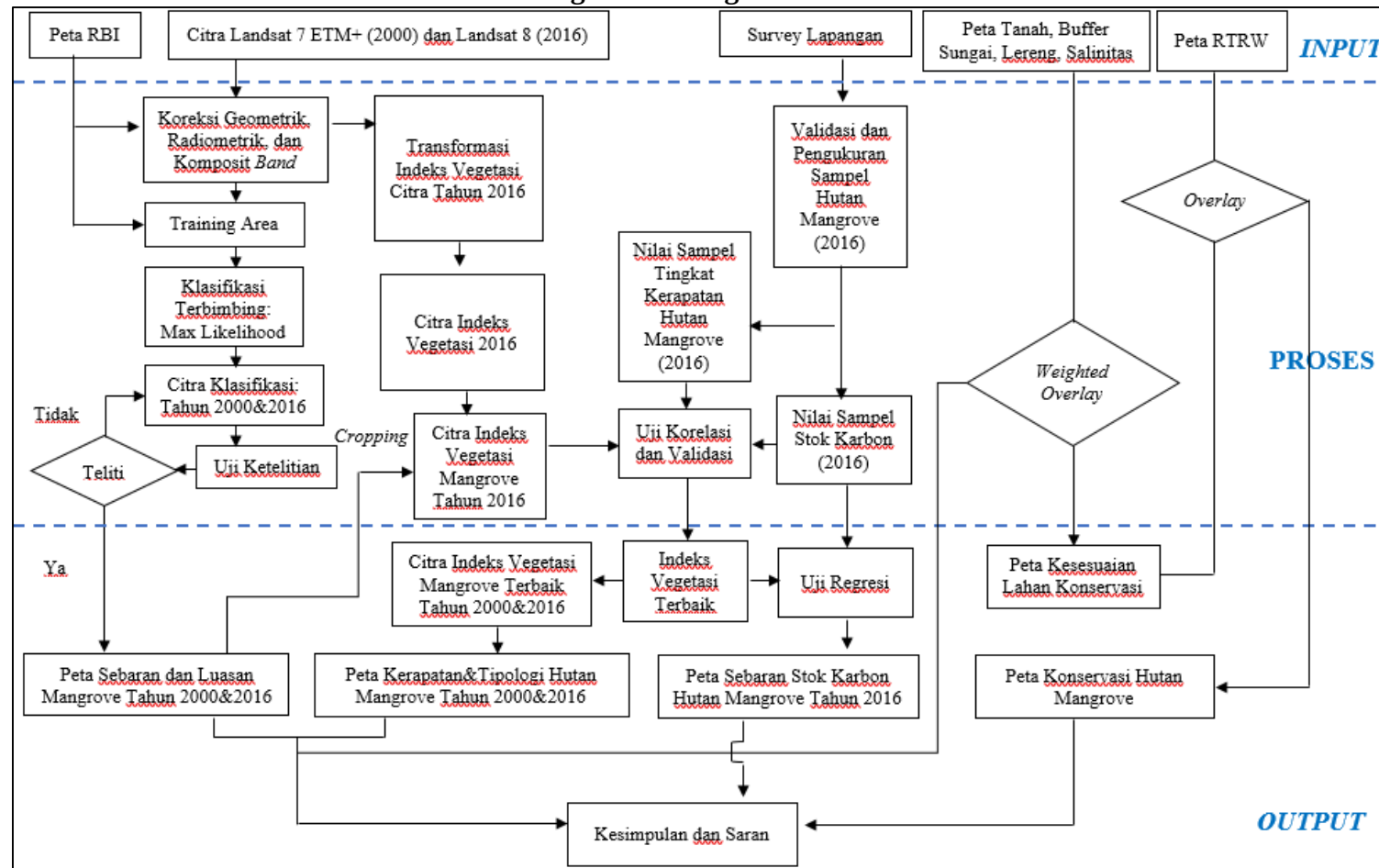
Gambar 1. 7
Alur Analisis Konservasi Hutan Mangrove



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Secara keseluruhan alur analisis dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.8.

Gambar 1. 8
Diagram Kerangka Analisis



Sumber: Analisis Penulis (2017)

1.9. Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan laporan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. BAB I PENDAHULUAN

Di dalam bab pendahuluan termuat penjelasan mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan dan sasaran studi, manfaat penelitian, ruang lingkup studi, penelitian terdahulu, kerangka pemikiran, metodologi penelitian, serta sistematika pembahasan.

2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Di dalam bab kajian pustaka memuat review terhadap teori/konsep yang berkaitan dengan tema penelitian ini baik teori yang melatarbelakangi penelitian dan metode/teknik analisis penelitian yang digunakan dalam suatu penelitian yang berkaitan.

3. BAB III GAMBARAN WILAYAH STUDI

Di dalam bab gambaran wilayah studi memuat deskripsi mengenai wilayah studi yaitu wilayah Kota Tarakan yang baik dalam kerangka makro maupun yang berkaitan dengan tujuan studi berdasarkan data-data yang dapat dikumpulkan selama penelitian.

4. BAB IV ANALISIS

Di dalam bab analisis menampilkan dan memuat perhitungan serta pengukuran terhadap data yang telah dikumpulkan berdasarkan alat analisis yang digunakan serta penjelasan analisisnya.

5. BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Di dalam bab ini memuat kesimpulan atas studi yang telah dilakukan secara keseluruhan dan rekomendasi yang diusulkan, serta menjelaskan terkait kelemahan dan studi lanjutan yang mungkin dilakukan dari penelitian ini.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pesisir

2.1.1. Batas Wilayah Pesisir

Pada dasarnya pesisir adalah pertemuan antara daratan dan lautan. Soegiarto (1976, dalam Kordi, 2012) mendefinisikan pesisir sebagai daerah pertemuan antara darat dan laut, ke arah darat wilayah pesisir meliputi bagian daratan baik kering maupun terendam air yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air asin. Sedangkan ke arah laut wilayah pesisir mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran. Mirip dengan definisi Soegiarto, Ketchum (1972, dalam Kay & Alder, 1999) mendefinisikan pesisir sebagai area yang menunjukkan suatu keterkaitan antara daratan dan lautan. Elemen kunci dari definisi Ketchum tersebut ialah adanya interaksi antara lautan dan proses terestrial serta kegunaan. Selain itu wilayah pesisir secara geomorfologis merupakan wilayah yang mencakup wilayah darat saja, ke arah laut dibatasi oleh garis pesisir dan ke arah darat dibatasi oleh batas terluar bentuk lahan kepeosisiran pedalaman serta merupakan bagian dari daerah kepeosisiran (Sunarto, 2001, dalam Sawitri, 2012). Sedangkan berdasarkan Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil mendefinisikan wilayah pesisir sebagai daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Untuk ke arah daratan mencakup wilayah administrasi kecamatan dan ke arah perairan laut sejauh 12 mil laut dari garis pantai. Dengan kata lain area pesisir merupakan area dimana daratan didalamnya berinteraksi (terpengaruh) dengan lautan dalam berbagai cara, serta ruang lautan yang mana berinteraksi (terpengaruh) dengan daratan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa area pesisir merupakan:

- area yang didalamnya terdapat komponen baik daratan dan lautan

- mempunyai batas daratan dan lautan yang mana ditentukan oleh pengaruh daratan terhadap lautan dan pengaruh lautan terhadap daratan.
- tidak mempunyai keseragaman lebar, kedalaman dan ketinggian

Garis batas antara daratan dan lautan secara umum tidak terdefiniskan secara jelas dalam peta, namun merupakan wilayah transisi yang bersifat gradual. Jika garis pertemuan antara daratan dan lautan tidak berubah, maka akan mudah untuk mendefinisikan pesisir itu sendiri serta akan menjadi sederhana dalam menetapkan garis batasnya dalam peta. Namun kenyataannya secara alamiah bentuk dan batas pesisir sangat dinamis dan bervariasi tergantung ruang dan waktu (Kay & Alder, 1999).

Wilayah transisi antara daratan dan lautan biasa disebut zona pesisir atau area pesisir. Namun dalam bahasa Inggris secara umum kedua kata tersebut mempunyai sedikit perbedaan. Begitu juga dalam hal manajemen pesisir antara zona pesisir dan area pesisir masih diperdebatkan. Zona pesisir sering kali diartikan dan dipahami sebagai pembagian zona dalam zona pesisir. Padahal 'zona' dan 'zoning' dalam zona pesisir jelas berbeda. Oleh karena itu menurut Chua and Pauly (1989, dalam Kay & Alder, 1999) untuk menghindari kesalahpahaman atau makna ambigu dalam upaya manajemen pesisir maka harus dipisahkan dan ditegaskan secara jelas istilah yang digunakan antara area pesisir atau zona pesisir.

Era sekarang ini pesisir merupakan area yang penting dan telah banyak dimanfaatkan sebagai tempat tinggal. Sumberdaya pesisir akan terus dimanfaatkan dan terus mengalami tekanan. Disamping itu terdapat beberapa bagian penting dalam lingkungan pesisir seperti pantai, rawa-rawa pesisir, hutan mangrove, terumbu karang dan lain sebagainya. Masing-masing bagian mempunyai peran dan fungsi masing-masing yang saling mempengaruhi dan membentuk ekosistem pesisir. Terganggunya salah satu komponen tersebut akan dapat mengganggu sistem pesisir secara keseluruhan yang dapat mempengaruhi kehidupan manusia didalamnya. Oleh karena itu penggunaan teknik yang tepat untuk menciptakan pemanfaatan sumberdaya pesisir yang berkelanjutan menjadi semakin penting baik untuk negara maju maupun berkembang. Perencanaan yang tepat dapat membantu khususnya pemerintah untuk menyandingkan keseimbangan antara penyediaan kebutuhan ekologi dan pemanfaatan sosial-budaya atas sumber daya pesisir.

2.1.2. Karakteristik Ekosistem Pesisir

Menurut Dahuri (2011) wilayah pesisir memiliki karakteristik yang khas yang berbeda dengan wilayah daratan (*terrestrial upland*). Ada tiga ciri unik ekosistem pesisir yang membuat pengelolaannya lebih menantang (*challenging*) dibandingkan dengan pengelolaan pada ekosistem di darat maupun di laut lepas (*high seas*) yaitu (a) Sistem lingkungan alam yang kompleks; (b) Pemanfaatan yang sangat beragam; dan (c) Kepemilikan (Amanah & Utami, 2006, dalam Herwindya & Susilo, 2014). Sedangkan menurut Nugroho & Dahuri, (2004) wilayah pesisir mempunyai lima karakteristik penting yang harus dipahami agar pengelolaannya memenuhi kaidah-kaidah keberlanjutan (*sustainability*) sebagai berikut:

- 1) Komponen hayati dan nonhayati dalam wilayah pesisir membentuk suatu ekosistem yang kompleks hasil dari berbagai ragam proses biofisik (ekologis) dari ekosistem daratan dan lautan, antara lain: angin, gelombang, pasang surut, suhu, dan salinitas, dengan gradasi substansi dan perilaku yang bervariasi dan secara gradual berubah dari arah darat ke laut. Sebagai akibatnya, ekosistem pesisir dapat sangat tahan atau sebaliknya rentan terhadap perubahan lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan manusia maupun bencana alam. Contohnya, ekosistem mangrove sangat tahan terhadap perubahan suhu, salinitas, dan kandungan sedimen perairan, tetapi sebaliknya sangat rentan terhadap perubahan aliran air tawar, sirkulasi air, dan tumpahan minyak. Perilaku dan karakter ekologis wilayah pesisir berimplikasi pada pola pengelolaan dan hubungannya dengan ekosistem darat. Pola pengelolaan di daratan, cepat atau lambat, akan mempengaruhi ekosistem dan fungsi ekologis wilayah pesisir.
- 2) Komponen ekologi dan keuntungan faktor lokasi, biasanya ditemukan beragam macam pemanfaatan untuk kepentingan pembangunan, seperti tambak, perikanan tangkap, pariwisata, pertambangan, industri dan pemukiman. Terdapat kaitan langsung yang sangat kompleks antara proses ekologi dan fungsi lingkungan dengan penggunaan sumberdaya alam.
- 3) Adanya kelompok-kelompok masyarakat yang memiliki ketrampilan/keahlian dan kesenangan bekerja yang berbeda, sebagai petani, nelayan, petani tambak, petani rumput laut, pendamping pariwisata, industri dan kerajinan rumah

tangga, dan sebagainya. Padahal sangat sulit atau hampir tidak mungkin mengubah kesenangan bekerja sekelompok orang yang sudah secara mentradisi menekuni suatu bidang pekerjaan.

- 4) Secara ekologis maupun ekonomis, pemanfaatan suatu wilayah pesisir secara monokultur sangat rentan terhadap perubahan internal maupun eksternal yang menjurus pada kegagalan usaha.
- 5) Wilayah pesisir dan lautan umumnya masih merupakan sumberdaya milik bersama yang dapat dimanfaatkan oleh semua orang. Isu ini merupakan sumber utama konflik hak kepemilikan lahan dan alokasi pemanfaatan sumberdaya wilayah pesisir dan laut. Hal tersebut sangat dirasakan ketika tingkat permintaan terhadap sumberdaya lebih besar daripada jumlah yang dapat disediakan oleh alam.

Lingkungan pesisir ini umumnya menjadi daerah yang semakin intensif dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan manusia, seperti untuk kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambakan, pertanian/perikanan, pariwisata dan sebagainya. Hal tersebut wajar dimana perkembangan kota (*urban*) cenderung mengarah pada daerah pesisir (Putranto & Kusuma, 2009). Oleh karena itu ekosistem pesisir akan menjadi semakin kompleks dan penting menjadi fokus dalam pembangunan wilayah masa mendatang.

2.1.3. Mangrove

2.1.3.1 Ekosistem Mangrove

Mangrove menurut Mac Nae (1968, dalam Saribanon et al., 2014) merupakan perpaduan antara bahasa portugis *mangue* yang berarti tumbuhan dan bahasa inggris *grove* yang berarti belukar atau hutan kecil. Agar tidak rancu Mac Nae kemudian menggunakan istilah *mangal* apabila berkaitan dengan komunitas hutan dan mangrove untuk individu tumbuhan. Disamping itu secara ekologi maka istilah mangrove digunakan untuk menyatakan pohon dan semak yang dapat tumbuh dalam zona intertidal dan zona subtidal dangkal di daerah tropika dan subtropika (Dawes, 1981, dalam Saribanon et al., 2014). Dari beberapa pengertian mangrove yang lain pada umumnya selalu merujuk pada pengertian sama dimana mangrove didefinisikan sebagai vegetasi yang terdapat di daerah pasang surut air

laut sebagai suatu komunitas (Tomlinson, 1986; Wightman, 1989, dalam Saru, 2014).

Hutan pasang surut atau hutan payau lebih dikenal dengan nama hutan mangrove merupakan vegetasi yang tumbuh dan dipengaruhi oleh kadar garam serta adanya aliran sungai yang berair tawar. Snedaker (1978, dalam Kordi, 2012) mendefinisikan hutan mangrove sebagai suatu kelompok jenis tumbuhan berkayu yang tumbuh di sepanjang garis pantai tropika dan subtropika yang terlindung dan memiliki semacam bentuk lahan pantai dengan tipe tanah anaerob. Mirip dengan pengertian Snedaker, Saribanon et al., (2014) mendefinisikan hutan mangrove sebagai suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut terutama di pantai yang terlindung, laguna, muara sungai yang tergenang pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut serta komunitas tumbuhannya mempunyai toleransi terhadap kadar garam yang tinggi. Sedangkan menurut Saputro (2009, dalam Kordi, 2012) mengartikan sebagai sekelompok tumbuhan, terutama golongan halopit yang terdiri dari beragam jenis, dari suku tumbuhan yang berbeda-beda tetapi mempunyai persamaan dalam hal adaptasi baik morfologi dan fisiologi terhadap habitat tumbuhannya dan pengaruh pasang-surut air laut. Dengan kata lain hutan mangrove umumnya tumbuh subur pada tanah salin (asin) dan air payau. Hal tersebut dikarenakan tanaman mangrove yang mempunyai toleransi terhadap kondisi asin atau mampu beradaptasi terhadap lingkungan asin yang mana normalnya tumbuhan lainnya tidak mampu bertahan hidup.

Menurut Kartadinata et al. (1978, dalam Saru, 2014) vegetasi hutan mangrove meliputi 88 spesies yang terdiri dari 37 famili. Meskipun begitu dari sekian banyak spesies vegetasi mangrove tersebut hanya sebanyak 34 spesies dan 14 famili yang berbentuk pohon. Disamping itu menurut Noor et al. (1996, dalam Kordi, 2012) ekosistem mangrove di Indonesia terdiri dari 189 jenis dari 68 suku. Dari jumlah tersebut hanya 80 jenis yang berupa pohon yaitu 24 jenis liana, 41 jenis herba, 41 jenis epifit, dan 3 jenis parasite.

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang unik. Ekosistem mangrove produktif biasanya tersebar di sepanjang zona intertidal pada pantai tropis (Ibharim et al., 2015) khususnya wilayah pesisir yang dekat dengan equator (Jennerjahn & Ittekkot, 2002). Ekosistem mangrove itu sendiri menurut Santoso (2000, dalam

Saribanon et al., 2014) adalah suatu sistem di alam tempat berlangsungnya kehidupan yang mencerminkan hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya dan diantara makhluk hidup itu sendiri, terdapat pada wilayah pesisir, yang di pengaruhi pasang surut air laut, dan didominasi oleh spesies pohon atau semak yang khas dan mampu tumbuh dalam perairan asin/payau. Ekosistem mangrove juga merupakan ekosistem *interface* antara ekosistem daratan dengan ekosistem lautan. Oleh karena itu, ekosistem ini mempunyai fungsi spesifik yang keberlangsungan hidupnya bergantung pada dinamika yang terjadi di ekosistem daratan dan lautan. Selain itu menurut Anwar et al., (1984 dalam Saribanon et al., 2014) definisi ekosistem hutan mangrove harus mencakup hal-hal di bawah ini:

- 1) Satu atau lebih pohon mangrove yang khas.
- 2) Setiap jenis yang tidak khas tumbuh bersama jenis yang khas.
- 3) Biota yang hidup di dalamnya seperti hewan daratan atau laut, lumut, kerak, cendawan, ganggang, bakteri, dan lainnya, baik yang menetap atau sementara hidup di daerah tersebut.
- 4) Proses-proses yang penting untuk mempertahankan ekosistem ini baik yang ada di daerah bervegetasi atau luarnya.
- 5) Daerah-daerah terbuka atau berlumpur yang terletak diantara hutan sebenarnya dan laut.

Karakteristik hutan mangrove menurut Bengen (2001) dapat dilihat dari berbagai aspek seperti floristik, iklim, temperatur, salinitas, curah hujan, geomorphologi, hidrologi dan drainase. Secara umum, karakteristik habitat hutan mangrove digambarkan sebagai berikut:

- 1) Umumnya tumbuh pada daerah intertidal yang jenis tanahnya berlumpur, berlempung atau berpasir
- 2) Daerahnya tergenang air laut secara berkala, baik setiap hari maupun yang hanya tergenang pada saat pasang purnama. Frekuensi genangan menentukan komposisi vegetasi hutan mangrove
- 3) Menerima pasokan air tawar yang cukup dari darat
- 4) Terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat. Air bersalinitas payau (2 sampai 22 per mil) hingga asin (mencapai 38 permil).

Sedangkan Soerianegara dan Indrawan (2002, dalam Saribanon et al., 2014) menerangkan ciri-ciri hutan mangrove sebagai berikut:

- 1) tidak terpengaruh iklim;
- 2) terpengaruh pasang surut
- 3) tanah tergenang air laut, tanah lumpur atau berpasir terutama tanah liat
- 4) tanah rendah pantai
- 5) hutan tidak mempunyai stratum tajuk
- 6) pohon-pohon dapat mencapai tinggi 30 meter
- 7) jenis-jenis mulai dari laut ke darat *Rhizophora* sp., *Avicennia* sp., *Sonneratia* sp., *Xylocarpus* sp., *Lumnitzera* sp., *Bruguiera* sp.
- 8) Tumbuh-tumbuhan bawah terdiri dari *Acrostichum* aurum, *Acanthus ilicifolius*, *Acanthus ebracteatus*
- 9) tumbuh di pantai merupakan jalur.

Tumbuhan mangrove mempunyai daya adaptasi yang khas terhadap lingkungan. Dietrich G Bengen (2010) menguraikan beberapa adaptasi mangrove menyesuaikan kondisi lingkungan. Adaptasi terhadap kadar oksigen rendah, menyebabkan mangrove memiliki bentuk perakaran yang khas antara lain jenis akar bertipe cakar ayam yang mempunyai pneumatofora misalnya pada jenis *Avicennia* spp., *Xylocarpus*., dan *Sonneratia* spp. Untuk mengambil oksigen dari udara ada jenis mangrove yang bertipe akar penyangga atau tongkat serta mempunyai lentisel misalnya pada jenis *Rhizophora* spp.. Disamping itu Saribanon et al. (2014) menyebutkan bahwa jenis mangrove juga dapat beradaptasi terhadap kadar garam yang tinggi dengan cara yang berbeda-beda. Beberapa diantaranya secara selektif mampu menghindari penyerapan garam dari media tumbuhnya, sementara beberapa jenis yang lainnya mampu mengeluarkan garam dari kelenjar khusus pada daunnya. Memiliki sel-sel khusus dalam daun yang berfungsi untuk menyimpan garam, Berdaun kuat dan tebal yang banyak mengandung air untuk mengatur keseimbangan garam. Daunnya memiliki struktur stomata khusus untuk mengurangi penguapan. Adaptasi terhadap tanah yang kurang stabil dan adanya pasang surut dengan cara mengembangkan struktur akar yang sangat ekstensif dan membentuk jaringan horisontal yang lebar. Di samping untuk memperkokoh pohon, akar tersebut juga berfungsi untuk mengambil unsur hara dan menahan sedimen.

Avicennia merupakan marga yang memiliki kemampuan toleransi terhadap kisaran salinitas yang luas dibandingkan dengan marga lainnya. *A. marina* mampu tumbuh dengan baik pada salinitas yang mendekati tawar sampai dengan 90 ‰ (MacNae, 1968, dalam Saribanon et al., 2014). Pada salinitas ekstrim, pohon tumbuh kerdil dan kemampuan menghasilkan buah hilang. Jenis-jenis *Sonneratia* umumnya ditemui hidup di daerah dengan salinitas tanah mendekati salinitas air laut, kecuali *S. caseolaris* yang tumbuh pada salinitas kurang dari 10 ‰. Selain itu beberapa jenis lain juga dapat tumbuh pada salinitas tinggi seperti *Aegiceras corniculatum* pada salinitas 20 – 40 ‰, *Rhizophora mucronata* dan *R. Stylosa* pada salinitas 55 ‰, *Ceriops tagal* pada salinitas 60 ‰ dan pada kondisi ekstrim ini tumbuh kerdil, bahkan *Lumnitzera racemosa* dapat tumbuh sampai salinitas 90 ‰ (Chapman, 1976a, dalam Saribanon et al., 2014). Jenis-jenis *Bruguiera* umumnya tumbuh pada daerah dengan salinitas di bawah 25 ‰. MacNae (1968, dalam Saribanon et al., 2014) menyebutkan bahwa kadar salinitas optimum untuk *B. parviflora* adalah 20 ‰, sementara *B. gymnorrhiza* adalah 10 – 25 ‰.

2.1.3.2 Fungsi Ekosistem Mangrove

Ekosistem utama di daerah pesisir adalah ekosistem mangrove, ekosistem lamun dan ekosistem terumbu karang. Menurut Kaswadji (2001, dalam Tarigan, 2008), tidak selalu ketiga ekosistem tersebut dijumpai pada suatu wilayah, namun demikian apabila ketiganya dijumpai maka terdapat keterkaitan antara ketiganya. Masing-masing ekosistem mempunyai fungsi sendiri-sendiri namun saling terkait dan mempengaruhi ekosistem pesisir secara keseluruhan.

Penelitian Saprudin dan Halidah (2012, dalam Herwindya & Susilo, 2014) menjelaskan bahwa hutan mangrove merupakan ekosistem utama pendukung kehidupan yang penting di wilayah pesisir dan lautan. Oleh karena itu mangrove juga memainkan peranan yang sangat penting dalam ekosistem pesisir khususnya terkait ekologi, lingkungan, biologi, pengobatan, dan ekonomi, namun pada dasarnya setidaknya ada tiga fungsi utama ekosistem mangrove yaitu fungsi fisis, biologis dan ekonomis.

Menurut penelitian Danielsen et al., (2005) keberadaan hutan mangrove bisa mencegah kerusakan pesisir akibat bencana tsunami. Dampak bencana tsunami

yang terjadi pada 26 Desember 2004 di Samudera Hindia menunjukkan bahwa wilayah pesisir dengan vegetasi (hutan mangrove) mengalami kerusakan yang relatif kecil dibandingkan dengan area pesisir tanpa vegetasi (hutan mangrove). Menurut model pengukuran dari penelitiannya juga keberadaan hutan mangrove mampu mereduksi ketinggian dan energi gelombang tsunami. Analisisnya menunjukkan bahwa 30 pohon per 100 m² di Tamil Nadu, India dapat menurunkan tekanan/energi gelombang tsunami lebih dari 90%. Sedangkan hasil pengamatan Kordi (2012) menunjukkan bahwa hutan mangrove setebal 1 km akan mampu meredam gelombang tsunami dari tinggi 4 meter menjadi 1 meter. Selain itu keberadaan hutan mangrove dapat melindungi wilayah pesisir dari ancaman badai dan banjir (Barbier, 2016). Hal tersebut dikuatkan oleh ahli ekologi perkotaan Universitas Indonesia, Suswanto Rasido menyebutkan bahwa gelombang pasang tidak akan menyebabkan banjir parah jika keberadaan rawa dan hutan mangrove di area pesisir dipelihara. Menurutnya rawa berfungsi sebagai tempat penampungan sementara setiap kali laut pasang. Sedangkan hutan mangrove efektif sebagai penghalang air pasang. Disamping itu secara alami akar-akar mangrove selain dapat meredam pengaruh gelombang juga dapat menahan lumpur, sehingga lahan mangrove dapat semakin luas tumbuh keluar. Sehingga pada dasarnya jika kondisi natural ini tidak terganggu maka seharusnya luasan hutan mangrove dapat semakin bertambah dengan sendirinya.

Fungsi lain ekosistem mangrove ialah berperan sebagai penampung dan pengolah limbah alami (*bioremediasi*) atau *biofilter* alam yang sangat efektif dalam menanggulangi pencemaran. Bahkan tidak kalah penting hutan mangrove juga bagian dari hutan tropis yang mampu berfungsi sebagai paru-paru dunia, dimana Ahmed & Glaser (2016) menyebutkan bahwa hutan mangrove mampu menyerap karbon 3-4 kali dibandingkan hutan tropis darat. Hal ini tentu saja sangat penting untuk menghindari terjadinya perubahan iklim global.

Mangrove mempunyai peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan siklus biologi di suatu perairan. Ekosistem mangrove merupakan habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna termasuk spesies langka sebagai tempat mereka hidup dan berkembang biak (Ibharim et al., 2015). Mangrove tersebut berfungsi sebagai tempat pemijahan (*spawning ground*), tempat asuhan (*nursery*

ground), dan tempat mencari makan (*feeding ground*) beberapa jenis hewan akuatik. Oleh karena itu Suryoatmodjo (1996, dalam Kordi, 2012) menyebutkan bahwa meskipun ekosistem mangrove hanya sebesar 10% luas laut namun menampung 90% kehidupan laut. Dijelaskan oleh Linden (1980) dan Musa, et al., (1998, dalam Harahab, 2009) bahwa komunitas mangrove menyokong secara nyata terhadap produksi makanan di daerah tropis. Hubungan antara produksi primer daun mangrove dan alga terhadap produksi sumberdaya perikanan sangat nyata. Menurut Lugo dan Suhendar (1974, dalam Saru, 2014) satu hektar lahan mangrove dapat menghasilkan serasah 7,1-8,8 ton per tahun yang dapat meningkatkan produktivitas dan produksi perikanan. Selain itu menurut Laimehe et al. (1993, dalam Harahab, 2009) diantara rantai makanan dan jaring makanan di perairan, yang memegang peranan sangat penting adalah fitoplankton, sebagai penghasil bahan organik yang kemudian dijadikan sumber makanan oleh jasad-jasad lainnya. Zooplankton dan jasad lainnya akan berkembang apabila tersedia cukup makanan yang dihasilkan fitoplankton. Fitoplankton sebagai produser utama (*autotrof*) di perairan melakukan fiksasi karbon (C) melalui proses fotosintesis dan menyediakan energi bagi organisme konsumen (*heterotrof*). Pada jenjang trofik (*trophic level*) yang lebih tinggi, konsumen primer akan berlaku sebagai sumber makanan bagi konsumen sekunder, dan seterusnya sampai pada konsumen puncak.

Secara keseluruhan fungsi ekosistem mangrove dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 1
Fungsi Ekosistem Mangrove

FUNGSI	KETERANGAN	SUMBER
FISIS	Melindungi lingkungan dari pengaruh oseanografi seperti pencegahan abrasi, perlindungan terhadap angin dan gelombang (pasang surut), pencegah intrusi garam, sebagai penghasil energy serta hara, menjaga kestabilan garis pantai, mempersepat perluasan lahan, melindungi pantai dari tebing sungai, mengolah bahan limbah, mencegah banjir,	Nontji (1992, dalam Kordi, 2012); Kordi (2012); Kusmana (2003); Anwar et al. 1984; Sumana (1985, dalam Saru, 2014)

FUNGSI	KETERANGAN	SUMBER
	mengurangi pencemaran udara dan perairan (biofilter alami) dan perangkap sedimen	Saru (2014) Sawitri (2012)
BIOLOGIS	Dalam sistem rantai makanan berperan sebagai produsen primer, tempat bertelur dan sebagai tempat asuhan berbagai biota, tempat bersarang burung dan sebagai habitat alami berbagai biota	Bengen (2001)
EKONOMIS	Sebagai sumber bahan bakar (kayu bakar dan arang), bahan bangunan (balok, atap dan sebagainya), penghasil sumberdaya perikanan (pertanian dalam arti luas), makanan, minuman, bahan baku kertas, keperluan rumah tangga, tekstil, serat sintesis, penyamakan kulit, obat-obatan, tempat pembuatan garam, tempat rekreasi dan lain sebagainya.	

Sumber: diolah dari berbagai sumber

Meskipun fungsi dari ekosistem mangrove yang sangat luas, namun manajemen mangrove itu sendiri saat ini masih kurang maksimal dan menjadi tantangan yang kompleks (Kamaruzaman & Kaswani, 2007). Menurutnya tantangan terbesarnya ialah bagaimana menyeimbangkan antara perlindungan kelestarian ekosistem mangrove dengan pemanfaatan manusia terhadap sumberdaya mangrove. Berdasarkan penelitian Hartanto (2013) menunjukkan bahwa keberadaan ekosistem mangrove mampu mempengaruhi (meningkatkan) pendapatan masyarakat di di Desa Banjarsari, Kab Demak hingga 75,69%.

Secara keseluruhan menurut Polidoro et al. (2010, dalam Thornton & Johnstone, 2015) menyebutkan bahwa nilai jasa yang diberikan ekosistem mangrove pertahun senilai US\$ 1,6 milyar, sedangkan biaya restorasi hutan mangrove berkisar antara 5.000 hingga 10.000 US\$ per ha (Barbier, 2016). Tingginya nilai jasa dan besarnya biaya restorasi hutan mangrove sudah seharusnya

kita untuk lebih fokus untuk menjaga kelestarian hutan mangrove ketimbang menunggu rusak dahulu baru merestorasi.

2.1.3.3 Zonasi Mangrove

Menurut Bengen (2001) flora mangrove umumnya di lapangan tumbuh membentuk zonasi mulai dari pinggir pantai sampai pedalaman daratan. Zonasi hutan mangrove mencerminkan tanggapan ekofisiologis tumbuhan mangrove terhadap gradasi lingkungan zonasi yang terbentuk, bisa berupa zonasi yang sederhana (satu zonasi, zonasi campuran) dan zonasi kompleks (beberapa zonasi) tergantung pada kondisi lingkungan mangrove yang bersangkutan. Menurut Sukardjo (1993, dalam Kordi, 2012) ada lima faktor utama yang mempengaruhi zonasi mangrove tersebut yaitu: (1) gelombang, yang menentukan frekuensi tergenang; (2) salinitas, yang berkaitan dengan hubungan osmosis mangrove; (3) substrat; (4) pengaruh darat, seperti aliran air masuk dan rembesan air tawar; (5) keterbukaan terhadap gelombang, yang menentukan jumlah substrat yang dapat dimanfaatkan.

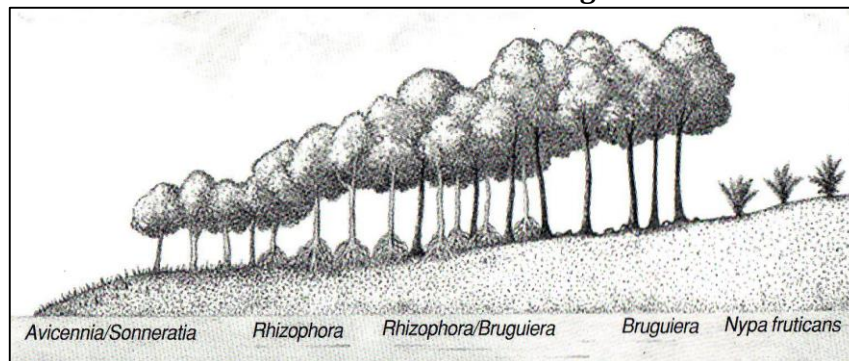
Menurut Nybakken (1988, dalam Kordi, 2012) tidak ada sama sekali skema universal zonasi mangrove yang benar, namun skema umum zonasi mangrove untuk penggunaan secara luas pada daerah Indo-Pasifik dapat digunakan. Skema umum zonasi mangrove tersebut ialah: (1) daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir sering di tumbuh oleh *Avicennia sp.* Pada zona ini biasanya berasosiasi *Sonneratia sp.* Yang didominasi tumbuh pada lumpur dalam yang kaya bahan organik; (2) lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora sp.* Di zona ini juga di jumpai *Bruguiera sp.* dan *Xylocarpus sp.*; (3) zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera sp.*; (4) zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah biasanya ditumbuhi oleh tumbuhan nipah *Nypa fruticans* dan beberapa spesies palem lainnya. Senada dengan Nybakken, menurut Bengen (2001) zonasi hutan mangrove di Indonesia juga terdiri dari:

- Daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir, sering ditumbuhi oleh *Avicennia spp.* Pada zona ini biasa berasosiasi *Sonneratia spp.* yang dominan tumbuh pada lumpur dalam yang kaya bahan organik.

- Lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora* spp. Di zona ini juga dijumpai *Bruguiera* spp. dan *Xylocarpus* spp.
- Zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera* spp.
- Zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah biasa ditumbuhi oleh *Nypa fruticans*, dan beberapa spesies palem lainnya.

Skema umum zonasi mangrove seperti gambar 2.1 berikut.

Gambar 2. 1
Skema Umum Zonasi Mangrove



Sumber: Bengen (2001)

2.1.3.4 Kerusakan Ekosistem Mangrove

Seringkali ditemui informasi mengenai kerusakan ekosistem mangrove yang semakin meningkat disebabkan oleh tingginya tingkat eksploitasi, lemahnya koordinasi dan sinkronisasi program antar sektor, lemahnya penegakan hukum serta rendahnya kesadaran masyarakat terhadap fungsi ekosistem mangrove (Soraya, 2012). Selain itu degradasi mangrove terjadi terutama karena tingginya konversi menjadi budidaya perairan (Binh et al., 1997; Hoang et al., 1998; de Lacerda, 2002; Torell and Salamanca, 2003; Primavera, 2004; Primavera and Esteban, 2008; Spalding et al., 2010 dalam Thornton & Johnstone, 2015) dan pencemaran (Hong, 1993; Alongi, 2002, dalam Thornton & Johnstone, 2015). Menurut Gilbert and Janssen (1998 dalam Raharja, Widigdo, & Sutrisno, 2014) pencemaran tersebut disebabkan oleh limbah yang masuk kedalam ekosistem mangrove terlalu banyak dan tidak dapat diproses untuk didaur ulang, dalam kondisi yang demikian kemudian dapat mengurangi pertumbuhan atau bahkan merangsang degradasi mangrove dan menurunkan daya dukung lingkungan

Pengalihfungsian ekosistem mangrove menjadi permukiman, tambak, dan penggundulan hutan mangrove menyebabkan terganggunya fungsi ekosistem mangrove tersebut yang dapat menyebabkan abrasi pantai, banjir, sedimentasi dan berkurangnya keanekaragaman hayati laut. Senada dengan beberapa hal di atas, Barbier (2016) menjelaskan bahwa dampak kerusakan ekosistem mangrove akan meningkatkan kerentanan wilayah pesisir khususnya kehidupan penduduk dan budaya penduduk terhadap ombak dan badai.

Secara keseluruhan kerusakan ekosistem mangrove menurut Kordi (2012) terjadi akibat:

- Tebang habis
- Pengalihan aliran air tawar, misalnya pada pembangunan irigasi
- Konversi menjadi lahan budidaya
- Pembuangan sampah cair (*sewage*)
- Pembuangan sampah padat
- Pencemaran minyak dalam jumlah besar
- Penambangan dan ekstraksi mineral di daratan sekitar hutan mangrove

Meksipun saat ini sudah banyak diketahui fungsi ekosistem mangrove dapat mencegah 3-4 kali terjadinya perubahan iklim lebih besar ketimbang hutan tropis daratan (Aziz et al., 2015), namun faktanya tingkat kerusakan hutan mangrove masih sangat tinggi (Feka, 2015) bahkan jauh lebih tinggi ketimbang kerusakan hutan tropis daratan (Ahmed & Glaser, 2016). Menurut McLeod and Salm (2006 dalam Feka, 2015) potensi hutan mangrove di negara berkembang yang hilang dari tahun 2006 hingga 2025 bisa mencapai 25%.

Ekosistem mangrove pada akhir abad 20 diperkirakan telah hilang separuhnya (Miramontes-Beltran et al., 2016). Bahkan separuh dari sisanya yang masih ada diperkirakan dalam kondisi kritis. Berdasarkan data FAO of United Nations (2007) luas hutan mangrove di dunia hanya sekitar 15,2 juta Ha, yang sebagian besar terdapat di Asia dan Afrika, kemudian Amerika Utara dan Amerika Tengah. Data terbaru tahun 2009 yang dirilis oleh BAKOSURTANAL (saat ini BIG) menyatakan bahwa luas hutan mangrove di Indonesia tinggal sekitar 3,244 juta ha. Jika tren hilangnya hutan mangrove dari tahun 1982 hingga 2009 masih

terjadi yaitu seluas 73.333 ha per tahun (Rochana, 2001), maka jika dikalkulasi maka pada tahun 2054 hutan mangrove di Indonesia dapat hilang.

Walaupun ekosistem mangrove merupakan sumberdaya yang sifatnya dapat diperbaharui (*renewable resources*) namun jika degradasi ekosistem mangrove tersebut terjadi secara terus menerus dan dalam kuantitas yang besar, maka kemampuan ekosistem mangrove untuk memulihkan diri tidak akan mampu mengimbangi tingkat kerusakan tersebut. Oleh karena itu sudah seharusnya manajemen mangrove terkait keseimbangan antara pemanfaatan versus kelestarian harus menjadi perhatian utama.

2.1.3.5 Monitoring Mangrove

Monitoring mangrove yang sering dikenal sebagai pemantauan merupakan kegiatan pengamatan/pengukuran yang dilakukan dalam rentang waktu tertentu secara berkelanjutan untuk mengetahui perkembangan dan perubahan dari objek yang diamati dari waktu ke waktu (Dharmawan & Pramudji, 2014). Pada komunitas mangrove, pemantauan bertujuan untuk menghitung persentase tutupan mangrove, dan kemudian menentukan status kondisi hutan mangrove di suatu wilayah kajian.

Dalam monitoring hutan mangrove baik melalui penginderaan jauh maupun observasi lapangan keduanya merupakan hal yang saling melengkapi. Observasi lapangan dilakukan terutama untuk uji akurasi atas suatu hasil teknik penginderaan jauh.

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2014, survey mangrove dilakukan dengan tiga cara yaitu: (1) sampel titik; (2) sampel plot; dan (3) sampel transek. Survey lapangan dilakukan untuk uji akurasi atas hasil suatu teknik penginderaan jauh dilakukan dengan metode sampel. Sesuai Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove, penentuan jumlah sampel minimal ditentukan sesuai pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2
Jumlah Sampel Minimal

Skala	Kelas Kerapatan	Min. Plot	Total Sampel Minimal (TSM)
1:25.000	5	30	50

Skala	Kelas Kerapatan	Min. Plot	Total Sampel Minimal (TSM)
1:50.000	3	20	30
1:250.000	2	10	20

Sumber: Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2014

Berdasarkan tabel 2.2 maka dapat dihitung jumlah sampel minimal melalui rumus sebagai berikut:

$$A = TSM + \left(\frac{Luas (Ha)}{1500} \right)$$

dimana,

A : Jumlah Sampel Minimal

TSM : Total Sampel Minimal

Oleh karena itu berdasarkan rumus di atas jumlah sampel dapat di-general-kan seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3
Jumlah Sampel Minimal Berdasarkan Luasan Hutan Mangrove

Skala	Luas (ha)					
	500	1.000	5.000	10.000	20.000	100.000
1:25.000	50	51	53	57	63	117
1:50.000	30	31	33	37	43	97
1:250.000	20	21	23	27	33	87

Sumber: Perka BIG No. 3 Tahun 2014 (diolah)

Dalam pengukuran kerapatan, nilai kerapatan diperoleh sebagai hasil perbandingan antara jumlah individu mangrove di dalam suatu satuan area sebagaimana rumus berikut:

$$D = \frac{ni}{A}$$

dimana,

D : Kerapatan mangrove (batang/ha)

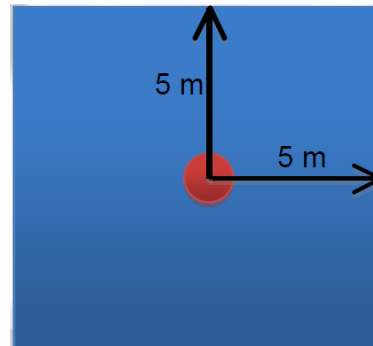
ni : Jumlah total tegakan

A : Luas area petak pengambilan sampel (luas plot/transek)

Oleh karena itu diperlukan penentuan sampel titik yang digunakan untuk mewakili nilai pengukuran suatu area. Metode penggunaan sampel titik ini dilakukan secara visual dengan jarak pandang 5 m dari titik pengamatan surveyor (gambar 2.2). Surveyor berada pada titik pusat dan jarak pandang sekeliling (depan-belakang, kanan-kiri) sejauh 5 m sehingga membentuk bujur sangkar dan seolah-olah

ukurannya sama dengan plot 10 m x 10 m. dari area inilah kemudian pohon mangrove diukur baik secara jumlahnya maupaun diameter pohon yang ada dalam area tersebut.

Gambar 2. 2
Skema Penentuan Area Titik Sampel



Sumber: Perka BIG No. 3 Tahun 2014

Selain itu pengukuran kerapatan vegetasi di lapangan juga dapat dilakukan dengan bantuan alat kamera *fish-eye* yang kemudian diukur nilai digital number tiap pixel dari gambar hasil pemotretan tersebut (Liang et al., 2015) dan menggunakan alat *portable leaf area meter* LI-3000C (LICOR, NE, USA) (Neinavaz et al., 2016).

Menurut standar baku baku kerusakan hutan mangrove dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004, kriteria kerusakan hutan mangrove dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) yaitu: (1) kondisi baik dengan kerapatan padat; (2) kondisi baik dengan kerapatan sedang; dan (3) kondisi rusak dengan kerapatan jarang, sebagaimana tabel 2.4.

Tabel 2. 4
Standar Baku Baku Kerusakan Hutan Mangrove

Kriteria		NDVI	Penutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)
Baik	Lebat	$0,43 \leq NDVI \leq 1,00$	$\geq 75\%$	≥ 1500
	Sedang	$0,33 \leq NDVI \leq 0,42$	50% – 75%	1000 – 1500
Rusak	Jarang	$-1,0 \leq NDVI \leq 0,32$	< 50%	<1000

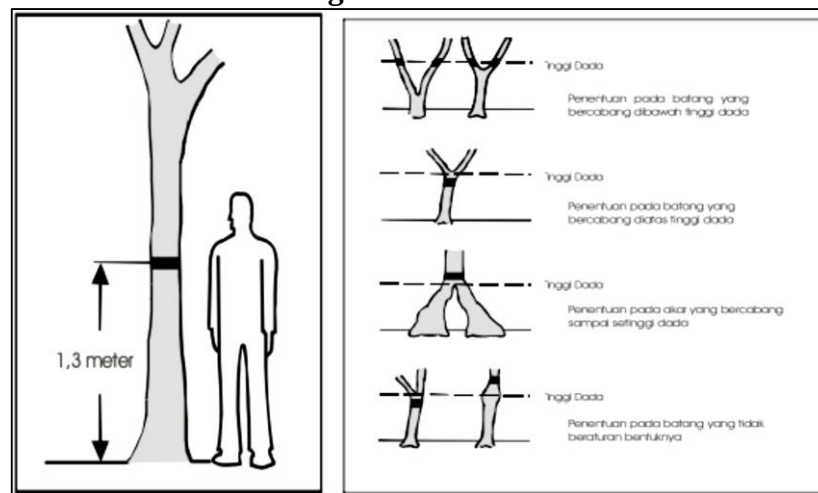
Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004

Metode pengukuran pohon mangrove dapat dilakukan sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 dimana:

- Apabila batang bercabang di bawah ketinggian sebatas dada (1,3 m) dan masing-masing cabang memiliki diameter ≥ 10 cm maka diukur sebagai dua pohon yang terpisah.

- b. Apabila percabangan batang berada di atas setinggi dada atau sedikit di atasnya maka diameter diukur pada ukuran setinggi dada atau di bawah cabang.
- c. Apabila batang mempunyai akar tunjang/ udara, maka diameter diukur 30 cm di atas tonjolan tertinggi.
- d. Apabila batang mempunyai batang yang tidak lurus, cabang atau terdapat ketidaknormalan pada lokasi pengukuran maka diameter diambil 30 cm di atas atau di bawah setinggi dada.

Gambar 2. 3
Metode Pengukuran Diameter Pohon



Sumber: Kepmen LH 201, 2004

2.1.3.6 Mangrove Dalam Perubahan Iklim

Perubahan iklim saat ini menjadi perhatian dunia. Bahkan PBB telah memprakarsai perjanjian COP-21 (Conference of the Parties) di Paris sebagai pemegang otoritas tertinggi dari UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) yang merupakan tindak lanjut dari Protokol Kyoto tahun 1998. Perjanjian COP-21 bertujuan untuk mengurangi emisi karbon domestik melalui kesepakatan yang mengikat secara hukum. Saat ini emisi tahunan global mencapai sekitar 50 miliar ton karbon dioksida (Purbo et al., 2016) yang merupakan komponen utama penyusun gas rumah kaca sebagai penyebab terjadinya perubahan iklim.

Perubahan iklim di Indonesia menyebabkan peningkatan muka air laut setinggi 3,2 mm/tahun pada periode 1993-2010 dan diperkirakan mencapai 175 cm

pada tahun 2100. Selain itu peningkatan temperatur rata-rata diperkirakan sebesar 0,5 – 3,920C pada tahun 2100 (Purbo et al., 2016). Di Kota Tarakan sendiri prediksi kenaikan muka air laut mencapai 14,7 cm pada tahun 2030 (Purbo et al., 2016).

Ekosistem mangrove berperan penting dalam mencegah percepatan terjadinya perubahan iklim global. Seperti yang kita ketahui bahwa hutan mangrove mempunyai potensi biomassa yang mampu menyimpan karbon dalam jumlah yang besar. Zat karbon tersebut baik dalam bentuk CO₂ maupun CO yang merupakan komponen utama penyusun gas rumah kaca.

Menurut Ahmed & Glaser (2016) ekosistem pesisir dan laut mampu menyimpan sekitar 11,5 milyar ton karbon biru dimana sekitar 57% diantaranya (6,5 milyar ton) diserap oleh mangrove. Selain itu rata-rata tiap hektar hutan mangrove mampu menyimpan 1023 ton karbon biru didalam biomasa dan bawah tanahnya.

Menurut penelitian Aziz et al. (2015) dalam periode 20 tahun ruang penyimpanan karbon oleh hutan mangrove yang hilang mencapai 3,2 juta ton. Banyak faktor yang menyebabkannya namun terutama karena adanya konversi hutan mangrove menjadi *aquaculture*. Dalam penelitiannya juga diketahui bahwa konversi hutan mangrove menjadi *aquaculture* menyebabkan terjadinya pelepasan karbon 75 ton/ha/tahun selama kurun waktu sepuluh tahun. Sedangkan Ahmed & Glaser (2016) memperkirakan bahwa konversi tiap hektar hutan mangrove menjadi budidaya tambak mampau menghilangkan potensi penyimpanan karbon biru sebanyak 661 hingga 1135 ton/ha.

Pentingnya hutan mangrove dalam menanggulangi terjadinya perubahan iklim menjadikannya sebagai variabel penting dalam kebijakan REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*). Meskipun begitu kebijakan REDD+ masih belum teraplikasikan dengan baik. Hal tersebut menurut Aziz et al. (2015) disebabkan oleh lemahnya kualitas kebijakan pemerintahan dan lemahnya perlindungan terhadap lahan mangrove.

Untuk mencegah percepatan terjadinya perubahan iklim maka United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) kemudian menggagas melalui REDD+ untuk memberikan dukungan dan bantuan finansial kepada negara yang melestarikan hutan baik itu hutan terrestrial maupun hutan

mangrove. Jika REDD+ dapat diimplementasikan dengan baik secara global maka maksimum 2,5 milyar ton pelepasan emisi CO₂ dapat dihindari (Ahmed & Glaser, 2016). Selain itu sebagai bentuk komitmen terhadap UNFCCC, potensi penyimpanan karbon perlu dikalkulasi secara global. Khususnya pada negara hutan tropis yang memiliki ruang penyimpanan karbon yang besar (Vieira, 2008). Indonesia sebagai negara yang memiliki hutan tropis yang besar sangat perlu untuk mengkalkulasi potensi ruang penyimpanan karbon di dalamnya khususnya dari hutan mangrove. Untuk mengetahui potensi biomassa penyimpanan karbon mangrove saat ini banyak dikembangkan berbagai formula.

Dalam inventarisasi karbon hutan, *carbon pool* yang diperhitungkan setidaknya ada 4 kantong karbon. Keempat kantong karbon tersebut adalah biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati dan karbon organik tanah (Sutaryo, 2009).

- Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan.
- Biomassa bawah permukaan adalah semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup. Pengertian akar ini berlaku hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Hal ini dilakukan sebab akar tumbuhan dengan diameter yang lebih kecil dari ketentuan cenderung sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan serasah
- Bahan organik mati meliputi kayu mati dan serasah. Serasah dinyatakan sebagai semua bahan organik mati dengan diameter yang lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati adalah semua bahan organik mati yang tidak tercakup dalam serasah baik yang masih tegak maupun yang roboh di tanah, akar mati, dan tunggul dengan diameter lebih besar dari diameter yang telah ditetapkan.
- Karbon organik tanah mencakup karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

Terdapat dua pendekatan untuk mengestimasi biomassa dari suatu pohon / hutan yaitu pendekatan langsung dengan membuat persamaan allometrik dan pendekatan tidak langsung dengan menggunakan “*biomass expansion factor*”.

Biomass Expansion Factor (BEF)

Biomass Expansion Factor (BEF) merupakan suatu expansion factor yang akan menggandakan suatu jumlah nominal tertentu (volume atau biomassa) yang mencakup 1 (satu) atau beberapa bagian pohon ke jumlah nominal lainnya yang mencakup keseluruhan pohon (Brown & Gaston, 1996; Sutaryo, 2009). Secara sederhana BEF dapat dimaknai sebagai rasio antara biomassa keseluruhan pohon dengan biomassa batang (Brown, 2002). Formula dari BEF yaitu:

$$\text{BEF} = \frac{W_t}{V}$$

Dimana, BEF = Biomass expansion factor (Mg/m³); W_t = total biomassa tegakan (Mg/ha); V = volume tegakan (m³/ha).

Persamaan allometrik

Persamaan allometrik ialah yang paling banyak digunakan dalam menghitung potensi biomassa. Persamaan allometrik didefinisikan sebagai suatu hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme (Sutaryo, 2009). Dalam studi biomassa hutan / pohon persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan. Secara sederhana Persamaan allometrik dinyatakan dengan persamaan umum:

$$Y = a + bX$$

Dimana Y mewakili ukuran yang diprediksi, X adalah bagian yang diukur, b adalah kemiringan atau koefisien regresi dan a adalah nilai perpotongan dengan sumbu vertikal (Y). Bentuk dasar tersebut kemudian ditransformasikan ke bentuk logaritma menjadi:

$$\log(Y) = \log(a) + b[\log(X)]$$

Persamaan allometrik untuk hutan terestrial banyak dikembangkan oleh banyak peneliti seperti berikut:

No	Persamaan allometrik	α	β_1	β_2	β_3	R^2	Kisaran DBH (cm)
1	$AGB = \exp(\alpha + \beta_1 \ln(DBH) + \beta_2 (\ln(DBH))^2 - \beta_3 (\ln(DBH))^3)$	-0.37	0.333	0.933	-0.122	0.973	5-130
2	$AGB = \exp(\alpha + \beta_1 \ln(DBase))$	-6.80067	3.77738	-	-	-0.915	12.5-27.9*
3	$AGB = \alpha + \beta_1 (DBH) + \beta_2 (DBH)^2$	21.297	-6.953	0.740	-	0.910	4-116
4**	$AGB = \rho X \exp(\alpha + \beta_1 \ln(DBH) + \beta_2 \ln(DBH)) - \beta_3 \ln(DBH))^3$	-1.499	2.1481	0.207	-0.0281	0.996	5-156
5	$AGB = \exp(\alpha + \beta_1 (\ln(DBH)^2 \times H))$	-3.282	0.95	-	-	0.947	2.5-57
6*	$AGB = \rho X \exp(\alpha + \ln(\rho \times DBH^2 \times H))$	-2.977	-	-	-	0.989	5-156

1. Chambers et al. (2001); 2. Burger (2005); 3. Tiepolo et al. (2002); 4. Chave et al. (2005)a; 5. Scatena et al. (1993)
6. Chave et al. (2005)b. DBH = Diameter setinggi dada (cm). α dan β adalah koefisien persamaan. H = tinggi total (m)
 ρ berat jenis kayu (gr/cm^3). *)Diameter pangkal. Dbase = diameter pangkal. **)Model ini mengacu pada hutan tropika lembab.

Sumber: Sutaryo (2009)

Selain pengembangan untuk hutan terestrial, persamaan alometrik untuk mangrove jenis *Rhizophora Apiculata* yang dikembangkan oleh beberapa peneliti diantaranya oleh Clough & Scott (1989) dan Ong, Gong, & Wong (2004) melalui persamaan:

$$\text{Log Y} = 2,616 \text{ Log GBH} - 2,210 \qquad \text{Log Y} = 2,420 \text{ Log GBH} - 1,832$$

Clough & Scott (1989)

Ong, Gong, & Wong (2004)

dimana Y adalah total biomassa atas dan bawah permukaan dalam kg dan GHB adalah keliling batang pohon mangrove dalam cm.

Untuk mengkonversi biomassa menjadi simpanan karbon pada dasarnya tidak ada rumus yang pasti. Namun dari beberapa penelitian menyebutkan bahwa potensi simpanan karbon atas suatu biomassa antara 45%-50%. Namun Brown & Gaston, (1996) menggunakan dasar 45% dari total biomassa sebagai potensi penyimpanan karbon.

2.1.3.7 Konservasi Hutan Mangrove

Salah satu bentuk pengelolaan wilayah pesisir yang saat ini semakin penting nilainya untuk dilakukan ialah konservasi hutan mangrove. Hal ini bertujuan untuk mengimbangi pemanfaatan sumberdaya pesisir yang sifatnya seringkali bertentangan dengan prinsip kelestarian hutan mangrove.

Dalam menentukan kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove terdapat beberapa parameter yang dijadikan sebagai dasar. Diantara parameter kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove yang sering digunakan oleh beberapa peneliti sebagaimana tabel 2.5.

Tabel 2. 5
Paramater Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove

No	Parameter	Sumber	S1	S2	S3	N
1	Kemiringan	Wardhani (2014)	<10	10-25	"25-45	>45
2	Kerapatan Mangrove (100m ²)		>15-25	>10-15	5-10	<5
3	Kealamiahan		Alami	Alami dengan tambahan	Lahan Rehabilitasi	Buatan
4	Obyek (Jenis) Biota		>4	3-4	2	1
5	Jarak dari sungai (km)	Wardhani (2014); Khomsin (2005)	<0,5	>0,5-1	>1-2	>2
6	Keragaman Vegetasi Mangrove	Wardhani (2014); Magdalena et al. (2015); Khomsin (2005)	>5	3-5	1-2	0
7	Substrat Dasar/Tekstur Tanah		Lumpur berpasir	Pasir Berlumpur	Pasir	Berbatu
8	Pasang Surut Air Laut (m)		0-1	>1-2	>2-5	>5
9	Kecepatan Gelombang Air Laut (m/dt)		<0,3	0,3-0,4	0,41-0,5	>0,5
10	pH		6-7	5-6 dan 7-8	4-5 dan 8-9	<4 dan >9
11	Ketebalan mangrove (m)	Wardhani (2014); Magdalena et al. (2015)	>500	200-500	50-200	<50
12	Kualitas Air/Salinitas (‰)	Magdalena et al. (2015); Khomsin (2005)	25-29 atau >33-37	29-33	0-1	0

Sumber: Diolah dari berbagai sumber

Tingkat kesesuaian kawasan konservasi ditentukan berdasarkan indeks kesesuaian kawasan yang diperoleh berdasarkan formula:

$$IKK = \sum \left[\frac{Ni}{Nmaks} \right] \times 100\%$$

Keterangan:

IKK : Indeks Kesesuaian Kawasan Konservasi

Ni : Nilai Parameter ke-i

N maks : Nilai maksimum dari suatu kategori kawasan konservasi = 300

dimana IKK:

- 0-25% = Tidak Sesuai
- >25% - 50% = Sesuai Bersyarat
- >50% - 75% = Sesuai
- >75% = Sangat Sesuai

Dengan berkembangnya teknik dan aplikasi penginderaan jauh, nilai salinitas air dapat diperoleh melalui pengolahan citra satelit. Konsep dasarnya salinitas dapat diinterpretasi berdasarkan pigmen dari fitoplankton sebagai penduga produktifitas (kesuburan) perairan. Tinggi rendahnya salinitas dipengaruhi oleh pencampuran sedimentasi dan substansi-substansi kuning yang dibawa dari daratan oleh sungai ataupun limbah dari tengah lautan serta pengaruh kedalaman pantai (Illahude, 1998 dalam Syech & Malik, 2013). Dengan perbandingan antara radiasi kanal-kanal sensor yang mempunyai absorpsi tinggi (sekitar cahaya biru = 430 – 480) dan kanal sensor yang mempunyai absorpsi rendah (sekitar 480 – 530) maka nilai salinitas dapat diestimasi.

Salah satu pengembang penelitian salinitas menggunakan teknik penginderaan jauh ialah Son et al. (2012) dimana untuk memperoleh nilai salinitas menggunakan citra satelit ia menggunakan formula:

$$Salinitas = 10^{[0,141 \times [0,70 \times MNDCI^3 + 0,96 \times MNDCI^2 + 1,14 \times MNDCI - 0,25] + 1,45]}$$

dengan
$$MNDCI = \frac{L(BoA)_3 - L(BoA)_2}{L(BoA)_3 + L(BoA)_2}$$

dimana $L(BoA)_3$ adalah nilai reflektan permukaan (*Bottom of Atmosphere*) Band 3 dan; $L(BoA)_2$ adalah nilai reflektan permukaan (*Bottom of Atmosphere*) Band 2.

2.1.4. Sistem Penginderaan Jauh untuk Vegetasi (Mangrove)

2.1.4.1 Penginderaan Jauh untuk Mangrove

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi (acquisition) tentang obyek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan tanpa adanya kontak langsung dengan obyek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1994 dalam Hartono 2005). Selain itu Lo (1996, dalam Saefurahman, 2008) mendefinisikan indera sebagai identifikasi dan pengkajian obyek pada daerah jauh dengan menggunakan energi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan obyek.

Dalam penginderaan jauh terdapat 4 komponen utama (Hartono, 2005) yaitu:

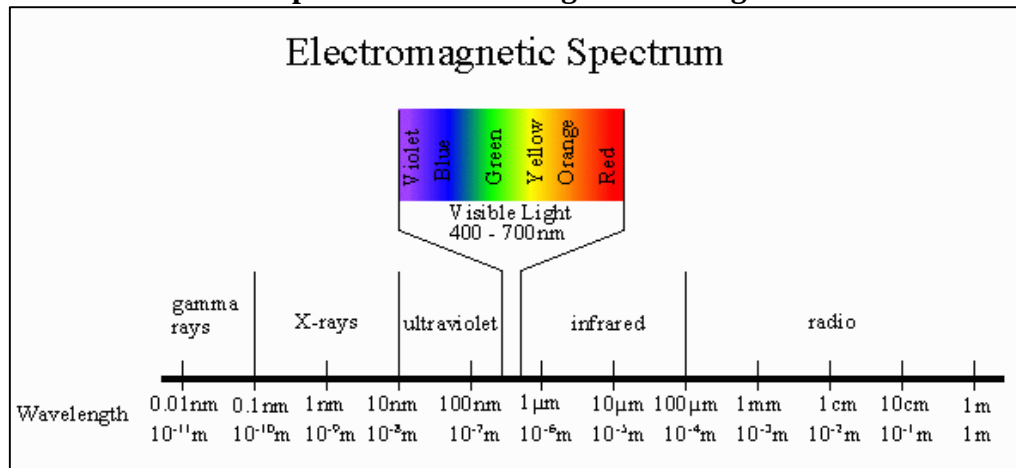
- 1) Sumber Energi. Terbagi menjadi dua yaitu matahari untuk sistem penginderaan jauh pasif dan Radar untuk sistem penginderaan jauh aktif seperti Side Looking Airbone Radar, SLAR, Synthetic Aperture Radar, SAR, SRTM, RADAR 3D, dst.
- 2) Sensor. Sensor terdiri dari berbagai komponen seperti Skanner, Radiometer, CASI, Compact Airborne Scanner Imager, Hyperspektral.
- 3) Obyek di Bumi bisa berupa tanah, air, vegetasi, dan budidaya manusia
- 4) Atmosfer baik uap air, gas, debu dan lain sebagainya

Terdapat beberapa spektrum panjang gelombang yang sering digunakan dalam penginderaan jauh yaitu:

- a. Spektrum tampak, yaitu panjang gelombang pada $0,4\mu\text{m} - 0,7\mu\text{m}$, dibagi menjadi:
 - Band biru, yaitu pada $0,4\mu\text{m} - 0,5\mu\text{m}$,
 - Band hijau, yaitu pada $0,5\mu\text{m} - 0,6\mu\text{m}$,
 - Band merah, yaitu pada $0,6\mu\text{m} - 0,7\mu\text{m}$.
- b. Spektrum inframerah, yaitu panjang gelombang pada $0,7\mu\text{m} - 1000\mu\text{m}$, dibagi menjadi:
 - Inframerah dekat/fotografik/pantulan, $0,7\mu\text{m} - 1,3\mu\text{m}$,
 - Inframerah sedang, $1,3\mu\text{m} - 3,0\mu\text{m}$,
 - Inframerah jauh/inframerah thermal, $3,0\mu\text{m} - 1000\mu\text{m}$.

- c. Spektrum gelombang mikro, yakni dari panjang gelombang 0,1cm – 100cm. Spektrum ini banyak digunakan pada penginderaan jauh dengan sistem radar.

Gambar 2. 4
Spektrum Gelombang Elektromagnetik



Sumber: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/spektrum.gif>

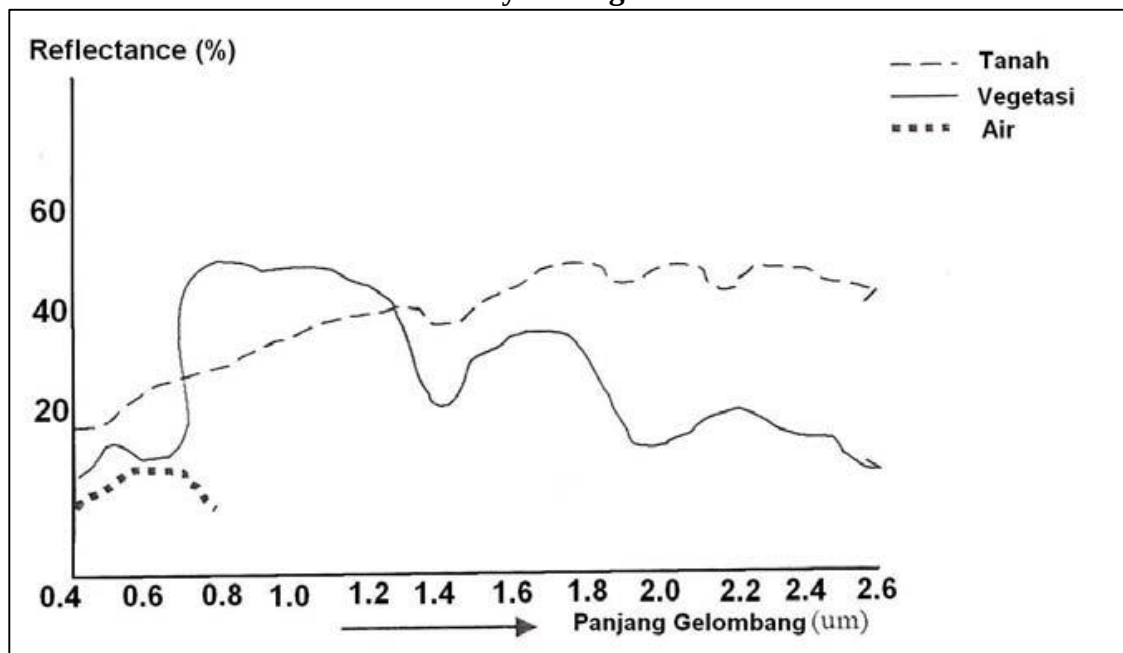
Hoffer (1978, dalam Hartono, 2005) dalam bukunya “*Remote Sensing : the Quantitative Approach*” menyebutkan beberapa karakteristik pantulan obyek yaitu:

- 1) Air, menyerap energi elektromagnetik, sehingga makin panjang panjang gelombang, makin rendah pantulannya. Kenampakannya pada citra cenderung gelap. Secara garis besar dapat dikatakan bahwa air jernih cenderung memberikan pantulan yang lebih rendah daripada air keruh pada semua wilayah panjang gelombang. Air jernih dapat terlihat dengan jelas pada spektrum tampak di panjang gelombang 0,4μm – 0,5μm, dan terus menurun hingga tak terlihat lagi pada panjang gelombang 0,8μm (inframerah dekat). Sedangkan untuk air keruh terlihat dengan baik pada spektrum tampak dengan panjang gelombang 0,4 μm-0,6μm dan terus menurun hingga tak terlihat lagi pada panjang gelombang 1,0μm (inframerah dekat).
- 2) Tanah, memantulkan energi elektromagnetik, makin panjang panjang gelombang, makin tinggi pantulannya dan kenampakannya pada citra cenderung cerah. Secara garis besar tanah bertekstur relatif kasar (pasiran) ataupun relatif lembab memberikan pantulan yang cenderung meningkat dari spektrum tampak biru ke inframerah dekat (0,4μm–3μm), kemudian sedikit

menurun pada spektrum inframerah sedang dan jauh ($1,3\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$) karena pengaruh serapan oleh lensa tanah. Tanah bertekstur relatif halus ataupun yang berona cerah di lapangan dan sangat tipis cenderung memberikan pantulan tinggi di semua spektral.

- 3) Vegetasi, secara umum memberikan pantulan sangat rendah pada spektrum biru ($0,4\mu\text{m}$ – $0,5\mu\text{m}$), meningkat agak tinggi pada spektrum hijau ($0,5\mu\text{m}$ - $0,6\mu\text{m}$) dimana menggambarkan kandungan pigment hijau, khlorophil sehingga vegetasi tampak hijau dimata manusia. Kemudian pantulan menurun lagi di spektrum merah ($0,6\mu\text{m}$ – $0,7\mu\text{m}$) yang disebabkan karena serapan kuat olehpigmen daun. Kemudian meningkat sangat tajam di spektrum inframerah dekat ($0,7\mu\text{m}$ – $1,3\mu\text{m}$) sebagai akibat pantulan oleh ruang antar sel pada jaringan snoopy pada daun. Pantulan kembali menurun di spektrum inframerah sedang dan jauh ($1,3\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$) karena pengaruh kandungan lensa (kelembapan) yang tinggi. Disamping itu pada panjang gelombang $1,5$ dan $2,0$ um pantulan lebih rendah dibanding pd $0,7$ - $1,3\mu\text{m}$.

Gambar 2. 5
Reflektansi Obyek Penginderaan Jauh



Sumber: Lillesand dan Kiefer (1990, dalam Hartono, 2005)

Penelitian ekosistem mangrove saat ini telah menjadi sesuatu yang aktual dan penting dalam penelitian lahan basah (Fei, Shan, & Hua, 2011). Untuk mengetahui kondisi perkembangan hutan mangrove yang ada, penginderaan jauh

memberikan metode lebih baik melalui teknik pemetaan yang ada (Kamaruzaman & Kaswani, 2007). Hal ini disebabkan karena melalui teknik penginderaan jauh kita dapat melakukan pengamatan secara lebih lebar (luas) ketimbang melalui survey lapangan. Selain itu letak hutan mangrove yang terdapat pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang unik dibandingkan dengan vegetasi di daratan. Oleh karena itu banyak peneliti seperti Kamal, Phinn & Johansen (2016); Heenkenda et al. (2015); Miramontes-Beltran et al. (2016); Ibharim et al. (2015); Ardiansyah & Buchori (2014); Nascimento et al. (2012); Kirui et al. (2013); Jia, Wang, & Li (2013); Fei et al., (2011); Kamaruzaman & Kaswani, (2007); Purwanto et al. (2014); Sawitri (2012); Saefurahman (2008) dan lain sebagainya, telah memanfaatkan penginderaan jauh dalam meneliti mangrove.

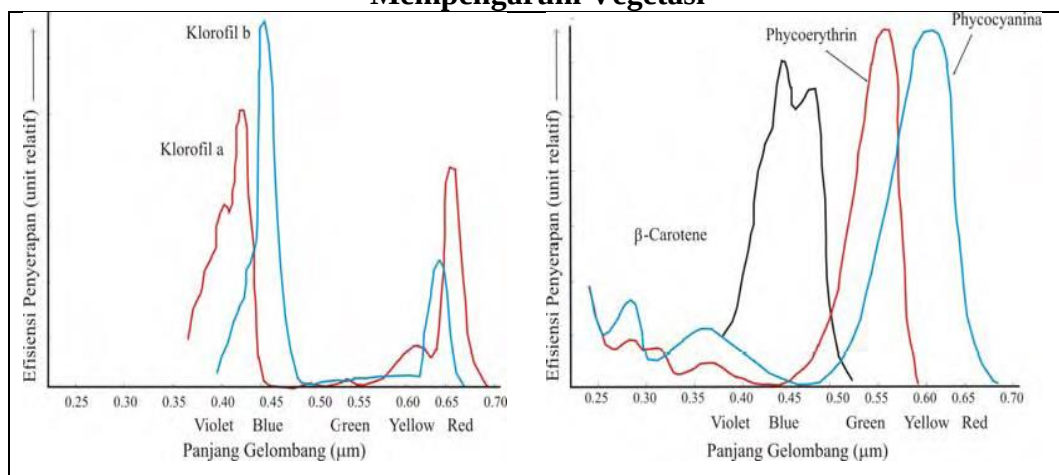
Perkembangan penginderaan jauh untuk vegetasi saat ini telah dapat digunakan untuk pemantauan luasan, penghitungan biomassa, produktivitas tanaman dan lain-lain. Hal yang perlu dipahami disini adalah pola karakteristik spektral dari vegetasi (daun), yaitu dengan melihat perbedaan intensitas radiasi tenaga elektromagnetik yang dipantulkan. Oleh karena itu dalam penelitian mangrove, penting bagi kita untuk mengetahui dan memahami karakteristik sensor hyperspektral dari pantulan spektral dari spesies mangrove dalam pengukuran di lapangan. Untuk tujuan tersebut maka saat ini sejumlah lahan (tanah) portabel dan laboratorium *spectroradiometers* mulai dibangun dan dikembangkan (Kamaruzaman & Kaswani, 2007). Pengembangan *tools spectroradiometers* seperti *Analytical Spektral Device (ASD) Fieldspec Pro FR* akan memudahkan peneliti dalam menangkap/memperoleh data pantulan berkualitas tinggi secara detil di lapangan. Teknik tersebut muncul pada dasarnya ialah sebagai jawaban terhadap masalah penyerapan spektrum oleh atmosfer.

Dalam penelitian vegetasi dengan penginderaan jauh, peran klorofil sangat penting. Seperti yang kita ketahui bahwa klorofil merupakan zat penting untuk fotosintesis. Sehingga rendahnya konsentrasi klorofil dapat mengindikasikan kondisi vegetasi yang kurang sehat (Heenkenda et al., 2015). Dalam penginderaan jauh klorofil daun sangat mempengaruhi respon spektral atas pantulan terhadap spektrum tampak. Pigmen klorofil daun pada *mesophyll palisade* mempunyai pengaruh yang signifikan pada penyerapan dan reflektansi pada panjang gelombang

tampak (*red, green, blue*), sedangkan *cell* pada *spongy mesophyll* mempunyai pengaruh yang signifikan pada penyerapan dan reflektansi pada cahaya NIR yang datang (Campbell 1987, dalam Arhatin, 2007). Meskipun begitu menurutnya Klorofil tidak menyerap semua cahaya. Molekul klorofil menyerap cahaya biru dan merah untuk fotosintesis kira-kira sebesar 70% sampai 90% cahaya yang datang. Cahaya hijau sedikit diserap dan banyak dipantulkan, sehingga dapat kita lihat pantulan cahaya hijau yang dominan sebagai warna dari vegetasi yang hidup.

Pigmen utama pada tanaman, klorofil-a dengan serapan maksimum pada sekitar 0.43 μm dan 0.66 μm , klorofil-b dengan puncak penyerapan pada sekitar 0.45 μm dan 0.65 μm , dan pigmen carotenoid (carotene B, xanthophyll) puncak penyerapan pada sekitar 0.43 μm dan 0.46 μm (Dozier 2004 dalam Arhatin, 2007).

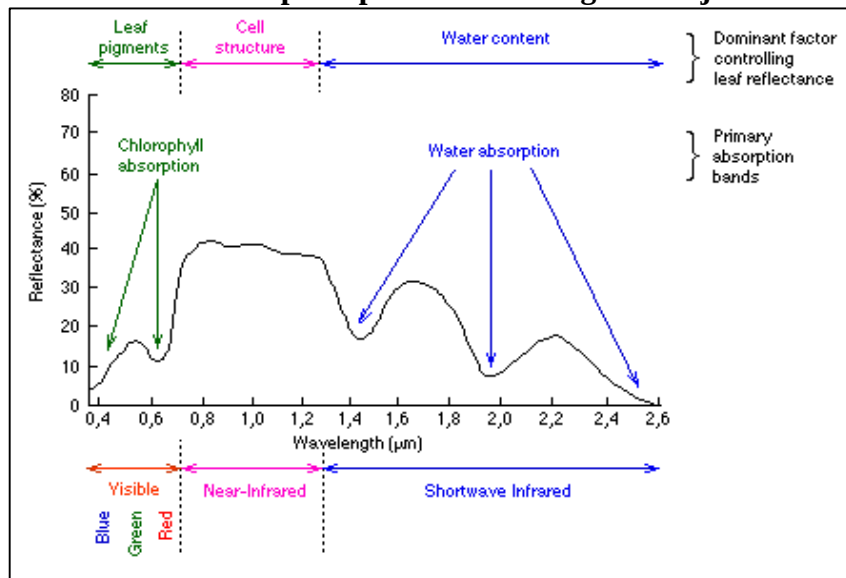
Gambar 2. 6
Spektrum Penyerapan pada Klorofil A, B, dan Pigmen Carotenoid yang Mempengaruhi Vegetasi



Sumber: Dozier (2004, dalam Arhatin, 2007)

Pemantulan minimum gelombang tampak merah oleh vegetasi terjadi pada panjang gelombang 0.67 μm . Tingkat pantulan spektrum gelombang merah dan inframerah dekat terjadi secara berbanding terbalik. Kanal merah mempunyai reflektansi yang rendah, sekitar 10%, dan 90% diserap oleh klorofil tanaman, sedangkan reflektansi inframerah dekat sangat tinggi. Oleh karena itu panjang gelombang ini yang digunakan untuk membedakan penutupan vegetasi atau non vegetasi.

Gambar 2. 7
Karakteristik Respon Spektral Pada Vegetasi Hijau Daun



Sumber: Hoffer (1978, dalam Hartono, 2005)

2.1.4.2 Koreksi Citra Satelit

Terdapat dua hal utama yang perlu dan sering dilakukan dalam melakukan koreksi citra satelit yaitu koreksi geometrik dan koreksi radiometrik.

a. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik umumnya dilakukan karena suatu perekaman citra sangat dipengaruhi oleh pengaruh perputaran bumi, arah gerak satelit dan lengkung permukaan bumi yang mengakibatkan distorsi informasi posisi koordinat suatu citra.

Pada dasarnya koreksi geometrik secara singkat dapat diartikan sebagai proses memposisikan citra sesuai koordinat yang sesungguhnya (Supriatna & Sukartono, 2002). Oleh karena itu umumnya diperlukan koordinat sesungguhnya dari suatu titik ikat (titik kontrol) yang ditentukan dimana jumlah titik yang dicatat koordinatnya minimal empat titik.

Supriatna & Sukartono (2002) menyebutkan bahwa terdapat beberapa cara dalam melakukan koreksi geometrik yaitu *triangulasi*, *polinomial*, *orthorektifikasi* dengan menggunakan titik-titik kontrol lapangan (*ground control point*), proyeksi peta ke peta, dan registrasi titik yang telah diketahui (*known point registration*).

Pada praktiknya hasil koreksi geometrik masih tetap menghasilkan distorsi. Meskipun begitu selama besaran distorsi tersebut dapat diterima oleh kaedah-kaedah kartografi maka citra hasil koreksi geometrik tersebut dianggap valid dan layak untuk digunakan.

b. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan tahap awal pengolahan data sebelum analisis dilakukan khususnya analisis vegetasi (indeks vegetasi, dsb). Oleh karena itu sebelum melakukan analisis vegetasi menggunakan citra satelit maka koreksi radiometrik harus dilakukan terlebih dahulu untuk menghindari kesalahan interpretasi yang berdasarkan pada nilai piksel.

Koreksi radiometrik merupakan teknik perbaikan citra satelit untuk menghilangkan efek atmosferik yang mengakibatkan kenampakan bumi tidak selalu tajam (Supriatna & Sukartono, 2002). Oleh karena itu melalui koreksi radiometrik maka dapat memperbaiki kualitas visual dan nilai-nilai pixel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (Arhatin, 2007) akibat serapan, hamburan, dan pantulan dari atmosfer. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa tujuan dari koreksi radiometrik ialah untuk menghilangkan gangguan pengaruh atmosfer terhadap signal yang dikirimkan maupun yang diterima oleh sensor. Hal ini dilakukan tentu saja agar nilai signal yang diterima sensor menggambarkan kondisi dengan standarisasi yang sama antar wilayah.

Pada umumnya teknik koreksi radiometrik yang sering dilakukan ialah *histogram adjustment*. Prinsip dari teknik ini ialah menyesuaikan histogram nilai minimal pixel suatu kanal menjadi nol, jika tidak dimulai dari nol maka penambahan tersebut disebut sebagai *offset*-nya (Arhatin, 2007).

Koreksi atmosferik hingga saat ini masih terus berkembang karena memang banyaknya dan dinamisnya variabel atmosfer yang mengganggu signal dalam penginderaan jauh. Setiap tempat mempunyai kondisi variabel atmosfer yang berbeda-beda. Oleh karena itulah banyak penenliti masih menyempurnakan metode untuk meminimalisir gangguan atmosfer tersebut.

Pada umumnya nilai pixel suatu citra telah dikonversi atau diskalakan dalam bentuk Digital Number (DN). Namun dalam suatu tujuan penelitian tertentu

nilai pixel yang berupa DN ini perlu dikonversikan kembali menjadi bentuk nilai energi yang diterima oleh sensor.

Nilai pixel dalam bentuk energi sering dikenal sebagai nilai *radiance* dan *reflectance*. Mengacu Reeves, et al. (1975, dalam Fawzi, 2013), nilai radian spektral didefinisikan sebagai fluks radian per unit pada sudut tertentu yang diradiasikan oleh suatu objek ke arah tertentu (gambar 2.8). Sedangkan nilai reflektan merupakan rasio energi yang dipantulkan dengan total energi yang mengenai suatu permukaan per unit area. Oleh karena itu nilai reflektan berkisar antara 0-1. Semakin besar nilai pantulan energi semakin mendekati 1 (satu).

Ada beberapa jenis koreksi radiometrik terkait konversi nilai pixel dalam bentuk nilai radian spektral maupun reflektan (NASA, 2010).

a. Konversi Nilai Pikel ke Nilai Radian Spektral (TOA Radiance)

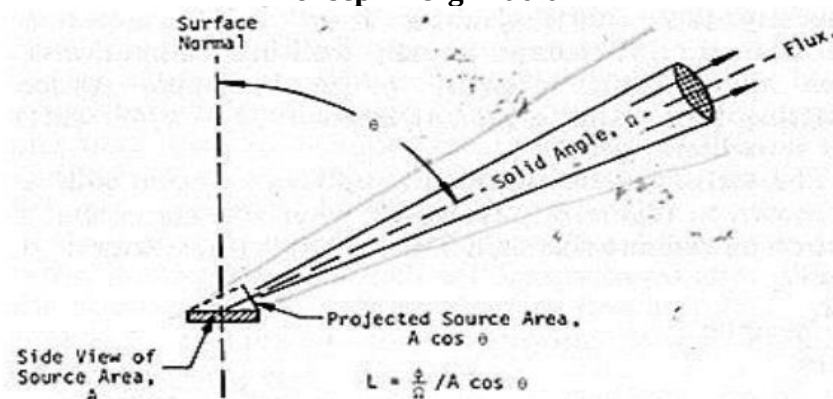
Untuk mengubah nilai pixel dalam bentuk nilai radiance spectral, dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{\max} - L_{\min}}{QCAL_{\max} - QCAL_{\min}} \right) \times (Q_{cal} - QCAL_{\min}) + L_{\min}$$

dimana:

L_{λ}	= radian spektral pada sensor (W/(m ² .sr.μm))
Q_{cal}	= nilai piksel (DN),
Q_{calmin}	= nilai minimum piksel yang mengacu pada $L_{MIN\lambda}$ (DN)
Q_{calmax}	= nilai maksimum piksel yang mengacu pada $L_{MAX\lambda}$ (DN)
L_{MIN}	= nilai minimal radian spektral (W/(m ² .sr.μm), dan
L_{MAX}	= nilai maksimal radian spektral (W/(m ² .sr.μm) .

Gambar 2. 8
Konsep Energi Radian



Sumber: Reeves, et al. (1975, dalam Fawzi, 2013)

Disamping itu USGS (2015) menggunakan cara lain untuk memperoleh nilai radian spektral dengan melakukan *rescaling* nilai piksel menggunakan nilai *scaling* yang tertera pada metadata melalui persamaan:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

dimana:

- L_{λ} = radian spektral pada sensor ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$),
 Q_{cal} = nilai piksel (DN),
 M_L = konstanta *rescaling* (RADIANCE_MULT_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)
 A_L = konstanta penambah (RADIANCE_ADD_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan).

Nilai masing-masing variabel kedua persamaan diatas dapat diperoleh dari metadata citra. Oleh karena itu untuk melakukan konversi ini, citra yang akan dikoreksi harus disertai dengan metadata didalamnya. Contoh metadata seperti pada gambar 2.9.

Gambar 2. 9
Metadata Citra Landsat

GROUP = L1_METADATA_FILE	GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = METADATA_FILE_INFO	RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2155E-02
ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"	RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2446E-02
REQUEST_ID = "0101402054038_00001"	. . .
LANDSAT_SCENE_ID = "LC81200652013175LGN00"	RADIANCE_ADD_BAND_1 = -60.77251
FILE_DATE = 2014-02-06T22:17:56Z	RADIANCE_ADD_BAND_2 = -62.23179
STATION_ID = "LGN"	END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.3.0"	
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO	
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE	
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 735.77271	
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -60.76035	
. . .	
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE	
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE	
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535	
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1	
. . .	
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE	

Sumber: Fawzi (2013)

b. Konversi Nilai Piksel ke Nilai Reflektan (TOA Reflectance)

Konversi nilai ke bentuk reflektan dilakukan pada semua kanal kecuali kanal thermal. Hal tersebut dikarenakan kanal thermal bukanlah suatu energi pantulan melainkan energi pancaran inframerah termal.

Untuk mengkonversi nilai piksel kedalam bentuk nilai reflektan pada satelit atau sering disebut Top of Atmosphere (TOA) Reflectance harus dirubah dulu menjadi nilai radian (radiasi dari objek ke sensor) dan merubah lagi menjadi

reflektansi (rasio antara radian dan irradian antara radiasi objek ke matahari dan radiasi matahari ke objek) melalui persamaan:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s}$$

dimana:

ρ_{λ}	= nilai reflektan (tanpa satuan)
L_{λ}	= radian spektral pada sensor (W/(m ² .sr.μm)),
π	= nilai konstanta jari-jari (3,14159)
d	= jarak matahari - bumi (unit astronomi)
$ESUN_{\lambda}$	= rerata exoatmospheric irradiansi matahari (W/(m ² .sr.μm))
θ_s	= sudut zenith matahari (derajat).

Konversi dalam bentuk reflektan pada landsat 8 tidak menggunakan nilai radian spektral (L_{λ}), nilai yang digunakan adalah *rescaling* nilai piksel melalui persamaan USGS (2015):

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho}Q_{cal} + A_{\rho}$$

dimana:

ρ_{λ}'	= nilai reflektan (tanpa satuan), tanpa koreksi sudut pengambilan. ρ_{λ}' tidak memuat koreksi untuk sudut matahari
Q_{cal}	= nilai piksel (DN),
M_{ρ}	= konstanta <i>rescaling</i> (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)
A_{ρ}	= konstanta penambah (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)

Dalam penelitian vegetasi, khususnya menggunakan indeks vegetasi beberapa peneliti seperti Jiang, et al. (2008) dan Matsushita, et al. (2007) lebih merekomendasikan pemakaian nilai reflektan ketimbang nilai radian spektral. Hal ini disebabkan bahwa nilai reflektan lebih menggambarkan besaran energi yang dipantulkan dari keseluruhan energi yang mengenai obyek tersebut. Bahkan Matsushita, et al. (2007) lebih spesifik lagi menggunakan reflektan permukaan (*BOA Reflectance*) dimana reflektan permukaan secara sederhana menggambarkan besaran pantulan energi obyek dipermukaan.

Dalam hal keunggulannya untuk penelitian menggunakan indeks vegetasi, USGS pada tanggal 23 Desember 2014 mengeluarkan produk level tinggi untuk *surface reflectance* atau sering disebut *Bottom of Atmosphere (BOA) Reflectance*. Dengan adanya produk ini peneliti vegetasi khususnya sangat terbantu sehingga tidak perlu susah dalam melakukan konversi dari nilai digital number menjadi *surface reflectance*. Namun produk USGS tersebut bisa dikatakan terbatas.

2.1.4.3 Indeks Vegetasi

Pantulan spektral dari daun merupakan faktor utama dalam memahami karakter daun/kanopi keseluruhan dari vegetasi (Kamaruzaman & Kaswani, 2007). Sebagian besar vegetasi mempunyai karakter spektral yang unik. Keunikan spektral tersebutlah yang dijadikan acuan dalam mengidentifikasi dan memilah melalui data penginderaan jauh. Kualitas atmosfer seperti asap, debu, awan, dan carbon dioksida mempengaruhi terhadap penurunan kualitas respon dari sensor penginderaan jauh. Oleh karena itu besaran pantulan daun vegetasi yang dapat ditransmisikan menjadi kunci utama teknik penginderaan jauh untuk vegetasi tersebut dalam hal ini mangrove.

Perbedaan kondisi (kesehatan) klorofil daun akan membentuk nilai pantulan yang berbeda pula. Selain itu spektrum yang sering digunakan dalam penginderaan jauh untuk vegetasi (mangrove) ialah gelombang tampak dan inframerah dekat. Pengetahuan terhadap karakteristik kedua jenis gelombang tersebut sangat penting untuk membedakan spesies vegetasi pada umumnya. Disamping itu perbedaan respon pantulan dari daun dan kanopi dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti struktur internal daun, muatan klorofil, umur daun dan tingkatan fonologi. Mengetahui perbedaan respon spektral terhadap kondisi-kondisi tersebut sangat berguna untuk identifikasi spesies individu dan pemetaannya.

Pada umumnya vegetasi mangrove dan vegetasi terestrial mempunyai karakteristik yang hampir sama, tetapi mengingat mangrove hidup di pinggir pantai maka biasanya antara keduanya dapat dipisahkan dengan memperhitungkan jarak pengaruh air laut. Berdasarkan hal tersebut pemantauan luasan serta kerapatan mangrove memungkinkan untuk dilakukan menggunakan teknik penginderaan jauh.

Dalam kaitannya pemanfaatan kanal suatu citra dalam identifikasi mangrove di kawasan sepanjang pantai dan pertambakan menurut Suwargana (2008, dalam Purwanto et al., 2014) dapat dilihat jelas dari citra FCC (*False Color Composit*). Kombinasi tersebut masing-masing adalah band 4,5, dan 7 untuk Landsat-MSS atau band 2,3 dan 4 untuk Landsat-TM, masing-masing dengan filter *Blue*, *Green* dan *Red*. Hutan mangrove terlihat dengan warna merah kegelapan pada citra FCC. Warna merah merupakan reflektansi vegetasi yang terlihat jelas pada citra band inframerah, sedangkan kegelapan merupakan reflektansi tanah berair yang terlihat jelas pada citra band merah. Penelitian yang dilakukan Waas (2010 dalam Purwanto et al., 2014) menunjukkan bahwa analisis data citra untuk penentuan vegetasi mangrove menggunakan citra Landsat 7 ETM+ mengacu pada hasil eksplorasi citra komposit RGB 453.

Dalam hal mengetahui kondisi hutan mangrove, kerapatan vegetasi dapat digunakan sebagai asumsi interpretasi tersebut. Semakin rapat vegetasi tersebut dapat diasumsikan bahwa hutan mangrove dalam kondisi yang semakin baik. Begitu juga sebaliknya semakin jarang kerapatan vegetasi mengindikasikan semakin buruk kondisinya (Fei et al., 2011).

Untuk mengukur kerapatan vegetasi dalam penginderaan jauh dapat diperoleh dengan menggunakan suatu algoritma indeks vegetasi. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara *band red* dan *band near infrared (NIR)* yang telah lama digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand dan Kiefer, 1997 dalam Sutanto, 2004). Oleh karena itu indeks vegetasi sering digunakan dan dikembangkan untuk menganalisis kondisi suatu vegetasi.

Keakuratan suatu jenis indeks vegetasi terhadap kondisi riil vegetasi di lapangan cenderung berbeda-beda (Schultz et al., 2016). Hal tersebut terutama sangat dipengaruhi oleh kondisi vegetasi dan kondisi fisik lingkungan (topografi dan atmosfer) masing-masing wilayah. Oleh karena itu masing-masing wilayah mempunyai jenis indeks vegetasi yang paling efektif digunakan.

Beberapa jenis indeks vegetasi yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

a. RVI (*Rasio Vegetation Index*)

RVI pertama diperkenalkan oleh Rouse et al. pada tahun 1974 (Mroz & Sobieraj, 2004). Teknik ini mempunyai keterbatasan dalam menilai vegetasi. RVI tidak memungkinkan untuk menghilangkan efek topografi dan variasi dalam sudut pencahayaan matahari, sehingga output gambar hanya mencerminkan kehadiran vegetasi hijau saja (Mroz & Sobieraj, 2004).

Schowengerdt (1997) menyebutkan bentuk sederhana dari indeks vegetasi adalah rasio antara kanal *near-infrared* dan kanal *red*, rasio tersebut disebut *rasio vegetation index* (RVI) atau sering dikenal sebagai *simple ratio* (SR). Jika vegetasi sehat nilai akan tinggi, begitu pula sebaliknya, algoritma RVI adalah sebagai berikut:

$$RVI = \frac{(NIR)}{(red)}$$

b. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Seperti halnya RVI, NDVI juga diperkenalkan oleh Rouse et al. tahun 1974 (Mroz & Sobieraj, 2004). Menurut NDVI bisa diaplikasikan dan memungkinkan untuk menghilangkan efek topografi dan variasi sudut pencahayaan matahari, serta unsur-unsur lainnya seperti kabut.

Normalized difference vegetation index (NDVI) adalah model yang paling sering digunakan dalam menganalisis kerusakan/degradasi hutan mangrove. Winarso & Purwanto (2014); Perdana (2011); Heenkenda et al. (2015); Heenkenda et al. (2014); Miramontes-Beltran et al. (2016); Yuniar (2000); Saefurahman (2008); Ibharim et al. (2015); dan Nugraha (2006) menggunakan formula NDVI untuk mengukur kerapatan hutan mangrove dalam penelitian mereka. Sedangkan Lanorte et al. (2014) memanfaatkan NDVI untuk meneliti tingkat *recovery* dan regenerasi vegetasi hutan dalam kurun waktu 12 tahun.

NDVI mempunyai rentang dari -1.0 (minus 1) hingga 1.0 (positif 1). Awan, air dan non vegetasi umumnya mempunyai nilai NDVI kurang dari nol (Lillesand and Kiefer, 1994, dalam Hartono, 2005). 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). Dengan

kata lain NDVI dapat menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi. Nilai NDVI didapatkan melalui persamaan:

$$NDVI = \frac{(NIR - red)}{(NIR + red)}$$

dimana NDVI adalah nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

Formula NDVI mempunyai prinsip dimana radiasi dari *visible red* diserap oleh *chlorophyll* hijau daun sehingga akan direfleksikan rendah. Sedangkan radiasi dari sinar *near-infrared* akan kuat direfleksikan oleh struktur daun *spongy mesophyll*. NDVI tinggi menunjukkan tingginya aktivitas vegetasi (Sellers, 1985; Meneses-Tovar, 2011, dalam Miramontes-Beltran et al., 2016). Dengan kata lain menunjukkan tingginya kesehatan vegetasi. Asumsinya jika terjadi degradasi ekosistem vegetasi (mangrove) akan menurunkan tingkat kehijauan tumbuhan yang akan merefleksikan penurunan nilai NDVI. Hasil nilai kerapatan tajuk melalui formula NDVI tersebut biasanya diklasifikasikan ulang (*reclass*) menjadi tiga kelas, yaitu kerapatan jarang, sedang dan lebat (Strurgess dalam Saefurahman, 2008). Perhitungan interval kelas kerapatan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$KL = \frac{xt - xr}{k}$$

dimana KL adalah kelas interval, xt adalah nilai tertinggi, xr adalah nilai terendah dan k adalah jumlah kelas yang diinginkan. Selain itu Departemen Kehutanan (2005) mengklasifikasikan nilai kerapatan NDVI menjadi 3 (tiga) yaitu tinggi, sedang dan jarang sebagaimana tabel 2.6.

Tabel 2. 6
Klasifikasi Nilai NDVI Menurut Departemen Kehutanan

Nilai NDVI	Kerapatan
$0,43 \leq NDVI \leq 1,00$	Tinggi
$0,33 \leq NDVI \leq 0,42$	Sedang
$-1,00 \leq NDVI \leq 0,32$	Jarang

Sumber: Departemen kehutanan (2005)

NDVI bisa dimanfaatkan untuk mengukur kondisi relatif vegetasi melalui turunan formula NDVI tersebut yang sering dikenal dengan LAI (Leaf Area Index). LAI dapat didefinisikan sebagai luas daun (yang diproyeksikan pada bidang datar) setiap unit luas permukaan tanah yang tertutupi kanopi pohon (Quan Wang, 2005, dalam Suwarsono et al., 2011; Jin et al., 2016). Oleh karena itu *Global Climate*

Observing System (GCOS) menjadikan LAI sebagai variabel penting dalam perubahan iklim.

LAI digunakan oleh Kamal et al. (2016) untuk mengukur luas tutupan lahan hutan mangrove di Moreton Bay Australia dan Pulau Karimun Jawa yang diturunkan dari berbagai jenis indeks vegetasi seperti NDVI, SR, SAVI, EVI. Selain itu Jin et al. (2016) juga memanfaatkan LAI untuk membandingkan dan memvalidasi LAI dari citra MODIS dan GLASS.

Nilai LAI sangat dipengaruhi oleh kondisi topografi suatu daerah vegetasi yang diamati (Jin et al., 2016). Oleh karena itu pemanfaatan LAI dalam menilai vegetasi di area pegunungan sebaiknya mempertimbangkan variasi topografi daerah penelitian tersebut. Secara sederhana fungsi LAI memenuhi persamaan berikut:

$$LAI = \frac{s}{G}$$

dimana “LAI” adalah *Leaf Area Index*, “s” adalah luas daun pada kanopi, dan “G” adalah luas permukaan tanah yang tertutupi kanopi. Nilai-nilai LAI yang dihasilkan mempunyai tingkat akurasi yang dipengaruhi oleh jenis data citra yang dipergunakan dan metode analisis yang digunakan. LAI sendiri digunakan oleh Kamal et al., (2016) untuk mengukur kesehatan hutan mangrove di Moreton Bay Australia dan Pulau Karimun Jawa dengan memadukan nilai NDVI dengan persamaan berikut:

$$LAI = 0,0625 * e^{4.9924(NDVI - 0.30)}$$

Selain itu Suwarsono et al. (2011) menggunakan persamaan LAI yang terintegrasi dengan NDVI untuk meneliti hutan rawa dengan persamaan berikut:

$$LAI = e^{\left(\frac{NDVI - 0.240}{0.210}\right)}$$

dimana “LAI” adalah *Leaf Area Index*, e adalah nilai koefisien senilai 2,71828.

NDVI umumnya juga dipengaruhi oleh faktor tanah dan atmosfer (Epiphanio & Huete, 1995). Oleh karena itu beberapa jenis indeks vegetasi lainnya dikembangkan dari NDVI untuk meminimalkan pengaruh tanah dan atmosfer tersebut.

c. Transformed Vegetation Index (TVI)

TVI pertama kali diperkenalkan oleh Deering et al. pada tahun 1975 (Mroz & Sobieraj, 2004). Menurut TVI bertujuan untuk menghilangkan nilai-nilai negatif dan mengubah histogram NDVI menjadi distribusi normal. Formula TVI pada awalnya adalah sebagai berikut:

$$TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$$

Namun persamaan di atas mempunyai kelemahan dimana nilai TVI tidak dapat didefinisikan ketika nilai $NDVI < -0,5$. Untuk menghindari masalah yang terjadi pada persamaan TVI tersebut, kemudian Perry dan Lautenschlager (1984) mengusulkan dan memodifikasi persamaan TVI menjadi CTVI (*Corrected Transformed Vegetation Index*) dengan persamaan berikut:

$$CTVI = \frac{(NDVI+0,5)}{|(NDVI+0,5)|} \times \sqrt{|(NDVI + 0,5)|}$$

d. IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index)

IPVI diperkenalkan oleh Crippen (1990) yang merupakan modifikasi dari NDVI. Dia beranggapan bahwa NDVI yang mempunyai nilai negatif dianggap aneh, sehingga dia memodifikasi NDVI agar tidak bernilai negatif. Selain itu dia menjelaskan bahwa hasil IPVI dan NDVI cenderung identik, bedanya hanya IPVI tidak mempunyai nilai negatif yaitu mempunyai range nilai dari 0-1, serta proses computasinya lebih cepat 15-30% ketimbang proses computasi NDVI.

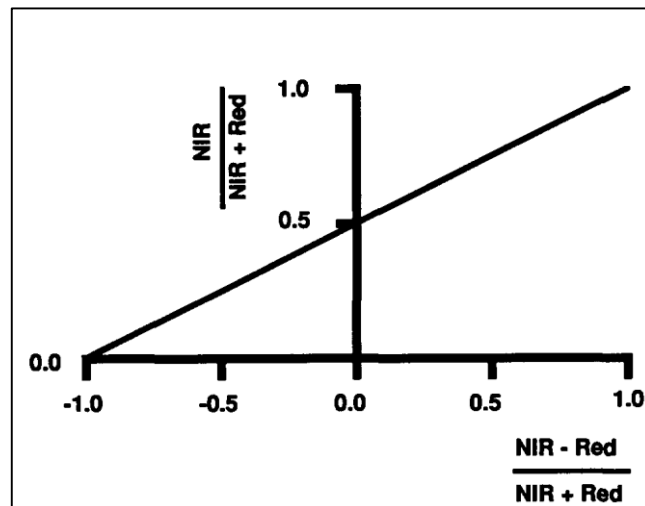
IPVI mempunyai formula sebagai berikut:

$$IPVI = \frac{(NIR)}{(NIR+red)}$$

Pada dasarnya IPVI mempunyai nilai yang linier dengan NDVI dengan asumsi nilai gain sebesar 0,5 dan offset 1 sebagaimana gambar 2.10 dan persamaan formula sebagai berikut:

$$IPVI = \frac{(NIR)}{(NIR+red)} = 0,5 \frac{(NIR-red)}{(NIR+red)} + 1 = 0,5 \times (NDVI + 1)$$

Gambar 2. 10
Linieritas Nilai IPVI dan NDVI



Sumber: Crippen (1990)

e. TDVI (*Transformed Difference Vegetation Index*)

TDVI pertama diperkenalkan oleh Bannari et al. pada tahun 2002 (Ozbakir & Bannari, 2008). TDVI sangat berguna dan cocok untuk memonitoring tutupan vegetasi pada lingkungan perkotaan. Hasil ini diperkuat oleh hasil penelitian Chandra (2011) dan Manna et al. (2013) dimana TDVI mempunyai nilai akurasi yang lebih tinggi ketimbang indeks vegetasi lainnya seperti NDVI, SAVI, OSAVI, dan GEMI dalam menilai vegetasi di lingkungan perkotaan.

TDVI mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$\text{TDVI} = \sqrt{0,5 + \frac{(NIR-red)}{(NIR+red)}}$$

f. RDVI (*Renormalized Difference Vegetation Index*)

RDVI dibangun oleh Roujean & Breon (1995). Menurut Roujean & Breon (1995) DVI cocok digunakan pada tutupan vegetasi yang kecil, sedangkan NDVI lebih cocok digunakan pada tutupan kanopi vegetasi yang padat. Oleh karena itu RDVI dibangun sebagai perpaduan dari DVI dan NDVI.

Dalam pembangunannya, RDVI mempunyai kelemahan yaitu mengesampingkan efek atmosfer terhadap pantulan signal.

Persamaan RDVI sebagai berikut:

$$\text{RDVI} = \frac{(NIR-red)}{\sqrt{(NDVI+red)}}$$

g. GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*)

GNDVI dibangun untuk lebih sensitive mengukur/menilai konsentrasi klorofil pada jangkauan variasi klorofil yang luas ketimbang NDVI (Gitelson & Merzlyak, 1998). Menurut penelitian Gitelson & Merzlyak (1998) GNDVI mempunyai ketelitian hingga 96% dalam menilai tingkat konsentrasi klorofil.

GNDVI mempunyai kemiripan persamaan dengan NDVI kecuali pemanfaatan spectrum hijau dari 540 hingga 570 nm untuk menggantikan spectrum merah pada persamaan NDVI. Persamaan GNDVI adalah sebagai berikut:

$$\text{GNDVI} = \frac{(NIR - green)}{(NIR + green)}$$

h. DVI (*Difference Vegetation Index*)

DVI pertama diusulkan oleh Richardson dan Wiegand (1977) sebagai algoritma perhitungan indeks vegetasi lebih mudah (Mroz & Sobieraj, 2004). Jika nilai DVI nol menunjukkan tanah kosong, jika nilai kurang dari nol menunjukkan air, dan jika nilainya lebih besar dari nol menunjukkan vegetasi. Persamaan DVI sebagai berikut:

$$DVI = \alpha NIR - R, \text{ dimana } \alpha \text{ merupakan nilai kelerengan.}$$

i. SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*)

Soil adjusted vegetation index (SAVI) pertama kali diperkenalkan oleh Huete (1988). Menurut Huete SAVI paling bagus digunakan untuk penutupan vegetasi yang rendah (Huete, 1988; Andana, 2015). Pada daerah dengan tutupan vegetasi yang rendah, pengaruh substrat tanah gelap cukup dominan dan dapat mempengaruhi nilai indeks vegetasi pada umumnya (Fang et al., 2012). Huete et al. (1992) menjelaskan bahwa pengaruh background tanah terhadap indeks vegetasi cukup tinggi pada tutupan vegetasi dibawah 50%. Oleh karena itu Huete (1988) merumuskan algoritma pengembangan dari NDVI dengan menekan pengaruh latar belakang tanah pada tingkat kecerahan kanopi. Dengan kata lain SAVI dibangun untuk mengatasi gangguan transfer radian band NIR dengan menghilangkan/meminimalkan gangguan background kanopi (Huete et al., 1997)

SAVI menggunakan persamaan *isoline* vegetasi (vegetasi dengan kerapatan sama dan latar belakang tanah berbeda) yang diturunkan melalui

aproksimasi reflektansi kanopi dengan sebuah model interaksi *foton orde* pertama antara kanopi dan lapisan tanah. Penurunan spektra campuran merah, arena tanah yang lebih gelap, menyebabkan peningkatan signifikan pada NDVI dimana NDVI nampak sensitif terhadap tanah yang menjadi lebih gelap. Formulasi SAVI sebagai berikut:

$$SAVI = \frac{NIR-red}{NIR+red+L} (1 + L)$$

dimana L adalah faktor penyesuaian tanah yang menjadi konstanta yang memperkecil sensitivitas indeks vegetasi dari reflektansi penutupan tanah. Untuk tutupan vegetasi yang tinggi nilai L adalah 0 (nol) atau 0,25. Ini berarti bahwa jika nilai L sama dengan 0 (nol), maka SAVI sama dengan NDVI. Untuk vegetasi dengan penutupan sedang, L memiliki nilai sekitar 0,5 dan untuk tutupan vegetasi rendah nilai L adalah 1 (satu). Meskipun bervariasi namun menurut Huete (1988, dalam Firl & Carter, 2011) nilai L=0,5 ialah yang sering digunakan pada sebagian besar kondisi. Dengan faktor L adalah 0 (nol) bisa dipastikan range nilai SAVI sama dengan NDVI, yaitu antara -1 sampai dengan 1.

j. OSAVI (*Optimized Soil Adjusted Vegetation Index*)

Indeks ini dikembangkan dari persamaan SAVI oleh Rondeaux, Steven, & Baret (1996). Selain itu OSAVI paling baik digunakan di daerah dengan vegetasi yang relatif jarang di mana tanah terlihat melalui kanopi.

OSAVI menggunakan nilai standar 0,16 sebagai faktor penyesuaian latar belakang kanopi yang dihasilkan dari penelitiannya. Selain itu menurut penelitian Rondeaux, Steven, & Baret (1996) OSAVI mempunyai akurasi yang lebih baik ketimbang SAVI pada vegetasi dengan tutupan yang rendah <50%. Selain itu OSAVI mempunyai akurasi yang lebih baik ketimbang NDVI pada tutupan vegetasi yang tinggi >50%.

Persamaan OSAVI sebagai berikut

$$OSAVI = \frac{NIR-red}{NIR+red+0,16}$$

k. ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*)

Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) dikembangkan oleh Kaufman dan Tanre pada tahun 1992 yang merupakan pengembangan dari NDVI

dimana bertujuan untuk mengurangi pengaruh atmosfer terhadap nilai indeks vegetasi (Epiphanio & Huete, 1995). Oleh karena itu dalam formulanya ARVI memasukan band biru sebagaimana pada rumus berikut:

$$ARVI = \frac{NIR-(rb)}{NIR+(rb)}, \text{ dengan}$$

$$(rb) = red - y(blue - red)$$

dimana y adalah parameter empiris sebagai fungsi koreksi radiansi pada band merah dan menstabilkan indeks terhadap variasi spasial dan temporal muatan aerosol (Gitelson, Kaufman, & Merzlyak, 1994).

1. **EVI (*Enhanced Vegetation Index*)**

Enhanced Vegetation Index (EVI) dikembangkan oleh Liu & Huete (1995) dengan menggabungkan penyesuaian latar belakang dan konsep hambatan atmosfer ke dalam NDVI (Matsushita et al., 2007). Dengan kata lain EVI merupakan NDVI yang dimodifikasi dengan meningkatkan sensitivitas yang lebih baik terhadap daerah dengan biomassa yang tinggi dan kemampuan pemantauan vegetasi yang lebih baik melalui sinkronisasi dari sinyal latar belakang kanopi dan pengurangan pengaruh atmosfer (Fang et.al., 2012; Matsushita et al., 2007). Meskipun EVI mengurangi efek buruk dari faktor lingkungan seperti kondisi atmosfer dan latar belakang tanah, namun tidak mempertimbangkan efek topografi. Rumus EVI diformulasikan sebagai berikut:

$$EVI = G \frac{NIR-red}{NIR+((C1 \times red)-(C2 \times Blue))+X}$$

Dimana G adalah *gain factor* yang bernilai 2.5 (Villa, Mousivand, & Bresciani, 2014); X adalah faktor penyesuaian *background* kanopi yang bernilai 1 (Villa et al., 2014); dan C1/C2 adalah nilai koefisien pada resistensi aerosol dimana C1 bernilai 6 dan C2 bernilai 7.5 (Villa et al., 2014) sehingga formulanya menjadi:

$$EVI = 2.5 \frac{NIR-red}{NIR+((6 \times red)-(7.5 \times Blue))+1}$$

2.1.4.4 Klasifikasi Citra

Salah satu faktor penting dalam menentukan keberhasilan pemetaan mangrove adalah terletak pada pemilihan metode klasifikasi. Klasifikasi pada dasarnya bertujuan untuk mengelompokkan data menjadi beberapa kelas/kelompok berdasarkan karakteristik yang relatif sama secara otomatis berdasarkan semua pixel ke dalam kelas penutup lahan atau tema tertentu.

Teknis klasifikasi citra dalam penginderaan jauh secara umum dibedakan menjadi dua yaitu klasifikasi visual dan klasifikasi digital. Klasifikasi visual dilakukan dengan dengan interpretasi dan delineasi citra secara langsung. Sedangkan klasifikasi citra digital dapat diartikan sebagai proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan semua piksel yang terdapat di dalam *bands* kedalam beberapa kelas (kelompok) berdasarkan suatu kategori/kriteria objek (Prahasta, 2008).

Dalam penginderaan jauh klasifikasi digital umumnya dilakukan berdasarkan asumsi bahwa variasi pola peubah ganda (*multivariate*) dari digital number pada suatu areal mempunyai hubungan yang sangat erat dengan kondisi penutupan tanahnya. Selain itu penutupan lahan yang sama akan mempunyai sifat-sifat reflektansi (nilai *digital number*) yang sama pula. Dalam klasifikasi citra digital terdapat dua kelompok metode klasifikasi yaitu:

a. Klasifikasi Tidak Terbimbing (*Unsupervised Classification*)

Klasifikasi tidak terbimbing digunakan untuk mengelompokkan piksel-piksel citra berdasarkan aspek statistic (matematis) tanpa mendefinisikan sendiri kelas-kelas oleh pengguna berdasarkan suatu area (*training sites*). Proses klasifikasi ini berasumsi bahwa data citra yang digunakan terdiri dari beberapa *band* (multi-spektral) citra.

Dalam klasifikasi ini pengelompokkan data dilakukan dengan menganalisa *cluster* secara otomatis dan menghitung kembali rata-rata kelas secara berulang dengan komputer. Pengelompokan piksel menjadi kelas awalnya dengan menentukan jumlah kelas spectral yang akan dibuat. Setelah jumlah kelas spectral ditentukan kemudian akan ditentukan pusat-pusat kelas spectral terhadap setiap pusat kelas spectral. Berdasarkan hasil pengukuran jarak setiap

piksel tersebut kemudian setiap piksel dikelompokkan ke dalam suatu kelas spectral yang memiliki jarak terdekat.

b. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*).

Klasifikasi terbimbing digunakan untuk mengelompokkan piksel-piksel citra berdasarkan kelas-kelas yang didefinisikan sendiri oleh pengguna berdasarkan suatu area (*training sites*) yang telah ditentukan. Asumsi klasifikasi ini ialah kelas-kelas yang didefinisikan homogen.

Dalam klasifikasi terbimbing, ada beberapa dasar algoritma yang sering digunakan yaitu:

1) *Maximum likelihood*

Maximum likelihood adalah metode standard untuk klasifikasi. Klasifikasi ini berpedoman pada nilai piksel yang sudah dikategori obyeknya atau dibuat dalam *training sample* untuk masing-masing obyek penutup lahan. Pemilihan training sample yang kurang baik dapat menghasilkan klasifikasi yang kurang optimal sehingga akurasi rendah (Marini, Emiyati, Hawariyah, & Hartuti, 2014).

Asumsi dari algoritma *maximum likelihood* ini adalah objek homogen akan menampilkan histogram yang terdistribusi normal (*bayesian*). Pada algoritma ini pixel dikelaskan sebagai objek tertentu tidak karena jarak euklidiannya, melainkan oleh bentuk, ukuran dan orientasi sampel pada *feature space* (McLachlan, 1991 dalam Saefurahman, 2008).

2) *Neural network back propagation*

Neural network back propagation merupakan salah algoritma klasifikasi terbimbing yang menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur, namun error tahap maju yang harus dikerjakan terlebih dahulu. Terdapat 3 fase dalam algoritma ini, pertama fase maju, fase mundur dan fase modifikasi bobot.

Pada fase maju, pola masukkan dihitung mulai dari inputan hingga mencapai lapisan output. Kemudian dalam fase back propagation, unit output dari fase pertama menerima pola yang berhubungan dengan fase pertama yang akan dihitung nilai kesalahannya, maka kesalahan tersebut yang akan dijadikan fase

mundur. Sedangkan untuk fase modifikasi bobot digunakan untuk memodifikasi kesalahan yang muncul sehingga mendapatkan kesalahan yang paling minimum. Kemudian ketiga fase tersebut diulang secara terus menerus hingga kondisi pemberhentian terpenuhi. (Kusumadewi, 2004, dalam Saefurahman, 2008).

Kedua metode klasifikasi sama-sama sering digunakan dalam memetakan mangrove. Namun berdasarkan pada penelitian Saefurahman (2008) diperoleh hasil bahwa metode yang lebih baik dalam memetakan mangrove di Kabupaten Berau adalah metode *neural network back propagation* dengan nilai overall accuracy sebesar 95,17% dan overall kappa sebesar 0,8561. Meskipun begitu bukan berarti bahwa metode *neural network back propagation* lebih baik dibandingkan metode klasifikasi *maximum likelihood*. Akurat tidaknya hasil klasifikasi sangat tergantung pada keahlian peneliti dalam mengolah data dan kualitas citra yang digunakan terutama bebas dari tutupan awan.

2.1.4.5 Karakteristik Citra Landsat

Hingga saat ini ada beberapa jenis citra landsat yang sudah dihasilkan oleh satelit landsat. Satelit Landsat 4 dan 5 membawa sensor-sensor pencitra yang dinamakan *Thematic Mapper* (TM), yang mengumpulkan data *multispektral* 7 kanal yaitu 3 kanal tampak (merah, hijau, biru), 3 kanal inframerah dan 1 kanal inframerah termal (Sitanggang, 2011). Semua data Landsat diakuisisi dengan resolusi spasial 30 meter, kecuali kanal inframerah termal, yaitu 120 meter. Satelit Landsat 6, hilang saat diluncurkan pada tahun 1993. Kemudian dilanjutkan dengan Landsat 7/ETM+. Satelit Landsat 7/ETM+ diluncurkan pada tanggal 15 April 1999. Satelit ini memiliki luas cakupan $185 \times 185 \text{ km}^2$, resolusi temporal 16 hari, berada pada ketinggian 705 km, orbit *sun-synchronous* yang memotong garis khatulistiwa ke arah selatan setiap pukul 10.00 waktu setempat dengan sudut inklinasi 30° . Satelit ini memiliki resolusi spasial 30 meter untuk kanal multispektral dan 15 meter untuk kanal pankromatik dan kanal termal dengan resolusi yang lebih tajam 60 meter. (Saefurahman, 2008; Sitanggang, 2011). Karakteristik Landsat 7/ETM+ ialah sebagai tabel 2.7.

Tabel 2. 7
Karakteristik kanal satelit Landsat 7/ETM+

Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)	Keterangan
1	0,45-0,52	30	Kanal Biru. Penetrasi maksimum pada air berguna untuk batimetri perairan dangkal, membedakan antara tanah, vegetasi, dan tipe-tipe pohon.
2	0,52-0,60	30	Kanal Hijau. Bermanfaat untuk perkiraan kegiatan tanam.
3	0,63-0,69	30	Kanal Merah. Membedakan jenis tumbuhan (vegetasi) melalui pemetaan klorofil.
4	0,76-0,90	30	Kanal Infra merah dekat. Berguna untuk menentukan kandungan biomassa dan pemetaan garis pantai.
5	1,55-1,75	30	Kanal Infra merah tengah I. Menunjukkan kandungan kelembaban tanah dan vegetasi. Penetrasi awan tipis. Baik untuk kekontrasan antar tipe vegetasi.
6	10,40-12,40	60	Kanal Infra merah thermal. Citra malam hari berguna untuk pemetaan thermal dan perkiraan kelembaban tanah.
7	2,08-2,35	30	Kanal Infra merah tengah II. Merupakan absorpsi kanal yang disebabkan ion hidroksil dalam mineral.
8	0,50-0,90	15	Kanal Pankromatik. Memiliki resolusi yang tinggi dan kemampuan deteksi yang tinggi.

Sumber: NASA (<http://imaging.geocomm.com/features/sensor/landsat7/>)

Seperti diketahui satelit Landsat-7 tidak dapat lagi berfungsi dengan baik secara ekstrim semenjak bulan Mei 2003, karena terjadi suatu kerusakan pada *Scan Line Corrector*-nya, sehingga kehilangan data sebesar 24 persen sepanjang sisi-sisi luar dari masing-masing citra. Dengan kondisi *Scan Line Corrector* Landsat-7 yang mengalami kerusakan tersebut, makin disadari pentingnya pengembangan LDCM. Pada bulan April 2008, NASA memilih General Dynamics Advanced Information Systems, Inc. untuk membangun satelit LDCM yang kemudian muncul Landsat 8.

Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang diorbitkan pada orbit mendekati lingkaran sikron matahari, pada ketinggian :705 km, dengan inklinasi: 98.2°, periode: 99 menit, waktu liput ulang (resolusi temporal): 16 hari, waktu melintasi khatulistiwa (*Local Time on Descending Node -LTDN*) pada jam: 10:00 s.d 10:15 pagi (NASA, 2008 dalam Sitanggang, 2011). Selain itu Satelit LDCM (Landsat-8)

dirancang membawa sensor pencitra OLI (Operasional Land Imager) yang mempunyai 1 kanal inframerah dekat dan 7 kanal tampak reflektif, akan meliputi panjang gelombang yang direfleksikan oleh objek-objek pada permukaan Bumi, dengan resolusi spasial yang sama dengan Landsat pendahulunya yaitu 30 meter. Sensor pencitra OLI mempunyai kanal-kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7, akan tetapi sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu: kanal-1: 443 nm untuk aerosol garis pantai dan kanal 9: 1375 nm untuk deteksi cirrus, namun tidak mempunyai kanal inframerah termal. Untuk menghasilkan kontinuitas kanal inframerah termal, pada tahun 2008, program LDCM (Landsat-8) mengalami pengembangan, yaitu Sensor pencitra TIRS (Thermal Infrared Sensor) ditetapkan sebagai pilihan (*optional*) (NASA, 2008, dalam Sitanggang, 2011).

Dalam penelitian mangrove baik landsat 7 maupun landsat 8 sering dipergunakan karena citranya yang relatif mudah didapat (*open access*) dan relevan terhadap penelitian yang skalanya relatif luas Dalam penelitian Purwanto et al. (2014) untuk mengidentifikasi hutan mangrove dia memanfaatkan data citra satelit Landsat 7 ETM+ dengan mengacu pada eskplorasi citra komposit RGB 453. Sedangkan pada citra satelit Landsat 8 digunakan komposit RGB 564 di mana ketiga band tersebut termasuk dalam kisaran spektrum tampak dan inframerah dekat dan mempunyai panjang gelombang yang sesuai dengan panjang gelombang band 4, band 5 dan band 3 pada citra satelit landsat 7 ETM+.

Tabel 2. 8
Perbandingan Spesifikasi Band Landsat 7 dan Landsat 8

Landsat 7 ETM+ Bands		Landsat 8 OLI and TIRS Band	
Band	Spesifikasi	Band	Spesifikasi
		Band 1	Coastal/Aerosol, (0.435 – 0.451 μm), 30
Band 1	Blue, (0.441 – 0.514 μm), 30 m	Band 2	Blue, (0.452 – 0.512 μm), 30 m
Band 2	Green, (0.519 – 0.601 μm), 30 m	Band 3	Green, (0.533 – 0.590 μm), 30 m
Band 3	Red, (0.631 – 0.692 μm), 30 m	Band 4	Red, (0.636 – 0.673 μm), 30 m
Band 4	Near-Infrared, (0.772 – 0.898 μm), 30 m	Band 5	NIR, (0.851 – 0.879 μm), 30 m
Band 5	SWIR 1, (1.547 – 1.749 μm), 30 m	Band 6	SWIR 1, (1.566 – 1.651 μm), 30 m

Landsat 7 ETM+ Bands		Landsat 8 OLI and TIRS Band	
Band	Spesifikasi	Band	Spesifikasi
Band 7	SWIR 2, (2.064 – 2.345 μm), 30 m	Band 7	SWIR 2, (2.107 – 2.294 μm), 30 m
Band 8	Pan, (0.515 – 0.896 μm), 15 m	Band 8	Pan, (0.503 – 0.676 μm), 15 m
		Band 9	Cirrus, (1.363 – 1.384 μm), 30 m
Band 6	TIR, (10.31– 12.36 μm), 60 m	Band 10	TIR 1, (10.60 – 11.19 μm), 100 m
		Band 11	TIR 2, (11.50 – 12.5 μm), 100 m

Sumber : USGS (2015)

2.1.5. Sintesis Literatur

Pada dasarnya kajian literatur dilakukan dari berbagai sumber literatur yang terkait penelitian untuk dijadikan sebagai dasar, ide dan acuan yang digunakan dalam penelitian. Oleh karena itu dimungkinkan adanya modifikasi atas suatu literatur yang digunakan dalam penelitian ini. Beberapa modifikasi atas suatu kajian literatur dilakukan berdasarkan pertimbangan tertentu yang peneliti rasa relevan digunakan dalam penelitian.

Dalam menganalisis perkembangan hutan mangrove, hampir semua literatur yang dikaji memanfaatkan teknik penginderaan jauh dengan menggunakan teknik klasifikasi citra untuk mengetahuinya. Perbedaan antar literatur yang dikaji terdapat pada jenis citra yang dipakai, metode klasifikasi yang digunakan dan jenis indeks vegetasi yang digunakan.

Jenis citra yang dipakai dalam penelitian ini ialah Landsat 7 ETM+ tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2016. Oleh karena itu komposit kanal masing-masing citra merujuk pada penelitian Purwanto et al., (2014) dimana komposit citra satelit Landsat 7 ETM+ menggunakan RGB 453 dan komposit citra satelit Landsat 8 menggunakan RGB 564.

Untuk mengetahui perkembangan hutan mangrove dari segi sebaran dan luasan, digunakan teknik klasifikasi citra *supervised* yang dianalisis secara spasial dengan merujuk pada penelitian Miramontes-Beltran et al. (2016); Heenkenda et al. (2015); Heenkenda et al. (2014); Perdana (2011); Ardiansyah & Buchori (2014);

Saefurahman (2008); Arhatin (2007); dan Tarigan (2008). Sedangkan untuk mengetahui kondisi hutan mangrove diolah menggunakan indeks vegetasi yang paling efektif hasil perbandingan dan uji korelasi.

Untuk mengetahui potensi biomassa dari hutan mangrove yang didominasi jenis *Rhizophora Apiculata* digunakan persamaan dari Clough & Scott (1989), sedangkan konversi dari biomasa ke estimasi penyimpanan karbon digunakan faktor pengali 45% dari total biomasa (Brown & Gaston, 1996).

Peta kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove diperoleh berdasarkan overlay parameter yang dikalikan bobotnya masing-masing (*weighted overlay*) yang merujuk dan dimodifikasi dari Magdalena et al. (2015); Khomsin (2005); dan Wardhani (2014). Sedangkan peta konservasi hutan mangrove diperoleh dari hasil overlay peta kesesuaian lahan konservasi dengan peta RTRW Kota Tarakan tahun 2012-2032.

Tabel 2. 9
Sintesa Literatur

Uraian	Variabel	Metode	Sumber
Perkembangan Hutan Mangrove	• Luas Hutan Mangrove • Sebaran Spasial Hutan Mangrove • Kondisi hutan mangrove yang di ekstrak dari tren tingkat kerapatan tajuk vegetasi berdasarkan nilai indeks vegetasi terefektif	• Luasan, sebaran, dan kondisi hutan mangrove di analisis berdasarkan interpretasi citra Landsat 7 ETM+ tahun 2000 menggunakan komposit RGB 453 dan citra satelit Landsat 8 tahun 2016 menggunakan komposit RGB 564. • Sebaran dan luasan hutan mangrove diperoleh dari hasil klasifikasi <i>supervised</i> citra komposit masing-masing tahun yang	• Purwanto et al., (2014) • Miramontes-Beltran et al. (2016); Heenkenda et al. (2015); Heenkenda et al. (2014); Perdana (2011); Ardiansyah & Buchori (2014);

Uraian	Variabel	Metode	Sumber
		kemudian di <i>overlay</i>-kan untuk membandingkannya. • Kondisi hutan mangrove diperoleh berdasarkan nilai indeks vegetasi (kerapatan tajuk) dari citra satelit masing-masing tahun yang diasumsikan semakin rapat tajuk vegetasi dan besar pantulan spectral maka mencerminkan kondisi mangrove yang semakin baik. Untuk melihat perkembangan kondisi mangrove apakah mengalami degradasi, stabil maupaun <i>recovery</i>	Saefurahman (2008); Arhatin (2007); dan Tarigan (2008) • Winarso & Purwanto (2014); Perdana (2011); Heenkenda et al., (2015); Heenkenda, Joyce, Maier, & Bartolo (2014); Miramontes-Beltran et al. (2016); Yuniar (2000); Saefurahman (2008); Ibharim et al., (2015); dan Nugraha (2006); Huete (1992); Epiphanio & Huete (1995); Huete (1997)

Uraian	Variabel	Metode	Sumber
		dilakukan dengan melihat tren nilai indeks vegetasi antar periode tahun dengan meng- <i>overlay</i> -kan peta antar periode tahun	
Perbandingan Indeks Vegetasi	• RVI (<i>Rasio Vegetation Index</i>) $RVI = \frac{(NIR)}{(red)}$ • NDVI (<i>Normalized Different Vegetation Index</i>) $NDVI = \frac{(NIR-red)}{(NIR+red)}$	• Indeks vegetasi terefektif dihasilkan dari nilai korelasi perbandingan beberapa jenis indeks vegetasi terhadap sampel kerapatan pohon hasil pengukuran riil di lapangan	• Rouse et al. (1974, dalam Mroz & Sobieraj, 2004); Schowengerdt (1997) • Winarso & Purwanto (2014); Perdana (2011); Heenkenda et al. (2015); Heenkenda et al. (2014); Miramontes-Beltran et al. (2016); Yuniar (2000); Saefurahman (2008); Ibharim et al. (2015); Nugraha (2006);

Uraian	Variabel	Metode	Sumber
	• TVI (<i>Transformed Vegetation Index</i>) $TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$ • CTVI (<i>Corrected Transformed Vegetation Index</i>) $CTVI = \frac{(NDVI+0,5)}{ (NDVI+0,5) } \times \sqrt{ (NDVI + 0,5) }$ • SAVI (<i>Soil Adjusted Vegetation Index</i>) $SAVI = \frac{NIR-red}{NIR+red+L} (1 + 0,5)$ • TDVI (<i>Transformed Difference Vegetation Index</i>) $TDVI = \sqrt{0,5 + \frac{(NIR-red)}{(NIR+red)}}$		Lanorte et al. (2014); Epiphanio & Huete (1995) • Deering et al. (1975, dalam Mroz & Sobieraj, 2004) • Perry & Lautenschlager (1984, dalam Mroz & Sobieraj, 2004) • Huete (1988); Firl & Carter (2011) • Bannari et al. (2002, dalam Ozbakir & Bannari, 2008)

Uraian	Variabel	Metode	Sumber
	• EVI (<i>Enhanced Vegetation Index</i>) $EVI = 2.5 \frac{NIR-red}{NIR+((6 \times red)-(7.5 \times Blue))+1}$ • RDVI (<i>Renormalized Difference Vegetation Index</i>) $RDVI = \frac{(NIR-red)}{\sqrt{(NDVI+red)}}$ • GNDVI (<i>Green Normalized Difference Vegetation Index</i>) $GNDVI = \frac{(NIR-green)}{(NIR+green)}$ • DVI (<i>Difference Vegetation Index</i>) $DVI = \alpha NIR - R$, dimana α merupakan nilai <i>slope</i>		• Huete et al. (2002); Fang et.al. (2012); Villa, Mousivand, & Bresciani (2014) • Roujean & Breon (1995) • Gitelson & Merzlyak (1998) • Richardson dan Wiegand (1977, dalam Mroz & Sobieraj, 2004)

Uraian	Variabel	Metode	Sumber
	• OSAVI (<i>Optimized Soil Adjusted Vegetation Index</i>) $OSAVI = \frac{NIR - red}{NIR + red + 0,16}$ • IPVI (<i>Infrared Percentage Vegetation Index</i>) $IPVI = \frac{(NIR)}{(NIR + red)}$		• Rondeaux, Steven, & Baret (1996). • Crippen (1990)
Estimasi Biomassa dan Stok Karbon	• Log Y= 2,616 Log GBH – 2,210 dimana Y adalah biomassa mangrove (kg) dan GBH adalah keliling batang pohon mangrove (cm). • Stok karbon diperoleh dari hasil nilai biomasa dikali dengan 45%	Uji Korelasi untuk mengetahui indeks vegetasi yang paling sesuai, Uji Regresi untuk menghasilkan persamaan matematis hubungan indeks vegetasi dan potensi stok karbon	• Clough & Scott (1989) • (Brown & Gaston, 1996)

Uraian		Variabel	Metode	Sumber
Kesesuaian lahan konservasi mangrove	lahan hutan	Kerapatan Mangrove	<i>Weighted overlay</i>	• Magdalena et al. (2015); Khomsin (2005): dan Wardhani (2014)
		Ketebalan mangrove (m)		
		Kemiringan		
		Kealamiahan		
		Jenis Biota/ Keragaman Mangrove		
		Jarak dari sungai (km)		
		Substrat Dasar/Tekstur Tanah		
		Pasang Surut Air Laut (m)		
		Kecepatan Gelombang Air Laut (m/dt)		
		pH		
		Kualitas Air/Salinitas (‰)		

Sumber: Diolah dari berbagai sumber

BAB III

GAMBARAN WILAYAH STUDI

3.1. Kondisi Fisik Geografis

3.1.1. Kondisi Geografis

Kota Tarakan terletak antara 117⁰34' Bujur Barat dan 17⁰38' Bujur Timur serta diantara 3⁰19' Lintang Utara dan 3⁰20' Lintang Selatan. Secara Administratif, Kota Tarakan memiliki batas wilayah sebagai berikut:

- Sebelah Utara berbatasan dengan Pesisir pantai Kec. Bunyu Kab. Bulungan,
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kec. Bunyu dan Laut Sulawesi,
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Pesisir pantai Kec. Tanjung Palas Kab. Bulungan,
- Sebelah Barat berbatasan dengan Pesisir pantai Kec. Sesayap Kab. Bulungan.

Dengan adanya perkembangan dan pemekaran wilayah sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Tarakan Nomor 23 Tahun 1999, maka Kota Tarakan yang sebelumnya terdiri dari 3 kecamatan dimekarkan menjadi 4 kecamatan dan 20 kelurahan. Keempat kecamatan tersebut adalah Tarakan Timur, Tarakan Tengah, Tarakan Barat dan Tarakan Utara. Disamping itu berdasarkan UU No. 22 Tahun 1999 tentang Otonomi Daerah, status desa yang ada di Kota Tarakan seluruhnya berubah menjadi kelurahan. Undang-undang tersebut juga mengubah penyebutan “Kotamadya Tarakan” menjadi “Kota Tarakan”. Untuk daftar kecamatan beserta ke-20 kelurahan di Kota Tarakan adalah sebagai berikut:

Kecamatan Tarakan Barat

1. Kelurahan Karang Balik
2. Kelurahan Karang Rejo
3. Kelurahan Karang Anyar
4. Kelurahan Karang Anyar Pantai
5. Kelurahan Karang Harapan

Kecamatan Tarakan Tengah

1. Kelurahan Selumit Pantai
2. Kelurahan Selumit
3. Kelurahan Sebengkok
4. Kelurahan Pamusian
5. Kelurahan Kampung Satu Skip

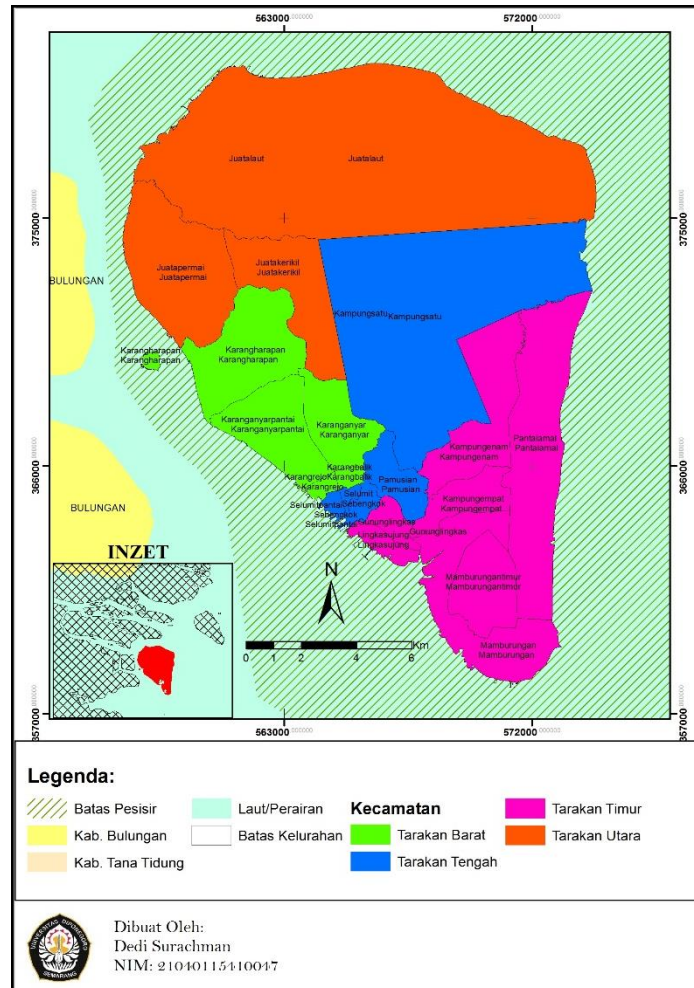
Kecamatan Tarakan Timur

1. Kelurahan Lingkas Ujung
2. Kelurahan Gunung Lingkas
3. Kelurahan Mamburungan
4. Kelurahan Kampung Empat
5. Kelurahan Kampung Enam
6. Kelurahan Mamburungan Timur
7. Kelurahan Pantai Amal

Kecamatan Tarakan Utara

1. Kelurahan Juata Permai
2. Kelurahan Juata Kerikil
3. Kelurahan Juata Laut

Gambar 3. 1
Peta Adminsitirasi Kota Tarakan



Sumber: Peta Digital Bappeda Kota Tarakan (diolah)

Luas keseluruhan Kota Tarakan adalah 657,33 km² dimana 38,2% nya atau 250,8 km² berupa daratan dan sisanya sebanyak 61,8% atau 406,53 km² berupa lautan. Secara administrasi Kota Tarakan bersama kabupaten lainnya seperti Kab.

Bulungan, Kab. Nunukan, Kab. Tanah Tidung dan Kab. Malinau berada di Provinsi Kalimantan Utara yang terbentuk pada tahun 2012 berdasarkan Undang-Undang No. 20 tahun 2012 tentang Pembentukan Provinsi Kalimantan Utara.

3.1.2. Topografi

Kota Tarakan memiliki kondisi topografi datar hingga berbukit. Ketinggian Kota Tarakan dikasifikasikan dalam 4 kelas yaitu ketinggian 0-7 m dpl seluas 2.397 Ha (11,71%), ketinggian 7-25 m dpl seluas 8.940 Ha (35,65%), ketinggian 25-100 m dpl seluas 13.092 Ha (52,20%), dan sisanya merupakan daerah dengan kelas ketinggian 100,1-110 mdpl.

Tabel 3. 1
Luas Wilayah Berdasarkan Ketinggian Tanah Kota Tarakan

No	Ketinggian Tanah (m dpl)	Luas Kecamatan (Ha)				Jumlah (Ha)	(%)
		Tarakan Timur	Tarakan Tengah	Tarakan Barat	Tarakan Utara		
1	0 - 7	722	26	791	1.398	2.937	11,71
2	7,1 – 25	2.734	924	1.753	3.529	8.940	35,65
3	25,1 - 100	2.245	4.577	245	5.925	13.092	52,20
4	100,1 - 110	0	27	0	84	111	0,44
Jumlah / Total		5.801	5.554	2.789	10.936	25.080	100,00

Sumber: Kota Tarakan Dalam Angka 2014

Berdasarkan kemiringan lerengnya, 48,28% dari luas daratan wilayah Kota Tarakan didominasi oleh kelas lereng 0-2%. hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar daratan Kota Tarakan relatif datar. Luas wilayah berdasarkan kemiringan lereng di Kota Tarakan dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2
Luas Wilayah Berdasarkan Kelas Kemiringan Lereng

No	Kelas Lereng (%)	Luas Kecamatan (Ha)				Jumlah (Ha)	(%)
		Tarakan Timur	Tarakan Tengah	Tarakan Barat	Tarakan Utara		
1	0 - 2	2.901	1.409	1.685	6.114	12.109	48,28
2	2,1 - 15	198	3.172	782	1.653	5.805	23,15
3	15 - 40	2.380	913	322	2.104	5.719	22,80
4	> 40	322	60	0	1.065	1.447	5,77
Jumlah / Total		5.801	5.554	2.789	10.936	25.080	100,00

Sumber: Kota Tarakan Dalam Angka 2014

3.1.3. Geologi

Sebagain besar unsur geologi Kota Tarakan terdiri dari batu pasir kuarsa, batu lempung, batu lanau, batu bara, lignit, dan konglomerat yang mencapai 64% dari luas daratan di Kota Tarakan. Sedangkan sisanya adalah lumpur, lanau, pasir, kerikil dan kerakal sekitar 36%.

Formasi geologi di Kota Tarakan tersusun dari batuan sedimen kuarter. Batuan tersebut tersusun dari bahan-bahan lepas yang terdiri atas liat, debu, pasir, krikil dan bahan organik. Formasi tersebut dikenal dengan formasi alluvium (Qa) dengan batuan penyusun lumpur, lanau, pasir, kerikil dan kerakal yang menindih formasi di bawahnya secara tak selaras yang berasal dari endapan sungai, rawa dan pantai yang berumur holosen sampai resen (Rachmawani, 2007).

3.1.4. Jenis Tanah

Sesuai dengan kondisi iklim di Kota Tarakan yang tergolong dalam tipe tropika humida, maka jenis-jenis tanah yang terdapat di daerah ini tergolong ke dalam tanah yang bereaksi asam. Jenis-jenis tanah yang terdapat di Kota Tarakan antara lain tanah alluvial, tanah latosol, tanah organosol, dan tanah padosolik.

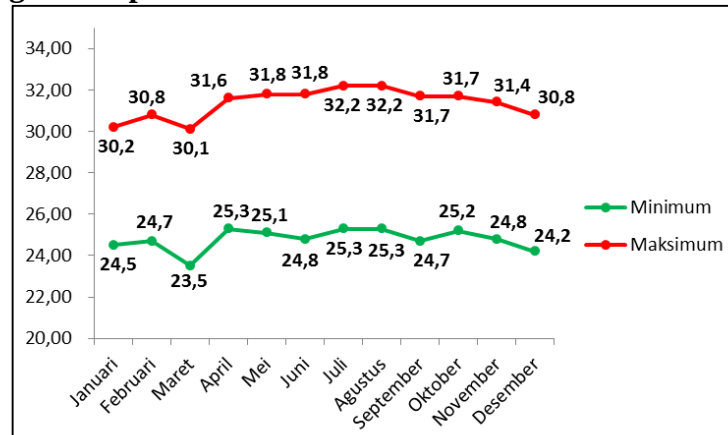
3.1.5. Iklim

Kota Tarakan beriklim tropis yang mempunyai dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Musim penghujan terjadi pada bulan Oktober sampai dengan bulan April dan musim kemarau terjadi pada bulan April sampai dengan bulan Oktober. Meskipun begitu, pada kenyataannya dalam beberapa tahun terakhir ini, keadaan musim yang terjadi di Kota Tarakan dan di pulau kalimantan bagian utara pada umumnya sering tidak menentu. Pada saat bulan seharusnya musim penghujan justru tidak turun hujan sama sekali, begitu sebaliknya.

Pada dasarnya suhu udara sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya tempat terhadap permukaan laut dan jaraknya dari pantai. Kota Tarakan termasuk beriklim panas dengan rata-rata suhu udara sepanjang tahun 2015 berkisar 24,8⁰C hingga 31,1⁰C (BPS, 2016a). Suhu udara terendah terjadi pada bulan Maret sebesar

23,5 °C dan suhu udara tertinggi terjadi pada bulan Mei dan Juni yaitu sebesar 31,8°C.

Gambar 3. 2
Perkembangan Temperatur Minimum dan Maksimum Kota Tarakan (2015)

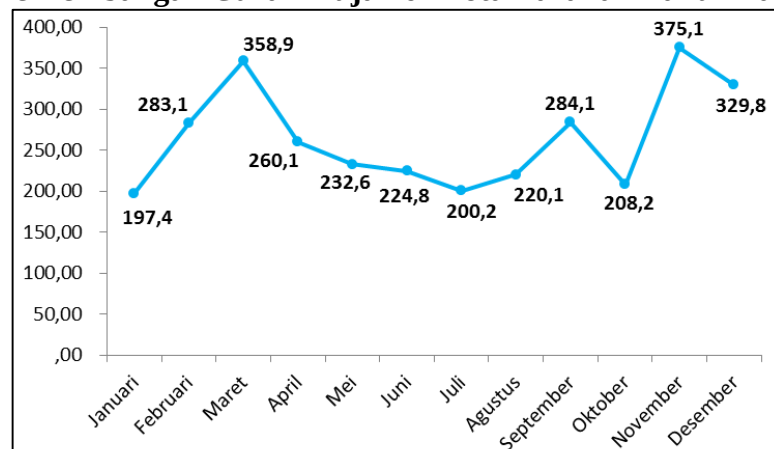


Sumber: BPS Kota Tarakan (2016)

Rata-rata kelembaban udara relatif tinggi yaitu berkisar antara 56,0% sampai dengan 98,0% sepanjang tahun 2015. Sedangkan kelembaban udara terendah terjadi pada bulan Juni yang mencapai 100%. Untuk rata-rata kelembaban udara sepanjang tahun 2015 tercatat sebesar 84,0% (BPS, 2016a).

Curah hujan di Kota Tarakan sangat beragam dari waktu ke waktu. Rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 375,1 mm dan rata-rata curah hujan terendah sebesar 197,4 mm yang terjadi pada bulan Januari. Untuk rata-rata curah hujan sepanjang tahun 2015 sebesar 264,5 mm.

Gambar 3. 3
Perkembangan Curah Hujan di Kota Tarakan Tahun 2015



Sumber: BPS Kota Tarakan (2016)

Hari hujan tiap bulan di Kota Tarakan cenderung merata dimana rata-rata hari hujan perbulan pada tahun 2015 sebanyak 20 hari. Ini artinya rata-rata setiap minggu terjadi hujan sebanyak 2-3 hari. Sebenarnya jumlah hari hujan perbulan di Kota Tarakan tergolong banyak dan tidak ada bulan yang tanpa hujan sama sekali. Meskipun jumlah hari hujan perbulannya cukup banyak namun intensitas hujan tersebut relatif kecil.

Intensitas curah hujan di Kota Tarakan mempunyai peran sangat penting bagi kehidupan masyarakat di Kota Tarakan. Bisa dikatakan bahwa pasokan bahan baku air bersih di Kota Tarakan sangat tergantung pada kuantitas curah hujan yang ditampung pada beberapa embung. Jika dalam dua minggu saja tidak hujan dengan intensitas yang besar maka pelayanan air bersih PDAM pada pelanggan terganggu. Tidak hanya diberlakukannya sistem giliran, bahkan sering juga pelayanan air bersih sama sekali tidak mengalir. Di sisi lain berdasarkan data PDAM (2015) pada tahun 2014 jumlah masyarakat yang tidak terjangkau cakupan pelayanan air bersih perpipaan PDAM sebesar 50% dan pada umumnya mereka menampung air hujan untuk keperluan pokok sehari-hari. Hal ini dikarenakan sumber air tanah di Kota Tarakan relatif kecil dan kualitasnya cenderung kurang baik karena sedikit berminyak.

3.2. Penggunaan/Tutupan Lahan

Pada tahun 2008, penggunaan/tutupan lahan di Kota Tarakan didominasi oleh sembilan (9) jenis penggunaan/tutupan lahan utama dimana secara berturut-turut dari yang terluas yaitu lahan terbuka / rumput, hutan lindung, tambak, kebun campuran, permukiman, semak belukar, hutan, hutan mangrove, dan tegalan (tabel 3.3). Dari sembilan jenis penggunaan/tutupan lahan tersebut, lahan terbuka/rumput dan hutan lindung adalah yang paling luas dimana lahan terbuka/rumput mempunyai luas 40,48% dari luas keseluruhan, kemudian hutan lindung seluas 27,90% dari luas keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik secara umum Kota Tarakan ialah *rural* atau perdesaan.

Dalam hal budidaya, penggunaan lahan untuk tambak ialah yang terluas diantara yang lain (6,22%) yang kemudian diikuti oleh kebun campuran (5,86%),

dan permukiman (4,60%). Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas komoditas utama penduduk Kota Tarakan ialah hasil perikanan tambak dan perkebunan.

Tabel 3. 3
Penggunaan/Tutupan Lahan Kota Tarakan Tahun 2008

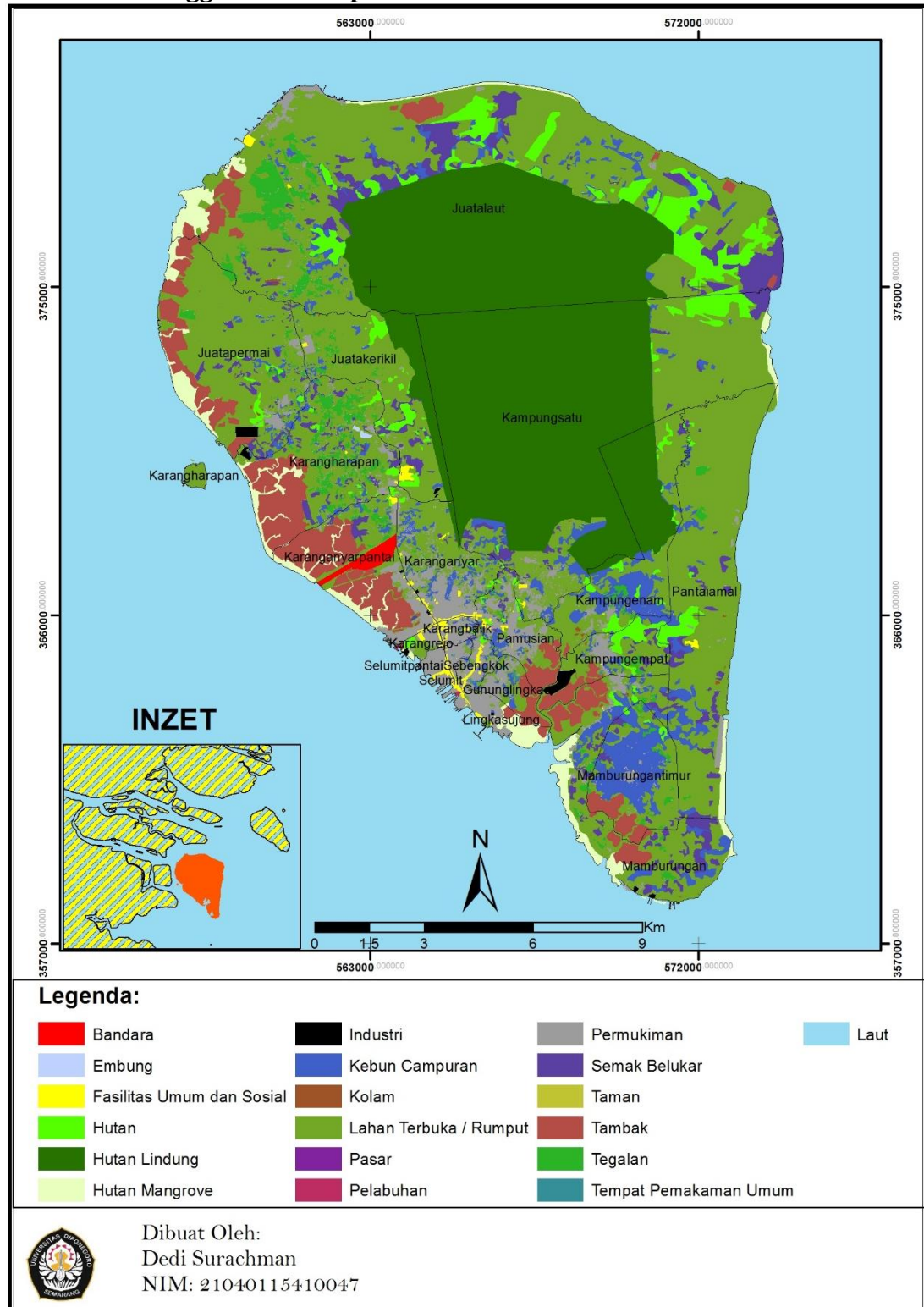
No	Landuse/Landcover	Luas (Ha)	%
1	Lahan Terbuka / Rumput	10154,36	40,478%
2	Hutan Lindung	6997,84	27,895%
3	Tambak	1561,15	6,223%
4	Kebun Campuran	1469,94	5,860%
5	Permukiman	1153,00	4,596%
6	Semak Belukar	1130,54	4,507%
7	Hutan	1081,83	4,312%
8	Hutan Mangrove	687,24	2,740%
9	Tegalan	559,38	2,230%
10	Bandara	72,93	0,291%
11	Fasilitas Perdagangan	60,64	0,242%
12	Industri	58,18	0,232%
13	Fasilitas Pemerintahan	39,44	0,157%
14	Fasilitas Pendidikan	19,67	0,078%
15	Kolam	16,05	0,064%
16	Tempat Pemakaman Umum	6,84	0,027%
17	Embung	6,57	0,026%
18	Pelabuhan	4,49	0,018%
19	Fasilitas Kesehatan	2,53	0,010%
20	Pasar	1,32	0,005%
21	Taman	1,09	0,004%
22	Fasilitas Kesehatan	0,66	0,003%
23	Fasilitas Olahraga	0,54	0,002%
Total		25.086,24	100,000%

Sumber: Peta Digital RTRW Kota Tarakan 2012-2032 (diolah)

Luas hutan mangrove di Kota Tarakan pada tahun 2008 berdasarkan peta penggunaan/tutupan lahan Kota Tarakan hanya seluas 687,24 ha (2,74%) dari luas keseluruhan penggunaan/tutupan lahan. Berdasarkan peta eksisting penggunaan/tutupan lahan Kota Tarakan tahun 2008, letak hutan mangrove paling berasosiasi dengan tiga (3) jenis penggunaan/tutupan lahan yaitu tambak dan lahan terbuka/rumput dan permukiman. Oleh karena itu perkembangan hutan mangrove bisa dikatakan sangat terkait erat dengan tiga jenis penggunaan/tutupan lahan tersebut. Bisa bersifat positif yaitu perubahan dari ketiga jenis penggunaan/tutupan lahan tersebut menjadi hutan mangrove, maupun sebaliknya bersifat negatif yaitu

Gambar 3.4

Peta Penggunaan/Tutupan Lahan di Kota Tarakan Tahun 2008



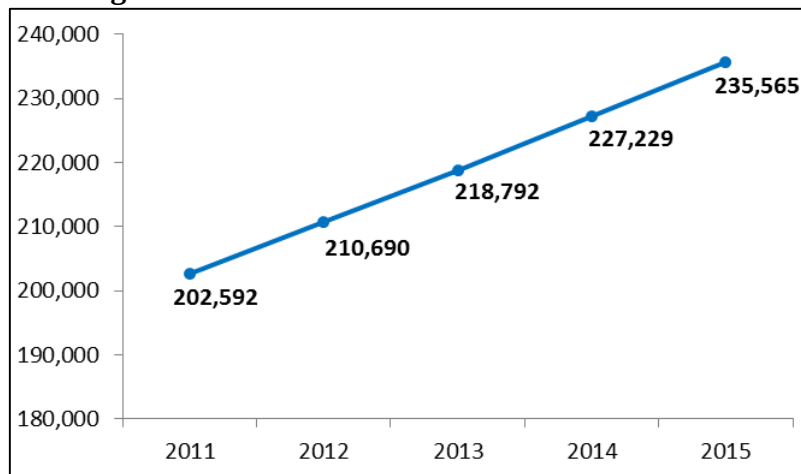
Sumber: Peta Digital Materi Teknis RTRW 2012-2032 (diolah)

3.3. Karakteristik Demografi

Kota Tarakan merupakan daerah yang memiliki luas daratan yang relatif kecil dimana pada tahun 2015 yang dihuni oleh penduduk sebanyak 235.565 jiwa (Kota Tarakan Dalam Angka 2016). Apabila dilihat dari perbandingan penduduk laki-laki dan perempuan, jumlah penduduk laki-laki lebih banyak daripada penduduk perempuan dengan sex ratio sebesar 109,84%. Penyebaran penduduk antar kecamatan juga dapat dikatakan masih belum merata.

Jumlah penduduk kota tarakan lima tahun terakhir (2011-2015) rata-rata tumbuh sekitar 3,87% atau bertambah 8.153 orang per tahun. Sebagian besar pertumbuhan penduduk di Kota Tarakan sangat dipengaruhi oleh besarnya migrasi penduduk masuk ke Kota Tarakan dari luar daerah dimana Kota Tarakan memang dikenal sebagai wilayah transit dan pintu gerbang di wilayah utara pulau Kalimantan. Hal ini menjadikan daya tarik tersendiri terhadap penduduk dari luar untuk bermigrasi ke Kota Tarakan khususnya penduduk dari Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi dan kabupaten sekitar Kota Tarakan.

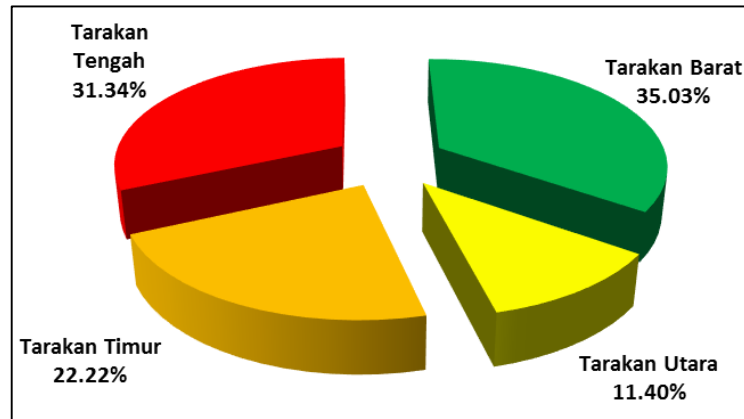
Gambar 3. 5
Perkembangan Jumlah Penduduk Kota Tarakan Tahun 2011-2015



Sumber: Kota Tarakan Dalam Angka 2016

Jumlah penduduk Kota Tarakan terbanyak berada di Kecamatan Tarakan Barat (35%) yang merupakan pusat aktifitas perekonomian dan Kecamatan Tarakan Tengah (31%) yang merupakan pusat kantor pemerintahan Kota Tarakan. Sedangkan Kecamatan Tarakan Utara merupakan wilayah yang paling sedikit penduduknya hanya 11% dimana wilayah tersebut merupakan wilayah yang cenderung jauh baik dari pusat aktifitas ekonomi maupun pusat pemerintahan.

Gambar 3. 6
Distribusi Penduduk Menurut Kecamatan di Kota Tarakan Tahun 2015



Sumber: Kota Tarakan Dalam Angka 2016 (diolah)

Dengan luas daratan kota sekitar 250,8 km², maka rata-rata kepadatan penduduk pada tahun 2015 sebesar 939 jiwa/km². Kecamatan Tarakan Barat mempunyai kepadatan paling tinggi yaitu 2.959 jiwa per km², kemudian diikuti Kecamatan Tarakan Tengah dengan kepadatan penduduk sebesar 1.329 jiwa per km² atau dan Kecamatan Tarakan Timur dengan kepadatan 902 jiwa per km² atau. Sedangkan Kecamatan Tarakan Utara mempunyai kepadatan penduduk yang paling rendah yaitu hanya 246 jiwa per km².

Tabel 3. 4
Luas Wilayah dan Kepadatan Penduduk, per Kecamatan Tahun 2011-2015

No	Kecamatan	Luas (KM ²)	Rumah Tangga	Penduduk	Kepadatan	
					Rumah Tangga/ Km ²	Penduduk/ Km ²
1.	Tarakan Timur	58,01	11.072	52.353	191	902
2.	Tarakan Tengah	55,54	16.194	73.836	292	1.329
3.	Tarakan Barat	27,89	18.362	82.528	658	2.959
4.	Tarakan Utara	109,36	6.316	26.848	58	246
	Jumlah 2015	250,80	51.944	235.565	207	939
	2014	250,80	52.602	227.229	210	906
	2013	250,80	49.129	218.792	196	872
	2012	250,80	46.341	210.690	185	840
	2011	250,80	47.791	202.592	191	808

Sumber: Kota Tarakan Dalam Angka 2016 (diolah)

Rasio usia produktif yang ada di Kota Tarakan cenderung cukup besar. Meskipun tren usia produktif sejak tahun 2011 hingga tahun 2015 cenderung menurun namun jumlahnya masih berada di atas 60%. Pada tahun 2011 sebanyak 66,77% penduduk Kota Tarakan berumur produktif sedangkan pada tahun 2015 menjadi 62,84%. Dari jumlah angka usia produktif pada tahun 2015 yang berjumlah 166.262 jiwa, sebesar 24,85% berusia antara 15-24 tahun, 63,97% berusia 25-54 tahun, dan 11,18% berusia 55+ tahun. Selain itu pada tahun 2015 dari 166.262 penduduk usia kerja sebanyak 5,60% merupakan pengangguran. Secara persentase angka pengangguran tersebut terus mengalami penurunan sejak dari tahun 2012 yang berjumlah 8,28%. Ini artinya terdapat peningkatan penyerapan lapangan kerja yang secara efektif mampu mengurangi angka pengangguran tersebut.

Tabel 3. 5
Kependudukan dan Ketenagakerjaan

Keterangan	2011	2012	2013	2014	2015
Persentase Kelompok Umur (%):					
0-14	30,99	32,53	30,77	31,58	34,81
15-64	66,77	65,41	67,33	66,39	62,84
65+	2,24	2,06	1,90	2,03	2,35
Jumlah	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Persentase Usia Kerja					
Persentase Usia Kerja (%):					
15-24	-	25,90	25,86	25,35	24,85
25-54	-	63,98	64,01	64,04	63,97
55+	-	10,12	10,12	10,61	11,18
Penduduk Usia Kerja (15 tahun ke atas-jiwa)	-	142.812,00	146.121,00	150.447,00	166.262,00
Tingkat Pengangguran (%)	-	8,28	6,95	6,90	5,60

Sumber: BPS, 2016 (diolah)

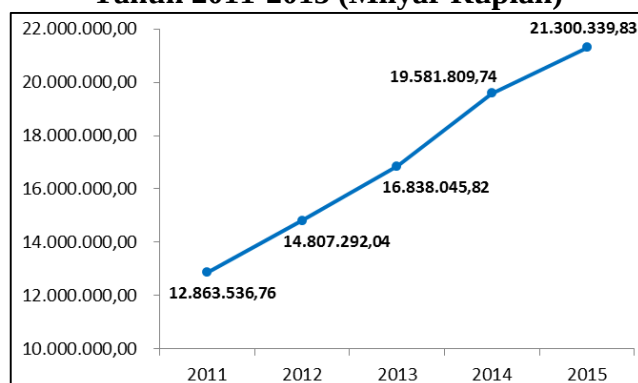
3.4. Karakteristik Ekonomi Wilayah

3.4.1. Perkembangan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Indikator umum yang dipakai untuk mengetahui laju pertumbuhan ekonomi suatu daerah adalah dengan melihat perkembangan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) baik dengan minyak dan gas (migas) maupun tanpa migas. Besaran PDRB suatu daerah dapat menggambarkan kemampuan atau potensi ekonomi dan kinerja ekonomi dari suatu daerah, baik dalam hal pengelolaan sumber daya alam maupun sumber daya manusia. Besaran PDRB Kota Tarakan sangat dipengaruhi oleh jumlah produksi dan harga komoditi dari sektor perdagangan, hotel dan restoran, yang masih tetap menjadi sektor utama yang memberikan kontribusi paling besar bagi perekonomian Kota Tarakan.

Besaran PDRB Kota Tarakan atas dasar harga (adh) berlaku maupun atas dasar harga konstan dari tahun 2011 hingga tahun 2015, baik dengan migas maupun tanpa migas selalu mengalami peningkatan. Nilai Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga berlaku dengan tahun 2011 mencapai 12,8 trilyun rupiah dan terus meningkat dari tahun ke tahun hingga mencapai 21,30 trilyun rupiah pada tahun 2015. Selain itu, struktur perekonomian yang berasal dari distribusi PDRB didominasi oleh kategori lapangan usaha perdagangan besar dan eceran; reparasi mobil dan motor yang mencapai 21,21 persen dan diikuti oleh kategori konstruksi yang mencapai 14,60 persen. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa aktifitas perdagangan dan jasa serta konstruksi menjadi pondasi utama perekonomian di Kota Tarakan.

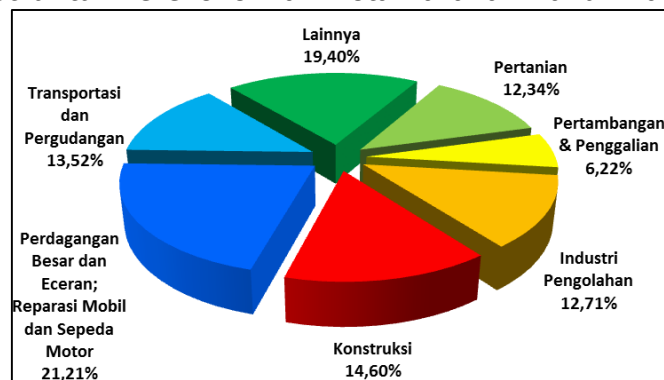
Gambar 3. 7
Perkembangan PDRB Kota Tarakan Atas Dasar Harga Berlaku
Tahun 2011-2015 (Milyar Rupiah)



Sumber: PDRB (Lapangan Usaha) Kota Tarakan Tahun 2011-2015 (BPS diolah)

Berdasarkan sektoral, dari 17 kategori (tahun dasar 2010) ada 6 kategori yang berkontribusi besar terhadap pembentukan PDRB Kota Tarakan. Kategori Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor memberikan kontribusi yang paling dominan yaitu sebesar 21,21%, disusul kategori lainnya sebesar 19,40% dan Konstruksi sebesar 14,60%. Selanjutnya yang juga berperan cukup besar adalah kategori transportasi dan pergudangan sebesar 13,52%. Sementara kategori yang kontribusinya paling kecil ialah sektor pertambangan dan penggalian yang hanya sebesar 6,22%. Itu menunjukkan bahwa perekonomian Kota Tarakan tidak tergantung pada sumberdaya mineral dan energi seperti yang terjadi sebelum era tahun 1990an dimana sumberdaya mineral dan energi di Kota Tarakan khususnya minyak bumi dan gas merupakan sektor paling dominan terhadap perekonomian wilayah.

Gambar 3. 8
Struktur Perekonomian Kota Tarakan Tahun 2015



Sumber: PDRB (Lapangan Usaha) Kota Tarakan Tahun 2011-2015 (BPS diolah)

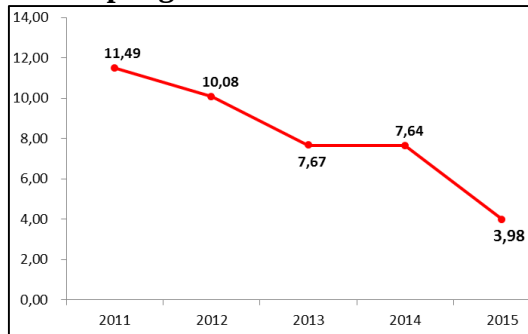
3.4.2. Pertumbuhan Ekonomi

Laju pertumbuhan ekonomi dapat diketahui secara riil yang terjadi setiap tahun melalui perkembangan PDRB atas dasar harga konstan yang menunjukkan peningkatan atau penurunan dari kinerja pembangunan ekonomi suatu daerah dalam suatu kurun waktu tertentu.

Perekonomian Kota Tarakan sejak tahun 2011-2015 selalu meningkat, namun demikian laju pertumbuhannya sedikit berfluktuatif. Pada tahun 2010-2011 mengalami pertumbuhan yang paling signifikan yaitu 11,49 persen, tahun 2012 mengalami sedikit perlambatan menjadi 10,08 persen, dan terus mengalami

perlambatan tiap tahunnya hingga menjadi 3,98% pada tahun 2015. Perlambatan ekonomi tersebut bukan berarti perekonomian tidak tumbuh, namun lebih berarti bahwa laju pertumbuhannya tidak secepat/setinggi pada tahun-tahun sebelumnya.

Gambar 3. 9
Laju Pertumbuhan Riil PDRB Kota Tarakan
Menurut Lapangan Usaha Tahun 2011-2015 (%)

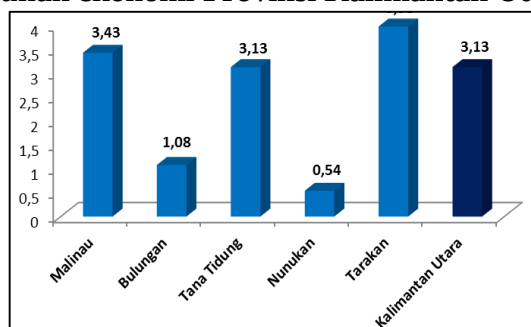


Sumber: PDRB (Lapangan Usaha) Kota Tarakan Tahun 2011-2015 (BPS diolah)

Pertumbuhan sektor ekonomi tertinggi pada tahun 2015 dicapai oleh lapangan usaha jasa pendidikan sebesar 8,02%. Disusul pertumbuhan lapangan usaha jasa kesehatan dan kegiatan sosial lainnya sebesar 7,53% % dan Transportasi dan Pergudangan tumbuh sebesar 6,90%. Sementara itu lapangan usaha pertanian, kehutanan dan perikanan yang mengalami pertumbuhan sebesar 5,20%.

Kinerja perekonomian Kota Tarakan pada tahun 2015 meskipun hanya tumbuh sebesar 3,98% namun tergolong paling baik diantara kabupaten lainnya di Provinsi Kalimantan Utara. Diantara lima (5) kabupaten/kota di Provinsi Kaltara Kabupaten Nunukan mempunyai pertumbuhan ekonomi yang paling rendah dimana perekonomian dari tahun 2014 hingga tahun 2015 hanya tumbuh 0,54%, sedangkan Kabupaten Bulungan yang merupakan Ibu Kota Provinsi Kaltara juga hanya tumbuh sebesar 1,08%.

Gambar 3. 10
Laju Pertumbuhan ekonomi Provinsi Kalimantan Utara Tahun 2015



Sumber: PDRB (Lapangan Usaha) Kota Tarakan Tahun 2011-2015 (BPS diolah)

3.4.3. Ekonomi Masyarakat

Dilihat dari perkembangan tingkat kemiskinan penduduk Kota Tarakan tahun 2010 hingga 2014, kondisi perekonomian masyarakat semakin mengalami peningkatan. Persentase jumlah penduduk miskin tahun 2010 yang sebesar 10,23 persen menurun menjadi 7,68 persen pada tahun 2014 atau sejumlah 17.660 jiwa. Jika kita bandingkan dengan sumber data penduduk miskin Kota Tarakan tahun 2014 dari TNP2K, maka terdapat perbedaan cukup jauh dengan jumlah penduduk miskin yang bersumber dari BPS tersebut. Jumlah penduduk miskin pada tahun 2014 berdasarkan TNP2K berjumlah 39.069 jiwa jauh lebih besar ketimbang data BPS yang hanya sebesar 17.660 jiwa.

Perbedaan publikasi jumlah penduduk miskin antara TNP2K dan BPS sebenarnya dapat kita pahami mengingat perbedaan metode pendataan yang dipergunakan. TNP2K menggunakan metode sensus dalam mendata penduduk miskin, sedangkan BPS menggunakan metode sampel dan proyeksi dalam mendata penduduk miskin. Selain itu dasar atau kriteria yang digunakan kedua institusi tersebut dalam menentukan penduduk miskin juga berbeda. BPS menggunakan nilai garis kemiskinan untuk menentukan penduduk miskin, sedangkan TNP2K menggunakan 30% kondisi kesejahteraan penduduk terendah dari seluruh populasi berdasarkan 10 kriteria kemiskinan nasional. Oleh karena itu pasti terdapat perbedaan hasil jumlah penduduk miskin yang dihasilkan dimana jumlah penduduk miskin hasil dari pendataan TNP2K akan selalu jauh lebih besar.

Tabel 3. 6
Perbandingan Jumlah Penduduk Miskin Antara TNP2K dan BPS
Tahun 2014

Kesejahteraan	TNP2K			BPS
	Rumah Tangga	Kepala Keluarga	Individu	Individu
Jumlah Kemiskinan	5.973	7.493	39.069	17.660

Sumber: TNP2K dan BPS (diolah)

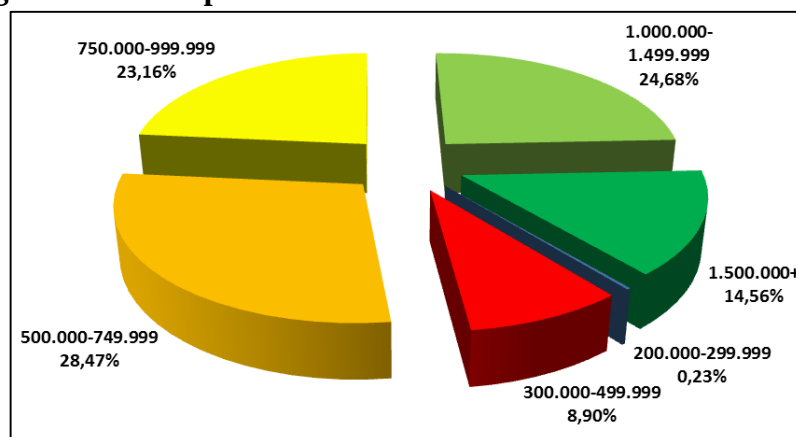
3.4.4. Pengeluaran Perkapita

Pengeluaran penduduk per kapita merupakan salah satu indikator yang dapat memberikan gambaran mengenai keadaan kesejahteraan penduduk. Semakin

besar konsumsi/pengeluaran yang dikeluarkan penduduk maka diasumsikan tingkat kesejahteraan penduduk yang bersangkutan menjadi lebih baik. Terlebih lagi jika peningkatan pengeluaran tersebut terjadi pada komoditas non makanan yang merupakan indikasi meningkatnya pembelian barang sekunder dan tersier.

Dilihat dari pengeluaran perkapita/bulan masyarakat Kota Tarakan tahun 2015, sebanyak 28,47% penduduk mengeluarkan uang antara Rp. 500.000 - Rp. 749.999 tiap bulannya, sebanyak 24,68% penduduk mempunyai pengeluaran antara Rp. 1.000.000 – Rp. 1.499.999 per bulan, dan kemudian sebanyak 23,16% penduduk mempunyai pengeluaran Rp. 750.000 – Rp. 999.999 per bulan. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa sekitar 76% penduduk masyarakat kota Tarakan mempunyai pengeluaran antara Rp.500.000 hingga Rp. 1.499.999 tiap bulannya.

Gambar 3. 11
Pengeluaran Perkapita/Bulan Penduduk Kota Tarakan Tahun 2015



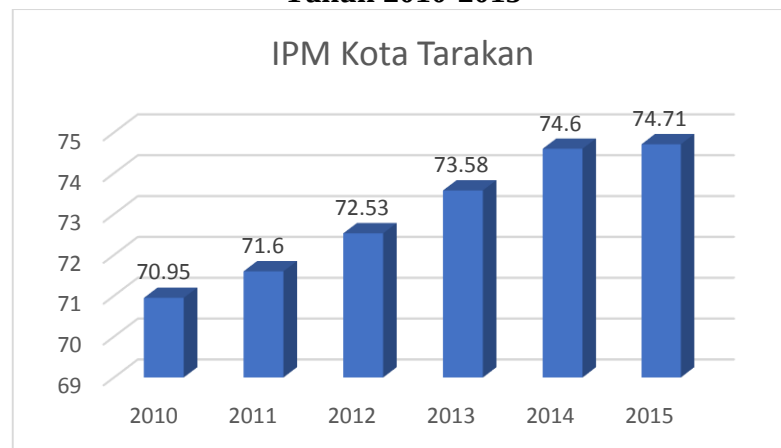
Sumber: BPS Kota Tarakan

Jika kita bandingkan dengan pengeluaran per kapita/bulan di daerah jawa, maka pengeluaran perkapita penduduk di Kota Tarakan akan terlihat jauh lebih besar. Hal ini disebabkan karena memang perbedaan standar harga barang dimana harga berbagai jenis barang di Kota Tarakan jauh lebih tinggi ketimbang daerah di pulau Jawa. Oleh karena itu dapat kita asumsikan bahwa untuk dapat hidup berkecukupan di Kota Tarakan maka pengeluaran rata-rata perorang adalah antara Rp.500.000 hingga Rp. 1.500.000. Oleh karena itu setiap penduduk tersebut dituntut minimal harus berpenghasilan antara Rp.500.000 hingga Rp. 1.500.000 perbulan.

3.5. Kualitas Sumberdaya Manusia

Dalam kurun waktu 6 tahun, angka Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kota Tarakan terus meningkat dari 70,95 pada tahun 2010 menjadi 74,71 pada tahun 2015. Nilai IPM tersebut merupakan indikator yang menggambarkan tingkat kualitas sumberdaya manusia suatu wilayah. Dengan nilai IPM Kota Tarakan yang relatif tinggi tersebut dapat mencerminkan bahwa kualitas sumberdaya manusia di Kota Tarakan relatif baik dan cukup berdaya saing ketimbang beberapa wilayah disekitarnya.

Gambar 3. 12
Perkembangan Indeks Pembangunan Manusia Kota Tarakan
Tahun 2010-2015



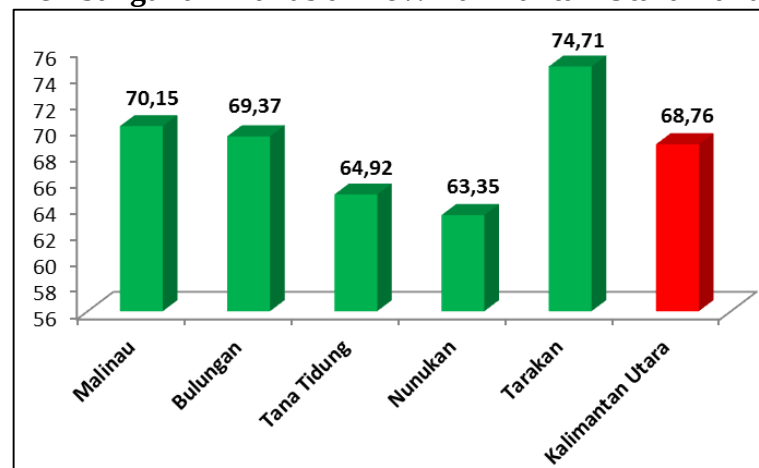
Sumber: BPS, 2016 (diolah)

Diantara kabupaten/kota lainnya di Provinsi Kaltara, nilai IPM Kota Tarakan pada tahun 2015 menjadi peringkat pertama di antara kabupaten/kota se-Kalimantan Utara dan di atas nilai IPM Provinsi Kaltara itu sendiri. Nilai IPM Kota Tarakan yang mencapai 74,71 tersebut jauh di atas kabupaten/kota lainnya dimana nilai yang paling mendekati yaitu Kabupaten Malinau yang sebesar 70,15. Sedangkan lainnya jauh di bawahnya terutama Kabupaten Nunukan yang IPM-nya hanya sebesar 63,35. Berdasarkan hal ini dapat diketahui bahwa kualitas dan daya saing sumberdaya manusia di Kota Tarakan jauh lebih tinggi di antara kabupaten lainnya di Prov. Kaltara. Oleh sebab itu ada kemungkinan besar bahwa sebagian besar potensi lapangan kerja di wilayah Provinsi Kaltara akan dimasuki oleh penduduk dari Kota Tarakan.

Ada beberapa indikator mengapa IPM Kota Tarakan jauh melebihi kabupaten lainnya di Provinsi Kaltara, antara lain lebih tingginya kualitas

pelayanan kesehatan di Kota Tarakan dimana memang Kota Tarakan sudah menjadi rujukan kesehatan dari wilayah disekitarnya dengan adanya Rumah Sakit tipe A, B, dan C hingga keberadaan puskesmas 24 jam. Sedangkan dari sektor pendidikan, Tarakan merupakan satu-satunya wilayah di Provinsi Kaltara yang mempunyai perguruan tinggi negeri. Hal ini dapat mencirikan bahwa pelayanan pendidikan Kota Tarakan jauh lebih baik dibanding yang lainnya.

Gambar 3. 13
Indek Pembangunan Manusia Prov. Kalimantan Utara Tahun 2015



BPS, 2016 (diolah)

Mulai tahun 2014, BPS menggunakan metode baru dalam perhitungan IPM. Salah satu yang berbeda dari metode sebelumnya adalah dengan tidak digunakannya lagi angka melek huruf, melainkan diganti dengan harapan lama sekolah. Jika dibandingkan dengan kabupaten/kota lain di Provinsi Kalimantan Utara (Kaltara), ternyata penduduk Kota Tarakan bersekolah lebih lama, dimana indikator ini ditunjukkan dengan rata-rata lama sekolah 9,90 tahun atau memutuskan berhenti sekolah ketika duduk di kelas 1 SMA. Sedangkan secara rata-rata pendidikan tertinggi yang ditamatkan penduduk Kota Tarakan adalah sampai jenjang SMP.

Tabel 3. 7
Indikator Pendidikan Kota Tarakan Tahun 2013 dan Tahun 2014

Uraian	2013	2014
Harapan Lama Sekolah (tahun)	13,28	13,39
Rata-rata Lama Sekolah (tahun)	9,28	9,90

Sumber: BPS Kota Tarakan (diolah)

3.6. Karakteristik Pesisir Tarakan

Pantai di Kota Tarakan berhadapan langsung dengan Laut Sulawesi sehingga sering terjadi arus menyusur pantai (*longshore current*) yang relatif besar. Hal ini menyebabkan terjadinya pengangkutan sedimen oleh arus tersebut yang mempengaruhi topografi pesisir.

Umumnya rata-rata arus permukaan laut di Kota Tarakan sebesar 12,25 hingga 29,17 cm/detik (Rachmawani, 2007). Puncaknya arus permukaan terjadi pada bulan Desember yang disebabkan oleh angin muson barat. Sedangkan yang terendah terjadi pada bulan Januari.

Tipe pasang surut yang terjadi pada suatu wilayah perairan akan sangat menentukan perkembangan dan zonasi hutan mangrove di wilayah tersebut. Mangrove berkembang pada perairan dangkal dan daerah intertidal sehingga sangat dipengaruhi oleh pasut. Pasut dan kisaran vertikalnya yang membedakan *periodesitas* penggenangan mangrove tersebut. Perbedaan penggenangan akan menyebabkan perbedaan kumpulan mangrove yang tumbuh pada suatu daerah dan menyebabkan perbedaan tipe-tipe zonasi hutan mangrove. Tipe pasang surut di Kota Tarakan ialah tipe harian ganda (*semidiurnal tide*), dimana terjadi dua kali pasang dalam sehari. Kondisi pasang tertinggi (*high tides*) di perairan terjadi pada bulan April dengan ketinggian 3,6 m. Sedangkan surut terendah (*low tides*) terjadi pada bulan Maret, April, September dan Oktober. Untuk pasang tertinggi rata-rata setiap bulannya setinggi 3,47 m dan surut terendah rata-rata berkisar 0,15 m. Dengan nilai tersebut maka dapat dikatakan bahwa kisaran pasang surut (*tidal range*) berkisar 3 m.

Sebagian besar masyarakat pesisir Kota Tarakan berprofesi sebagai nelayan dan sebagian besar nelayan tersebut merupakan nelayan tradisional. Alat tangkap yang biasa digunakan ialah tugu (*togo*). Umumnya banyaknya profesi nelayan (tradisional) dari sebagian besar masyarakat pesisir Kota Tarakan ialah disebabkan karena memang profesi nelayan tradisional tidak mensyaratkan tingkat pendidikan yang tinggi. Dengan kondisi tingkat pendidikan sebagian besar dari mereka yang relatif rendah masyarakat pesisir tidak memiliki alternatif pekerjaan lain. Ditambah lagi keahlian mereka secara turun temurun ialah menangkap ikan. Adapun rutinitas nelayan tradisional tersebut ketika tidak melaut ialah memperbaiki

jaring maupun perahu mereka yang rusak, bertani/berkebun, dan bekerja serabutan lainnya.

Umumnya hasil tangkapan nelayan tidak semuanya dapat dijual di pasaran. Hanya hasil perikanan yang memenuhi kriteria standar pasar global seperti ukuran jenis dan kesegaran yang dapat dijual di pasar. Untuk hasil udang yang memenuhi standar umumnya dijual kepada juragan atau pengepul besar yang kemudian disimpan pada penampungan (*cold storage*) untuk siap di ekspor di pasar internasional seperti jepang. Sedangkan hasil yang tidak memenuhi standar pasar global akan dijual di pasar lokal.

Untuk menambah sumber perekonomian keluarga, beberapa istri dari nelayan melakukan usaha pengolahan produk perikanan khususnya pada produk yang tidak dapat terserap pasar maupun produk yang harus diolah terlebih dahulu agar laku dijual. Beberapa produk yang harus diolah terlebih dahulu tersebut misalnya ikan asin tipis yang banyak diusahakan oleh keluarga nelayan yang berbasis di Kelurahan Pantai Amal, Kecamatan Tarakan Timur dan di Kelurahan Juata Laut di Kecamatan Tarakan Utara.

3.7. Ekologis Mangrove

Ekosistem mangrove di Kota Tarakan tersebar pada dua satuan lahan yaitu satuan lahan Kahayan (KHY) dan satuan lahan kajapah (KJP) (Rachmawani, 2007) Pada satuan lahan KHY pengaruh air sungai masih kuat dan tersebar agak kedalam. Satuan lahan ini terbantuk dari endapan sungai baik berupa pasir atau bahan organik dan terletak pada kemiringan lereng < 2 persen. Sedangkan satuan lahan KJP berupa dataran lumpur di daerah pasang surut. Pada satuan lahan ini terbentuk dari hasil endapan yang dipengaruhi air laut.

Luasan satuan lahan baik KHY maupun KJP sebagai ruang habitat mangrove adalah sebagaimana tabel 3.7 berikut:

Tabel 3. 8
Luasan Satuan lahan KHY dan KJP Berdasarkan Kecamatan di Kota Tarakan Tahun 1997

No	Kecamatan	Satuan Lahan (Ha)		Jumlah
		KHY	KJP	
1	Tarakan Barat	1.079	513	1.592
2	Tarakan Tengah	429		429

No	Kecamatan	Satuan Lahan (Ha)		Jumlah
		KHY	KJP	
3	Tarakan Timur	1.019		1.019
4	Tarakan Utara	1.598	56	1.654
Jumlah		4.125	569	4.694

Sumber: Rachmawani (2007)

Berdasarkan penelitian Rachmawani (2007) kebanyakan vegetasi mangrove di pesisir Kota Tarakan terdiri dari api-api (*Avicennia spp*), prepat (*Sonneratia spp*), mangrove (*Rhizophora spp*) dan nipah (*Nypa fruticans*). Umumnya zonasi hutan mangrove terdiri atas: kelompok api-api (*Avicennia spp*) pada daerah pantai, kemudian kelompok prepat (*Sonneratia spp*), kelompok mangrove (*Rhizophora spp*) dan nipah (*Nypa frutican*). Namun secara keseluruhan jenis mangrove di Kota Tarakan dapat dilihat pada tabel 3.8 berikut:

Tabel 3. 9
Jenis Mangrove di Kota Tarakan

No	Suku	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Sifat
1	<i>Myrsinaceae</i>	Teruntun	<i>Aegiceras corniculatum</i> (L.) Blanco	Mangrove Sejati
2	<i>Avicenniaceae</i>	Api-Api	<i>Avicennia alba</i> Bl.	Mangrove Sejati
3	<i>Avicenniaceae</i>	Api-Api	<i>Avicennia lanata</i> (Ridley)	Mangrove Sejati
4	<i>Avicenniaceae</i>	Api-Api Putih	<i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh.	Mangrove Sejati
5	<i>Rhizophoraceae</i>	Pertut	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (L.) Lamk.	Mangrove Sejati
6	<i>Rhizophoraceae</i>	Langgade	<i>Bruguiera parviflora</i> (Roxb.) W.& A. ex Griff.	Mangrove Sejati
7	<i>Rhizophoraceae</i>	Burus	<i>Bruguiera cylindrica</i> (L.) Bl.	Mangrove Sejati
8	<i>Rhizophoraceae</i>	Tengar	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B.Rob.	Mangrove Sejati
9	<i>Rhizophoraceae</i>	Bakau Minyak	<i>Rhizophora apiculata</i> Bl.	Mangrove Sejati
10	<i>Rhizophoraceae</i>	Bangka Itam	<i>Rhizophora mucronata</i> Lmk.	Mangrove Sejati
11	<i>Sonneratiaceae</i>	Pidada	<i>Sonneratia alba</i> J.E. Smith	Mangrove Sejati

No	Suku	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Sifat
12	<i>Meliaceae</i>	Niri	<i>Xylocarpus granatum</i> Koen	Mangrove Sejati
13	<i>Areaceae</i>	Nipah	<i>Nypa fruticans</i> Wurm.	Mangrove Sejati
14	<i>Combretaceae</i>	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i> L.	Mangrove Ikutan
15	<i>Pteridaceae</i>	Piai raya	<i>Acrostichum aureum</i> Linn.	Mangrove Sejati
16	<i>Pteridaceae</i>	Piai lasa	<i>Acrostichum speciosum</i> Willd.	Mangrove Sejati
17	<i>Acanthaceae</i>	Jeruju putih	<i>Acanthus ebracteatus</i> Vahl	Mangrove Sejati
18	<i>Acanthaceae</i>	Jeruju hitam	<i>Acanthus ilicifolius</i> L.	Mangrove Sejati
19	<i>Loranthaceae</i>	-	<i>Amyema gravis</i> Dans.	Mangrove Sejati
20	<i>Verbenaceae</i>	Kayu Talang	<i>Aegiceras corniculatum</i> (L.) Blanco	Mangrove Sejati
21	<i>Fabaceae</i>	Ambung	<i>Derris trifoliata</i> Lour.	Mangrove Ikutan
22	<i>Avicenniaceae</i>	Mangrove trompet	<i>Dolichandrone spathacea</i> (L.f.) K. Schum.	Mangrove Sejati
23	<i>Malvaceae</i>	Waru Laut	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Mangrove Ikutan
24	<i>Convolvulaceae</i>	Batata Pantai	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) Sweet	Mangrove Ikutan
25	<i>Asteraceae</i>	Sernai	<i>Wedelia biflora</i> (L.) DC.	Mangrove Ikutan
26	<i>Fabaceae</i>	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. Ex Benth.	Invassive
27	<i>Fabaceae</i>	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Invassive

Sumber: Saribanon et al. (2014) (diolah)

Pada beberapa bagian pesisir Kota Tarakan ekosistem mangrove mengalami kerusakan. Mangrove yang berada di pantai barat pulau semakin menipis yang disebabkan oleh kegiatan manusia yang mengkonversi lahan menjadi permukiman dan pertambakan. Adapun mangrove di pantai timur banyak mengalami kerusakan akibat dari kegiatan manusia dan faktor alam yaitu abrasi.

Tabel 3. 10
Kondisi Hutan Mangrove Kota Tarakan

No	Lokasi	Luas (Ha)	Tingkat Kerusakan
1	Kel. Juata laut (pantai barat Juata permai sampai Juata laut)	75,00	Rusak Ringan
2	Tanjungselayung	168,00	Rusak Ringan
3	Tanjungsimaya	39,00	Rusak Ringan
4	Karang harapan	4,89	Rusak Sedang
5	Muara S. Hasanuddin – Pel.Tengkayu II di Kelurahan Karang rejo	77,66	Rusak Sedang
6	Jl. Aki Babu – Muara S. Hasanuddin	tdk ada data	Rusak Sedang
7	Jl. Gajah Mada di Karang rejo	12,65	Rusak Sedang
8	Kelurahan Mamburungan	184,00	Rusak Ringan
9	Pantai Amal	18,00	Rusak Berat
10	Tanjungbatu sampai Kawasan Tambak S. Pamusian	tdk ada data	Rusak Ringan

Sumber: Materi Teknis RTRW Kota Tarakan 2012-2032

Selain itu berdasarkan data penelitian Rachmawani (2007) di wilayah Kecamatan Tarakan Timur khususnya Desa Binalatung ekosistem mangrove telah mengalami kerusakan yang disebabkan oleh sedimentasi skala besar di muara sungai dan genangan air tawar yang tinggi pada ekosistem mangrove sebagai akibat dari pembangunan di wilayah atas (*upper land*) yang tidak memerhatikan aspek ekologi. Berdasarkan kriteria baku mutu Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) tahun 2005, dapat dikatakan bahwa kondisi mangrove di Desa Binalatung berstatus rusak parah dengan kerapatan jarang.

Tabel 3. 11
Kondisi Hutan Mangrove Desa Binalatung dan Kriteria Baku Mutu KLH

Hutan Mangrove Desa Binalatung		Baku Mutu KLH		Kriteria	
Penutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)	Penutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)	Kerapatan	Status
-	-	>70	>1500	Sangat Padat	Baik
-	-	>50 - > 75	>1000- <1500	Sedang	Rusak
50	535	< 50	<1000	Jarang	Rusak Parah

Sumber: Rachmawani, 2007 (diolah)

Terjadinya kerusakan ekosistem mangrove akibat sedimentasi yang terjadi di muara sungai terjadi karena terhalangnya air laut masuk ke sungai, sehingga proses pencucian dan suplai air laut tidak terjadi. Kondisi ini menyebabkan kematian secara massal terhadap mangrove yang tumbuh di daerah-daerah aliran sungai untuk jangka waktu tertentu.

Tingkat kandungan garam di beberapa wilayah pesisir sebagai habitat mangrove di Kota Tarakan memiliki kandungan garam antara 1,8-5,3 ppm yang bisa dikatakan berkadar garam rendah (Rachmawani 2007). Rendahnya kadar garam tersebut disebabkan oleh limpahan air hujan dan aktivitas di sepanjang daerah aliran sungai yang tinggi, serta akibat terjadinya sedimentasi daerah muara yang menyebabkan suplai air laut tidak bisa masuk ke dalam badan sungai, sehingga perairan kemudian didominasi oleh suplai air tawar yang sangat tinggi. Kondisi ini dapat menyebabkan mangrove secara perlahan-lahan mengalami dehidrasi (kandungan garam) sehingga mangrove dapat menjadi mati.

Untuk menekan kerusakan hutan mangrove, rehabilitasi dan penghijauan hutan mangrove pernah dilakukan di Kelurahan Mamburungan pada tahun 2005 seluas 50 ha dengan bibit 165.000 buah. Disamping itu rehabilitasi dan penghijauan hutan mangrove juga dilakukan di Kelurahan Juata laut dengan sistem kelompok (tiap kelompok 15 petambak) dan jumlah bibitnya sesuai dengan jumlah luas tambak yang dimiliki serta bibit yang digunakan yaitu ada 2 jenis mangrove yang tahan terendam air.

Perubahan luasan mangrove secara keseluruhan dapat dilihat dari data luasan mangrove hasil pencitraan satelit maupun penelitian-penelitian yang pernah dilakukan, sebagaimana terlihat pada Tabel 3.12 berikut ini.

Tabel 3. 12
Data Luas Hutan Mangrove di Kota Tarakan

No	Sumber	Luas (Ha)	Tahun
1	Data Dinas Kehutanan (PT. Interaka)	1.100	2001
2	DPUTR Kota Tarakan	1.201	2005
3	Universitas Borneo	766	2006

Sumber: Materi Teknis RTRW Kota Tarakan 2012-2032

Berdasarkan data luas hutan mangrove tersebut, dari tahun 2001 hingga 2005 terjadi penambahan luasan sebesar 1001 ha, namun justru terjadi penurunan yang cukup

drastis dari tahun 2005 hingga tahun 2006 sebesar 435 ha. Ada dua indikasi yang menyebabkan besarnya penurunan luasan hutan mangrove dari tahun 2005 ke 2006. Pertama, mungkin memang terjadi alih fungsi lahan hutan mangrove menjadi budidaya terutama kawasan budidaya tambak yang memang banyak digeluti masyarakat pesisir Kota Tarakan. Kedua, mungkin terdapat perbedaan metode penghitungan luasan hutan mangrove antara tahun 2005 dan 2006. Karena perbedaan metode dan alat penelitian akan memunculkan hasil yang berbeda pula. Pemerintah Kota Tarakan sebenarnya telah memandang hutan mangrove sebagai aset dan telah memberikan perhatian yang besar pada kelestarian hutan mangrove. Pada tahun 2000 Pemerintah menjadikan salah satu kawasan hutan mangrove sebagai kawasan konservasi dan penangkaran satwa dilindungi bekantan (*nasalis larvatus*). Tujuan utama pembentukan kawasan ini adalah untuk melindungi ekosistem mangrove dan populasi satwa endemik Kalimantan yaitu bekantan (*Nasalis larvatus*). Selain itu pada tahun 2002 diterbitkan Perda No. 04 tentang Larangan, Pengendalian dan Pengawasan Penebangan Hutan Mangrove di Kota Tarakan. Pada Jalan Gajah Mada Kecamatan Tarakan Barat berdekatan dengan pusat perbelanjaan Gusher Plaza terdapat Kawasan Konservasi Hutan Mangrove dan Bekantan (KKMB) seluas 8 ha dan keberadaan hutan Mangrove Mamburungan seluas $\pm$ 200 ha.

Hutan mangrove di KKMB merupakan salah satu hutan dan lahan hijau yang masih tersisa di tengah-tengah kota tarakan yang sangat berperan penting di Kota Tarakan, yaitu sebagai pendukung sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis flora dan fauna serta sebagai wahana pengembangan ilmu pengetahuan dan pendidikan. Oleh karena itu KKMB di Kota Tarakan secara ekologis dan biologis terbagi ke dalam hutan lindung dan hutan konservasi dengan tujuan khusus sebagai hutan kota dan hutan mangrove.

3.8. Perikanan

Potensi sumberdaya perikanan Kota Tarakan sangat berpengaruh terhadap perekonomian masyarakat pesisir yang sebagian besar merupakan nelayan. Besar kecilnya produktifitas suatu nelayan akan mempengaruhi perekonomian nelayan

tersebut. Dalam skala yang lebih luas akan mempengaruhi roda perekonomian wilayah pesisir di Kota Tarakan secara keseluruhan.

Pada tahun 2015, jumlah hasil produksi penangkapan ikan di laut sebagian besar adalah produksi ikan yang mencapai 9.877,20 ton dan produksi binatang berkulit keras (udang, kepiting, dsb) 5.206,40 ton, dengan nilai produksi mencapai 386,49 milyar rupiah dan 270,81 milyar rupiah.

Tabel 3. 13
Berat dan Nilai Produksi Penangkapan Ikan Kota Tarakan Tahun 2015

Jenis Tangkapan	Berat (ton)	Nilai Produksi (Milyar Rupiah)
Ikan	9.877,2	386,490
Binatang Berkulit Keras	5.206,4	270,815
Binatang Lunak	517,3	1,938
Binatang Air Lainnya	38,6	0,961
Tumbuhan Air	5,9	0,023
Total	15.645,4	660,274

Sumber: BPS, 2016 (diolah)

Luas lahan budidaya tambak di Kota Tarakan pada tahun 2014 mencapai 947,7 ha dengan produksi pada tahun tersebut berupa ikan 136,47 ton, udang 164,09 ton, dan kepiting 396,73 ton. Keseluruhan produksi perikanan budidaya tambak di Kota Tarakan pada tahun 2014 mencapai 1,167 milyar rupiah.

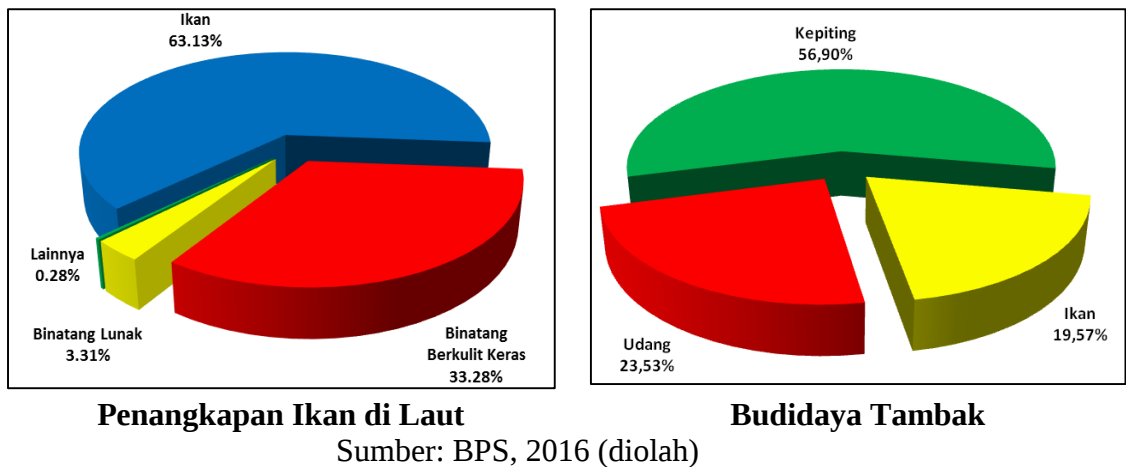
Tabel 3. 14
Jumlah Luas Lahan dan Produksi Perikanan Budidaya Tambak Kota Tarakan Tahun 2014

Luas Lahan (Ha)	Produksi (Ton)			Nilai Produksi (Ribu Rupiah)
	Ikan	Udang	Kepiting	
947,7	136,47	164,09	396,73	1.167.600

Sumber: BPS, 2016 (diolah)

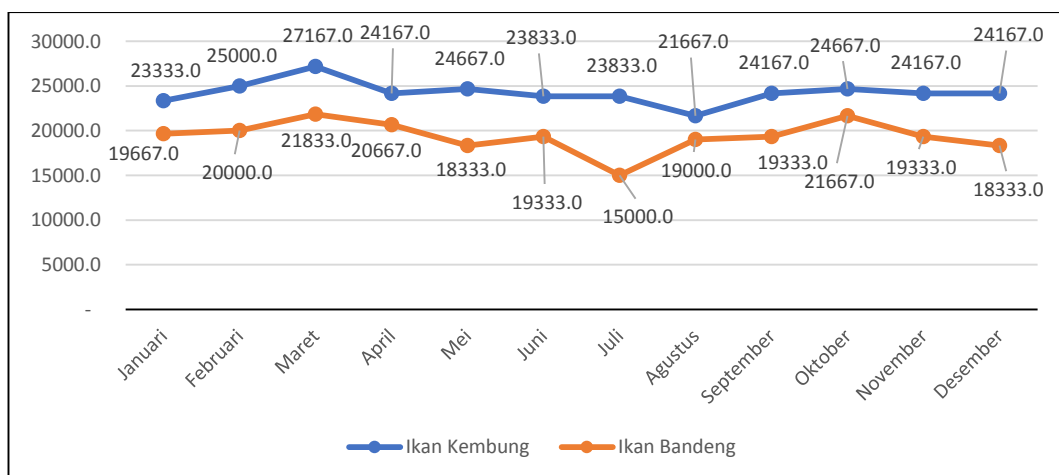
Tingkat produksi dan komoditas utama perikanan tangkap dan budidaya sangat berbeda. Dari produktifitasnya dilihat dari nilai produksi, perikanan tangkap mampu menghasilkan 660,275 Milyar rupiah sedangkan budidaya tambak hanya sebesar 1,167 Milyar rupiah. Sedangkan berdasarkan komoditasnya, produktifitas ikan dalam perikanan tangkap berkontribusi sebesar 63,13%. Sedangkan pada budidaya tambak komoditas kepiting mempunyai kontribusi terbesar terhadap produktifitas budidaya tambak sebesar 56,90%.

Gambar 3. 14
Persentase Produksi Penangkapan Ikan di Laut dan Budidaya Tambak
di Kota Tarakan Tahun 2015



Harga komoditas ikan per kilogram sedikit berfluktuasi tiap bulannya. Harga komoditas ikan yang tercatat di BPS ialah ikan kembung dan ikan bandeng. Harga rata-rata komoditas ikan kembung per kilogram pada tahun 2015 seharga Rp. 24.236. Harga tertinggi ikan kembung terjadi pada bulan Maret yaitu senilai Rp. 27.167 per kg. Sedangkan harga terendah terjadi pada bulan agustus yaitu senilai Rp. 21.667 per kg. Lain halnya dengan harga rata-rata komoditas ikan bandeng yang cenderung lebih murah ketimbang ikan kembung yaitu senilai Rp. 19.375 per kg. Harga ikan bandeng tertinggi terjadi pada bulan Maret yang senilai Rp. 21.883 per kg. Sedangkan harga terendahnya senilai Rp. 15.000 per kg pada bulan Juli.

Gambar 3. 15
Grafik Harga Komoditas Ikan per Kg Tahun 2015 (Rp)



Sumber: BPS, 2016 (diolah)

Secara keseluruhan produktifitas budidaya perikanan Kota Tarakan tahun 2014 terbesar ialah budidaya perikanan di laut yang mencapai 99,974 Milyar rupiah. Budidaya perikanan di laut tersebut kurang lebih diusahakan oleh rumah tangga sebanyak 472 rumah tangga. Produktifitas budidaya perikanan terbesar kedua ialah budidaya tambak yang senilai 1,167 Milyar rupiah yang diusahakan oleh 211 rumah tangga. Sedangkan yang paling rendah nilainya ialah budidaya perikanan kolam yang hanya senilai 523 juta rupiah yang diusahakan oleh 266 rumah tangga. Besarnya produktifitas budidaya perikanan di laut dibandingkan budidaya yang lainnya disebabkan karena luasnya lahan budidayanya seluas 3.454 Ha atau selkitar tujuh (7) kali lipat dari luas lahan budidaya lainnya.

Tabel 3. 15
Rekapitulasi Produktifitas Budidaya Perikanan Kota Tarakan Tahun 2014

Jenis Budidaya	Jumlah Rumah Tangga	Luas Lahan (Ha)	Nilai Produksi (Ribu Rupiah)
Kolam	266	28,03	523.850
Laut	472	3.454,00	99.974.000
Tambak	211	496,40	1.167.600

Sumber: BPS, 2016 (diolah)

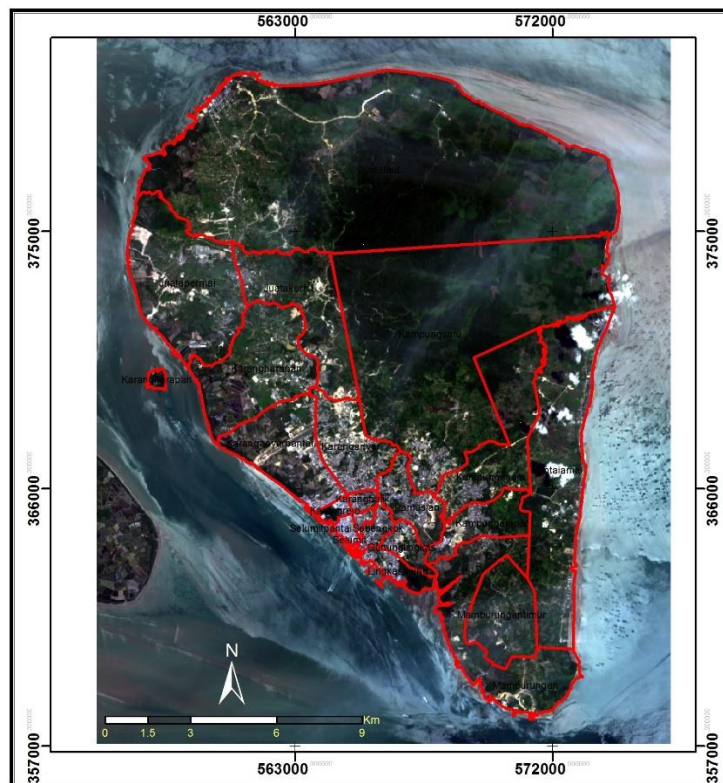
BAB IV ANALISIS

4.1. Pengolahan Citra (*Image Preprocessing*)

Sebelum melakukan analisa citra dilakukan pra-pemrosesan citra terlebih dahulu terutama untuk melakukan koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Selain itu dalam tahap *image preprocessing* disini juga dilakukan *cropping* dan komposit *band*. Tujuannya ialah untuk memepertajam data geografis dalam bentuk digital menjadi suatu tampilan yang lebih berarti bagi pengguna.

Dalam penelitian ini data citra yang digunakan ialah citra landsat 7 ETM+ tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2016 yang keduanya merupakan produk USGS level 1 (satu) yang telah terkoreksi secara geometrik. Oleh karena itu koreksi geometrik bisa dikesampingkan. Adapun overlay citra Landsat level 1 dengan peta batas administrasi Kota Tarakan hasilnya posisinya cenderung identik sperti gambar 4.1.

Gambar 4. 1
Overlay Citra Landsat 8 Tahun 2016 dan Peta Admin Kota Tarakan



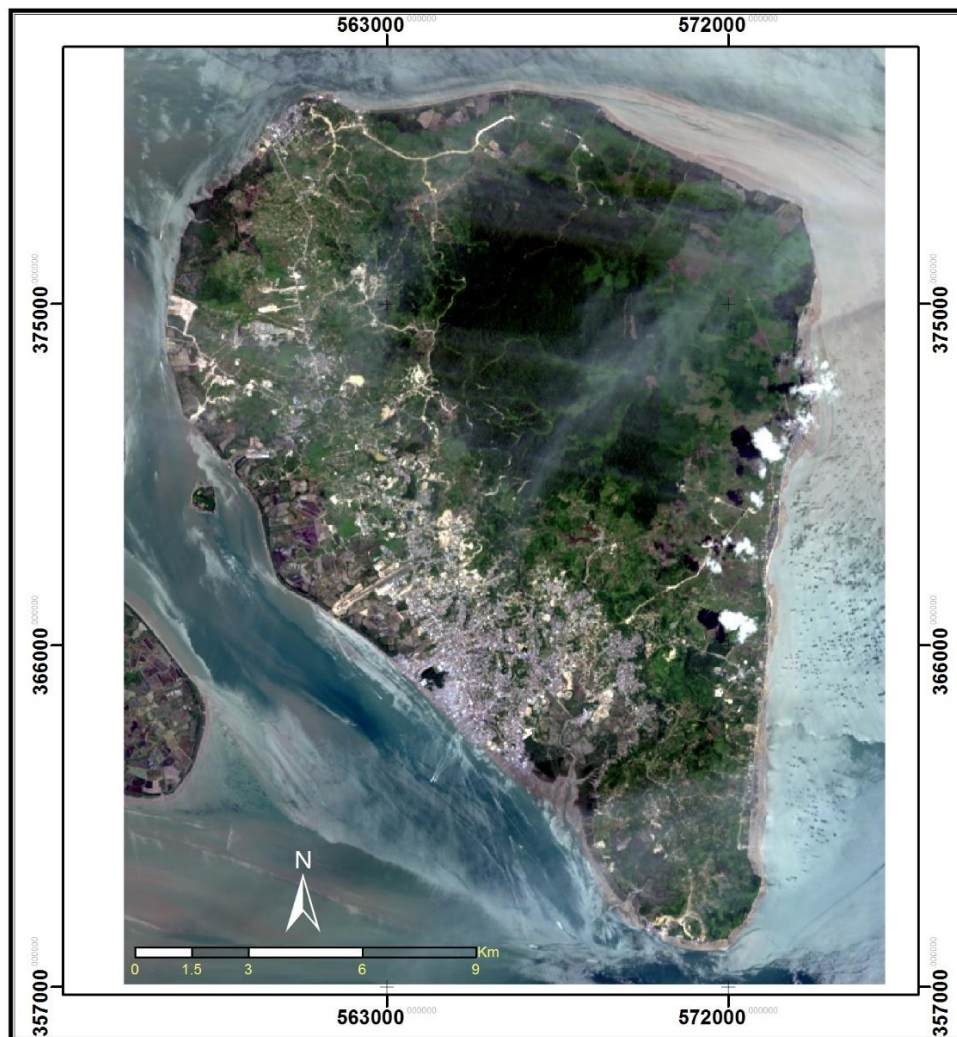
Sumber: Penulis (2017)

Secara keseluruhan urutan tahap pra-pemrosesan citra dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

4.1.1. Pemotongan Citra (*Crooping*)

Pemotongan citra dilakukan untuk mengeliminasi/membuang wilayah dalam citra yang tidak relevan dengan ruang lingkup wilayah penelitian dalam hal ini Kota Tarakan. Hal ini bertujuan agar waktu pemrosesan dan analisis bisa lebih cepat dan fokus. Citra Landsat 7 ETM+ (2000) dan Landsat 8 (2016) dipotong menggunakan *Region of Interest (ROI)* yang sama yang mewakili seluruh area penelitian. Pemotongan citra menggunakan software ENVI 5.3 menggunakan *tool Subset Data from ROIs* dan hasilnya seperti pada gambar 4.2.

Gambar 4. 2
Hasil Pemotongan Citra Landsat 8 Tahun 2016



Sumber: Penulis (2017)

4.1.2. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik yang dilakukan pada citra dalam penelitian ini ialah koreksi nilai pixel menjadi nilai reflektan dan meminimalisir pengaruh atmosfer. Sebaik-baiknya nilai reflektan yang digunakan untuk analisis vegetasi di permukaan bumi ialah nilai reflektan permukaan (*Bottom of Atmosphere Reflectance*), namun karena keterbatasan data parameter yang dibutuhkan untuk mengkonversi menjadi BOA *Reflectance* maka dalam penelitian ini digunakan TOA (*Top of Atmosphere*) *Reflectance*.

Konversi nilai pixel menjadi nilai reflektan pada dasarnya dilakukan karena nilai reflektan berdasarkan banyak referensi lebih valid digunakan untuk menganalisis obyek khususnya vegetasi di permukaan bumi menggunakan citra satelit (Huete et al., 1992; Roujean & Breon, 1995; Matsushita et al., 2007; Mroz & Sobieraj, 2004).

Konversi nilai pixel menjadi nilai reflektan TOA (*Top of Atmosphere / at sensor*) dalam penelitian ini pada dasarnya dilakukan menggunakan persamaan yang dikeluarkan oleh USGS (2015) sebagaimana persamaan sebagai berikut:

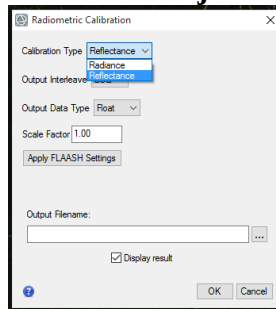
$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p$$

$\rho\lambda'$	= nilai reflektan (tanpa satuan), tanpa koreksi sudut pengambilan. $\rho\lambda'$ tidak memuat koreksi untuk sudut matahari
Q_{cal}	= nilai piksel (DN),
M_p	= konstanta <i>rescaling</i> (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)
A_p	= konstanta penambah (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)

Untuk memudahkan konversi menjadi nilai reflektan (*at sensor*), dalam penelitian ini digunakan software ENVI 5.3 dengan *tool Radiometrik Calibration* tinggal penulis menentukan parameter yang dibutuhkan sebagaimana gambar 4.3.

Setelah proses konversi selesai, maka akan terlihat perbedaan nilai yang sangat signifikan antara citra yang belum dikonversi dengan yang telah dikonversi. Perbedaan nilai tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4.

Gambar 4. 3
Metode Konversi Nilai Pixel Menjadi Nilai Reflektan ENVI



Sumber: Penulis (2017)

Nilai pixel Landsat 7 ETM+ ialah antara 0-255 (8 bit) sedangkan nilai pixel Landsat 8 ialah antara 0-65.535 (16 bit). Dari nilai pixel landsat 7 ETM+ tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2016 terlihat bahwa terdapat efek atmosfer yang mengakibatkan terjadinya offset pada nilai pixel keduanya. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai pixel minimum kedua citra yang lebih dari 0 (nol). Idealnya nilai pixel minimum adalah 0 (nol) dimana nilai tersebut menunjukkan tidak adanya pantulan signal suatu obyek yang diterima oleh sensor (terjadi penyerapan sempurna). Hal tersebut bisa disebabkan adanya hamburan maupun pantulan signal dari atmosfer. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian nilai pixel minimum yang dalam penelitian ini dilakukan sekaligus pada waktu proses konversi nilai pixel menjadi reflektan.

Gambar 4. 4
Perbedaan Nilai Pixel dan Nilai Reflektan (TOA) Citra

Locate Stat

Report Precision

Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev
Band 1	62	242	83.03	11.92
Band 2	41	245	67.48	12.26
Band 3	28	255	55.47	15.81
Band 4	10	135	47.22	32.06
Band 5	8	237	41.02	27.85
Band 7	2	255	23.35	11.81

Histogram	DN	Count	Total	Percent	Acc Pct
Band 1	62	4	4	0.00	0.00
Binsize=1	63	20	24	0.00	0.00
	64	141	165	0.03	0.03
	65	728	893	0.13	0.16

Locate Stat

Report Precision

Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev
Band 1	0.00	0.26	0.03	0.02
Band 2	0.00	0.33	0.04	0.02
Band 3	0.00	0.34	0.04	0.02
Band 4	0.00	0.43	0.13	0.11
Band 5	0.00	0.46	0.06	0.06
Band 7	0.00	0.47	0.03	0.02

Histogram	DN	Count	Total	Percent	Acc Pct
Band 1	0.00	4	4	0.00	0.00
Binsize=0.00	0.00	20	24	0.00	0.00
	0.00	141	165	0.03	0.03
	0.00	0	165	0.00	0.03

Nilai Pixel Citra Landsat 7 ETM+ (2000)

Locate Stat

Report Precision

Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev
Band 1	9517	30132	11059.25	1047.68
Band 2	8472	31102	10300.20	1260.71
Band 3	7342	31604	9769.62	1379.04
Band 4	6356	32894	8764.93	1660.43
Band 5	5610	38164	13233.74	5729.47
Band 6	5030	43869	9365.83	3207.49
Band 7	5071	44182	7325.23	1867.01

Histogram	DN	Count	Total	Percent	Acc Pct
Band 1	9517	690	690	0.12	0.12
Binsize=81	9598	5510	6200	0.99	1.12
	9679	5807	12007	1.05	2.17

Nilai Reflektan Citra Landsat 7 ETM+ (2000)

Locate Stat

Report Precision

Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev
Band 1	0.00	0.46	0.03	0.02
Band 2	0.00	0.50	0.04	0.03
Band 3	0.00	0.54	0.05	0.03
Band 4	0.00	0.59	0.05	0.04
Band 5	0.00	0.72	0.17	0.13
Band 6	0.00	0.86	0.10	0.07
Band 7	0.00	0.86	0.05	0.04

Histogram	DN	Count	Total	Percent	Acc Pct
Band 1	0.00	690	690	0.12	0.12
Binsize=0.00	0.00	5510	6200	0.99	1.12
	0.00	5807	12007	1.05	2.17

Nilai Pixel Citra Landsat 8 (2016)

Locate Stat

Report Precision

Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev
Band 1	9517	30132	11059.25	1047.68
Band 2	8472	31102	10300.20	1260.71
Band 3	7342	31604	9769.62	1379.04
Band 4	6356	32894	8764.93	1660.43
Band 5	5610	38164	13233.74	5729.47
Band 6	5030	43869	9365.83	3207.49
Band 7	5071	44182	7325.23	1867.01

Histogram	DN	Count	Total	Percent	Acc Pct
Band 1	9517	690	690	0.12	0.12
Binsize=81	9598	5510	6200	0.99	1.12
	9679	5807	12007	1.05	2.17

Nilai Reflektan Citra Landsat 8 (2016)

Sumber: Penulis (2017)

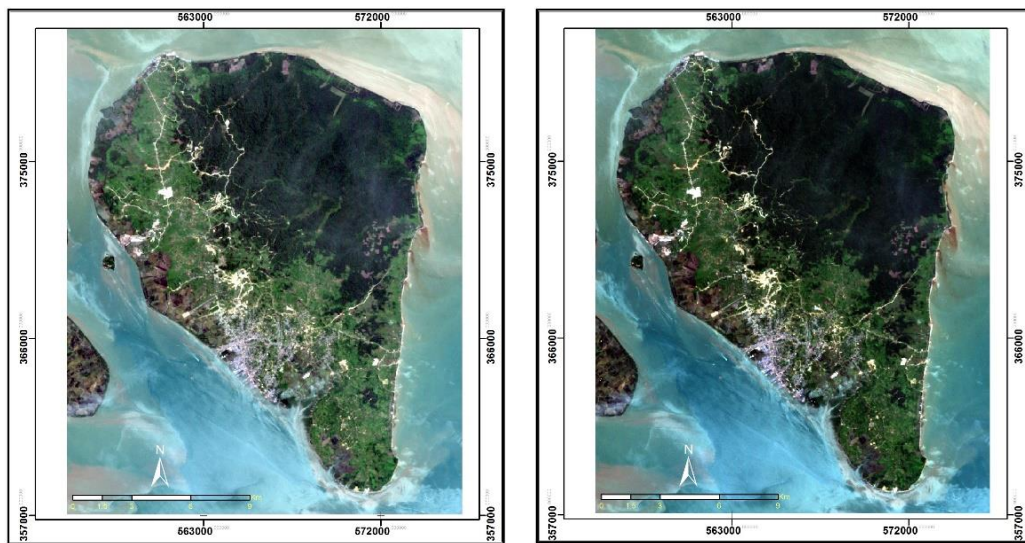
Berdasarkan nilai pixel yang ada, pada citra landsat 7 ETM+ tahun 2000 *offset* terbesar terjadi pada *band* 1 (blue) yaitu sebesar 62, sedangkan pada citra landsat 8 tahun 2016 *offset* terbesar terjadi pada *Band* 1 (*coastal/aerosol*) sebesar 9517 dan *Band* 2 (*blue*) sebesar 8472. Tingginya nilai *offset* pada *band* biru dapat dipahami karena memang panjang gelombang *band* biru merupakan panjang gelombang yang paling banyak dihamburkan maupun diserap oleh atmosfer sebelum menyentuh obyek di permukaan bumi.

Nilai reflektan kedua jenis citra menunjukkan skala nilai yang sama yaitu antara 0-1. Semakin tinggi nilai pantulan *band* suatu obyek yang diterima sensor, maka semakin tinggi pula nilai reflektan. Oleh karena itu nilai 1 (satu) menunjukkan terjadinya pantulan sempurna dari suatu obyek atas suatu *band* yang diterima sensor, dan sebaliknya nilai 0 (nol) menunjukkan penyerapan sempurna dari suatu obyek terhadap suatu *band* sehingga tidak ada signal yang diterima sensor dari *band* tersebut.

Dalam penginderaan jauh, nilai pantulan sempurna suatu obyek memang jarang ditemui, karena bagaimanapun atmosfer akan selalu memberikan efek terhadap energi yang dipancarkan oleh matahari (kecuali *band thermal*). Sedangkan metode untuk meminimalisir efek atmosfer hingga saat ini masih terus dikembangkan dan disempurnakan. Oleh karena itu pada nilai reflektan disini tidak ada yang mempunyai nilai 1 (satu) baik dari citra Landsat 7 ETM+ tahun 2000 maupun Landsat 8 tahun 2016.

Secara visual, perbedaan penampakan citra Landsat 7 ETM+ tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2016 antara yang sudah terkoreksi efek atmosfernya (sekaligus terkonversi menjadi nilai pantulan) dapat dilihat dari tingkat ketajamannya. Citra yang belum terkoreksi akan tampak lebih buram. Sedangkan citra yang telah terkoreksi akan tampak lebih tajam secara visual. Penampakan perbedaan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.

Gambar 4. 5
Perbedaan Visual Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2000
Setelah Terkoreksi Radiometrik

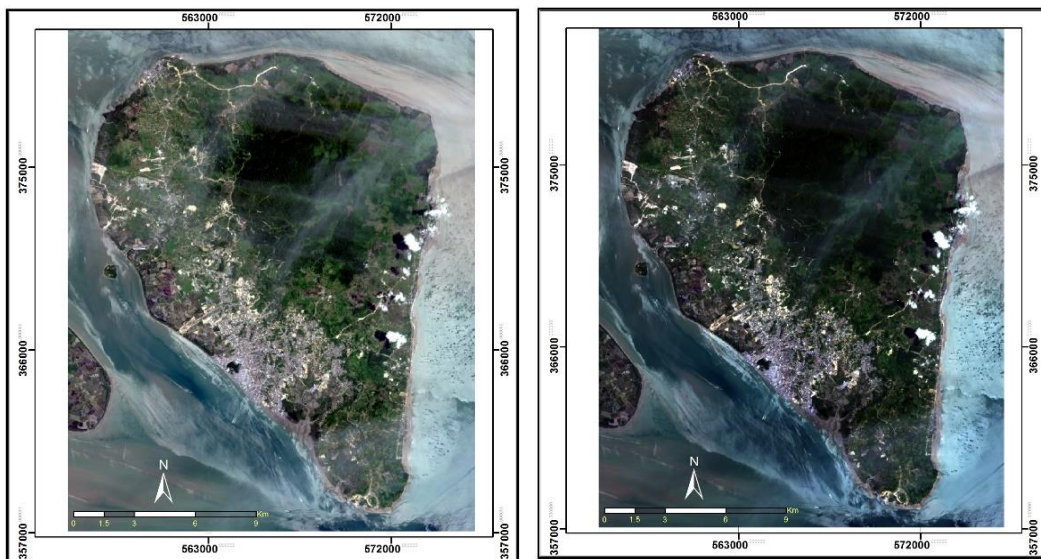


Sebelum Koreksi

Setelah Koreksi

Sumber: Penulis (2017)

Gambar 4. 6
Perbedaan Visual Citra Landsat 8 Tahun 2016
Setelah Terkoreksi Radiometrik



Sebelum Koreksi

Setelah Koreksi

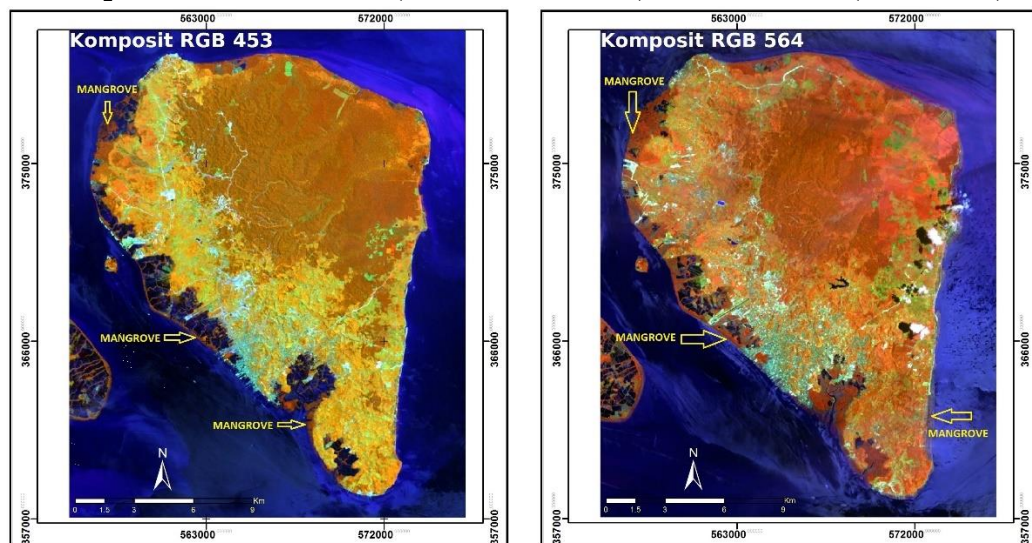
Sumber: Penulis (2017)

4.1.3. Komposit Band

Komposit *band* dilakukan untuk mempermudah interpretasi visual guna/tutupan lahan pada citra. Dalam penelitian guna/tutupan lahan mangrove terdapat beberapa model komposit band yang digunakan oleh peneliti mangrove, namun disini penulis menggunakan komposit band RGB 453 untuk citra Landsat 7 ETM+ dan RGB 564 untuk citra Landsat 8. Keduanya mempunyai model bentuk urutan komposit kanal RGB yang sama yaitu *band* NIR, SWIR 1, dan Merah. Urutan model komposit ini diambil karena selain banyak dipakai oleh peneliti mangrove seperti Saefurahman (2008); Winarso & Purwanto (2014); Purwanto et al. (2014) dsb., juga menurut penulis model urutan komposit *band* NIR, SWIR 1, dan Merah paling mudah untuk membedakan guna/tutupan lahan mangrove terhadap lainnya. Penampakan komposit RGB 453 (Landsat 7 ETM+) dan RGB 564 (Landsat 8) dapat dilihat pada gambar 4.7.

Gambar 4. 7

Komposit Band RGB 453 (Landsat 7 ETM+) dan RGB 564 (Landsat 8)



Landsat 7 ETM + Tahun 2000

Landsat 8 Tahun 2016

Sumber: Penulis (2017)

Pada komposit *band* NIR, SWIR 1, dan Merah, guna/tutupan lahan mangrove akan berwarna coklat gelap. Semakin gelap warna coklat menunjukkan daerah mangrove tersebut mengandung banyak air (basah). Sebaliknya semakin cerah warna coklat gelapnya maka daerah mangrove tersebut semakin kering. Hal

ini menunjukkan bahwa pohon mangrove tersebut cenderung berada pada daratan ketimbang di daerah rawa.

Dalam klasifikasi lahan mangrove menggunakan citra, masalah utama yang dihadapi ialah membedakan (membatasi) antara vegetasi daratan dengan vegetasi mangrove. Jika mangrove berada di daerah rawa (daerah basah) dan dekat dengan perairan (asosiasi dengan air payau/asin tinggi) maka akan relatif mudah untuk dibedakan. Namun untuk mangrove yang condong berada di daerah kering (daratan) maka untuk mengenalinya ialah selain berdasarkan insting pengetahuan lokal (*local knowledge*) juga berdasarkan pada observasi lapangan secara umum.

4.2. Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra dilakukan terhadap citra yang telah terkoreksi (geometrik dan radiometrik). Hal ini dilakukan untuk memaksimalkan keakurasian citra dengan kondisi sebenarnya sehingga mengurangi terjadinya kesalahan interpretasi dan analisis.

Klasifikasi guna/tutupan lahan dalam penelitian ini dibedakan menjadi 6 (enam) jenis yang penulis rasa dapat mewakili seluruh guna/tutupan lahan yang sebenarnya. Keenam jenis klasifikasi guna/tutupan lahan tersebut meliputi: 1) mangrove; 2) lahan terbuka/terbangun; 3) hutan/kebun/ladang; 4) tambak/budidaya ikan; 5) endapan/pendangkalan; 6) lainnya yang bisa meliputi sungai, awan, dsb (tabel 4.1).

Tabel 4. 1
Jenis Klasifikasi Guna/Tutupan Lahan

No	Guna/Tutupan Lahan
1	Mangrove
2	Lahan Terbuka/Terbangun
3	Hutan/Kebun/Ladang
4	Tambak/Budidaya Ikan
5	Endapan/Pendangkalan
6	Lainnya

Sumber: Penulis (2017)

4.2.1. Metode Klasifikasi

Metode klasifikasi citra yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma *maximum likelihood*. Oleh karena itu hasil klasifikasi suatu obyek berpedoman pada training sampel yang dibuat dengan asumsi bahwa obyek homogen terbentuk akan menampilkan histogram yang terdistribusi normal. Oleh karena itu penulis harus membuat training area sebelum melakukan proses klasifikasi terbimbing dengan algoritma *maximum likelihood*.

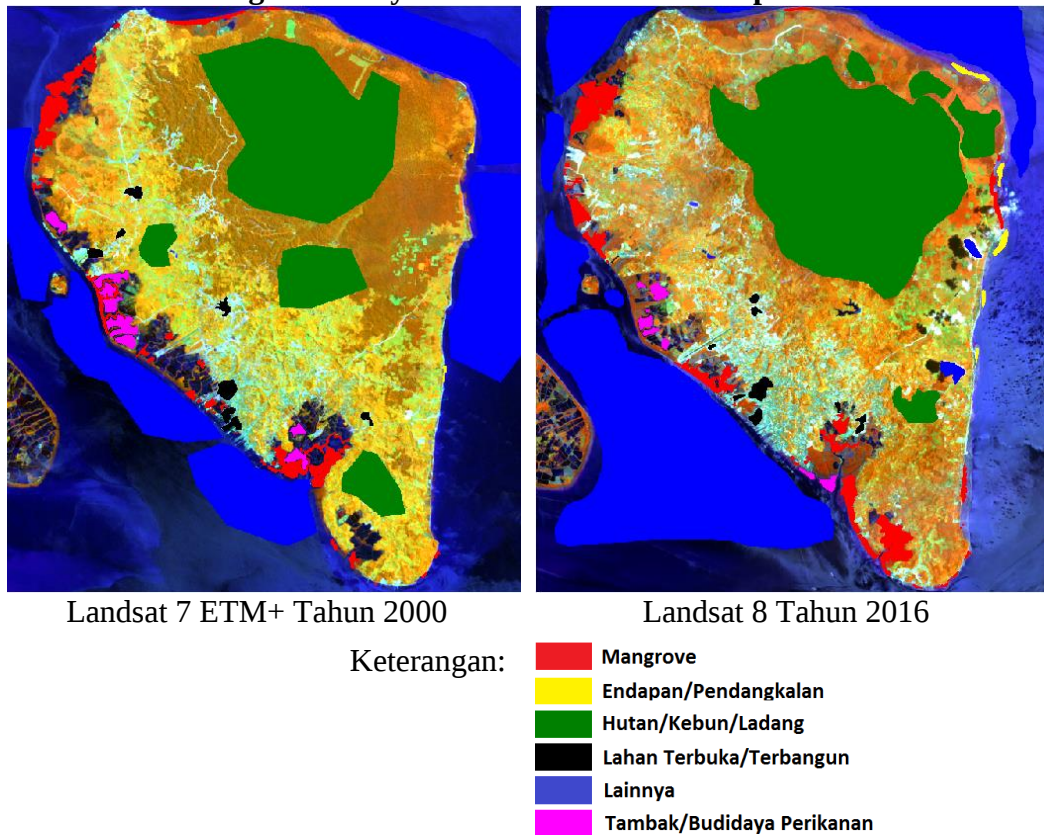
Untuk melakukan proses/tahapan klasifikasi, penulis menggunakan software ENVI 5.3 yang menurut penulis lebih *user friendly* dan memang dikhususkan untuk mengolah citra.

4.2.1.1 Training Area

Dalam penelitian ini guna/tutupan lahan akan diklasifikasikan menjadi 6 jenis guna/tutupan lahan, oleh karena itu training area yang dibuat juga berjumlah 6 jenis guna/tutupan lahan (lihat tabel 4.1 sebelumnya). Dalam membuat training area, penulis melakukan *trial and error* terlebih dahulu. Oleh karena itu penulis berulang kali membuat *training area* suatu obyek hingga terbentuk hasil klasifikasi yang menurut pengamatan penulis paling relevan dan paling baik. *Training area* yang dibuat penulis terhadap citra Landsat 7 ETM+ tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2016 dapat dilihat pada gambar 4.8.

Dalam pembuatan *training area*, jumlah area sampel mangrove dibuat cukup banyak karena memang karakteristik mangrove yang cukup beragam dan untuk menghindari kesalahan penerjemahan vegetasi darat yang didefinisikan sebagai vegetasi mangrove oleh komputer dan sebaliknya.

Gambar 4. 8
Training Area Obyek Klasifikasi Guna/Tutupan Lahan



Sumber: Penulis (2017)

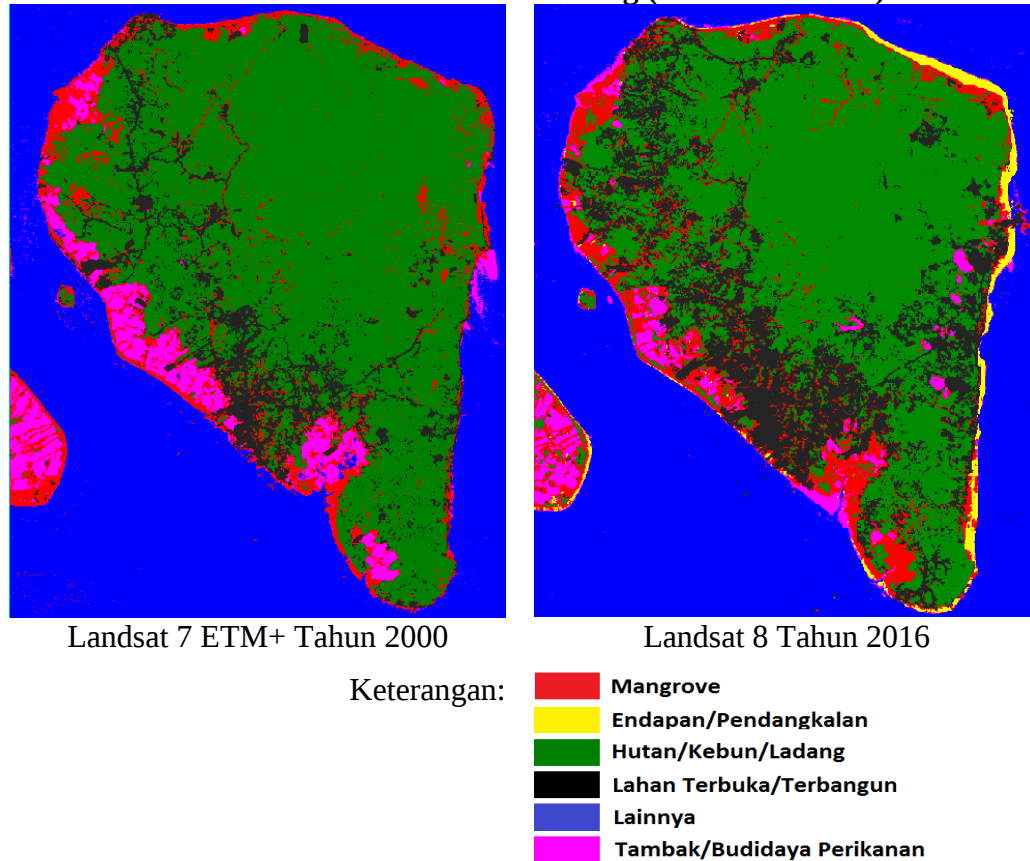
4.2.1.2 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Pada dasarnya pembuatan *training area* dan proses klasifikasi terbimbing merupakan dua tahap yang saling simultan. Hal ini dikarenakan adanya proses *trial and error* pembuatan *training area* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Klasifikasi terbimbing dilakukan dengan algoritma *maximum likelihood* dengan bantuan software ENVI 5.3 terhadap citra Landsat 7 ETM+ tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2016 yang telah terkoreksi geometrik dan radiometriknya. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya proses klasifikasi disini dilakukan berulang (*trial and error*) yang selalu menyesuaikan penyempurnaan terhadap *training area*. Perlu diketahui juga bahwa hasil klasifikasi terbimbing disini bukanlah hasil akhir klasifikasi, karena masih harus dilakukan proses pasca klasifikasi (*post*

classification) berupa generalisasi dan penghalusan serta uji ketelitian hasil klasifikasi. Hasil awal klasifikasi dapat dilihat pada gambar 4.9.

Gambar 4. 9
Hasil Awal Klasifikasi Terbimbing (Max Likelihood)



Sumber: Penulis (2017)

Dari hasil klasifikasi awal kedua citra baik Landsat 7 ETM+ tahun 2000 maupun Landsat 8 tahun 2016 terlihat bahwa hasil klasifikasinya masih cukup kasar. Kasar yang dimaksud disini ialah banyak pixel-pixel minor suatu kelas yang letaknya sporadis dan tidak berosiasi dengan kelasnya masing-masing. Selain itu juga masih banyak terdapat pixel-pixel minor suatu kelas yang menurut penulis terklasifikasi pada kelas yang salah. Misalnya pixel minor mangrove (warna merah) yang menurut penulis kurang logis jika terletak pada wilayah daratan yang cukup jauh dari zona pesisir. Kemungkinan besar pixel tersebut sebenarnya ialah vegetasi darat yang harusnya masuk kedalam kelas hutan/kebun/ladang. Namun karena vegetasi darat tersebut terletak pada area dengan karakter tanah yang cenderung basah dimana mempunyai respon spektral yang mirip dengan daerah rawa yang ditumbuhi vegetasi mangrove, maka kemudian oleh komputer digolongkan

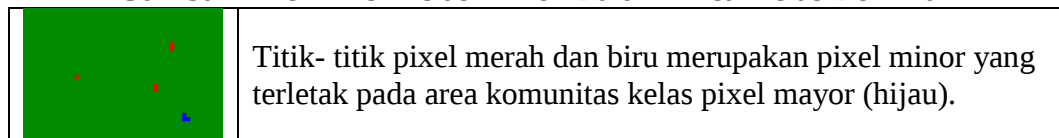
kedalam kelas mangrove. Oleh karena itu hasil awal klasifikasi ini selain masih perlu dilakukan generalisasi juga diperlukan koreksi manual oleh penulis berdasarkan *local knowledge* maupun perbandingan dengan citra aslinya dan citra digital beresolusi tinggi dari Google Earth.

4.2.2. Generalisasi dan Penghalusan

Generalisasi dan penghalusan merupakan bagian dari proses *post classification* untuk menyempurnakan produk klasifikasi. Untuk generalisasi dan penghalusan di sini, penulis melakukan dengan bantuan *software* ENVI 5.3.

Proses generalisasi dan penghalusan disini pada dasarnya bertujuan untuk menggabungkan pixel-pixel kelas yang berbeda yang bersifat minor dan terletak pada suatu area komunitas pixel kelas yang bersifat mayor/dominan, menjadi bagian kelas yang dominan tersebut (gambar 4.10)

Gambar 4. 10
Gambar Pixel-Pixel Kelas Minor Dalam Area Kelas Dominan

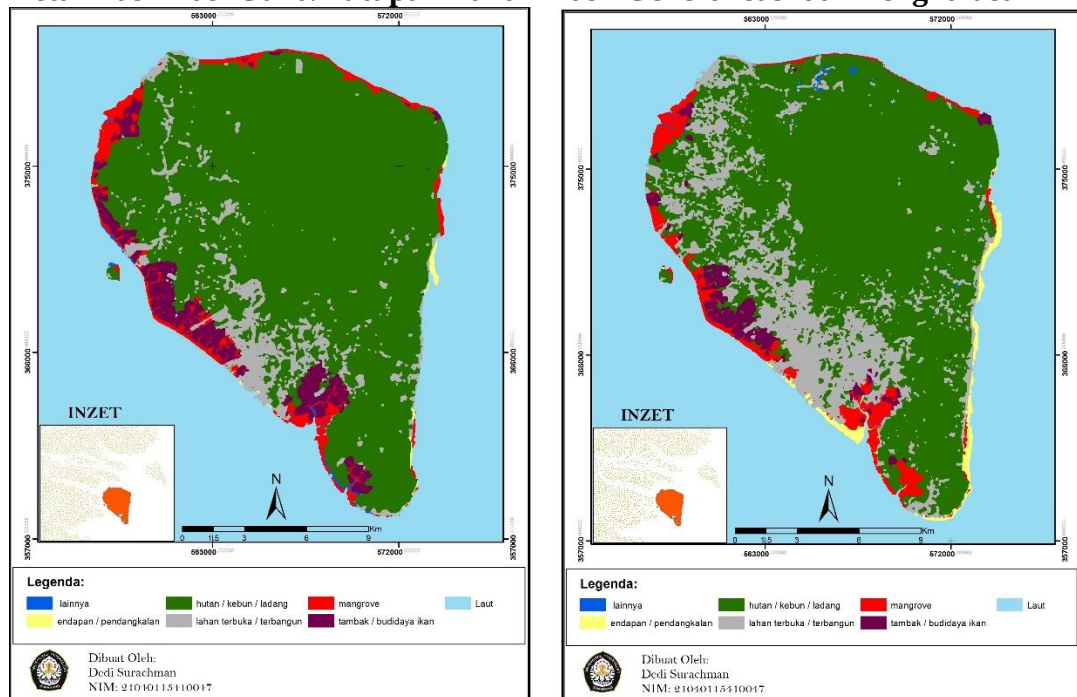


Sumber: Penulis (2017)

Selain generalisasi menggunakan komputer, penulis juga melakukan generalisasi dan penghalusan secara manual terhadap output generalisasi dan penghalusan dengan komputer. Generalisasi secara manual dilakukan dengan membandingkan citra hasil generalisasi dan penghalusan dengan komputer dengan citra aslinya serta dengan membandingkan dengan citra resolusi tinggi dari Google Earth pada tahun yang sama.

Generalisasi manual ini difokuskan pada penyempurnaan kesalahan klasifikasi mangrove. Secara teknik, generalisasi manual ini dilakukan dengan mengubah pixel suatu kelas obyek yang dianggap salah menjadi pixel kelas obyek yang penulis anggap benar secara manual. Hasil generalisasi dan penghalusan dapat dilihat pada gambar 4.11.

Gambar 4. 11
Peta Klasifikasi Guna/Tutupan Lahan Hasil Generalisasi dan Penghalusan



Landsat 7 ETM+ Tahun 2000

Landsat 8 Tahun 2016

Sumber: Penulis (2017)

4.2.3. Uji Akurasi Hasil Klasifikasi

Uji akurasi dilakukan untuk menguji apakah hasil klasifikasi yang telah terbentuk sudah layak untuk dianalisis lebih lanjut. Uji akurasi ini dilakukan dengan membandingkan 100 titik sampel geografis yang mewakili hasil klasifikasi guna/tutupan lahan yang telah terbentuk dengan kondisi riil di lapangan. Untuk mengetahui kondisi riil guna/tutupan lahan di lapangan tahun 2000 dan tahun 2016 digunakan citra digital resolusi tinggi dari Google Earth. Hasilnya kemudian diuji statistik deskriptif dengan *crosstabs* melalui uji koefisien Cohen's Kappa yang bertujuan untuk mengetahui tingkat konsistensi hasil klasifikasi masing-masing jenis obyek guna/tutupan lahan dengan kondisi sebenarnya.

Penentuan titik sampel geografis dilakukan dengan membuat jarak horisontal antar titik sejauh 1 km dan jarak vertikal antar titik sejauh 2 Km. Hasilnya terdapat 114 titik sampel yang kemudian penulis reduksi kembali sehingga berjumlah 100 titik sampel geografis. Dalam penentuan sampel geografis tidak melihat pemerataan jumlah sampel pada masing-masing jenis guna/tutupan lahan

(random secara geografis). Untuk mempermudah pencatatan dan pengolahan statistik data, guna/tutupan lahan yang ada kemudian dikodekan (dinominalkan) menjadi angka sebagaimana tabel 4.2.

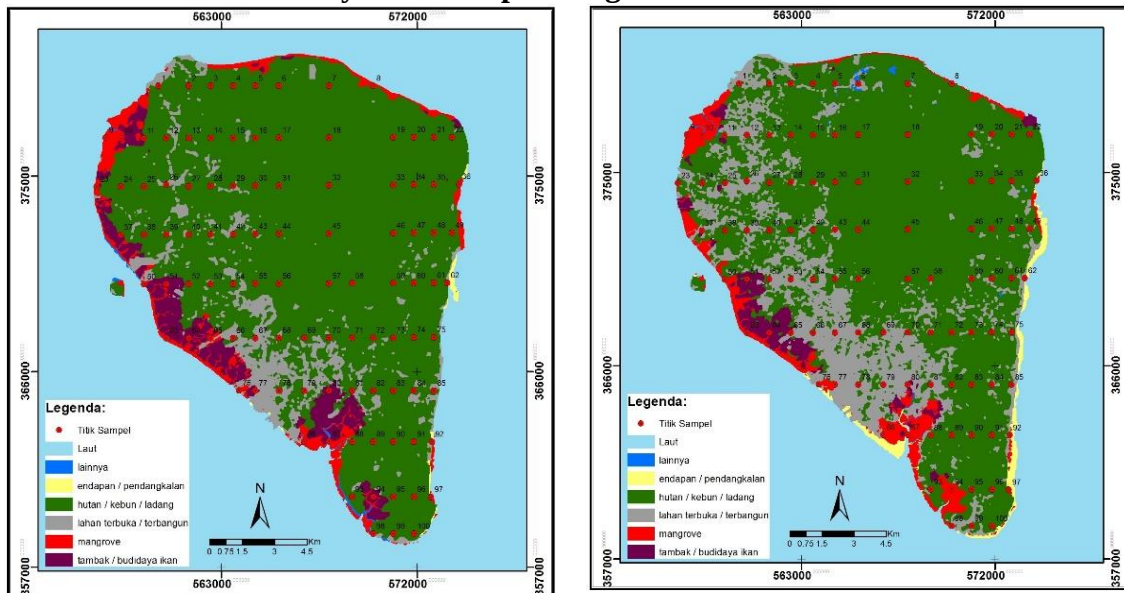
Tabel 4. 2
Pengkodean Jenis Guna/Tutupan Lahan

No	Guna/Tutupan Lahan	Kode
1	Lainnya	1
2	Endapan/Pendangkalan	2
3	Hutan/Kebun/Ladang	3
4	Lahan Terbuka/Terbangun	4
5	Mangrove	5
6	Tambak/Budidaya Perikanan	6

Sumber: Penulis (2017)

Dalam pencatatan (pendataan) jenis guna/tutupan lahan masing-masing titik sampel, penulis mengoverlaykan titik-titik sampel tersebut dengan peta guna/tutupan lahan hasil klasifikasi (tahun 2000 dan tahun 2016) dan dengan citra digital beresolusi tinggi dari Google Earth pada tahun yang berkenaan (tahun 2000 dan tahun 2016) sebagaimana gambar 4.12 dan 4.13.

Gambar 4. 12
Overlay Titik Sampel Dengan Hasil Klasifikasi

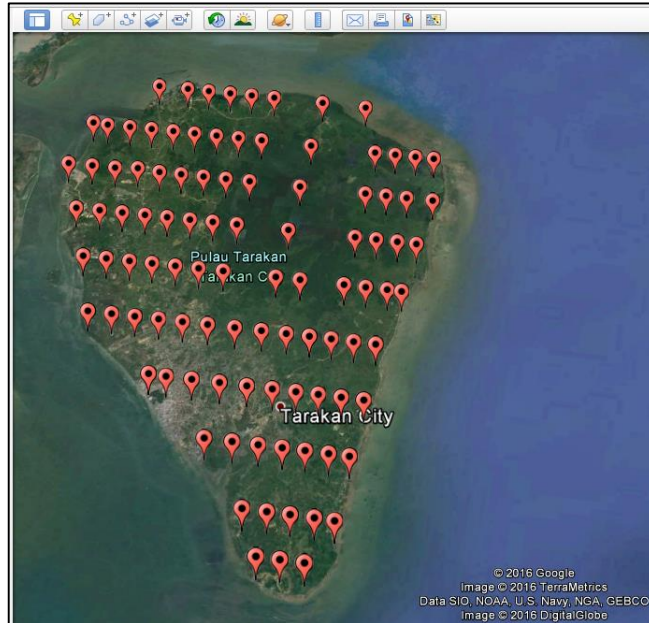


Klasifikasi Lahan Tahun 2000

Klasifikasi Lahan Tahun 2016

Sumber: Penulis (2017)

Gambar 4. 13
Overlay Titik Sampel Dengan Citra Digital Google Earth



Sumber: Citra Google Earth 2016 (diolah)

Berdasarkan overlay titik sampel tersebut, kemudian didata jenis guna/tutupan masing-masing titik sampel berdasarkan 6 (enam) klasifikasi lahan yang telah ditentukan (lihat tabel 4.2), baik hasil klasifikasi maupun dari citra google earth untuk kemudian diperbandingkan. Hasil keseluruhan pencatatan jenis tutupan lahan tahun 2000 dan tahun 2016 baik dari hasil klasifikasi citra dan kondisi riil di lapangan dapat dilihat pada lampiran 1.

Berdasarkan hasil uji koefisien Cohen's Kappa klasifikasi citra tahun 2000 dan tahun 2016 keduanya menunjukkan tingkat konsistensi kesesuaian yang baik terhadap kondisi guna/tutupan lahan yang sebenarnya. Nilai koefisien Cohen's Kappa klasifikasi tahun 2000 sebesar 0,854 dan nilai koefisien Cohen's Kappa klasifikasi tahun 2016 sebesar 0,867 yang keduanya mempunyai nilai signifikansi 0,000 jauh diatas 0,05 (lihat tabel 4.3). Dengan nilai koefisien Cohen's Kappa yang keduanya diatas 0,85 (85%) maka hasil klasifikasi lahan yang terbentuk bisa diterima dan layak untuk dianalisis (Anderson, 1976, dalam Farda & Khoiriah, 2012).

Tabel 4. 3
Hasil Uji Koefisien Cohen's Kappa Klasifikasi Tahun 2000 dan 2016

Hasil Uji Koefisien Cohen's Kappa klasifikasi Tahun 2000					
Symmetric Measures					
		Value	Asymp. Std. Error ^a	Approx. T ^b	Approx. Sig.
Measure of Agreement	Kappa	.854	.052	13.636	.000
N of Valid Cases		100			
a. Not assuming the null hypothesis.					
b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.					
Hasil Uji Koefisien Cohen's Kappa klasifikasi Tahun 2016					
Symmetric Measures					
		Value	Asymp. Std. Error ^a	Approx. T ^b	Approx. Sig.
Measure of Agreement	Kappa	.867	.048	12.540	.000
N of Valid Cases		100			
a. Not assuming the null hypothesis.					
b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.					

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Dalam Klasifikasi guna/tutupan lahan tahun 2000, sebagian besar kesalahan klasifikasi terjadi antara obyek hutan/kebun/ladang dan lahan terbuka/terbangun. Jumlah sampel guna/tutupan yang sebenarnya berupa lahan hutan/kebun/ladang terklasifikasikan menjadi lahan terbuka/terbangun sebanyak 3 (tiga) titik sampel. Sedangkan Jumlah guna/tutupan yang sebenarnya berupa lahan terbuka/terbangun terklasifikasikan menjadi hutan/kebun/ladang sebanyak 1 (satu) titik sampel. Selain itu terdapat juga 1 (satu) sampel yang juga terklasifikasi dengan keliru dimana seharusnya masuk kategori guna/tutupan lahan tambak/budidaya perikanan ternyata masuk kategori guna/tutupan lahan mangrove (lihat tabel 4.4).

Tabel 4. 4
Tabulasi Silang Hasil Klasifikasi Tahun 2000 Dengan Kondisi Riil Tahun 2000

		Kondisi_Riil_Tahun2000					Total
		2	3	4	5	6	
Klasifikasi	1	0	0	1	0	0	1
Tahun2000	2	2	0	0	0	0	2
	3	0	68	1	0	0	69
	4	0	3	7	0	0	10

	Kondisi Riil Tahun2000					Total
	2	3	4	5	6	
5	0	0	0	10	1	11
6	0	1	0	0	6	7
Total	2	72	9	10	7	100

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Pada hasil klasifikasi lahan tahun 2016, kesalahan klasifikasi didominasi oleh obyek lahan terbuka/terbangun sebanyak 6 (enam) titik sampel yang terklasifikasi menjadi hutan/kebun/ladang. Selain itu kesalahan klasifikasi juga terjadi pada obyek tambak/budidaya perikanan sebanyak 1 (satu) titik sampel yang terklasifikasi menjadi obyek mangrove (lihat tabel 4.5)

Tabel 4. 5
Tabulasi Silang Hasil Klasifikasi Tahun 2016 Dengan Kondisi Riil Tahun 2016

Count

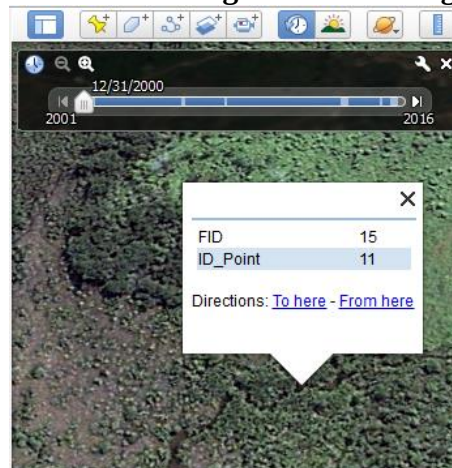
	Kondisi Riil Tahun2016						Total
	1	2	3	4	5	6	
Klasifikasi_Tahun2016 1	1	0	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	1
3	0	0	62	0	0	0	62
4	0	0	6	18	0	0	24
5	0	0	0	0	9	0	9
6	0	0	0	0	1	2	3
Total	1	1	68	18	10	2	100

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Menurut pengamatan penulis kesalahan hasil klasifikasi dengan kondisi riil dilapangan terjadi akibat 3 (tiga) faktor utama yaitu pertama, garis batas antara dua jenis atau lebih suatu obyek sangat tipis sehingga menyulitkan dalam pengkategorian jenis guna/tutupan lahan. Suatu titik sampel jika letaknya sangat tipis berada diantara dua/lebih obyek guna/tutupan lahan yang berbeda akan membingungkan penulis dalam mengkategorikannya. Kedua, adanya proses generalisasi yang menyebabkan pixel minor suatu obyek terklasifikasi sesuai pixel mayor obyek disekitarnya. Ketiga, Adanya perbedaan waktu antara citra klasifikasi yang digunakan dengan citra digital dari google yang digunakan. Berbeda bulan saja akan sangat mempengaruhi. Contohnya ialah ID sampel no 11 pada klasifikasi

tahun 2000 masuk kategori tambak/budidaya perikanan. Namun kondisi riil dilapangan masuk kategori hutan/kebun/ladang (lihat lampiran 1). Menurut penulis ID sampel no 11 tersebut sebenarnya merupakan kategori tambak/budidaya perikanan yang terbengkalai (bekas tambak) sehingga ketika dibiarkan selama berbulan-bulan kemudian akan ditumbuhi rumput maupun vegetasi darat lainnya (gambar 4.14). Hal ini karena memang citra yang digunakan untuk klasifikasi ialah perekaman bulan juli tahun 2000 dan citra pembanding dari google earth ialah perekaman akhir bulan desember tahun 2000. Sehingga perbedaan waktu 5-6 bulan memungkinkan untuk membedakan jenis guna/tutupan lahan yang ada.

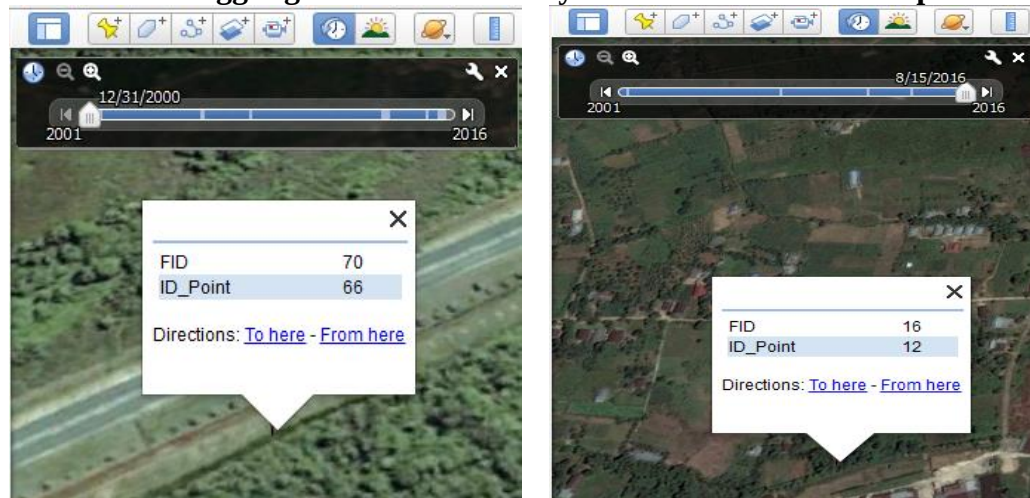
Gambar 4. 14
Bekas Tambak Yang Ditumbuhi Vegetasi



Sumber: Citra Google Earth Tahun 2000 (diolah)

Seperti yang telah disampaikan sebelumnya bahwa salah satu kesulitan dalam mendefinisikan jenis guna/tutupan lahan riil baik tahun 2000 maupun tahun 2016 ialah ketika titik sampel berada di garis perbatasan antara dua jenis obyek guna/tutupan lahan yang berbeda. Citra landsat baik Landsat 7 ETM+ (kecuali kanal Pankromatik dan Inframerah Termal) maupun Landsat 8 (kecuali kanal Pankromatik dan Inframerah Termal 1 dan 2) mempunyai resolusi spasial 30x30 m. Sedangkan resolusi spasial citra digital dari google earth sebagai pembandingnya bisa mencapai 1x1 m. Oleh karena perbedan resolusi spasial tersebut, maka jika letak suatu titik sampel berada di perbatasan antara 2 obyek yang berbeda, maka sebenarnya titik sampel tersebut masih bisa didefinisikan baik sebagai obyek 1 maupun obyek 2 (lihat gambar 4.15).

Gambar 4. 15
Kebersinggungan Antar Kelas Obyek Pada Suatu Titik Sampel



Landsat 7 ETM+ Tahun 2000

Landsat 8 Tahun 2016

Sumber: Penulis (2017)

Pada gambar 4.15 di atas, tampak bahwa ID sampel nomor 66 yang pada klasifikasi lahan tahun 2000 merupakan hutan/kebun/ladang (lihat Lampiran 1) namun pada kondisi riil sebenarnya merupakan lahan terbuka/terbangun. Sebaliknya ID sampel no 12 yang pada klasifikasi lahan tahun 2016 masuk jenis lahan terbuka/terbangun namun pada kondisi sebenarnya justru merupakan hutan/kebun/ladang. Nampak bahwa titik sampel keduanya baik ID nomor 66 (klasifikasi tahun 2000) maupun ID nomor 12 (klasifikasi tahun 2016) letaknya cukup membingungkan untuk penulis dikategorikan apakah sebenarnya masuk jenis guna/tutupan lahan terbuka/terbangun atau masuk jenis hutan/kebun/ladang karena memang letaknya yang berada digaris perbatasan antara keduanya.

Fokus materi dalam penelitian ini ialah terkait mangrove, maka guna/tutupan lahan selain mangrove tidak menjadi fokus pembahasan. Adapun terdapat pembahasannya ialah jika guna/tutupan lahan tersebut menjadi bagian dari perubahan perkembangan mangrove di wilayah pesisir Kota Tarakan. Oleh karena itu selain didasarkan pada hasil uji koefisien Cohen's Kappa yang keduanya diatas 85%, terjadinya mayoritas kesalahan klasifikasi terutama antara obyek lahan terbuka/terbangun dan obyek hutan/kebun/ladang tidak menjadi penghambat untuk analisis perkembangan hutan mangrove selanjutnya.

4.3. Klasifikasi Guna/Tutupan Lahan

Berdasarkan peta hasil klasifikasi guna/tutupan lahan yang telah terbentuk (gambar 4.11.), tren negatif ditunjukkan oleh 3 (tiga) jenis guna/tutupan lahan yaitu lainnya, hutan/kebun/ladang, dan tambak/budi daya perikanan. Sejak tahun 2000 hingga 2016 seluas 2.431,01 ha hutan/kebun/ladang telah terkonversi menjadi guna/tutupan lahan yang lainnya atau dengan kata lain berkurang 12,17% dibandingkan tahun 2000. Dilain sisi, luasan lahan terbuka/terbangun justru bertambah 3.000 ha atau meningkat 123,44% dari tahun 2000. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa sebagian besar guna/tutupan hutan/kebun/ladang telah beralih fungsi menjadi lahan terbuka/terbangun. Hal ini wajar mengingat seiring pertumbuhan kota maka tentu saja semakin besar pula pembangunan fisik yang dilakukan.

Guna/tutupan lahan yang mengalami tren negatif yang cukup besar lainnya ialah tambak/budidaya ikan. Dalam kurun waktu dari tahun 2000 hingga tahun 2016, luasan tambak/budidaya ikan yang hilang sebesar 818,80 ha atau berkurang 14,93% dibandingkan tahun 2000. Cukup banyaknya luasan tambak/budidaya ikan yang hilang tersebut terutama disebabkan oleh semakin mahalnya biaya operasional untuk tambak. Meningkatnya biaya operasional yang dibarengi oleh menurunnya margin keuntungan yang didapat menjadi salah satu penyebab utama terbengkalainya usaha tambak. Disamping itu, sebagian besar petambak di Kota Tarakan mendapatkan modal usahanya dengan berhutang dari rentenir yang mematok bunga yang cukup tinggi. Oleh karena itu jika hasil panen tidak memenuhi target suatu nilai rupiah, maka petambak dengan margin ketahanan modal yang pas-pasan akan kesulitan untuk memulai kembali usaha tambak/budidaya ikan.

Tabel 4. 6
Perkembangan Guna/Tutupan Lahan Dari Tahun 2000 Hingga Tahun 2016

No	Guna/Tutupan Lahan	Luasan (ha)		Perkembangan	
		2000	2016	Luasan	Persen
1	lainnya	75,34	63,85	(11,49)	(15,25)
2	endapan / pendangkalan	80,53	454,78	374,25	464,75
3	hutan / kebun / ladang	19.975,84	17.544,83	(2.431,01)	(12,17)
4	lahan terbuka / terbangun	2.430,32	5.430,38	3.000,06	123,44
5	mangrove	1.129,09	1.297,61	168,52	14,93
6	tambak / budidaya ikan	1.620,33	801,53	(818,80)	(50,53)
Total		25.311,45	25.592,98		

Sumber: Analisis Penulis (2017)

4.4. Perkembangan Hutan Mangrove

Perkembangan mangrove yang akan dibahas disini ialah terkait sebaran dan luasannya, sedangkan pembahasan terkait kondisi hutan mangrove berdasarkan indeks vegetasi yang paling sesuai akan dibahas pada subbab berikutnya.

4.4.1. Perkembangan Hutan Mangrove Secara Umum

Berdasarkan hasil klasifikasi lahan tahun 2000 dan tahun 2016, luasan hutan mangrove dari tahun 2000 hingga tahun 2016 tidak mengalami penurunan luasan dan justru terjadi perluasan hutan mangrove. Luas hutan mangrove tahun 2000 seluas 1.129,09 ha dan meningkat menjadi 1.297,61 ha pada tahun 2016, atau mengalami peningkatan sebesar 14,93%.

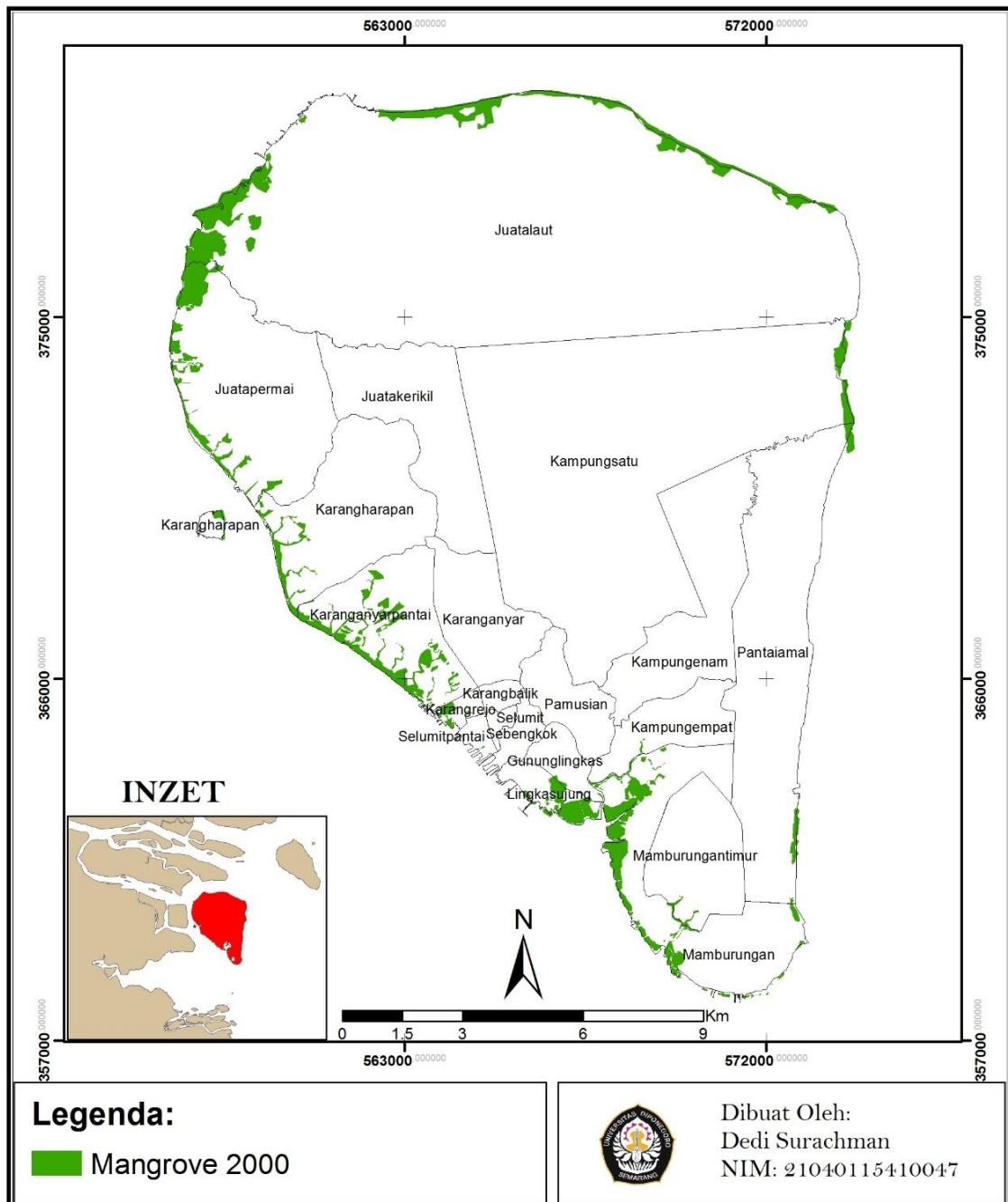
Jika dilihat dari distribusi spasialnya baik pada tahun 2000 maupun 2016, hutan mangrove di Kota Tarakan cenderung berlokasi di sisi bagian barat pulau. Hal tersebut disebabkan karena pesisir bagian barat pulau Tarakan berdekatan dengan daratan pulau kalimantan besar sehingga lebih terlindungi dari gelombang besar. Berbeda dengan pesisir di bagian lainnya yang cenderung terbuka dan langsung bertemu dengan laut lepas sehingga mempunyai gelombang air laut yang cenderung lebih besar. Selain itu jenis substrat tanah di bagian barat didominasi oleh lumpur dan lumpur berpasir yang cocok bagi habitat vegetasi mangrove, sedangkan di bagian lainnya lebih didominasi oleh pasir.

Sebaran hutan mangrove yang ada ditahun 2000 tersebar di 13 (tiga belas) kelurahan (lihat tabel 4.7). Dari 13 (tiga belas) kelurahan tersebut sebagian besar hutan mangrove tersebar di 4 (empat) kelurahan yaitu Kel. Juata laut seluas 406,64 ha (36,01%), Kel. Mamburungan seluas 184,18 ha (16,31%), Kel. Karanganyar pantai seluas 155,93 ha (13,81%), dan Kel. Juata permai seluas 151,20 ha (13,39%). Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan bahwa 79,53% luas hutan mangrove pada tahun 2000 terletak pada keempat kelurahan tersebut (lihat tabel 4.7 dan gambar 4.16)

Pada tahun 2016 hutan mangrove di Kota Tarakan tersebar di 15 (lima belas) kelurahan (lihat tabel 4.7). Dari 15 (lima belas) kelurahan tersebut, 76,58% dari keseluruhan hutan mangrove tahun 2016 tersebar di 5 (lima) kelurahan yaitu Kel. Juata laut seluas 326,66 ha (25,17%), Kel. Mamburungan seluas 291,46 ha

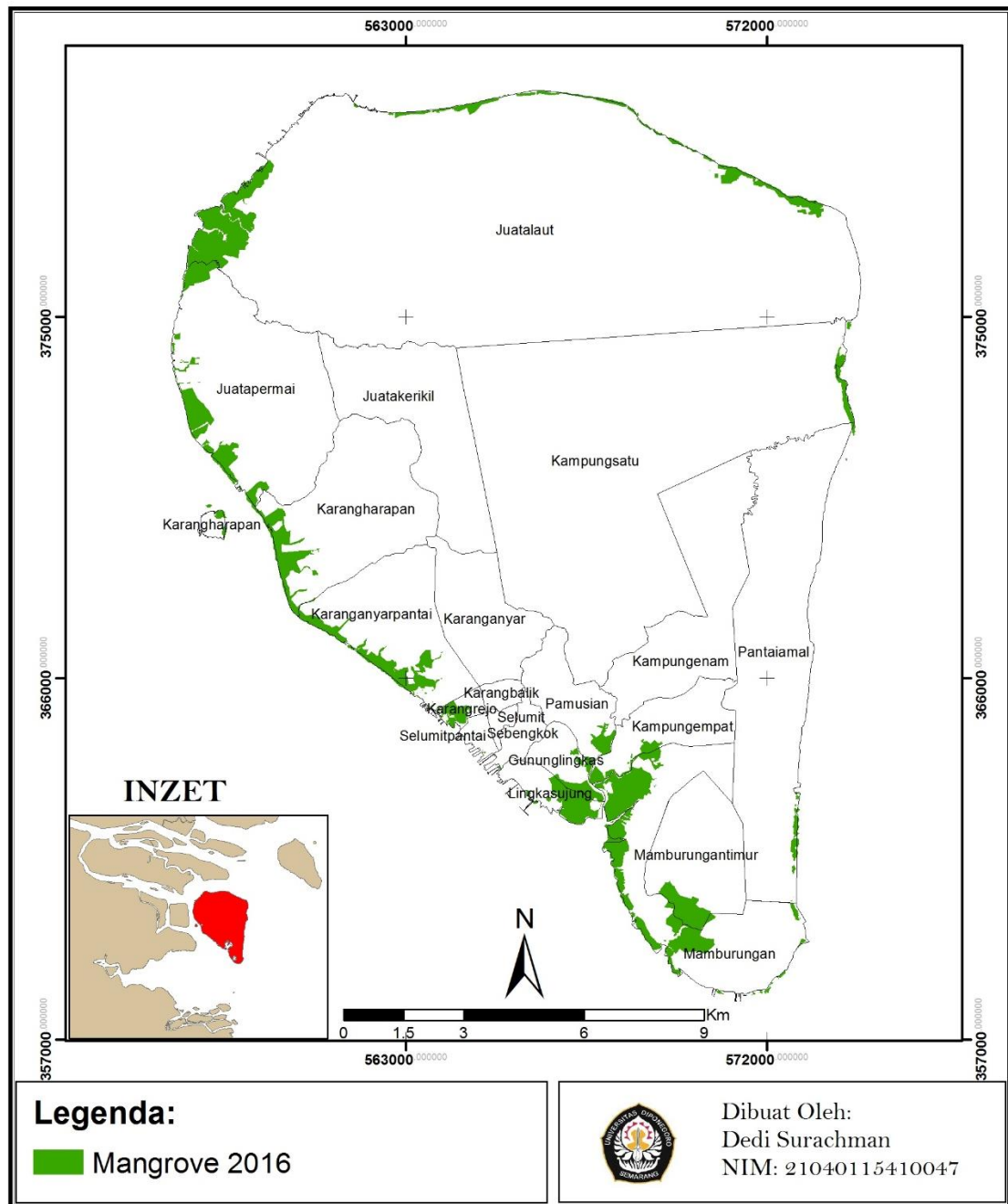
(22,46%), Kel. Juata permai seluas 157,04 ha (12,10%), Kel. Karanganyar pantai seluas 112,46 ha (8,67%), dan Kel. Karang harapan seluas 106,12 ha (8,18%) (lihat tabel 4.7 dan gambar 4.17).

Gambar 4. 16
Peta Sebaran Mangrove Tahun 2000 Di Kota Tarakan



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Gambar 4. 17
Peta Sebaran Mangrove Tahun 2016 di Kota Tarakan



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Berdasarkan luasan hutan mangrove dari tahun 2000 ke tahun 2016, terdapat 5 (lima) kelurahan yang mempunyai tren negatif yaitu Kel. Juata laut berkurang 79,98 ha, Kel. Karanganyar pantai berkurang 43,47 ha, Kel. Kampung satu berkurang 16,92 ha, Kel. Pantai amal berkurang 11,83 ha, dan Kel. Selumit pantai berkurang 0,25 ha. Di Kelurahan Juata laut vegetasi daratan semakin

menjorok ke arah laut. Hal ini yang kemudian menggantikan posisi hutan mangrove yang posisinya relatif menjorok ke daratan. Di sisi lain posisi terluar hutan mangrove di Kel. Juata laut yang semakin terdegradasi (mengalami kemunduran garis terluar mangrove) dan berubah menjadi wilayah perairan/laut. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa tren negatif hutan mangrove di Kel. Juata laut disebabkan oleh dua faktor utama yaitu degradasi hutan mangrove di wilayah yang relatif daratan yang tergantikan hutan/kebun/ladang sebesar 52,81% dan degradasi mangrove di wilayah terluar (perairan/laut) sebesar 35,54% (lihat lampiran 2 Tabel L.2.2). Berbeda dengan Kel. Karanganyar pantai dimana faktor utama penyebab tren negatif hutan mangrove lebih disebabkan oleh alih fungsi lahan menjadi tambak (45,64%) dan perkembangan permukiman (33,11%) ke arah laut seperti pada gambar 4.18.

Gambar 4. 18
Perkembangan Permukiman dan Tambak
di Area Mangrove Kota Tarakan Tahun 2016



Tambak/Budidaya Ikan



Permukiman

Sumber: Penulis (2017)

Disamping terdapat beberapa kelurahan yang hutan mangrovenya mengalami tren negatif, terdapat pula beberapa kelurahan yang mengalami tren positif. Tercatat terdapat 10 (sepuluh) kelurahan yang mengalami tren positif (lihat tabel 4.7). Namun dari 10 (sepuluh) kelurahan tersebut, terdapat 3 (tiga) kelurahan yang perkembangannya sangat signifikan dan berkontribusi besar terhadap perkembangan hutan mangrove secara keseluruhan, yaitu Kel. Mamburungan dengan perluasan hutan mangrove sebesar 107,27 ha, Kel. Mamburungan timur dengan perluasan sebesar 59,76 ha, dan Kel. Karang harapan dengan perluasan sebesar 48,85 ha.

Besarnya perkembangan hutan mangrove di Kel. Mamburungan disebabkan karena hutan mangrove di Kel. Mamburungan ditetapkan sebagai wilayah hutan kota (gambar 4.19). Selain itu banyaknya lahan tambak/budidaya ikan (113,07 ha) yang berubah fungsi menjadi hutan mangrove pada tahun 2016 menjadi salah satu faktor dominan terjadinya tren positif perkembangan hutan mangrove di Kel. Mamburungan (lihat lampiran 2 Tabel L.2.4).

Gambar 4. 19
Hutan Mangrove Kel. Mamburungan Sebagai Hutan Kota



Sumber: Penulis (2017)

Tren positif hutan mangrove di Kel. Mamburungan timur dan Kel. Karang harapan juga sangat dipengaruhi oleh perubahan fungsi lahan dari tambak/budidaya ikan menjadi hutan mangrove pada tahun 2016. Di Kel. Mamburungan timur terdapat 59,27 ha Hutan mangrove yang dulunya pada tahun 2000 merupakan lahan tambak/budidaya ikan. Sedangkan di Kel. Karang harapan terdapat 52,30 ha hutan mangrove yang juga pada dulunya tahun 2000 merupakan lahan tambak/budidaya ikan (lihat lampiran 2 Tabel L.2.4).

Tabel 4. 7
Perkembangan Hutan Mangrove dari Tahun 2000 Sampai Tahun 2016
Berdasarkan Kelurahan di Kota Tarakan

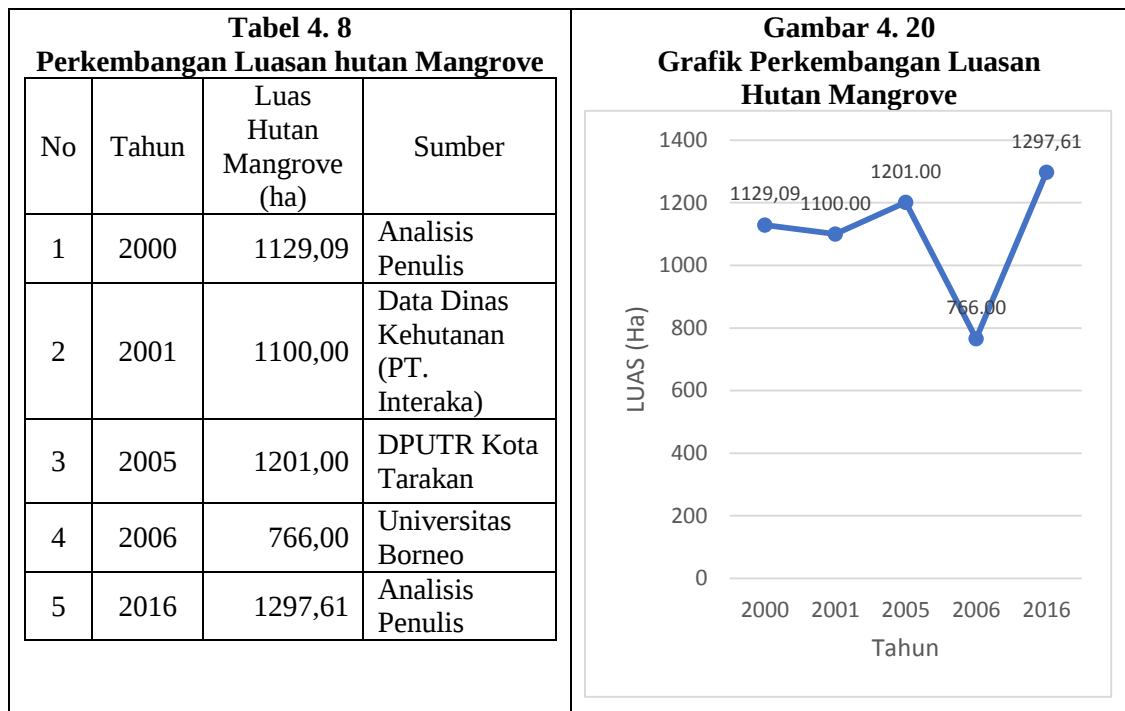
No	Kelurahan	Kecamatan	Mangrove 2000		Mangrove 2016		Perkembangan (ha)
			Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	
1	Juata laut	Tarakan Utara	406,64	36,02	326,66	25,17	-79,98
2	Mamburungan	Tarakan Timur	184,18	16,31	291,46	22,46	107,27

No	Kelurahan	Kecamatan	Mangrove 2000		Mangrove 2016		Perkembangan (ha)
			Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	
3	Karanganyar pantai	Tarakan Barat	155,93	13,81	112,46	8,67	-43,47
4	Juata permai	Tarakan Utara	151,20	13,39	157,04	12,10	5,84
5	Lingkas ujung	Tarakan Timur	68,35	6,05	74,24	5,72	5,89
6	Karang harapan	Tarakan Barat	57,27	5,07	106,12	8,18	48,85
7	Kampung satu	Tarakan Tengah	43,91	3,89	26,99	2,08	-16,92
8	Pantai amal	Tarakan Timur	31,99	2,83	20,16	1,55	-11,83
9	Karang rejo	Tarakan Barat	13,61	1,21	27,34	2,11	13,72
10	Mamburungan timur	Tarakan Timur	6,09	0,54	65,84	5,07	59,76
11	Kampung empat	Tarakan Timur	5,46	0,48	28,28	2,18	22,82
12	Gunung lingkas	Tarakan Timur	3,94	0,35	34,34	2,65	30,40
13	Selumit pantai	Tarakan Tengah	0,52	0,05	0,27	0,02	-0,25
14	Pamusian	Tarakan Tengah	0,00	0,00	25,89	2,00	25,89
15	Sebengkok	Tarakan Tengah	0,00	0,00	0,51	0,04	0,51
Total			1129,09	100,00	1297,61	100,00	168,52

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Jika kita gabungkan data hasil analisis penulis tersebut dengan data luasan mangrove dari sumber lainnya, maka akan terlihat sedikit dinamika perubahannya. Dari tahun 2000 ke tahun 2001 terjadi pengurangan luasan sebesar 29,08 ha atau hilang 2,57% dari luasan tahun 2000. Sedangkan dari tahun 2001 ke tahun 2005 terjadi perluasan area hutan mangrove seluas 101 ha atau meningkat 9,18% dari luasan tahun 2005. Pengurangan luasan hutan mangrove yang paling signifikan terjadi dari tahun 2005 ke tahun 2006 dimana 435 ha hutan mangrove telah hilang sejak tahun 2005 hingga tahun 2006 atau berkurang 36,21% dibandingkan tahun 2005. Namun dari kurun waktu tahun 2006 ke tahun 2016 justru terjadi perluasan

hutan mangrove sebesar 531,60 ha atau meningkat 69,40% dari tahun 2008 (lihat tabel 4.8 dan gambar 4.20).



Sumber: Data diolah

4.4.2. Bentuk Konversi Hutan Mangrove

Seiring berjalannya waktu dari tahun 2000 hingga tahun 2016, mangrove yang ada ditahun 2000 mengalami dinamika. Ada area yang terkonversi menjadi jenis/guna tutupan lahan yang lain dan ada area yang tetap bertahan sebagai hutan mangrove hingga tahun 2016. Berdasarkan overlay antara hasil klasifikasi guna/tutupan lahan tahun 2000 dan 2016, diketahui bahwa area hutan mangrove yang tidak mengalami perubahan/konversi guna/tutupan lahan dari tahun 2000 hingga tahun 2016 seluas 659,08 ha (58,37%) dan sisanya seluas 470,01 ha (41,63%) telah terkonversi menjadi guna/tutupan lahan yang lain (lihat tabel 4.9).

Dilihat dari kelestarian hutan mangrove masing-masing kelurahan dari tahun 2000 hingga tahun 2016, hutan mangrove yang cukup terjaga kelestariannya (di atas 80% tetap terjaga) terdapat di 6 (enam) kelurahan yaitu Mamburungan timur (97,70%), Gunung lingkas (90,86%), Karang rejo (86,12%), Lingkas ujung (83,42%), Mamburungan (81,53%) dan Kampung empat (81,47%).

Jika dilihat dari luasan hutan mangrove di masing-masing kelurahan, proporsi perubahan area hutan mangrove masing-masing kelurahan terbesar terjadi di Kel. Selumit pantai dimana dari 0,52 ha area hutan mangrove ditahun 2000 telah terkonversi seluruhnya. Konversi hutan mangrove tersebut disebabkan oleh dua faktor utama yang merusak habitat mangrove disana yaitu adanya perkembangan permukiman ke arah laut dan adanya pengendapan/pendangkalan di area mangrove tersebut (lihat lampiran 2 Tabel L.2.2). Meskipun area hutan mangrove yang ada di Selumit pantai telah terkonversi seluruhnya pada tahun 2016, bukan berarti bahwa Kel. Selumit pantai tidak memiliki hutan mangrove sama sekali pada tahun 2016. Kel. Selumit pantai mempunyai hutan mangrove seluas 0,27 ha pada tahun 2016 dimana area tersebut pada saat tahun 2000 merupakan lahan terbuka/terbangun yang kemudian berubah hingga menjadi hutan mangrove pada tahun 2016 (lihat lampiran 2 Tabel L.2.2)

Dari 13 (tiga belas) kelurahan yang memiliki hutan mangrove pada saat tahun 2000, setidaknya hingga tahun 2016 terdapat 5 (lima) kelurahan yang proporsi hutan mangrove di dalamnya telah terkonversi sekitar 50-an % yaitu Juata laut (47,35%), Karanganyar pantai (52,54%), Juata permai (59,46%), Kampung satu (50,33), dan Pantai amal (55,11%). Dinamika perubahan luasan hutan mangrove tahun 2000 ke tahun 2016 dapat dilihat pada tabel 4.9 dan gambar 4.21)

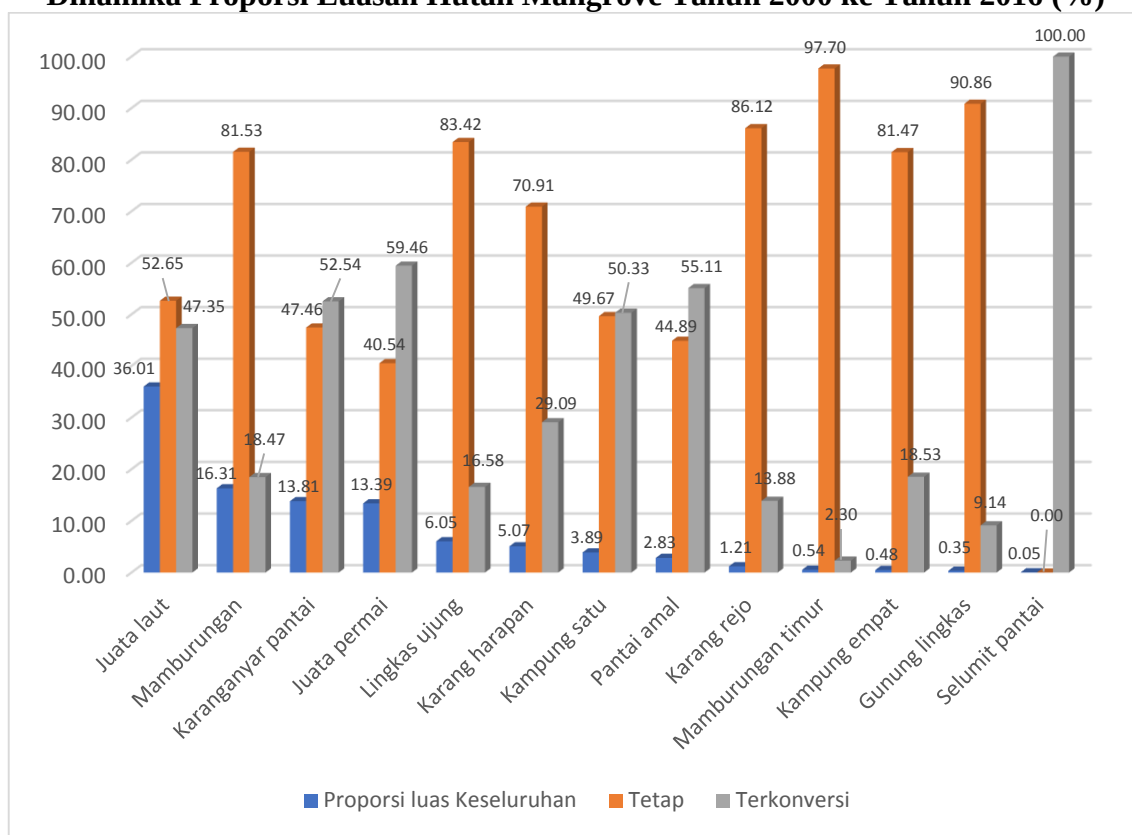
Tabel 4. 9
Dinamika Perubahan Hutan Mangrove Tahun 2000 ke Tahun 2016

No	Kelurahan	Kecamatan	Luas		Tetap		Terkonversi	
			(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
1	Juata laut	Tarakan Utara	406,64	36,01	214,10	52,65	192,54	47,35
2	Mamburungan	Tarakan Timur	184,18	16,31	150,17	81,53	34,01	18,47
3	Karanganyar pantai	Tarakan Barat	155,93	13,81	74,01	47,46	81,92	52,54
4	Juata permai	Tarakan Utara	151,20	13,39	61,30	40,54	89,90	59,46
5	Lingkas ujung	Tarakan Timur	68,35	6,05	57,02	83,42	11,33	16,58
6	Karang harapan	Tarakan Barat	57,27	5,07	40,61	70,91	16,66	29,09
7	Kampung satu	Tarakan Tengah	43,91	3,89	21,81	49,67	22,10	50,33
8	Pantai amal	Tarakan Timur	31,99	2,83	14,36	44,89	17,63	55,11
9	Karang rejo	Tarakan Barat	13,62	1,21	11,73	86,12	1,89	13,88
10	Mamburungan timur	Tarakan Timur	6,09	0,54	5,95	97,70	0,14	2,30

No	Kelurahan	Kecamatan	Luas		Tetap		Terkonversi	
			(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
11	Kampung empat	Tarakan Timur	5,45	0,48	4,44	81,47	1,01	18,53
12	Gunung lingkas	Tarakan Timur	3,94	0,35	3,58	90,86	0,36	9,14
13	Selumit pantai	Tarakan Tengah	0,52	0,05	0,00	0,00	0,52	100,00
Total			1129,09	100,00	659,08	58,37	470,01	41,63

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Gambar 4. 21
Dinamika Proporsi Luasan Hutan Mangrove Tahun 2000 ke Tahun 2016 (%)



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Dari keseluruhan luasan konversi hutan mangrove tahun 2000 di Kota Tarakan, kontribusi luasan konversi terbesar berasal dari Kelurahan Juata laut seluas 192,54 ha (40,97%), kemudian Kel. Juata permai seluas 89,90 ha (19,13%), dan Kel. Karanganyar pantai seluas 81,90 ha (17,43%). Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa 77,52% hutan mangrove tahun 2000 di Kota Tarakan yang terkonversi berasal dari 3 (tiga) kelurahan tersebut (lihat tabel 4.10).

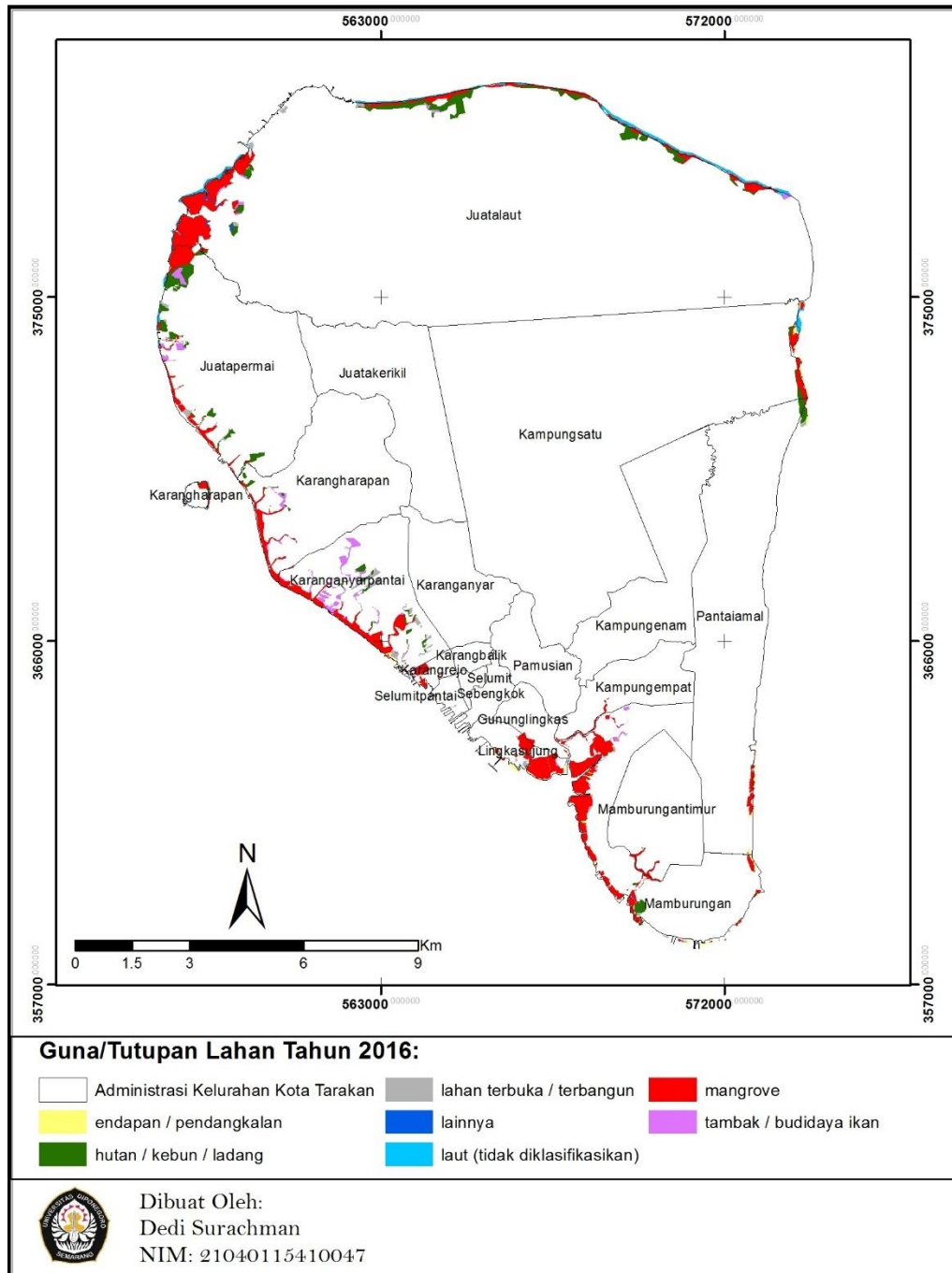
Tabel 4. 10
Proporsi Luasan Hutan Mangrove Tahun 2000 Yang Terkonversi Terhadap
Luasan Konversi Keseluruhan Hutan Mangrove di Kota Tarakan

No	Kelurahan	Kecamatan	Luas Perubahan (Ha)	Persen
1	Juata laut	Tarakan Utara	192,54	40,97
2	Juata permai	Tarakan Utara	89,90	19,13
3	Karanganyar pantai	Tarakan Barat	81,92	17,43
4	Mamburungan	Tarakan Timur	34,01	7,24
5	Kampung satu	Tarakan Tengah	22,10	4,70
6	Pantai amal	Tarakan Timur	17,63	3,75
7	Karang harapan	Tarakan Barat	16,66	3,54
8	Lingkak ujung	Tarakan Timur	11,33	2,41
9	Karang rejo	Tarakan Barat	1,89	0,40
10	Kampung empat	Tarakan Timur	1,01	0,22
11	Selumit pantai	Tarakan Tengah	0,52	0,11
12	Gunung lingkak	Tarakan Timur	0,36	0,08
13	Mamburungan timur	Tarakan Timur	0,14	0,03
Total			470,01	100,00

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Sebagian besar perubahan/konversi hutan mangrove yang ada di tahun 2000 tersebut berubah menjadi hutan/kebun/ladang pada tahun 2016, yaitu sebesar 209,63 ha atau sebesar 18,57% dari keseluruhan luasan hutan mangrove di tahun tersebut (lihat tabel 4.11). Sebagian besar mangrove yang terkonversi menjadi hutan/kebun/ladang tersebut umumnya letaknya yang menjorok ke daratan dan dekat dengan lahan terbangun atau permukiman (lihat gambar 4.22).

Gambar 4. 22
Peta Guna/Tutupan Lahan Tahun 2016
Hasil Konversi Mangrove Tahun 2000



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Selain itu terdapat hutan mangrove di tahun 2000 yang terkonversi menjadi laut (tidak diklasifikasikan) pada tahun 2016, yaitu seluas 87,03 ha (7,71%). Hal ini berarti bahwa selama kurun waktu dari tahun 2000 hingga tahun

2016 terjadi kemunduruan garis terluar hutan mangrove yang terutama terjadi di kelurahan Juata Laut dengan luas 68,43 ha (lihat lampiran 2 Tabel L.2.2).

Tabel 4. 11
Overlay Hasil Klasifikasi Tahun 2000 dan Tahun 2016

2000	2016	Luas (ha)	%
mangrove	lainnya	6,98	0,62
	endapan/pendangkalan	27,08	2,40
	hutan/kebun/ladang	209,63	18,57
	lahan terbuka/terbangun	67,24	5,96
	mangrove	659,08	58,37
	tambak/budidaya perikanan	72,05	6,38
	tidak diklasifikasikan (laut)	87,03	7,71
Total		1129,09	100,00

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Jika kita merinci jenis perubahan hutan mangrove tahun 2000 di ketiga kelurahan tersebut (Juata laut, Juata permai, dan Karanganyar pantai), sebagian besar hutan mangrove tahun 2000 di Kel. Juata laut berubah menjadi hutan/kebun/ladang dengan luasan sebesar 101,68 ha dan yang berubah menjadi laut seluas 68,43 ha. Untuk hutan mangrove tahun 2000 di Kel. Juata permai sebagian besar berubah menjadi hutan/kebun/ladang seluas 56,84 ha dan menjadi tambak/budidaya ikan seluas 14,66 ha. Sedangkan hutan mangrove tahun 2000 di Kel. Karanganyar pantai, 37,39 ha berubah menjadi tambak/budidaya ikan, 27,12 ha berubah menjadi lahan terbuka/terbangun dan 15,04 ha berubah menjadi hutan/kebun/ladang. Secara keseluruhan jenis perubahan hutan mangrove tahun 2000 di ketiga kelurahan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12
Jenis Perubahan Hutan Mangrove Tahun 2000

No	Kelurahan	Kecamatan	Jenis Perubahan (Tahun 2016)	Luas (ha)
1	Juata laut	Tarakan Utara	hutan / kebun / ladang	101,68
			laut (tidak diklasifikasikan)	68,43
			tambak / budidaya ikan	8,85
			lahan terbuka / terbangun	8,61
			lainnya	4,97
	Total			192,54

No	Kelurahan	Kecamatan	Jenis Perubahan (Tahun 2016)	Luas (ha)
2	Juata permai	Tarakan Utara	hutan / kebun / ladang	56,84
			tambak / budidaya ikan	14,66
			lahan terbuka / terbangun	10,39
			laut (tidak diklasifikasikan)	7,85
			endapan / pendangkalan	0,15
	Total			89,90
3	Karanganyar pantai	Tarakan Barat	tambak / budidaya ikan	37,39
			lahan terbuka / terbangun	27,12
			hutan / kebun / ladang	15,04
			endapan / pendangkalan	2,23
			laut (tidak diklasifikasikan)	0,14
	Total			81,92

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Sebagian besar luasan hutan mangrove di tahun 2016 yang seluas 1297,61 ha, 50,79% diantaranya merupakan area hutan mangrove yang telah ada di tahun 2000, dan 39,92% lainnya terbentuk dari konversi lahan tambak/budidaya perikanan di 2000 menjadi hutan mangrove. Sisanya 9,29% terbentuk dari jenis guna/tutupan lahan lainnya (lihat tabel 4.13 dan gambar 4.23). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa konversi guna/lahan tambak/budidaya perikanan yang ada di tahun 2000 berperan besar pada pembentukan mangrove ditahun 2016. Pada umumnya lokasi tambak berada di pesisir (daerah pasang surut) sehingga cocok dengan habitat mangrove. Oleh karena itu di Kota Tarakan umumnya perubahan/perkembangan keduanya akan saling mempengaruhi dan hubungannya berbanding terbalik. Semakin bertambah luasan tambak/budidaya ikan biasanya akan mengurangi luasan hutan mangrove yang ada. Dan sebaliknya lahan tambak/budidaya perikanan yang terbengkalai dalam waktu yang lama akan ditumbuhi pohon mangrove dan menambah luasan hutan mangrove secara keseluruhan.

Tabel 4. 13

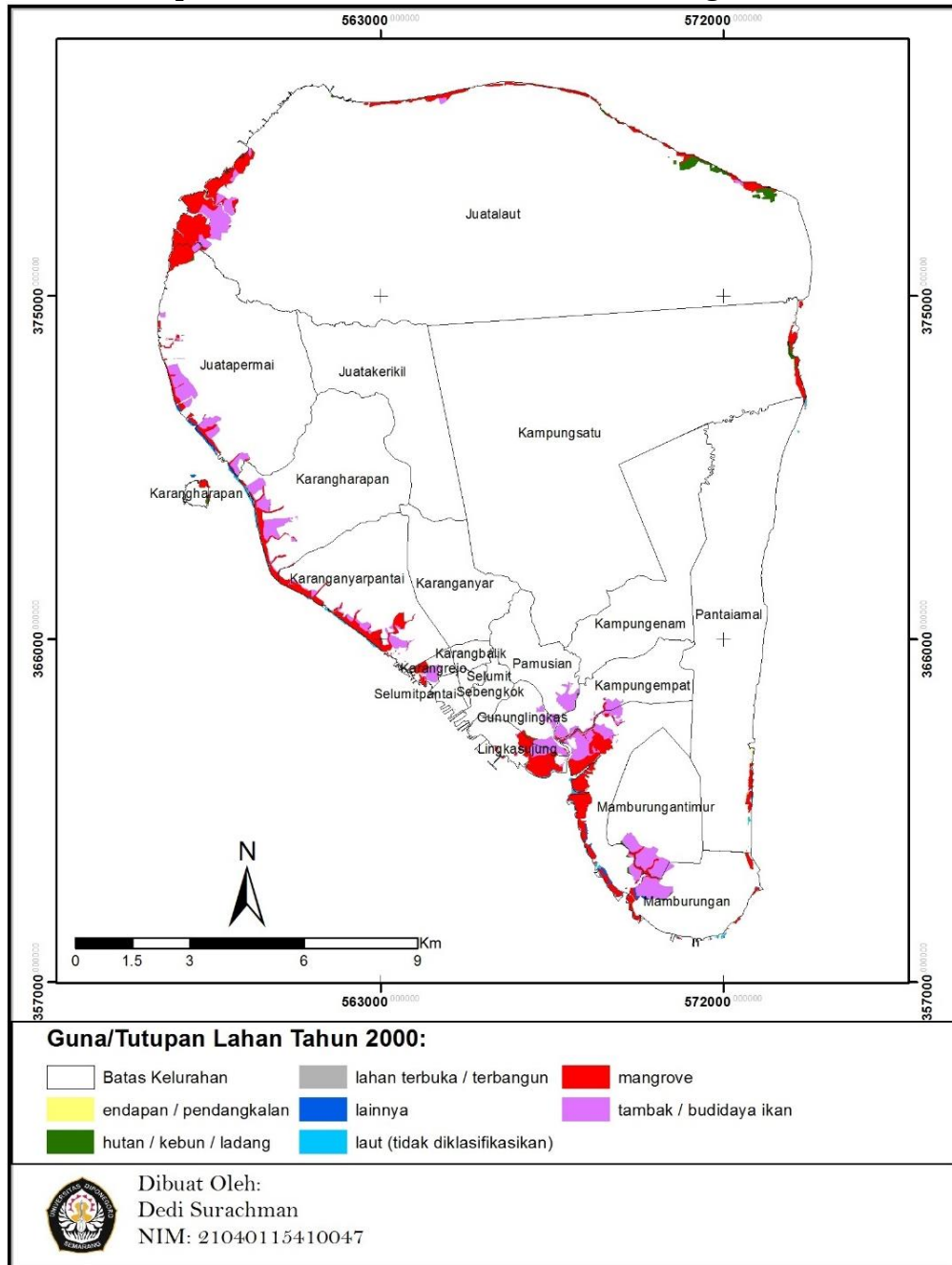
Guna/Tutupan Lahan Tahun 2000 Pembentuk Hutan Mangrove Tahun 2016

2000	2016	Luas (ha)	%
lainnya	mangrove	25,73	1,98
endapan/pendangkalan		3,3	0,25
hutan/kebun/ladang		48,41	3,73
lahan terbuka/terbangun		7,87	0,61

2000	2016	Luas (ha)	%
mangrove		659,08	50,79
tambak/budidaya perikanan		518,04	39,92
tidak diklasifikasikan (laut)		35,18	2,71
Total		1297,61	100,00

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Gambar 4. 23
Guna/Tutupan Lahan Tahun 2000 Pembentuk Mangrove Tahun 2016



Sumber: Analisis Penulis (2017)

4.5. Kesesuaian Indeks Vegetasi

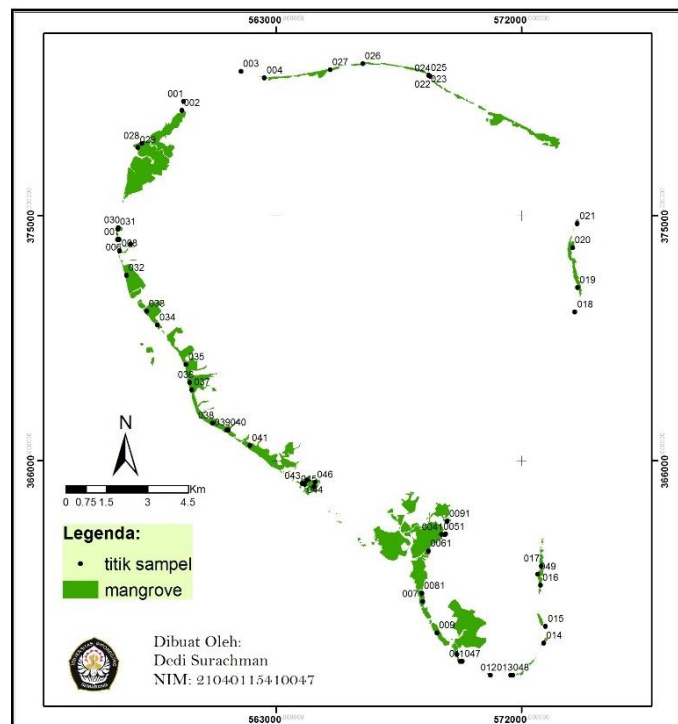
Kesesuaian indeks vegetasi di Kota Tarakan diperoleh berdasarkan nilai korelasi suatu indeks vegetasi (tahun 2016) dengan nilai kerapatan titik sampel hasil pengukuran di lapangan. Citra yang dipakai untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi ialah citra Landsat 8 tahun 2016 yang telah terkoreksi secara geometri dan radiometri yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, yang kemudian diolah menjadi citra indeks vegetasi berdasarkan persamaannya masing-masing. Untuk memperoleh citra indeks vegetasi digunakan software ENVI 5.3.

4.5.1. Pengukuran Nilai Sampel Kerapatan Hutan Mangrove

Total sampel yang diukur berjumlah 56 titik yang dalam pengamatan di lapangan sudah representatif mewakili populasi dan sesuai dengan aturan jumlah sampel minimal yang dianjurkan dalam Perka BIG No. 3 Tahun 2014. Sebaran titik area sampel dapat dilihat pada gambar 4.24.

Dalam pemilihan titik area sampel disesuaikan juga dengan aksesibilitas di lapangan. Oleh karena itu untuk zona komunitas mangrove yang tidak bisa diakses baik lewat darat maupun lewat laut tidak diambil sampelnya.

Gambar 4. 24
Peta Sebaran Titik Area Sampel Kerapatan Mangrove
Kota Tarakan Tahun 2016



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Untuk mendapatkan nilai kerapatan masing-masing titik area sampel (10x10m) dihitung jumlah populasi pohon mangrove tersebut dengan masing-masing kelilingnya yang kemudian dikalikan bobotnya berdasarkan ukuran diameter/keliling masing-masing batang pohon mangrove sebagaimana tabel 4.14.

Tabel 4. 14

Pembobotan Pohon Mangrove Berdasarkan Diameter/Keliling Batang Pohon

No	Diameter/Keliling Batang (cm)	Nilai Bobot
1	$D < 10$ ($K < 32$)	0,5
2	$D = 10-20$ ($32 < K < 62$)	1
3	$D > 20$ ($K > 62$)	1,5

Ket: D = Diameter, K = Keliling batang pohon mangrove

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Gambar 4. 25

Foto Sampel Pengukuran Keliling Batang Pohon Mangrove



Sumber: Penulis (2017)

Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan, jumlah keseluruhan pohon mangrove yang diukur berjumlah 419 pohon mangrove dimana 110 pohon mangrove berdiameter < 10 cm, 127 pohon mangrove berdiameter antara 10 s/d 20 cm, dan 182 pohon mangrove berdiameter > 20 cm. Untuk jumlah pohon dan kelas diameternya masing-masing area titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.15 dan rincian keliling masing-masing pohon yang diukur dapat dilihat pada lampiran 3 Tabel L.3.1. Sedangkan rincian koordinat masing-masing titik sampel dapat dilihat pada lampiran 3 Tabel L.3.2.

Tabel 4. 15
Nilai Kerapatan Masing-Masing Area Titik Sampel Hasil Pengukuran

No	Kode Sampel Area	Jumlah Pohon Dalam Sampel Area (10x10m)				Bobot			Nilai Kerapatan Sampel
		D<10	10<D>20	D>20	Jumlah	D<10	10<D>20	D>20	
						50%	100%	150%	
1	001	5	0	0	5	2,50	0,00	0,00	2,50
2	002	3	2	3	8	1,50	2,00	4,50	8,00
3	003	0	3	4	7	0,00	3,00	6,00	9,00
4	0031	7	1	0	8	3,50	1,00	0,00	4,50
5	004	3	2	2	7	1,50	2,00	3,00	6,50
6	0041	10	1	0	11	5,00	1,00	0,00	6,00
7	005	6	2	3	11	3,00	2,00	4,50	9,50
8	0051	12	1	0	13	6,00	1,00	0,00	7,00
9	006	4	2	0	6	2,00	2,00	0,00	4,00
10	0061	9	3	1	13	4,50	3,00	1,50	9,00
11	007	1	2	0	3	0,50	2,00	0,00	2,50
12	0071	3	3	2	8	1,50	3,00	3,00	7,50
13	008	0	1	4	5	0,00	1,00	6,00	7,00
14	0081	6	3	1	10	3,00	3,00	1,50	7,50
15	009	0	1	6	7	0,00	1,00	9,00	10,00
16	0091	2	6	1	9	1,00	6,00	1,50	8,50
17	010	1	0	5	6	0,50	0,00	7,50	8,00
18	011	0	2	4	6	0,00	2,00	6,00	8,00
19	012	5	0	0	5	2,50	0,00	0,00	2,50
20	013	0	1	4	5	0,00	1,00	6,00	7,00
21	014	0	0	3	3	0,00	0,00	4,50	4,50
22	015	2	2	1	5	1,00	2,00	1,50	4,50
23	016	2	2	1	5	1,00	2,00	1,50	4,50
24	017	0	3	2	5	0,00	3,00	3,00	6,00
25	018	0	3	3	6	0,00	3,00	4,50	7,50
26	019	0	2	4	6	0,00	2,00	6,00	8,00
27	020	2	6	0	8	1,00	6,00	0,00	7,00

No	Kode Sampel Area	Jumlah Pohon Dalam Sampel Area (10x10m)				Bobot			Nilai Kerapatan Sampel
		D<10	10<D>20	D>20	Jumlah	D<10	10<D>20	D>20	
						50%	100%	150%	
28	021	0	2	2	4	0,00	2,00	3,00	5,00
29	022	1	1	3	5	0,50	1,00	4,50	6,00
30	023	2	5	0	7	1,00	5,00	0,00	6,00
31	024	0	3	3	6	0,00	3,00	4,50	7,50
32	025	0	3	3	6	0,00	3,00	4,50	7,50
33	026	1	1	2	4	0,50	1,00	3,00	4,50
34	027	0	2	6	8	0,00	2,00	9,00	11,00
35	028	0	2	6	8	0,00	2,00	9,00	11,00
36	029	0	3	5	8	0,00	3,00	7,50	10,50
37	030	4	2	0	6	2,00	2,00	0,00	4,00
38	031	0	4	1	5	0,00	4,00	1,50	5,50
39	032	0	2	5	7	0,00	2,00	7,50	9,50
40	033	0	1	6	7	0,00	1,00	9,00	10,00
41	034	0	3	5	8	0,00	3,00	7,50	10,50
42	035	0	2	6	8	0,00	2,00	9,00	11,00
43	036	0	3	5	8	0,00	3,00	7,50	10,50
44	037	0	3	5	8	0,00	3,00	7,50	10,50
45	038	0	3	5	8	0,00	3,00	7,50	10,50
46	039	0	2	6	8	0,00	2,00	9,00	11,00
47	040	0	2	6	8	0,00	2,00	9,00	11,00
48	041	0	2	6	8	0,00	2,00	9,00	11,00
49	042	3	4	7	14	1,50	4,00	10,50	16,00
50	043	3	4	7	14	1,50	4,00	10,50	16,00
51	044	3	3	5	11	1,50	3,00	7,50	12,00
52	045	4	2	7	13	2,00	2,00	10,50	14,50
53	046	3	4	6	13	1,50	4,00	9,00	14,50
54	047	2	2	4	8	1,00	2,00	6,00	9,00
55	048	0	1	3	4	0,00	1,00	4,50	5,50
56	049	1	2	3	6	0,50	2,00	4,50	7,00
Total		110	127	182	419				

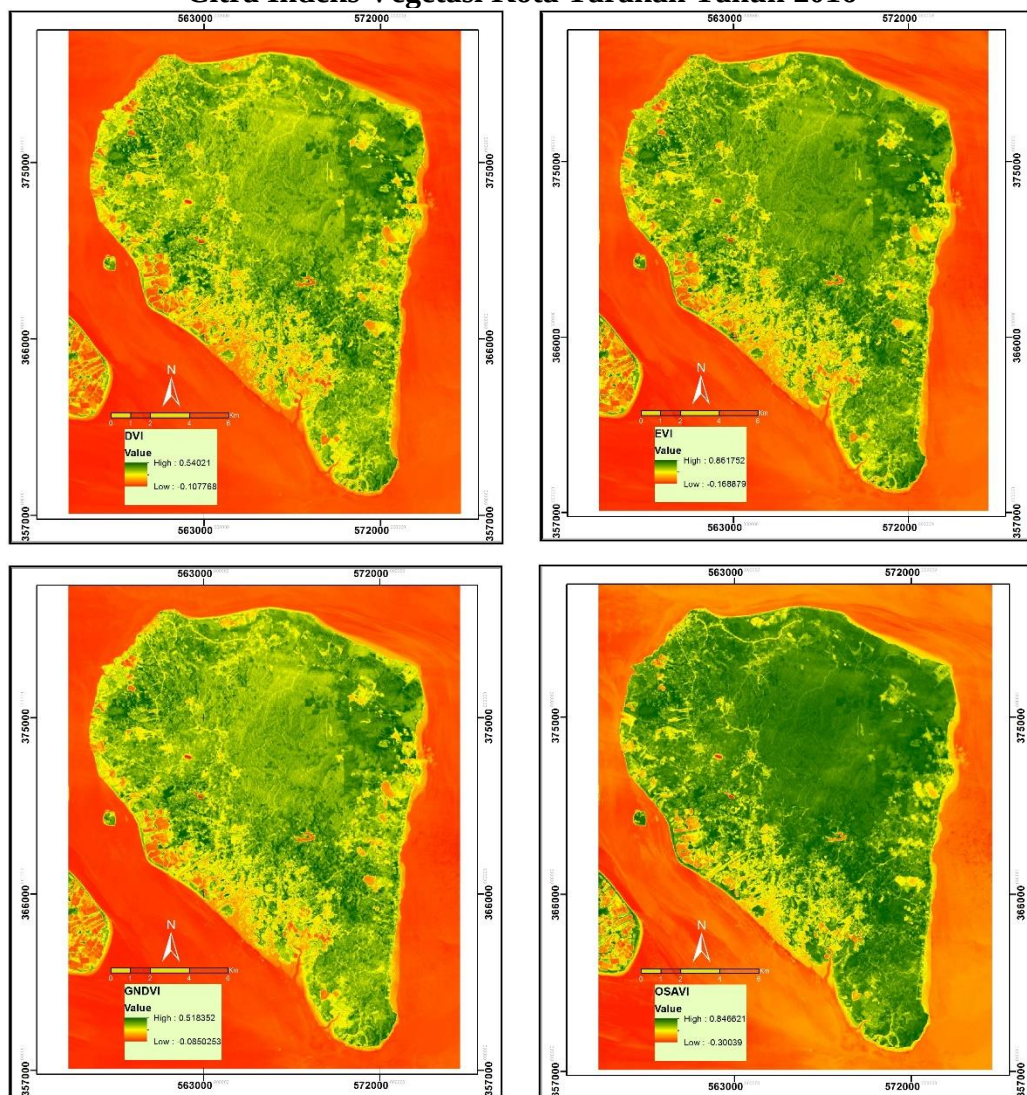
Sumber: Analisis Penulis (2017) (pengukuran di lapangan)

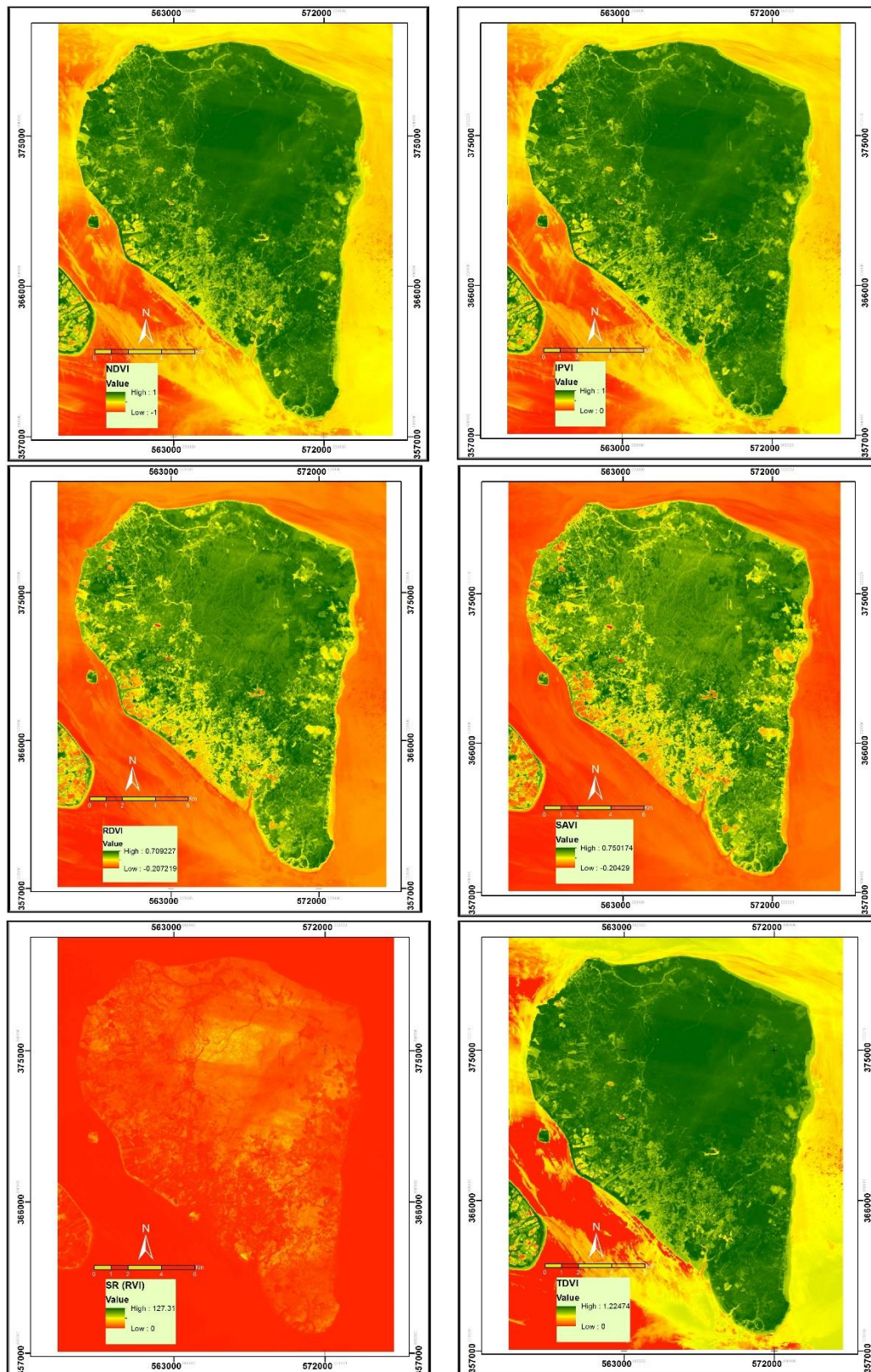
4.5.2. Korelasi Antara Nilai Sampel Kerapatan Hutan Mangrove dengan Indeks Vegetasi

Jenis Indeks vegetasi yang akan dianalisis berdasarkan citra tahun 2016 berjumlah 10 (sepuluh) jenis yaitu RVI, NDVI, TDVI, RDVI, GNDVI, DVI, SAVI, OSAVI, IPVI dan EVI menggunakan software ENVI 5.3.

Hasil dari pengolahan citra Landsat tahun 2016 dihasilkan 10 jenis citra indeks vegetasi sebagaimana gambar 4.26.

Gambar 4. 26
Citra Indeks Vegetasi Kota Tarakan Tahun 2016



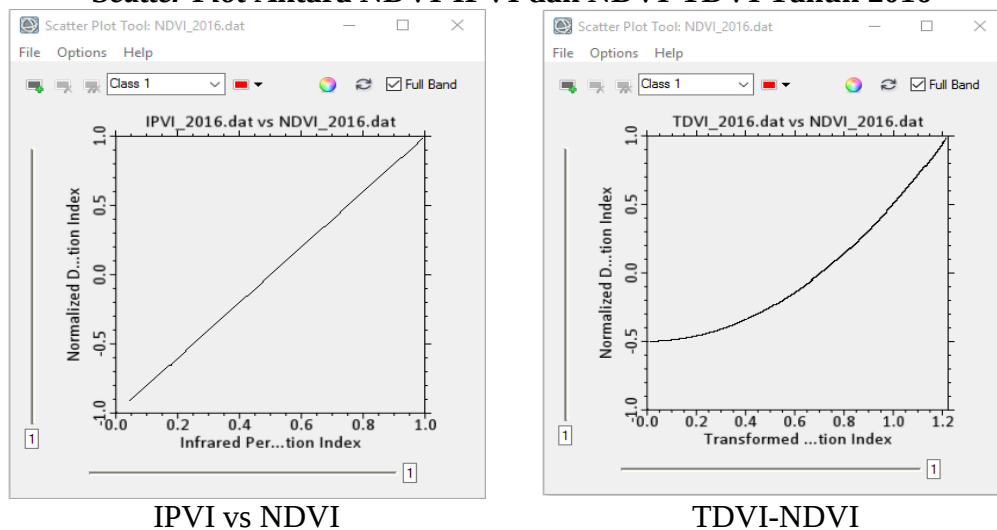


Sumber: Analisis Penulis (2017)

Untuk menganalisis korelasi antara nilai area titik sampel (nilai kerapatan mangrove) dengan nilai indeks vegetasi, maka masing-masing citra indeks vegetasi tahun 2016 (raster) harus diekstrak nilainya sesuai dengan koordinat titik sampel menggunakan software ArcGIS 10.3 dengan *tools Spatial Analyst* yaitu “*Extract Multi Values to points*”. Hasil ekstrak nilai masing-masing indeks vegetasi pada semua titik sampel dapat dilihat pada lampiran 4 Tabel L.4.1. Setelah nilai kerapatan dan masing-masing indeks vegetasi pada semua titik sampel diperoleh kemudian dinalisis statistik korelasi. Hasil korelasi dapat dilihat pada tabel 4.16.

Berdasarkan hasil uji korelasi antara nilai kerapatan dengan sepuluh indeks vegetasi, didapatkan bahwa korelasi tertinggi dengan nilai kerapatan dihasilkan oleh NDVI dan IPVI yang keduanya mempunyai nilai korelasi sebesar 81,00% dan kemudian TDVI dengan nilai korelasi 8,02%. Nilai korelasi IPVI maupun NDVI yang sebesar 81,00% tersebut menunjukkan bahwa baik IPVI maupun NDVI mampu menjelaskan 81,00% variansi kerapatan hutan mangrove di Kota Tarakan. Sedangkan TDVI hanya mampu menjelaskan 80,02% variansi kerapatan hutan mangrove di Kota Tarakan. Sebenarnya cukup unik dimana NDVI dan IPVI mempunyai nilai korelasi yang sama besar terhadap nilai kerapatan. Bahkan antara NDVI dan IPVI mempunyai korelasi yang sangat tinggi yaitu 100%. Hal ini sangat wajar dimana IPVI merupakan modifikasi dari NDVI agar tidak bernilai negatif sehingga membentuk persamaan linier yang sempurna (lihat gambar 4.27).

Gambar 4. 27
Scatter Plot Antara NDVI-IPVI dan NDVI-TDVI Tahun 2016



Sumber Analisis Penulis (2017)

Tabel 4. 16
Hasil Uji Korelasi Indeks Vegetasi dengan Nilai Kerapatan Riil Tahun 2016

Correlations		Nilai Kerapatan	OSAVI_2016	IPVI_2016	TDVI_2016	SR_2016	SAVI_2016	RDVI_2016	NDVI_2016	GNDVI_2016	EVI_2016	DVI_2016
Nilai Kerapatan	Pearson Correlation	1	.773**	.810**	.802**	.762**	.731**	.757**	.810**	.630**	.717**	.668**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
OSAVI_2016	Pearson Correlation	.773**	1	.979**	.976**	.825**	.991**	.998**	.979**	.937**	.981**	.960**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
IPVI_2016	Pearson Correlation	.810**	.979**	1	.999**	.800**	.943**	.966**	1.000**	.848**	.922**	.885**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
TDVI_2016	Pearson Correlation	.802**	.976**	.999**	1	.779**	.939**	.963**	.999**	.843**	.918**	.880**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
SR_2016	Pearson Correlation	.762**	.825**	.800**	.779**	1	.822**	.825**	.800**	.788**	.814**	.800**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
SAVI_2016	Pearson Correlation	.731**	.991**	.943**	.939**	.822**	1	.997**	.943**	.975**	.997**	.989**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
ReNDVI_2016	Pearson Correlation	.757**	.998**	.966**	.963**	.825**	.997**	1	.966**	.956**	.990**	.975**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
NDVI_2016	Pearson Correlation	.810**	.979**	1.000**	.999**	.800**	.943**	.966**	1	.848**	.922**	.885**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
GNDVI_2016	Pearson Correlation	.630**	.937**	.848**	.843**	.788**	.975**	.956**	.848**	1	.984**	.996**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
EVI_2016	Pearson Correlation	.717**	.981**	.922**	.918**	.814**	.997**	.990**	.922**	.984**	1	.995**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
DVI_2016	Pearson Correlation	.668**	.960**	.885**	.880**	.800**	.989**	.975**	.885**	.996**	.995**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Tingginya nilai korelasi NDVI & IPVI dirasa cukup wajar mengingat keduanya memang dirancang untuk menganalisis vegetasi pada sebagian besar kondisi (efek background tanah maupun efek topografi) dan tidak terlalu spesifik seperti RDVI, SAVI, OSAVI, EVI yang dirancang untuk menganalisis vegetasi dengan kerapatan yang relatif kurang padat (pengaruh background tanah melewati kanopi daun cukup besar). Sedangkan SR/RVI mempunyai kelemahan dalam pengujian statistik dimana datanya tidak terdistribusi secara normal dan banyak data outlier akibat range nilai SR/RVI sangat besar. Munculnya data outlier dan distribusinya yang tidak normal tersebut disebabkan oleh pengaruh karakter algoritma SR/RVI itu sendiri yang berupa NIR/red. Jika nilai reflektan NIR maksimal (1) dan nilai red minimal (mendekati nol) maka RVI akan sangat tinggi. Hal inilah yang menyebabkan nilai korelasi SR/RVI relatif rendah. Distribusi data yang tidak normal juga tercerminkan pada hasil citra transformasi RVI dimana perbedaan pixelnya tidak terlihat secara jelas (gambar 4.26).

Seperti halnya kelemahan SAVI dan SR/RVI, NDVI juga akan kehilangan kepekaan (jenuh) terhadap perubahan vegetasi di daerah dengan kerapatan yang lebih tinggi (Ozbakir & Bannari, 2008; Manna et al., 2013). Selain itu NDVI juga kurang peka terhadap perubahan warna daun (dari hijau ke kuning atau merah) yang disebabkan oleh band hijau (spectral hijau) yang tidak digunakan dalam algoritmanya (Motohka et al., 2010). Oleh karena itu citra transformasi NDVI pada daerah hutan umumnya akan menunjukkan tingkat kerapatan yang relatif seragam dan cenderung tinggi. Hal ini berbeda dengan OSAVI yang akan mampu membedakan (memisahkan) tutupan vegetasi dengan akurasi yang lebih baik. Sedangkan TDVI lebih akurat untuk menganalisis vegetasi pada lingkungan perkotaan (Ozbakir & Bannari, 2008). Selain itu TDVI juga mempunyai sensitivitas terhadap kejenuhan yang lebih rendah dibandingkan NDVI (Manna et al., 2013).

Dari beberapa penelitian yang ada, EVI sebenarnya mempunyai performa yang lebih baik ketimbang NDVI dalam berbagai aplikasinya terhadap vegetasi (Matsushita et al., 2007). EVI telah menggabungkan penyesuaian latar belakang dan konsep hambatan atmosfer ke dalam NDVI. Namun terdapat dua hal yang diperkirakan menyebabkan nilai korelasi EVI lebih rendah ketimbang NDVI. Pertama, EVI terlalu peka terhadap efek topografi dibandingkan NDVI, bahkan

akurasi EVI berkisar antara 10-60% pada kondisi topografi yang bervariasi, sedangkan akurasi NDVI sekitar 80% pada berbagai kondisi topografi. Kedua, EVI memerlukan band biru yang sangat rentan terhadap hambatan atmosfer, atau dapat dikatakan memiliki signal to noise ratio yang rendah. Sehingga kualitas perekaman citra sangat mempengaruhi EVI.

4.5.3. Perkembangan Kerapatan Hutan Mangrove

4.5.3.1 Klasifikasi Kelas Kerapatan Hutan Mangrove

Hingga saat ini penulis belum menemukan klasifikasi tingkat kerapatan hutan mangrove yang baku berdasarkan nilai IPVI. Sangat berbeda dengan NDVI yang sudah mempunyai klasifikasi baku tingkat kerapatan hutan mangrove seperti menurut Departemen Kehutanan tahun 2005 sebagaimana tabel 4.17, dan klasifikasi lainnya dari berbagai penelitian. Untuk itu penulis juga akan membuat kelas klasifikasi tingkat kerapatan hutan mangrove untuk IPVI berdasarkan klasifikasi NDVI yang penulis modifikasi dari klasifikasi yang ditentukan oleh Departemen Kehutanan tahun 2005 tersebut.

Tabel 4. 17
Klasifikasi Nilai Indeks Vegetasi

Nilai NDVI	Kerapatan
$0,43 \leq VI \leq 1,00$	Tinggi
$0,33 \leq VI \leq 0,42$	Sedang
$-1,00 \leq VI \leq 0,32$	Jarang

Sumber: Departemen Kehutanan, 2005

Seperti yang kita ketahui bahwa perbandingan nilai NDVI dan IPVI telah membentuk fungsi persamaan garis lurus (lihat gambar 4.26). Oleh karena itu klasifikasi kerapatan hutan mangrove IPVI akan diekstrak menggunakan persamaan garis lurus antara NDVI dan IPVI tersebut dimana nilai $IPVI = (NDVI+1)/2$. Persamaan yang terbentuk ini kemudian dijadikan dasar klasifikasi IPVI sebagaimana tabel 4.18.

Tabel 4. 18
Klasifikasi Nilai NDVI dan IPVI Kota Tarakan

Nilai NDVI	Kerapatan	Nilai IPVI
$0,70 < VI \leq 1,00$	Sangat Tinggi	$0,85 < VI \leq 1,00$
$0,42 < VI \leq 0,70$	Tinggi	$0,71 < VI \leq 0,85$
$0,32 < VI \leq 0,42$	Sedang	$0,66 < VI \leq 0,71$
$0,10 < VI \leq 0,32$	Jarang	$0,55 < VI \leq 0,66$
$-1,00 \leq VI \leq 0,10$	Sangat Jarang	$0,00 \leq VI \leq 0,55$

Sumber: Modifikasi Departemen Kehutanan (2005) & Analisis Penulis (2017)

4.5.3.2 Analisis Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove

Perkembangan kondisi hutan mangrove dari tahun 2000 dan tahun 2016 dinilai berdasarkan indeks vegetasi terbaik yang telah dianalisis sebelumnya yaitu NDVI dan IPVI. Karena keidentikan (linier) antara nilai NDVI dan IPVI baik dilihat dari hasil citra yang terbentuk (gambar 4.26) maupun berdasarkan fungsi persamaan garis lurus yang terbentuk (gambar 4.27), maka penulis disini hanya menggunakan satu jenis indeks saja untuk menilai kondisi mangrove yaitu NDVI. Hal ini dilakukan karena pada dasarnya kedua jenis indeks vegetasi tersebut adalah sama. Bedanya *range* untuk NDVI antara -1 hingga 1 dan *range* nilai untuk IPVI antara 0-1.

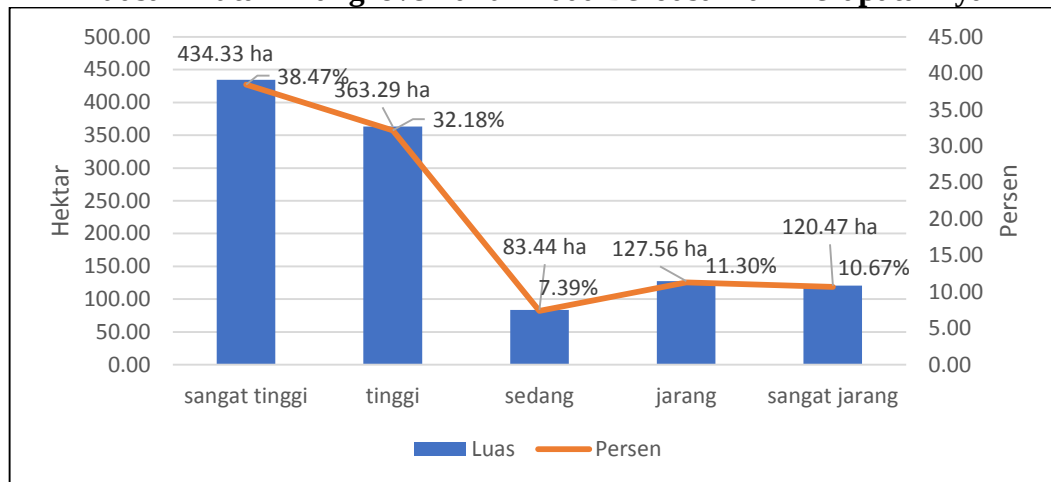
Untuk nilai kondisi mangrove dari tahun 2000 hingga tahun 2016, maka dilakukan terlebih dahulu overlay peta NDVI tahun 2000 dan tahun 2016 dengan peta sebaran mangrove pada tahun yang bersesuaian. Peta hasil overlay sebaran mangrove dan NDVI tahun 2000 kemudian dioverlay kembali dengan peta hasil overlay sebaran mangrove dan NDVI tahun 2016. Hasil overlay terakhir tersebut kemudian digunakan untuk menilai perkembangan kondisi mangrove dari tahun 2000 hingga tahun 2016.

a. Kondisi Hutan Mangrove Tahun 2000

Berdasarkan citra NDVI tahun 2000, sebanyak 70,64% kondisi hutan mangrove tahun 2000 di Kota Tarakan didominasi oleh kerapatan sangat tinggi dan

kerapatan tinggi. Hutan mangrove dengan kerapatan sangat tinggi seluas 434,33 ha (38,47%), dan hutan mangrove dengan kerapatan tinggi seluas 363,29 ha (32,18%). Sisanya 127,56 ha (11,30%) merupakan kerapatan jarang, 120,47 ha (10,67%) merupakan kerapatan sangat jarang, dan 83,44 ha (7,39%) merupakan hutan mangrove dengan kerapatan sedang (gambar 4.28)

Gambar 4. 28
Luasan Hutan Mangrove Tahun 2000 Berdasarkan Kerapatannya



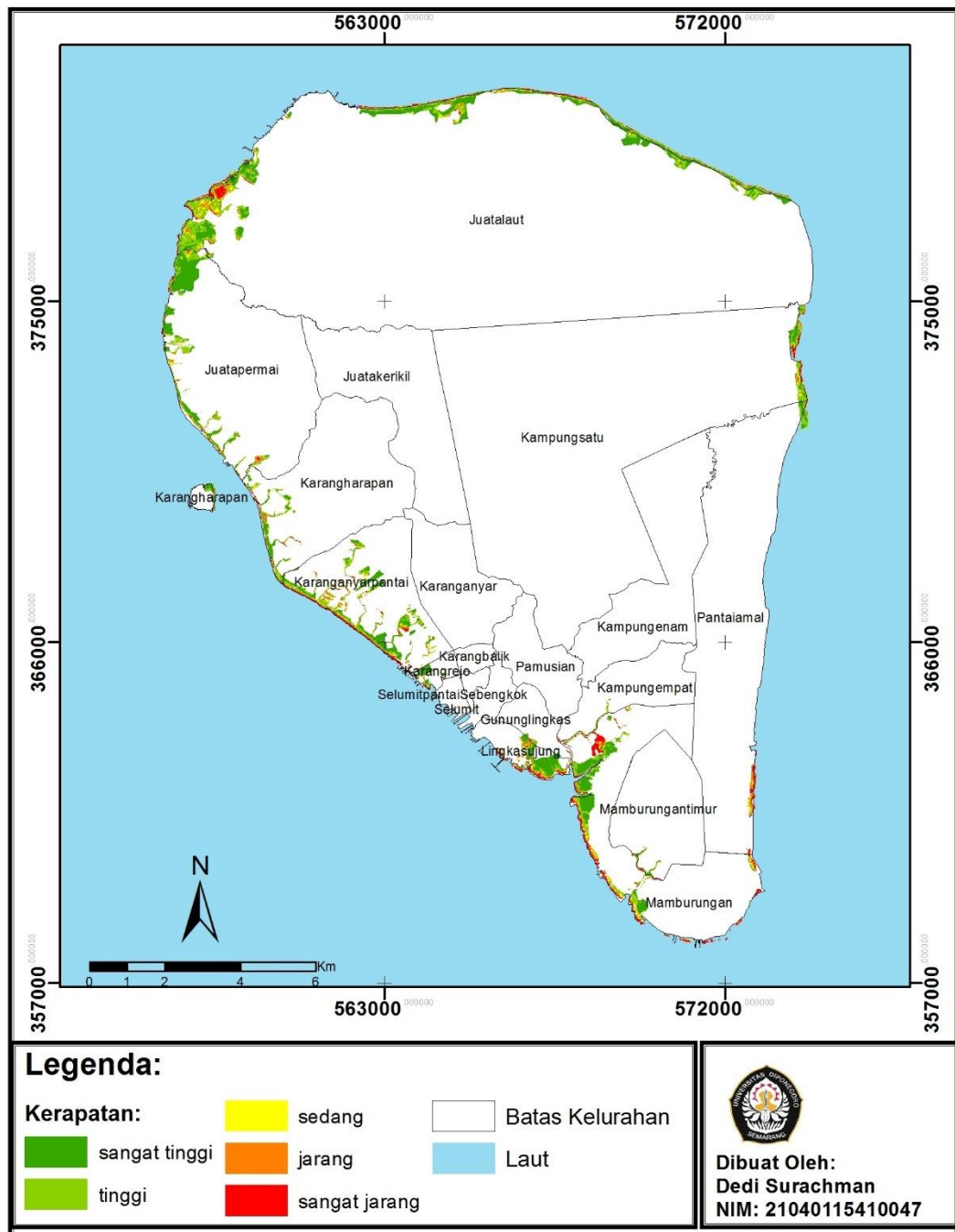
Sumber: Analisis Penulis (2017)

Jika kita melihat distribusi masing-masing kelas kerapatan hutan mangrove berdasarkan unit kelurahan, maka terlihat bahwa kerapatan sangat tinggi hutan mangrove tersebar di 12 (dua belas) kelurahan. Sebagian besar hutan mangrove dengan kerapatan sangat tinggi tersebut terutama tersebar di 4 kelurahan yaitu Kel. Juata laut sebanyak 34,57% (150,15 ha), Kel. Juata permai sebanyak 18,34% (79,67 ha), Kel. Mamburungan sebanyak 15,05% (65,36 ha) dan Kel. Karanganyar pantai sebanyak 12,88% (55,93 ha). Sisanya tersebar cukup merata di 8 (delapan) kelurahan lainnya (tabel 4.19).

Seperti halnya sebaran hutan mangrove dengan kerapatan sangat tinggi, hutan mangrove dengan kerapatan tinggi juga sebagian besar tersebar di 4 kelurahan yaitu Kel. Juata laut, Kel. Juata permai, Kel. Mamburungan, dan Kel. Karanganyar pantai. Dari 363,29 ha hutan mangrove dengan kerapatan tinggi, 40,90% (148,59 ha) terdapat di Kel. Juata laut, sebanyak 15,33% (55,70 ha) terdapat di Kel. Karanganyar pantai, sebanyak 12,96% (47,07 ha) terdapat di Kel.

Mamburungan, dan sebanyak 11,79% (42,85%) terdapat di Kel. Juata permai. Untuk Sebaran kelas kerapatan yang lain dapat dilihat pada tabel 4.19.

Gambar 4. 29
Peta Kerapatan Hutan Mangrove Tahun 2000 Di Kota Tarakan



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Berdasarkan beberapa hal di atas, dapat disimpulkan bahwa pada 4 (empat) kelurahan tersebut (Kel. Juata laut, Kel. Juata permai, Kel. Mamburungan, dan Kel. Karanganyar pantai) selain mempunyai kontribusi yang besar terhadap luasan hutan

mangrove keseluruhan di Kota Tarakan, juga hutan mangrovenya masih dalam kondisi yang baik.

Tabel 4. 19
Sebaran Kerapatan Hutan Mangrove Tahun 2000 di Kota Tarakan

No	Kecamatan	Kelurahan	Kerapatan	Luas (ha)	%
1	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	sangat tinggi	55,93	12,88
2	Tarakan Barat	Karang harapan	sangat tinggi	21,72	5,00
3	Tarakan Barat	Karang rejo	sangat tinggi	8,00	1,84
4	Tarakan Tengah	Kampung satu	sangat tinggi	9,84	2,26
5	Tarakan Timur	Gunung lingkas	sangat tinggi	1,66	0,38
6	Tarakan Timur	Kampung empat	sangat tinggi	0,14	0,03
7	Tarakan Timur	Lingkak ujung	sangat tinggi	32,80	7,55
8	Tarakan Timur	Mamburungan	sangat tinggi	65,36	15,05
9	Tarakan Timur	Mamburungan timur	sangat tinggi	3,27	0,75
10	Tarakan Timur	Pantai amal	sangat tinggi	5,80	1,33
11	Tarakan Utara	Juata laut	sangat tinggi	150,15	34,57
12	Tarakan Utara	Juata permai	sangat tinggi	79,67	18,34
Jumlah				434,33	100,00
13	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	tinggi	55,70	15,33
14	Tarakan Barat	Karang harapan	tinggi	20,65	5,69
15	Tarakan Barat	Karang rejo	tinggi	2,49	0,68
16	Tarakan Tengah	Kampung satu	tinggi	18,27	5,03
17	Tarakan Tengah	Selumit pantai	tinggi	0,08	0,02
18	Tarakan Timur	Gunung lingkas	tinggi	1,25	0,34
19	Tarakan Timur	Kampung empat	tinggi	2,75	0,76
20	Tarakan Timur	Lingkak ujung	tinggi	14,42	3,97
21	Tarakan Timur	Mamburungan	tinggi	47,07	12,96
22	Tarakan Timur	Mamburungan timur	tinggi	2,37	0,65
23	Tarakan Timur	Pantai amal	tinggi	6,81	1,88
24	Tarakan Utara	Juata laut	tinggi	148,59	40,90
25	Tarakan Utara	Juata permai	tinggi	42,85	11,79
Jumlah				363,29	100,00
26	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	sedang	11,01	13,19
27	Tarakan Barat	Karang harapan	sedang	4,45	5,33
28	Tarakan Barat	Karang rejo	sedang	0,50	0,59

No	Kecamatan	Kelurahan	Kerapatan	Luas (ha)	%
29	Tarakan Tengah	Kampung satu	sedang	4,37	5,23
30	Tarakan Timur	Gunung lingkas	sedang	0,22	0,27
31	Tarakan Timur	Kampung empat	sedang	0,99	1,18
32	Tarakan Timur	Lingkas ujung	sedang	4,20	5,04
33	Tarakan Timur	Mamburungan	sedang	14,11	16,91
34	Tarakan Timur	Mamburungan timur	sedang	0,09	0,11
35	Tarakan Timur	Pantai amal	sedang	3,32	3,98
36	Tarakan Utara	Juata laut	sedang	31,80	38,11
37	Tarakan Utara	Juata permai	sedang	8,40	10,07
Jumlah				83,44	100,00
38	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	jarang	16,09	12,61
39	Tarakan Barat	Karang harapan	jarang	5,05	3,96
40	Tarakan Barat	Karang rejo	jarang	1,28	1,01
41	Tarakan Tengah	Kampung satu	jarang	6,70	5,25
42	Tarakan Tengah	Selumit pantai	jarang	0,23	0,18
43	Tarakan Timur	Gunung lingkas	jarang	0,49	0,38
44	Tarakan Timur	Kampung empat	jarang	1,14	0,89
45	Tarakan Timur	Lingkas ujung	jarang	8,23	6,45
46	Tarakan Timur	Mamburungan	jarang	20,50	16,07
47	Tarakan Timur	Mamburungan timur	jarang	0,27	0,21
48	Tarakan Timur	Pantai amal	jarang	9,00	7,05
49	Tarakan Utara	Juata laut	jarang	44,69	35,04
50	Tarakan Utara	Juata permai	jarang	13,89	10,89
Jumlah				127,56	100,00
51	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	sangat jarang	17,20	14,28
52	Tarakan Barat	Karang harapan	sangat jarang	5,40	4,48
53	Tarakan Barat	Karang rejo	sangat jarang	1,35	1,12
54	Tarakan Tengah	Kampung satu	sangat jarang	4,74	3,94
55	Tarakan Tengah	Selumit pantai	sangat jarang	0,21	0,18
56	Tarakan Timur	Gunung lingkas	sangat jarang	0,31	0,26
57	Tarakan Timur	Kampung empat	sangat jarang	0,45	0,38
58	Tarakan Timur	Lingkas ujung	sangat jarang	8,69	7,22
59	Tarakan Timur	Mamburungan	sangat jarang	37,15	30,84
60	Tarakan Timur	Mamburungan timur	sangat jarang	0,10	0,08

No	Kecamatan	Kelurahan	Kerapatan	Luas (ha)	%
61	Tarakan Timur	Pantai amal	sangat jarang	7,06	5,86
62	Tarakan Utara	Juata laut	sangat jarang	31,41	26,07
63	Tarakan Utara	Juata permai	sangat jarang	6,39	5,30
Jumlah				120,47	100,00
TOTAL				1129,09	

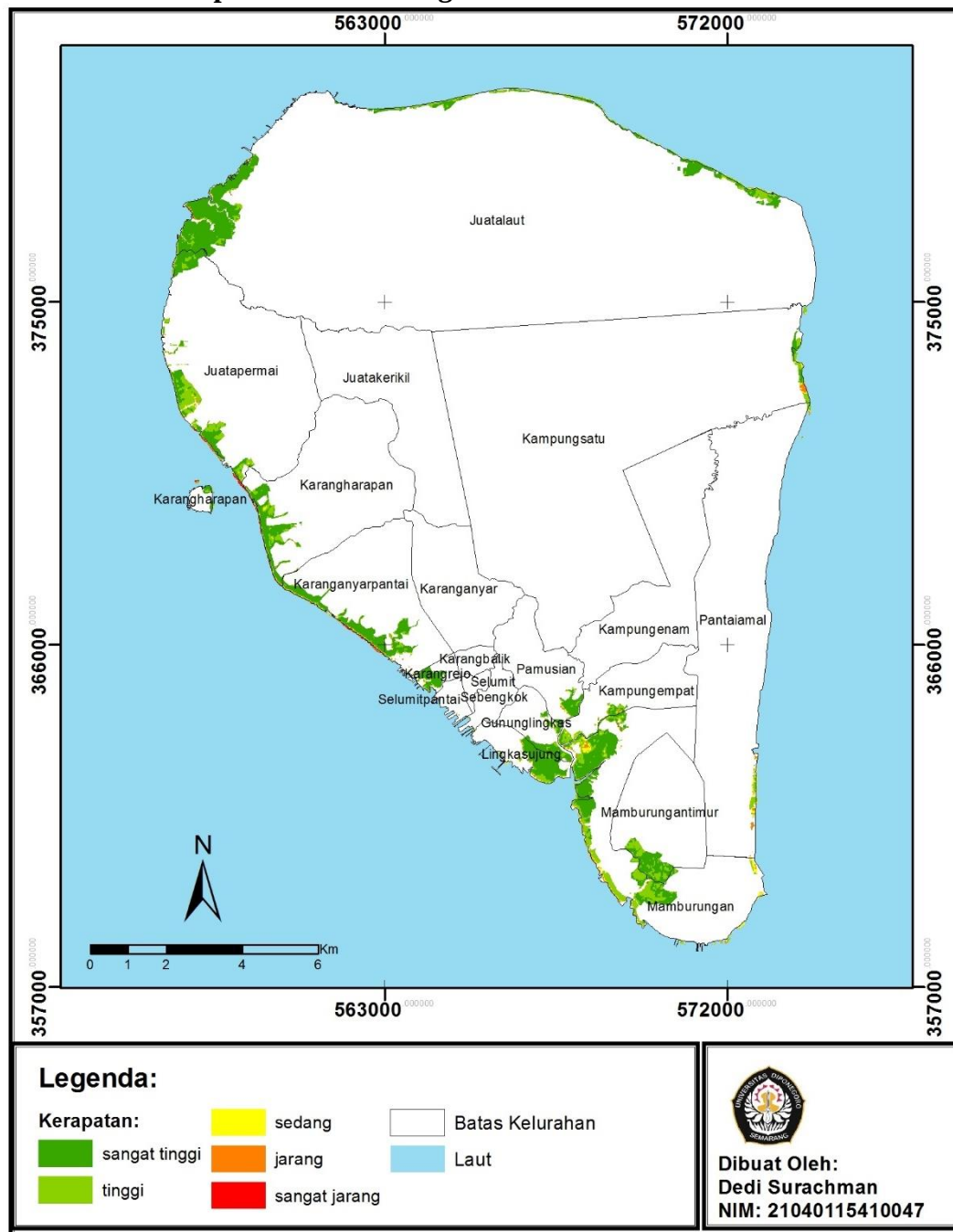
Sumber: Analisis Penulis (2017)

Jika kita lihat proporsi kelas kerapatan hutan mangrove pada masing-masing kelurahan (di 13 kelurahan), tampak bahwa hampir semua luasan pada masing-masing kelurahan tersebut didominasi oleh kelas kerapatan sangat tinggi dan tinggi. Hanya terdapat 2 (dua) kelurahan yang hutan mangrove di wilayahnya didominasi oleh kerapatan sangat jarang dan jarang. Dua kelurahan tersebut ialah Selumit pantai dan Pantai amal (lihat lampiran 5 Tabel L.5.1). Dari 0,52 ha luas hutan mangrove di Kel. Selumit pantai, sebanyak 84,65% merupakan hutan mangrove dengan kerapatan sangat jarang (40,73%) dan jarang (43,92%). Sedangkan dari 31,99 ha hutan mangrove di Kel. Pantai amal, 28,12% diantara mempunyai kerapatan jarang dan 22,08% lainnya mempunyai kerapatan sangat jarang.

b. Kondisi Hutan Mangrove Tahun 2016

Hutan mangrove tahun 2016 di Kota Tarakan sebagian besar mempunyai kerapatan sangat tinggi seluas 809,65 ha (62,40%) dan kerapatan tinggi seluas 379,15 ha (29,22%). Sisanya sebanyak 3,90% (50,56 ha) termasuk kedalam kerapatan sedang, sebanyak 3,62% (46,96 ha) termasuk kedalam kerapatan jarang, dan sebanyak 0,87% (11,29 ha) termasuk kedalam kerapatan sangat jarang (gambar 4.30 dan gambar 4.31). Oleh karena itu bisa dikatakan bahwa 91,61% hutan mangrove tahun 2016 di Kota Tarakan dalam kondisi yang sangat baik.

Gambar 4. 30
Peta Kerapatan Hutan Mangrove Tahun 2016 Di Kota Tarakan

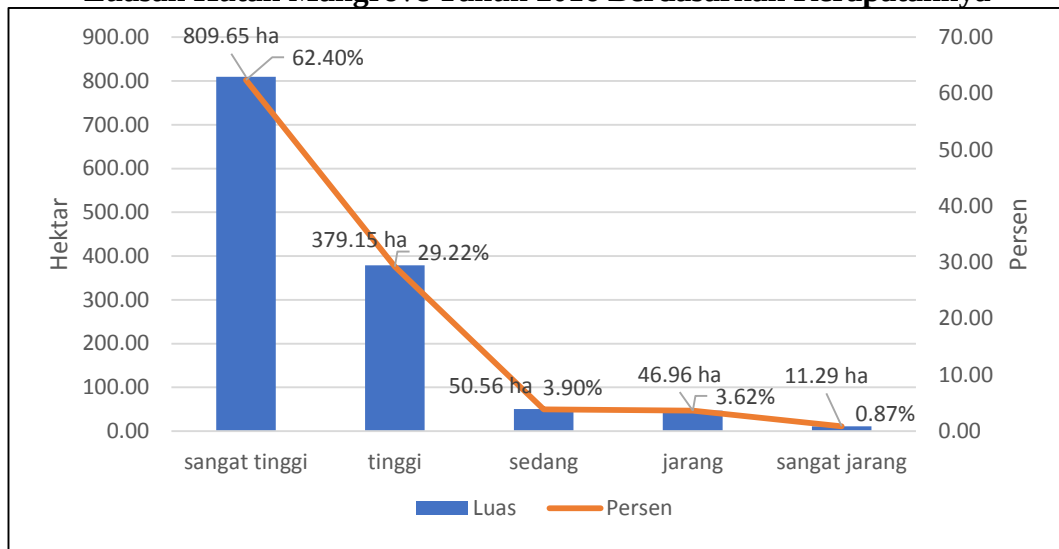


Sumber: Analisis Penulis (2017)

Jika dilihat dari distribusi hutan mangrove dengan kerapatan sangat tinggi tersebar di 14 (empat belas) kelurahan (lihat tabel 4.20). Sebagian besar hutan mangrove dengan kerapatan sangat tinggi tersebut terdapat di Kel. Juata laut (30,19%) dan Kel. Mamburungan (18,74%). Sisanya tersebar cukup merata terutama di 4 (empat) kelurahan lainnya seperti Kel. Karanganyar pantai (9,95%),

Kel. Juata permai (9,19%), Kel. Karang harapan (8,68%) dan Kel. Lingkas ujung (7,19%).

Gambar 4. 31
Luasan Hutan Mangrove Tahun 2016 Berdasarkan Kerapatannya



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Untuk hutan mangrove dengan kerapatan tinggi tersebar di 15 kelurahan atau dengan kata lain bahwa seluruh kelurahan yang terdapat hutan mangrove mempunyai hutan mangrove dengan kerapatan tinggi. Hutan mangrove dengan kerapatan tinggi tersebut sebagian besar tersebar di Kel. Mamburungan sebanyak 28,05% (106,36 ha), di Kel. Juata laut sebanyak 18,80% (71,29 ha) dan di Kel. Juata permai sebanyak 18,28% (69,32 ha). Sisanya tersebar cukup merata di 12 (dua belas) kelurahan lainnya (lihat tabel 4.20).

Tabel 4. 20
Sebaran Kerapatan Hutan Mangrove Tahun 2016 di Kota Tarakan

No	Kecamatan	Kelurahan	Kerapatan	Luas (ha)	%
1	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	sangat tinggi	80,56	9,95
2	Tarakan Barat	Karang harapan	sangat tinggi	70,31	8,68
3	Tarakan Barat	Karang rejo	sangat tinggi	22,71	2,80
4	Tarakan Tengah	Kampung satu	sangat tinggi	8,77	1,08
5	Tarakan Tengah	Pamusian	sangat tinggi	20,15	2,49
6	Tarakan Tengah	Sebengkok	sangat tinggi	0,03	0,00
7	Tarakan Timur	Gunung lingkas	sangat tinggi	25,48	3,15
8	Tarakan Timur	Kampung empat	sangat tinggi	10,15	1,25
9	Tarakan Timur	Lingkas ujung	sangat tinggi	58,19	7,19

No	Kecamatan	Kelurahan	Kerapatan	Luas (ha)	%
10	Tarakan Timur	Mamburungan	sangat tinggi	151,76	18,74
11	Tarakan Timur	Mamburungan timur	sangat tinggi	42,23	5,22
12	Tarakan Timur	Pantai amal	sangat tinggi	0,41	0,05
13	Tarakan Utara	Juata laut	sangat tinggi	244,47	30,19
14	Tarakan Utara	Juata permai	sangat tinggi	74,43	9,19
Jumlah				809,65	100,00
15	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	tinggi	17,40	4,59
16	Tarakan Barat	Karang harapan	tinggi	25,39	6,70
17	Tarakan Barat	Karang rejo	tinggi	3,18	0,84
18	Tarakan Tengah	Kampung satu	tinggi	12,51	3,30
19	Tarakan Tengah	Pamusian	tinggi	4,21	1,11
20	Tarakan Tengah	Sebengkok	tinggi	0,20	0,05
21	Tarakan Tengah	Selumit pantai	tinggi	0,19	0,05
22	Tarakan Timur	Gunung lingkas	tinggi	8,36	2,20
23	Tarakan Timur	Kampung empat	tinggi	15,60	4,12
24	Tarakan Timur	Lingkak ujung	tinggi	11,65	3,07
25	Tarakan Timur	Mamburungan	tinggi	106,36	28,05
26	Tarakan Timur	Mamburungan timur	tinggi	23,51	6,20
27	Tarakan Timur	Pantai amal	tinggi	9,97	2,63
28	Tarakan Utara	Juata laut	tinggi	71,29	18,80
29	Tarakan Utara	Juata permai	tinggi	69,32	18,28
Jumlah				379,15	100,00
30	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	sedang	3,27	6,46
31	Tarakan Barat	Karang harapan	sedang	2,72	5,37
32	Tarakan Barat	Karang rejo	sedang	0,67	1,33
33	Tarakan Tengah	Kampung satu	sedang	2,36	4,67
34	Tarakan Tengah	Pamusian	sedang	0,96	1,89
35	Tarakan Tengah	Sebengkok	sedang	0,13	0,27
36	Tarakan Tengah	Selumit pantai	sedang	0,00	0,00
37	Tarakan Timur	Gunung lingkas	sedang	0,28	0,55
38	Tarakan Timur	Kampung empat	sedang	1,61	3,19
39	Tarakan Timur	Lingkak ujung	sedang	2,61	5,17
40	Tarakan Timur	Mamburungan	sedang	20,15	39,86
41	Tarakan Timur	Mamburungan timur	sedang	0,04	0,08
42	Tarakan Timur	Pantai amal	sedang	5,72	11,32
43	Tarakan Utara	Juata laut	sedang	5,93	11,74
44	Tarakan Utara	Juata permai	sedang	4,10	8,11

No	Kecamatan	Kelurahan	Kerapatan	Luas (ha)	%
Jumlah				50,56	100,00
45	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	jarang	8,78	18,70
46	Tarakan Barat	Karang harapan	jarang	3,99	8,50
47	Tarakan Barat	Karang rejo	jarang	0,77	1,65
48	Tarakan Tengah	Kampung satu	jarang	3,34	7,11
49	Tarakan Tengah	Pamusian	jarang	0,51	1,09
50	Tarakan Tengah	Sebengkok	jarang	0,14	0,30
51	Tarakan Tengah	Selumit pantai	jarang	0,08	0,17
52	Tarakan Timur	Gunung lingkas	jarang	0,16	0,33
53	Tarakan Timur	Kampung empat	jarang	0,83	1,77
54	Tarakan Timur	Lingkak ujung	jarang	1,79	3,80
55	Tarakan Timur	Mamburungan	jarang	12,54	26,70
56	Tarakan Timur	Mamburungan timur	jarang	0,06	0,13
57	Tarakan Timur	Pantai amal	jarang	4,06	8,64
58	Tarakan Utara	Juata laut	jarang	4,03	8,59
59	Tarakan Utara	Juata permai	jarang	5,88	12,52
Jumlah				46,96	100,00
60	Tarakan Barat	Karanganyar pantai	sangat jarang	2,46	21,78
61	Tarakan Barat	Karang harapan	sangat jarang	3,71	32,87
62	Tarakan Tengah	Pamusian	sangat jarang	0,07	0,60
63	Tarakan Timur	Gunung lingkas	sangat jarang	0,08	0,68
64	Tarakan Timur	Kampung empat	sangat jarang	0,09	0,80
65	Tarakan Timur	Lingkak ujung	sangat jarang	0,00	0,00
66	Tarakan Timur	Mamburungan	sangat jarang	0,65	5,74
67	Tarakan Utara	Juata laut	sangat jarang	0,93	8,28
68	Tarakan Utara	Juata permai	sangat jarang	3,30	29,27
Jumlah				11,29	100,00
TOTAL				1297,61	

Sumber: Analisis Penulis (2017)

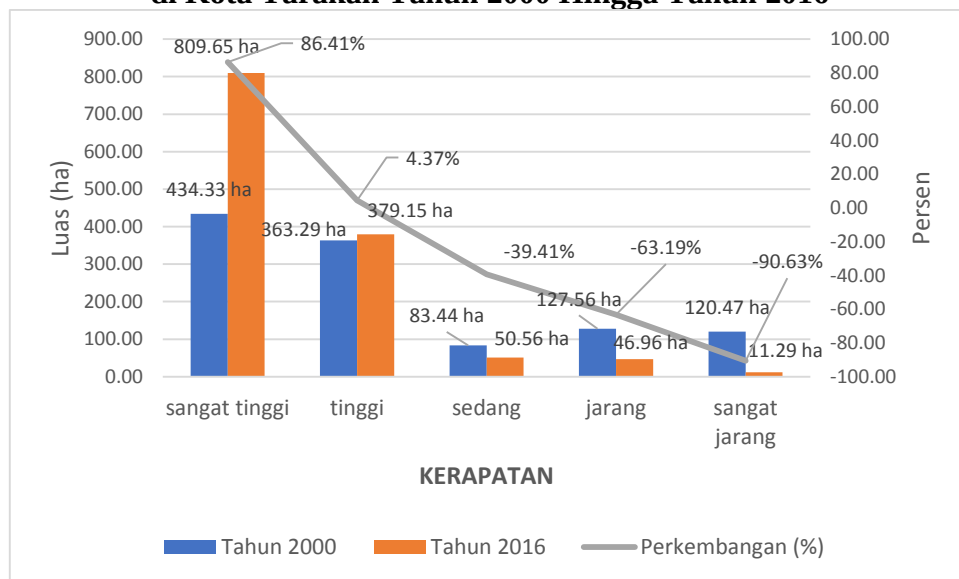
Jika dilihat dari proporsi kelas kerapatan hutan mangrove pada masing-masing kelurahan (15 kelurahan), hampir semuanya didominasi oleh kondisi hutan mangrove dengan kerapatan sangat tinggi dan kerapatan tinggi. Hanya Kelurahan sebengkok yang sebagian besar kerapatan hutan mangrovenya tergolong jarang sebanyak 27,89% dan tergolong sedang sebanyak 26,11% (lihat lampiran 5 Tabel L.5.2). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa pada tahun 2016 baik itu secara

agregat keseluruhan se-Kota Tarakan maupun pada masing-masing kelurahan sebagian besar hutan mangrovenya dalam kondisi sangat baik.

c. Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove Dari Tahun 2000 Hingga Tahun 2016

Perkembangan kerapatan hutan mangrove dari tahun 2000 hingga tahun 2016 mempunyai tren sangat positif. Luasan hutan mangrove dengan kerapatan sangat tinggi mengalami perluasan yang sangat signifikan yaitu sebesar 86,41% dari luasan di tahun 2000. Meskipun tidak signifikan perluasan area juga ditunjukkan oleh hutan mangrove dengan kerapatan tinggi yaitu sebesar 4,37%. Sedangkan kelas kerapatan yang lain mengalami penurunan luasan seperti kerapatan sedang menurun 39,41%, kerapatan jarang menurun 63,19% dan kerapatan sangat jarang menurun 90,63%.

Gambar 4. 32
Agregat Luasan Perkembangan Kerapatan Hutan Mangrove di Kota Tarakan Tahun 2000 Hingga Tahun 2016

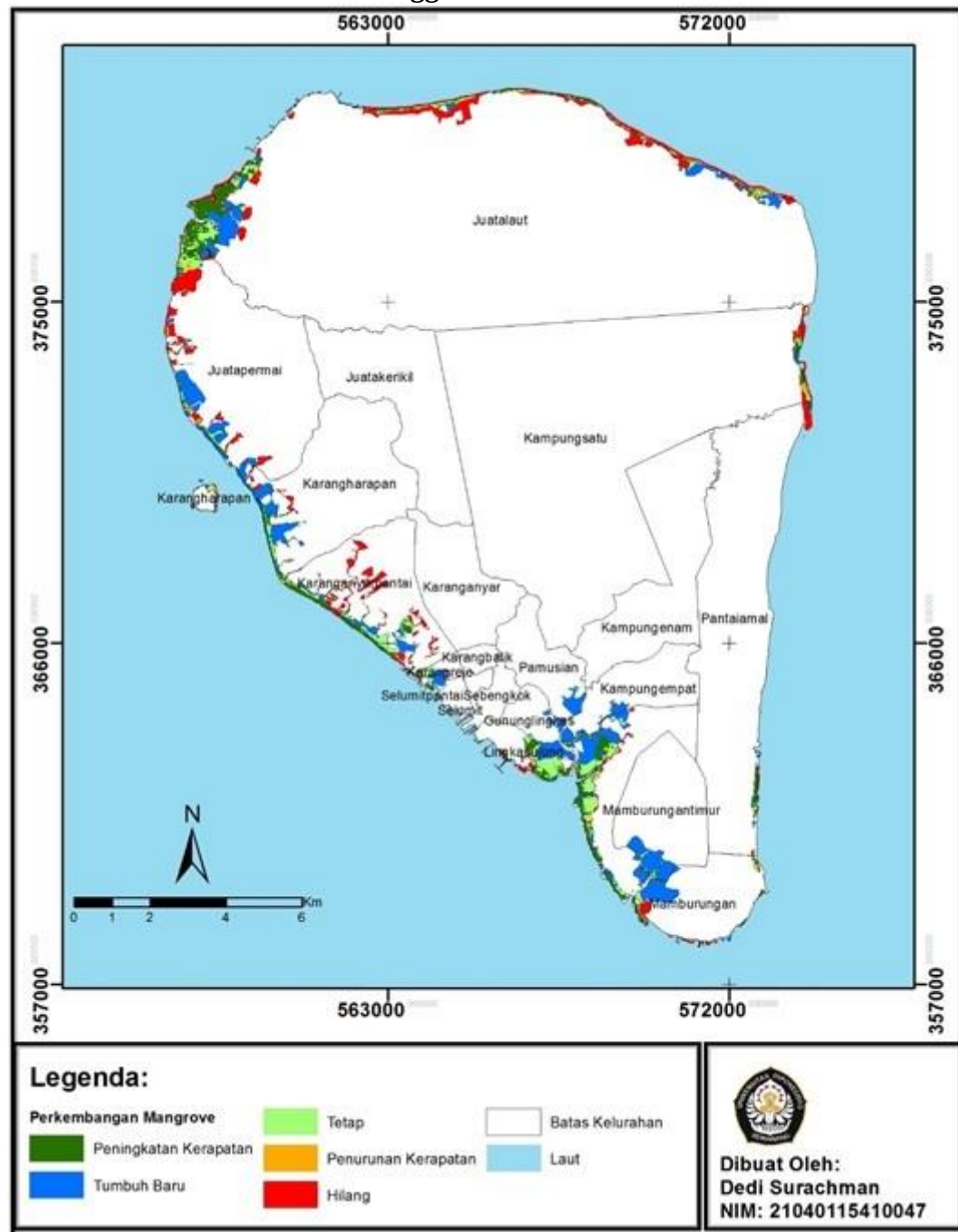


Sumber: Analisis Penulis (2017)

Dinamika perkembangan kondisi hutan mangrove dari tahun 2000 hingga tahun 2016 terbagi menjadi 3 klasifikasi yaitu degradasi, tetap dan *recovery* yang terjadi pada area lahan seluas 1767,61 ha. Degradasi yang dimaksud ialah menurunnya tingkat kerapatan hutan mangrove dan hilangnya area hutan mangrove. Tetap yang dimaksud ialah kesamaan tingkat kerapatan hutan mangrove dari tahun 2000 hingga tahun 2016, sedangkan *recovery* yang dimaksud ialah meningkatnya

tingkat kepadatan hutan mangrove dan tumbuhnya area-area baru pada tahun 2016 yang pada tahun 2000 area mangrove tersebut belum ada.

Gambar 4. 33
Peta Perkembangan Kepadatan Hutan Mangrove
Dari Tahun 2000 Hingga Tahun 2016 Di Kota Tarakan

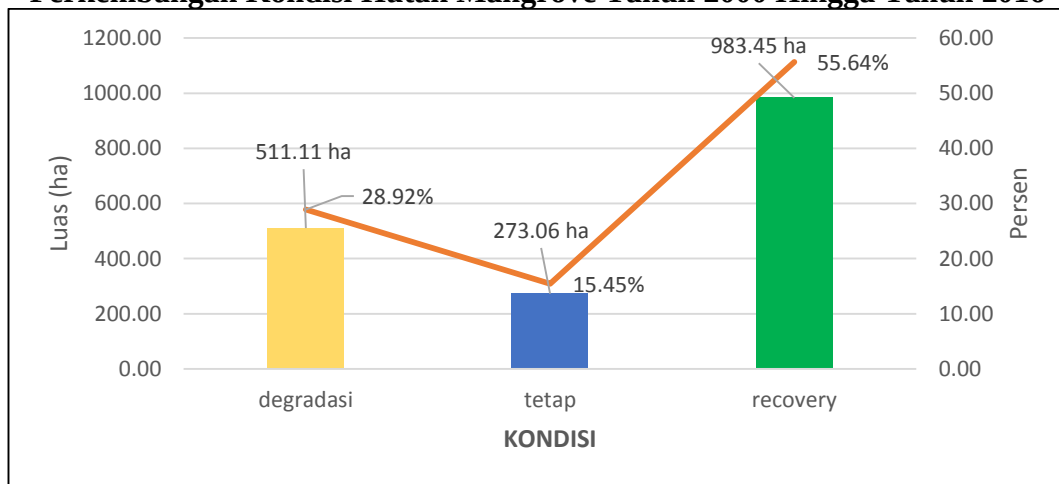


Sumber: Analisis Penulis (2017)

Dari tahun 2000 hingga tahun 2016 terdapat 511,11 ha (28,92%) hutan mangrove yang mengalami degradasi baik yang berupa penurunan kepadatan hutan

mangrove maupun hilangnya area hutan mangrove. Sedangkan tingkat kerapatan hutan mangrove yang tetap seluas 273,06 ha (15,45%), dan yang mengalami *recovery* seluas 983,45 ha (55,64%) baik itu yang berupa peningkatan kerapatan hutan mangrove maupun area hutan mangrove yang tumbuh baru. Oleh karena itu secara keseluruhan dari tahun 2000 hingga tahun 2016 perkembangan kondisi hutan mangrove cenderung lebih bersifat *recovery*.

Gambar 4. 34
Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove Tahun 2000 Hingga Tahun 2016



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Lebih rinci lagi, dari keseluruhan area hutan mangrove yang mengalami degradasi, 8,04% (41,10 ha) diantaranya mengalami penurunan tingkat kerapatan dan 91,96% (470,00 ha) sisanya hilang. Oleh karena itu degradasi hutan mangrove dari tahun 2000 ke tahun 2016 di Kota Tarakan sangat didominasi oleh hilangnya area hutan mangrove ketimbang terjadinya penurunan tingkat kerapatan hutan mangrove tersebut (lihat tabel 4.21).

Sebaran hutan mangrove yang hilang sebagian besar terjadi di 3 kelurahan yaitu Juata laut, Juata permai dan Karanganyar pantai. Luas hutan mangrove yang hilang dalam perkembangannya di Kel. Juata laut sebanyak 192,54 ha atau 40,97% dari luas keseluruhan hutan mangrove yang hilang. Sedangkan di Kel. Juata permai seluas 89,90 ha (19,13%) dan di Kel. Karanganyar pantai seluas 81,92 ha (17,43%).

Penurunan tingkat kerapatan hutan mangrove sebagian besar terjadi Kel. Juata laut, Juata permai dan Kampung satu. Dari keseluruhan hutan mangrove yang mengalami penurunan kerapatan, Kel. Juata laut berkontribusi sebesar 45,80%

(18,82 ha), Kel. Juata permai berkontribusi 20,02% (8,23 ha) dan Kel. Kampung satu berkontribusi sebesar 14,44% (5,93 ha). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa degradasi hutan mangrove secara keseluruhan sebagian besar terjadi pada dua kelurahan yaitu Kel. Juata laut dan Kel. Juata permai (lihat lampiran 5 Tabel L.5.3).

Seperti halnya degradasi, dari keseluruhan *recovery* hutan mangrove dari tahun 2000 ke tahun 2016 di Kota Tarakan sebesar 64,93% atau seluas 638,53 ha merupakan tumbuhnya area mangrove baru, sedangkan sisanya yaitu 35,07% atau seluas 344,92 ha merupakan peningkatan kerapatan hutan mangrove (lihat tabel 4.21). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa *recovery* hutan mangrove di Kota Tarakan lebih didominasi oleh tumbuhnya area-area mangrove baru ketimbang peningkatan kerapatan vegetasi dari hutan mangrove yang ada.

Secara keseluruhan hutan mangrove yang mengalami *recovery* dari tahun 2000 ke tahun 2016 baik itu dari segi peningkatan kerapatan maupun munculnya area hutan mangrove baru sebagian besar terjadi di 3 (tiga) kelurahan yaitu Kel. Juata laut, Kel. Juata permai dan Kel. Mamburungan (lihat lampiran 5 Tabel L.5.3). Sebaran hutan mangrove yang mengalami peningkatan kerapatan di Kel. Mamburungan seluas 77,29 ha atau sebesar 22,41% dari keseluruhan area yang mengalami peningkatan kerapatan dan peningkatan kerapatan hutan mangrove di Kel. Juata laut seluas 125,96 ha (36,52%). Sedangkan *recovery* dalam hal munculnya area hutan mangrove baru dalam perkembangannya sebagian besar terjadi di Kel. Mamburungan seluas 141,28 ha atau 22,13% dari seluruh area hutan mangrove baru. Sedangkan di Kel. Juata laut seluas 112,57 ha (17,63%) dan di Kel. Juata permai seluas 95,74 ha (14,99%).

Perkembangan hutan mangrove dengan tingkat kerapatannya tetap yang seluas 273,06 ha sebagian besar terjadi di dua kelurahan yaitu di Kel. Mamburungan dengan luas 69,29 ha (25,38%) dan Kel. Juata laut dengan luas 69,31 ha (25,38%).

Tabel 4. 21
Rincian Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove
Dari Tahun 2000 ke Tahun 2016 di Kota Tarakan

Dari Tahun 2000 ke Tahun 2010 di Kota Pekanbaru				
No	Perkembangan		Luas (ha)	%
1	degradasi	penurunan kerapatan	41,10	8,04
		hilang	470,00	91,96
Jumlah			511,11	100,00

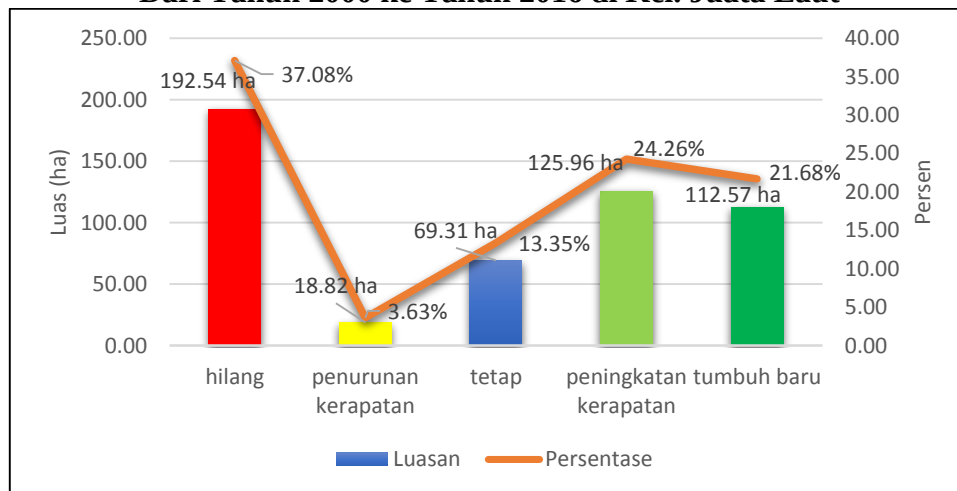
No	Perkembangan		Luas (ha)	%
2	tetap		273,06	100,00
Jumlah			273,06	100,00
3	recovery	peningkatan kerapatan	344,92	35,07
		tumbuh baru	638,53	64,93
Jumlah			983,45	100,00
TOTAL			1767,61	

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Dari beberapa pembahasan sebelumnya, terlihat bahwa dinamika perubahan kondisi hutan mangrove yang cukup bervariasi terjadi di Kel. Juata laut, Kel. Juata permai dan Kel. Mamburungan. Ketiga kelurahan tersebut umumnya selalu mendominasi luasan kondisi hutan mangrove baik itu dari segi degradasi (penurunan kerapatan dan hilang area mangrove), tetap (kesamaan tingkat kerapatan hutan mangrove), maupun *recovery* (peningkatan kerapatan dan tumbuhnya area baru hutan mangrove).

Di Kelurahan Juata laut dinamika perubahan kondisi hutan mangrovenya antara degradasi dan *recovery* cukup seimbang. Di suatu area mengalami degradasi sebanyak 40,71% dan di sisi lainnya mengalami *recovery* sebanyak 45,94%.

Gambar 4. 35
Dinamika Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove
Dari Tahun 2000 ke Tahun 2016 di Kel. Juata Laut

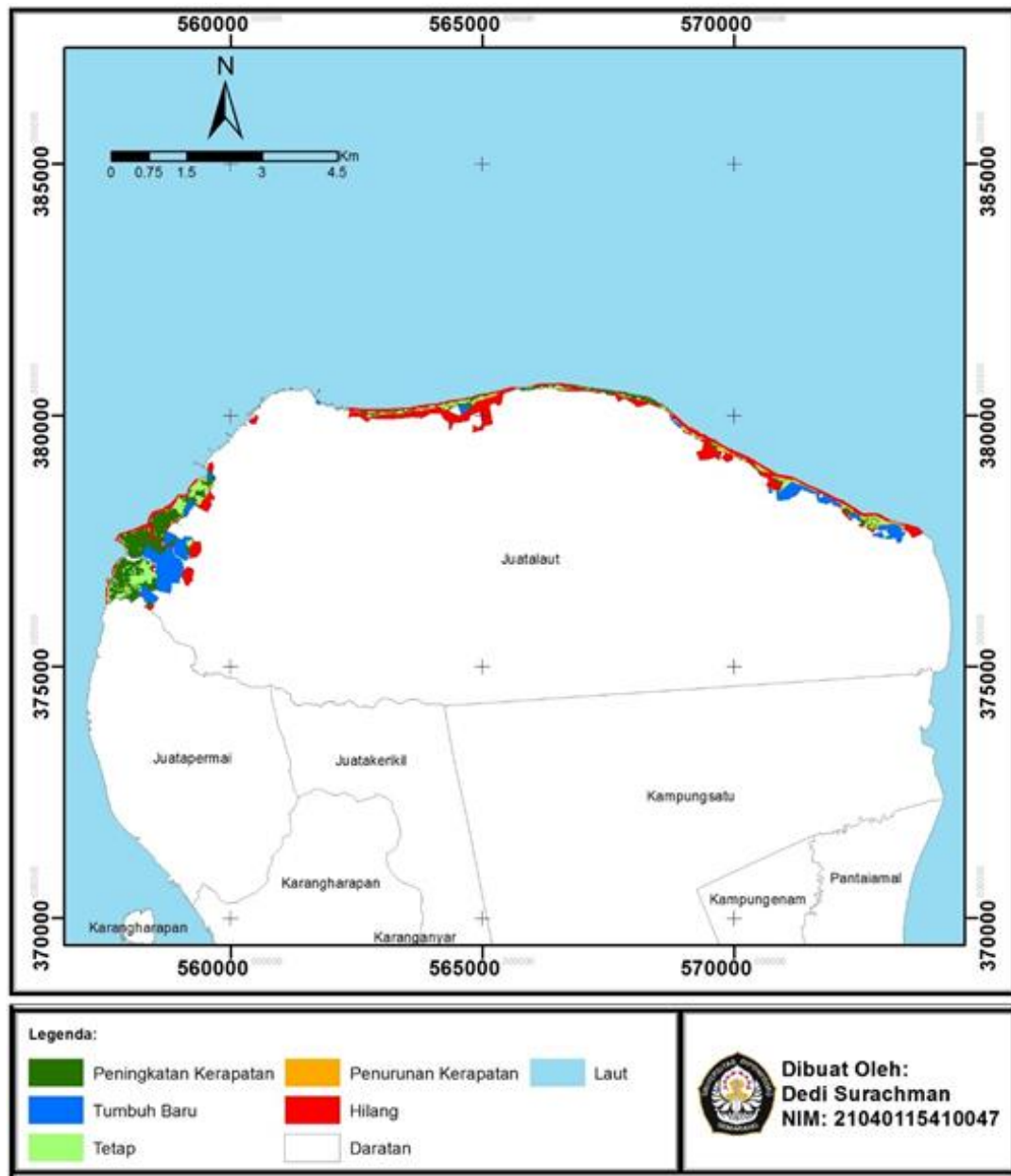


Sumber: Analisis Penulis (2017)

Namun jika dirinci lagi maka kondisi hilangnya hutan mangrove lebih mendominasi ketimbang kondisi perkembangan lainnya yaitu seluas 192,54 ha (37,08%) dibandingkan area yang mengalami peningkatan kerapatan hutan

mangrove yaitu seluas 125,96 ha (24,26%) dan area munculnya hutan mangrove baru yang seluas 112,57 ha (21,68%).

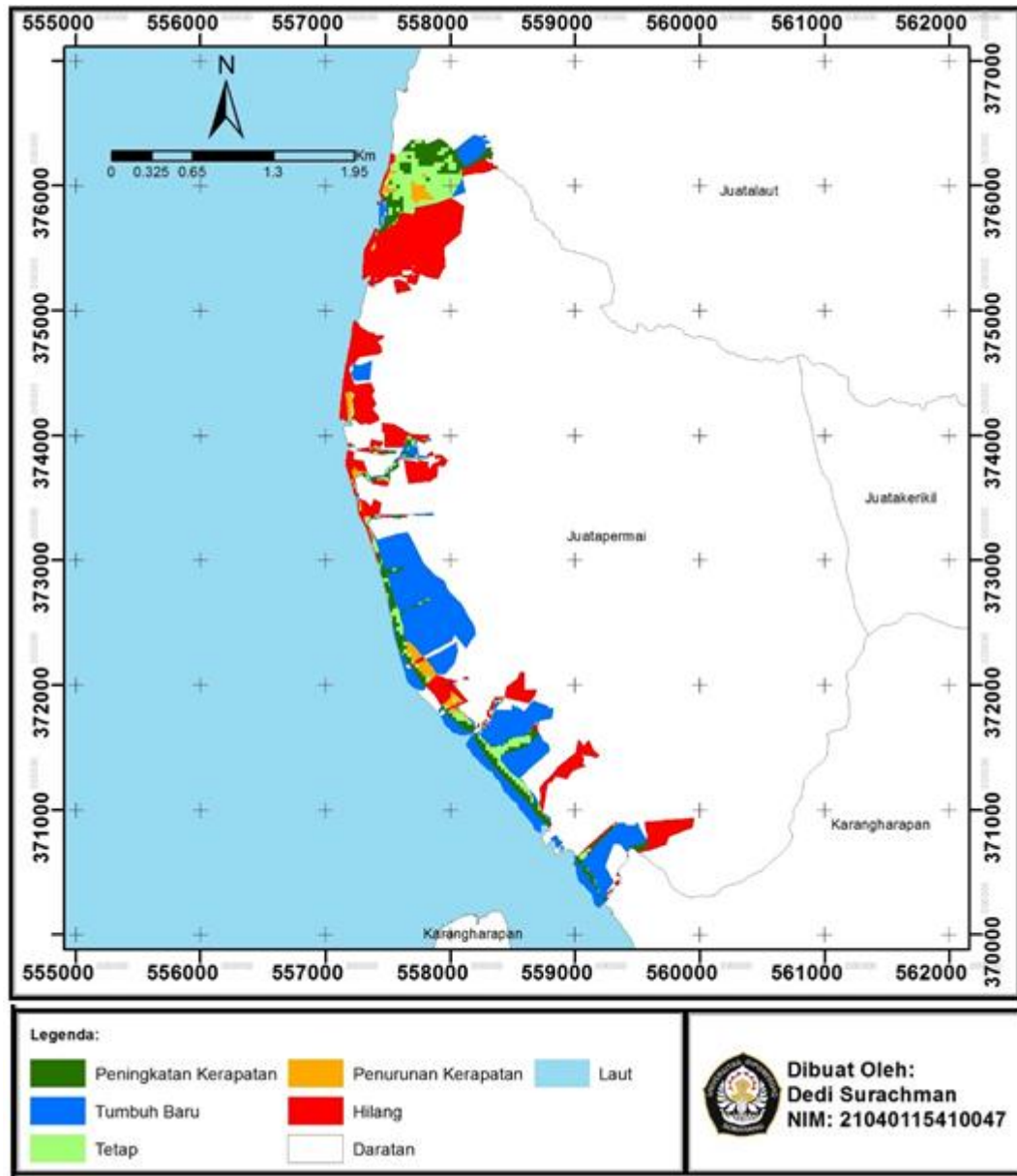
Gambar 4. 36
Peta Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove
Dari Tahun 2000 ke Tahun 2016 di Kel. Juata Laut



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Sedikit berbeda dengan Kel. Juata laut, perubahan kondisi hutan mangrove di Kel. Juata permai sedikit lebih didominasi oleh aspek *recovery* dibandingkan dengan yang lainnya.

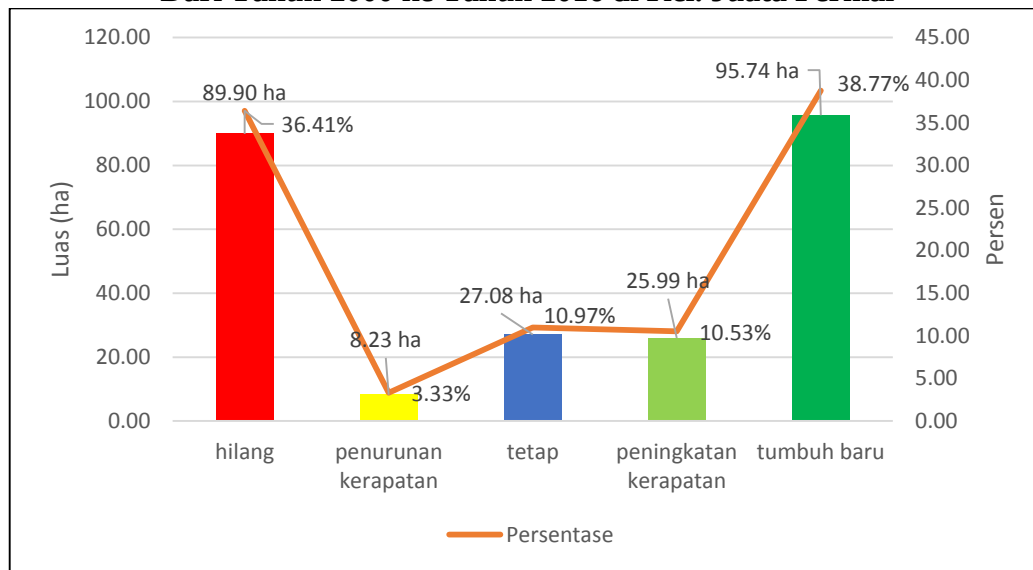
Gambar 4. 37
Peta Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove
Dari Tahun 2000 ke Tahun 2016 di Kel. Juata Permai



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Meskipun area hutan mangrove yang mengalami degradasi (hilangnya area mangrove dan penurunan kerapatan vegetasi mangrove) cukup besar yaitu seluas 98,13 ha (39,74%) namun area yang mengalami *recovery* baik itu peningkatan kerapatan maupun munculnya area baru hutan mangrove jauh lebih besar yaitu seluas 121,73 ha atau 49,29% dari keseluruhan perubahan kondisi hutan mangrove dari tahun 2000 ke tahun 2016 di Kel Juata permai.

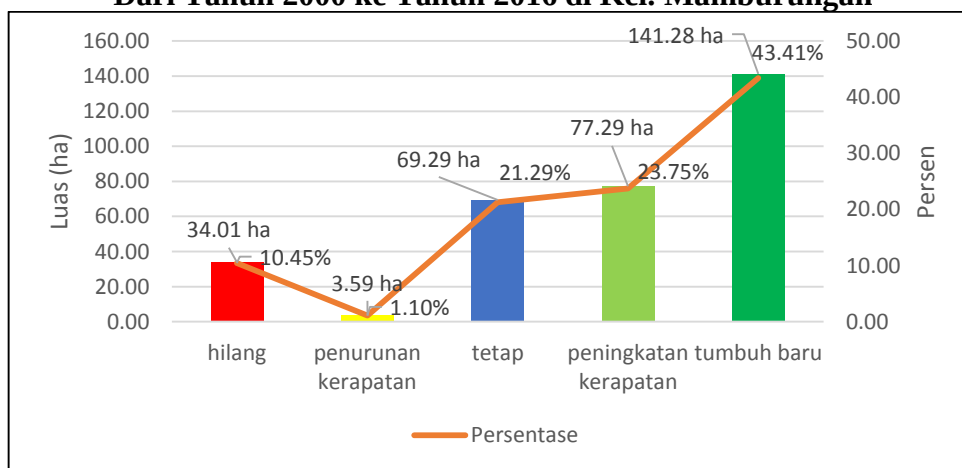
Gambar 4. 38
Dinamika Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove
Dari Tahun 2000 ke Tahun 2016 di Kel. Juata Permai



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Kel. Mamburungan mempunyai karakter yang lebih berbeda dibandingkan dengan Kel. Juata laut maupun Juata permai. Perubahan kondisi hutan mangrove di Kel. Mamburungan sangat jauh didominasi oleh aspek *recovery*.

Gambar 4. 39
Dinamika Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove
Dari Tahun 2000 ke Tahun 2016 di Kel. Mamburungan



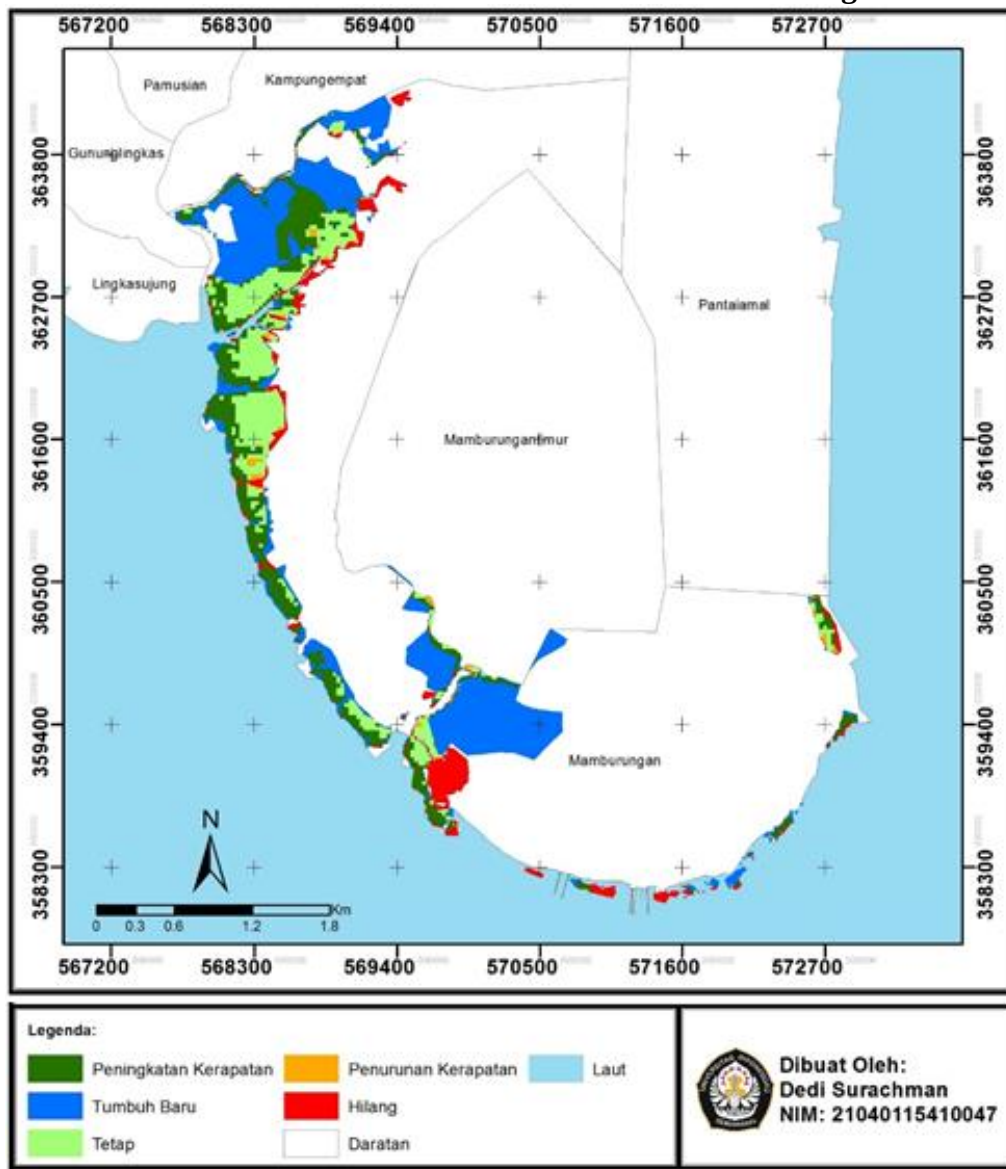
Sumber: Analisis Penulis (2017)

Hutan Mangrove yang mengalami yang *recovery* di Kel. Mamburungan seluas 218,58 ha (67,16%) dibandingkan terjadinya degradasi yang seluas 37,60 ha (11,55%) dan kesamaan tingkat kepadatan yang seluas 69,29% (21,29%). Selain itu lebih besarnya kondisi tingkat kepadatan yang relatif tetap dibandingkan terjadinya

degradasi juga membedakan dengan dua kelurahan sebelumnya (Juata laut dan Juata Permai).

Keseluruhan dinamika perubahan kondisi hutan mangrove pada kelurahan lainnya yang mempunyai hutan mangrove dapat dilihat pada lampiran 5 Tabel L.5.4 dan lampiran 5 Gambar L.5.1.

Gambar 4. 40
Peta Perkembangan Kondisi Hutan Mangrove
Dari Tahun 2000 ke Tahun 2016 di Kel. Mamburungan



Sumber: Analisis Penulis (2017)

4.6. Stok Karbon Hutan Mangrove Kota Tarakan Berdasarkan NDVI

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang sangat potensial dalam menyimpan karbon sehingga perlu mendapatkan perhatian dalam kebijakan global seperti REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*). Seperti yang disampaikan Aziz et al. (2015) bahwa sebagian besar peneliti ekonomi dari REDD+ sangat dan terlalu fokus pada hutan terrestrial ketimbang hutan mangrove. Padahal menurut penelitian Center for International Forestry Research (CIFOR) menyebutkan bahwa tiap hektar hutan mangrove di Indonesia mempunyai kemampuan menyimpan karbon 5 (lima) kali lipat dibandingkan sebagian besar hutan tropis dataran tinggi, atau dengan kata lain 5 (lima) kali lebih efektif dalam menyimpan karbon yang ada dibandingkan hutan tropis.

Hutan mangrove di Kota Tarakan yang mempunyai tingkat kerapatan yang sangat tinggi tentu saja sangat berpotensi untuk menyimpan karbon dalam jumlah yang sangat besar. Untuk itu dalam penelitian ini akan mengestimasi besaran penyimpanan karbon atas dan bawah permukaan hutan mangrove di Kota Tarakan berdasarkan rumus Clough & Scott (1989) yang memang disusun khusus untuk vegetasi mangrove khususnya yang didominasi oleh jenis *Rhizophora Apiculata*. Rumus Clough & Scott (1989) dalam estimasi biomassa atas dan bawah permukaan vegetasi mangrove adalah sebagai berikut:

$$\text{Log Y} = 2,616 \text{ Log GBH} - 2,210$$

dimana Y = biomassa (kg) dan GBH adalah keliling batang pohon mangrove (cm), dan untuk mendapatkan nilai biomasanya (Y) maka Log Y harus diantilogkan terlebih dahulu.

Untuk aplikasi formula tersebut maka data pohon mangrove yang dipakai sama dengan sampel pohon mangrove uji kerapatan yang berjumlah 51 sampel area yang masing-masing sampel area luasnya 10 m². Hasil penghitungan biomassa tiap-tiap sampel area dapat dilihat pada lampiran 6 Tabel L.6.1. Konversi biomassa menjadi stok karbon mengacu pada Brown & Gaston (1996) yaitu dengan faktor pengali 45%.

Untuk dapat mengetahui stok karbon secara menyeluruh maka digunakan indeks vegetasi untuk menilainya. Hasil korelasi antara nilai stok karbon dengan nilai beberapa indeks vegetasi menunjukkan bahwa NDVI dan IPVI masih

konsisten dan lebih sesuai digunakan sebagai estimator dengan nilai korelasi 64,7% (lihat lampiran 6 Tabel L.6.2). Meskipun nilai hanya sebesar 64,7% namun dirasa cukup digunakan mengingat NDVI hanya mencerminkan kerapatan vegetasi mangrove bukan besaran biomasa vegetasi. Suatu area hutan mangrove dengan kerapatan tinggi di lapangan tidak selalu mempunyai ruang penyimpanan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan area hutan mangrove dengan kerapatan vegetasi yang lebih rendah. Area dengan jumlah vegetasi yang sedikit namun mempunyai diameter batang yang besar kan mempunyai ruang penyimpanan karbon yang lebih besar ketimbang area dengan jumlah vegetasi yang banyak namun diameter batangnya kecil. Meskipun begitu NDVI tetap masih relevan untuk digunakan dalam mengestimasi biomasa.

Untuk mengestimasi stok karbon menggunakan NDVI maka terlebih dahulu dicari bentuk persamaan menggunakan analisis regresi linier antara NDVI dan nilai stok karbon dari 56 titik sampel. Agar hasilnya lebih akurat maka terlebih dahulu dilakukan normalisasi data dan mengeluarkan nilai yang *outlier*. Hasil uji normalisasi data didapatkan bahwa terdapat 10 titik sampel yang nilainya outlier untuk dikeluarkan (lihat lampiran 6 Tabel L.6.3).

Hasil uji regresi menunjukkan bahwa bahwa nilai korelasi meningkat menjadi 65% dengan nilai signifikansi 100%. Meskipun nilai R^2 hanya 42,3% namun akan dicoba digunakan untuk mengestimasi stok karbon hutan mangrove di Kota Tarakan.

Tabel 4. 22
Uji Regresi NDVI dan Nilai Stok Karbon Hutan Mangrove

Uji Regresi NDVI dan Nilai Stok Karbon Hitam Mangrove

Model Summary					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
1	.650 ^a	.423	.410	185.647986	
a. Predictors: (Constant), NDVI_2016					

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	13.986	91.181		.153	.879
	NDVI_2016	773.126	136.147	.650	5.679	.000

a. Dependent Variable: Carbon Clough 45%

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Berdasarkan pengujian, persamaan regresi yang terbentuk ialah $Y = 13,986 + 773,126 \times \text{NDVI}$ dimana Y adalah stok karbon (lihat tabel 4.22). Formula yang terbentuk tersebut kemudian dijadikan dasar untuk membuat peta stok karbon hutan mangrove tahun 2000 dan 2016 dengan bantuan software ENVI dengan bantuan *Band Math*.

Hasil kalkulasi menunjukkan bahwa stok karbon hutan mangrove di Kota Tarakan pada tahun 2000 yang terendah ialah 3,18 ton/ha dan yang tertinggi ialah 787,11 ton/ha dengan rata-rata stok karbon sebesar 461,48 ton/ha. Sedangkan pada tahun 2016 stok karbon yang terendah sebesar 91,18 ton/ha dan yang tertinggi sebesar 775,06 ton/ha dengan nilai rata-rata sebesar 561,88 ton/ha. Jika dihitung dari keseluruhan luas hutan mangrove masing-masing tahun, maka perkembangan stok karbon hutan mangrove di Kota Tarakan dari tahun 2000 hingga 2016 meningkat sebanyak 208.048 ton dimana pada tahun 2000 hanya sebesar 521.052,45 ton menjadi 729.101,11 ton karbon pada tahun 2016.

Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa perkembangan hutan mangrove dari tahun 2000 hingga tahun 2016 tidak hanya meningkat secara kuantitas, namun juga meningkat secara kualitas dilihat dari tingkat kerapatan tajuknya. Oleh karena itu wajar jika potensi penyimpanan karbon per hektar hutan mangrove juga mengalami peningkatan sejak tahun 2000 hingga tahun 2016.

Estimasi stok karbon tahun 2016 antara NDVI dan pengukuran sampel di lapangan hasilnya tidak jauh berbeda yaitu 561,88 ton/ha (NDVI) dan 512,57 ton/ha (pengukuran sampel di lapangan). Oleh karena itu dalam penelitian ini estimator NDVI cukup relevan untuk digunakan dalam mengestimasi potensi stok karbon hutan mangrove di Kota Tarakan.

Dalam lingkup kawasan, kualitas hutan mangrove di Kota Tarakan masih jauh lebih baik daripada kualitas rata-rata hutan mangrove di Asia Tenggara. Ini dapat dilihat dari rata-rata ekosistem mangrove yang baik di Asia Tenggara dalam menyimpan karbon hanya sebesar 250-275 ton/ha (Donato et al., 2011). Ini artinya bahwa tiap hektar hutan mangrove di Kota Tarakan mampu menyimpan karbon ± 2 (dua) kali lipat lebih banyak dibandingkan rata-rata hutan mangrove dengan ekosistem yang masih baik di wilayah Asia Tenggara.

Besarnya ruang penyimpanan karbon bawah dan atas permukaan oleh hutan mangrove di Kota Tarakan bisa dikatakan cukup wajar. Hal ini mengingat bahwa 91,62% kondisi hutan mangrove di Kota Tarakan mempunyai tingkat kerapatan sangat tinggi dan tinggi. Selain itu juga dari 419 pohon mangrove yang disurvei, 43,44% diantaranya mempunyai diameter > 20 cm, 30,31% mempunyai diameter antara 10 cm hingga 20 cm dan sisanya 26,25% mempunyai diameter < 10 cm. Ini artinya rata-rata pohon mangrove di Kota Tarakan mempunyai diameter batang yang relatif besar sehingga akan mampu menyimpan karbon lebih banyak dalam biomasnya.

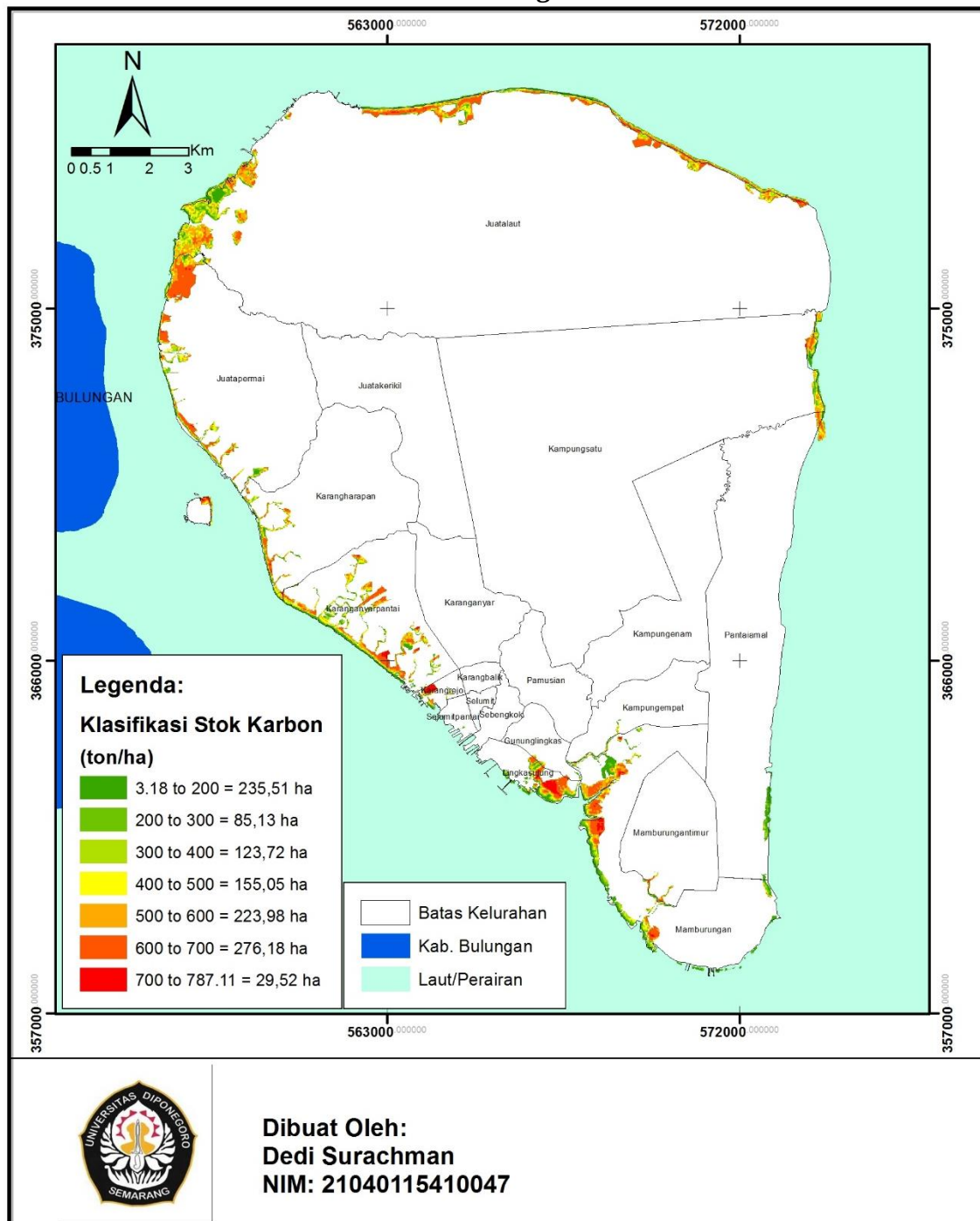
Jika dilihat lebih detil, sebagian besar (73,22%) hutan mangrove tahun 2016 mampu menyimpan karbon antara 500 hingga 775 ton karbon/hektar, sisanya 12,27% mempunyai stok karbon antara 400-500 ton karbon/hektar, dan 14,51% mempunyai stok karbon < 400 ton karbon/hektar. Hal tersebut berbeda dengan kondisi hutan mangrove tahun 2000 dimana masih banyak area hutan mangrove yaitu sebesar 20,86% (235,51 ha) yang hanya mampu menyimpan karbon <200 ton/ha (lihat tabel 4.23).

Tabel 4. 23
Klasifikasi Sebaran Stok Karbon Hutan Mangrove di Kota Tarakan
Tahun 2000 dan 2016 Berdasarkan NDVI

No	Klasifikasi Stok Karbon (ton/ha)	Tahun 2000		Tahun 2016		Selisih Luas (ha)
		Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	
1	<200	235,51	20,86	64,32	4,96	-171,19
2	200,00-300,00	85,13	7,54	45,45	3,50	-39,68
3	300,00-400,00	123,72	10,96	78,45	6,05	-45,27
4	400,00-500,00	155,05	13,73	159,23	12,27	4,17
5	500,00-600,00	223,98	19,84	328,88	25,34	104,90
6	600,00-700,00	276,18	24,46	460,06	35,45	183,88
7	>700	29,52	2,61	161,23	12,43	131,71
Jumlah		1.129,09	100,00	1.297,61	100,00	168,52

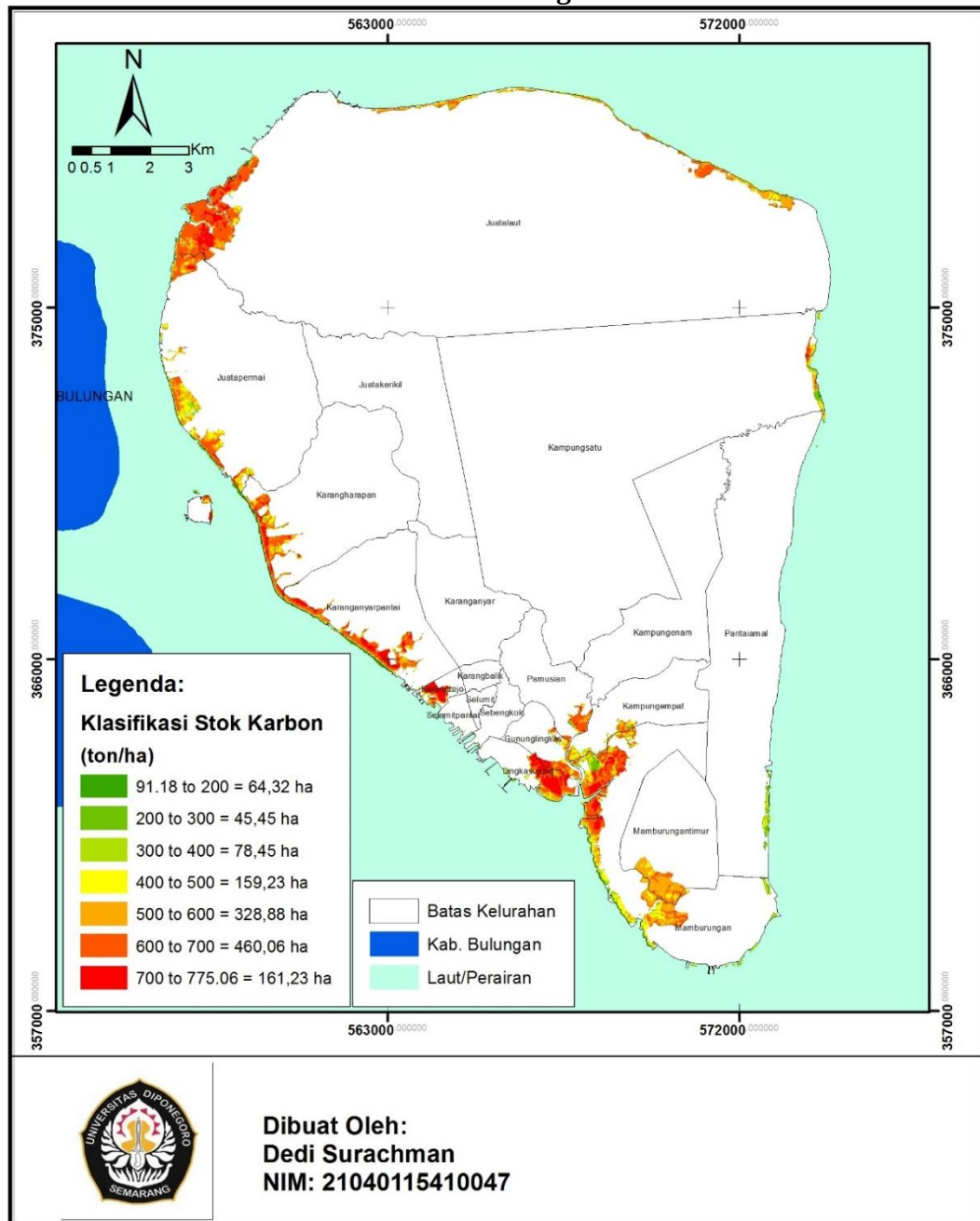
Sumber: Analisis Penulis (2017)

Gambar 4. 41
Peta Sebaran Stok Karbon Hutan Mangrove Kota Tarakan Tahun 2000



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Gambar 4. 42
Peta Persebaran Stok Karbon Hutan Mangrove Kota Tarakan Tahun 2016



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Tingginya potensi penyimpanan karbon oleh hutan mangrove di Kota Tarakan sangat bermanfaat bagi lingkungan yang ada di Kota Tarakan pada khususnya dan lingkungan global pada umumnya terutama dalam upaya mitigasi perubahan iklim global. Seperti yang kita ketahui bahwa penyebab terjadinya perubahan iklim ialah karena pemanasan global yang terjadi akibat adanya efek gas rumah kaca terutama oleh gas karbon baik dalam bentuk karbon monoksida (CO)

maupun karbon dioksida (CO₂). Oleh karena itu semakin besarnya ruang penyimpanan karbon oleh hutan mangrove maka semakin besar pula perannya dalam mengurangi terjadinya pemanasan global.

Cukup tingginya potensi ruang penyimpanan karbon oleh hutan mangrove di Kota Tarakan dan semakin meningkatnya pemanasan global telah membuka peluang bagi Kota Tarakan dalam perdagangan karbon dunia. Memang saat ini perdagangan karbon belum banyak dibahas dan masih relatif jarang negara khususnya negara tropis yang perhatian akan hal tersebut. Karena memang belum ada kebijakan baku terkait perdagangan karbon tersebut. Padahal berdasarkan tren peningkatan emisi karbon sudah barang tentu dunia membutuhkan kantong-kantong penyimpanan karbon yang terutama dimiliki oleh negara-negara yang memiliki hutan yang masih luas terutama Indonesia. Sehingga kedepannya negara-negara maju terutama yang memiliki emisi karbon yang tinggi harus membayar kompensasi jasa kepada negara-negara pemilik kantong-kantong penyimpanan karbon. Inilah peluang bagi Indonesia khususnya Kota Tarakan dalam mengekonomikan kelestarian hutan (mangrove) dalam perdagangan karbon dimasa depan.

Secara global, untuk mencegah perubahan iklim negara-negara didunia melalui Protokol Kyoto telah mengatur negara industri untuk menurunkan emisi sebesar 5% di bawah tingkat emisi tahun 1990 melalui mekanisme Implementasi Bersama (Joint Implementation), Perdagangan Emisi Carbon (Emission Trading), dan Mekanisme Pembangunan Ramah Lingkungan (Clean Development Mechanism). Melalui mekanisme tersebut, khususnya dalam perdagangan emisi karbon, negara-negara yang mempunyai hutan khususnya hutan mangrove sebagai ruang penyimpanan karbon yang besar akan dapat mengambil keuntungan. Dalam mekanisme ini, negara penghasil emisi harus membayar kompensasi jasa penyimpanan karbon kepada negara-negara penyedia jasa. Hal ini tentu saja dapat dimanfaatkan oleh Kota Tarakan sebagai salah satu sumber penghasil ekonomi dimasa depan.

Meskipun hingga saat ini belum ada skema dan aturan yang jelas terkait perdagangan karbon, namun dengan terjadinya perubahan iklim yang semakin nyata, maka dikemudian hari diyakini perdagangan emisi karbon akan semakin

jelas Jika nilai penyimpanan karbon per ton setara dengan 10 US\$ (Taurisanti, 2014). Dengan kurs dolar saat ini yang senilai $\pm$ Rp. 13.300,- maka artinya hutan mangrove Kota Tarakan saat ini mempunyai nilai investasi dalam perdagangan karbon dunia sebesar Rp 74,73 juta /ha atau setara Rp. 96,97 milyar untuk keseluruhan hutan mangrove di Kota Tarakan tahun 2016. Nilai investasi hutan mangrove dalam perdagangan karbon tersebut sangat jauh lebih besar ketimbang nilai produksi dari budidaya tambak. Berdasarkan data BPS pada tahun 2014 di Kota Tarakan terdapat areal budidaya tambak seluas 947,7 ha dengan nilai produksinya sebesar Rp. 1,167 milyar. Ini artinya bahwa produktifitas tiap satu hektar areal tambak hanya sebesar Rp. 1,23 juta. Dengan kata lain potensi nilai investasi per hektar hutan mangrove dari perdagangan karbon ialah kurang lebih 60 (enam puluh) kali lipat dibandingkan nilai produksi dari hasil budidaya tambak di Kota Tarakan. Oleh karena itu Pemerintah Kota Tarakan harus memberikan upaya lebih dalam melindungi dan mencegah konversi hutan mangrove khususnya dari ancaman aktifitas budidaya tambak

4.7. Konservasi Hutan Mangrove

Hutan mangrove di Kota Tarakan mempunyai peran yang sangat besar baik pada aspek lingkungan maupun sosial ekonomi. Upaya perlindungan terhadap eksistensi hutan mangrove tersebut menjadi hal yang perlu mendapat perhatian. Oleh karena itu dalam subbab ini akan dianalisis kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove serta kesesuaiannya dengan kebijakan tata ruang yang ada.

Kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove diperoleh berdasarkan variabel dan kriteria sebagaimana tabel 4.24 yang kemudian diolah menggunakan ArcGIS.

Tabel 4. 24
Variabel dan Kriteria Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove

No	Parameter	Bobot	S1	S2	S3	N	Ket
1	Ketebalan mangrove (m)	25,00	>500	200-500	50-200	<50	Nilai Skor: S1=3 S2=2
2	Kerapatan Mangrove	25,00	Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang	Jarang	

No	Parameter	Bobot	S1	S2	S3	N	Ket
3	Substrat Dasar	12,50	Lumpur berpasir	Pasir Berlumpur	Pasir	Berbatu	S3=1 N=0 Nilai Maks: 300
4	Kemiringan	12,50	<10%	10-25%	25-45%	>45%	
5	Jarak dari sungai (km)	12,50	<0,5	>0,5-1	>1-2	>2	
6	Salinitas (0/00)	12,50	25-29	29-33	0-1	0	

Sumber: Khomsin (2005), Wardhani (2014), Magdalena et al. (2015) (diolah).

Tingkat kesesuaian kawasan konservasi ditentukan berdasarkan indeks kesesuaian kawasan yang diperoleh berdasarkan formula:

$$IKK = \sum \left[\frac{Ni}{Nmaks} \right] \times 100\%$$

Keterangan:

IKK : Indeks Kesesuaian Kawasan Konservasi

Ni : Nilai Parameter ke-i

N maks : Nilai maksimum dari suatu kategori kawasan konservasi = 300

Dimana IKK:

- 0-25% = Tidak Sesuai
- >25% - 50% = Sesuai Bersyarat
- >50% - 75% = Sesuai
- >75% = Sangat Sesuai

Sebagian besar variabel yang dibutuhkan untuk menganalisis kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove merupakan data spasial baik dari hasil pengolahan citra maupun data vektor yang penulis kumpulkan dari berbagai instansi saat survey lapangan. Daftar pengolahan data variabel-variabel tersebut disajikan pada tabel 4.25, sedangkan peta masing-masing variabel yang digunakan dapat dilihat di lampiran 7.

Tabel 4. 25
Daftar Pengolahan Variabel Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove

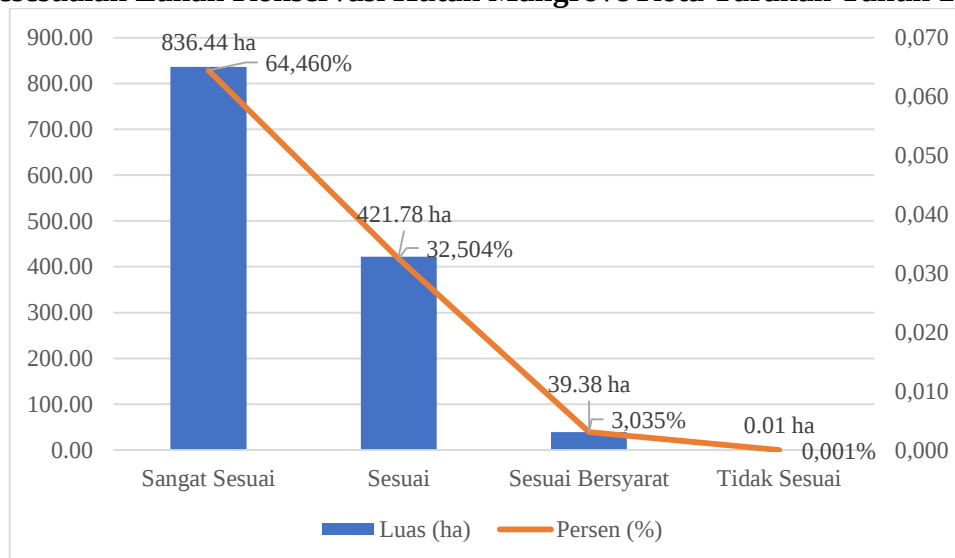
Variabel	Keterangan	Sumber Data Dasar
Ketebalan mangrove (m)	Data hasil analisis sebelumnya	Penulis
Kerapatan Mangrove	Data hasil analisis sebelumnya	Penulis
Substrat Dasar	Pengolahan Peta Tanah Kota Tarakan	Bappeda Kota Tarakan
Kemiringan	Pengolahan Data Kontur Wilayah Kota Tarakan (ci 5 meter)	Download dari USGS
Jarak dari sungai (km)	Pengolahan peta jaringan sungai Kota Tarakan dengan mem- <i>buffer</i> sesuai kriteria	Bappeda Kota Tarakan
Salinitas (0/00)	Pengolahan Citra Landsat 8 tahun 2016 melalui persamaan Son et al. (2012): $Salinitas = 10^{(-0,141 \times \log_{10}(Cp) + 1,45)}$ Cp adalah koefisien pelemahan sinar yang masuk ke permukaan air yang dihitung dengan rumus: $C_p = 10^{[0,70 \times MNDCI^3 + 0,96 \times MNDCI^2 + 1,14 \times MNDCI - 0,25]}$ MNDCI (<i>Maximum Normalized Difference Carbon Index</i>) dapat dihitung menggunakan rumus: $MNDCI = \frac{L_{(BoA)3} - L_{(BoA)2}}{L_{(BoA)3} + L_{(BoA)2}}$ Dimana: L(BoA)₃ adalah nilai reflektan <i>Bottom of Atmosphere</i> Band 3 dan; L(BoA)₂ adalah nilai reflektan <i>Bottom of Atmosphere</i> Band 2	Download dari USGS

Sumber: Analisis Penulis (2017)

4.7.1. Tingkat Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove

Berdasarkan pengolahan variabel kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove menggunakan ArcGIS dihasilkan bahwa sebanyak 64,46% (836,44 ha) luas hutan mangrove di Kota Tarakan sangat sesuai untuk dijadikan lahan konservasi, sebanyak 32,504% (421,78 ha) sesuai dijadikan lahan konservasi, sebanyak 3,035% (39,38 ha) sesuai untuk dijadikan lahan konservasi dengan syarat tertentu dan sisanya 0,001% (0,01 ha) tidak sesuai untuk dijadikan lahan konservasi hutan mangrove. Peta kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove dapat dilihat pada gambar 4.44.

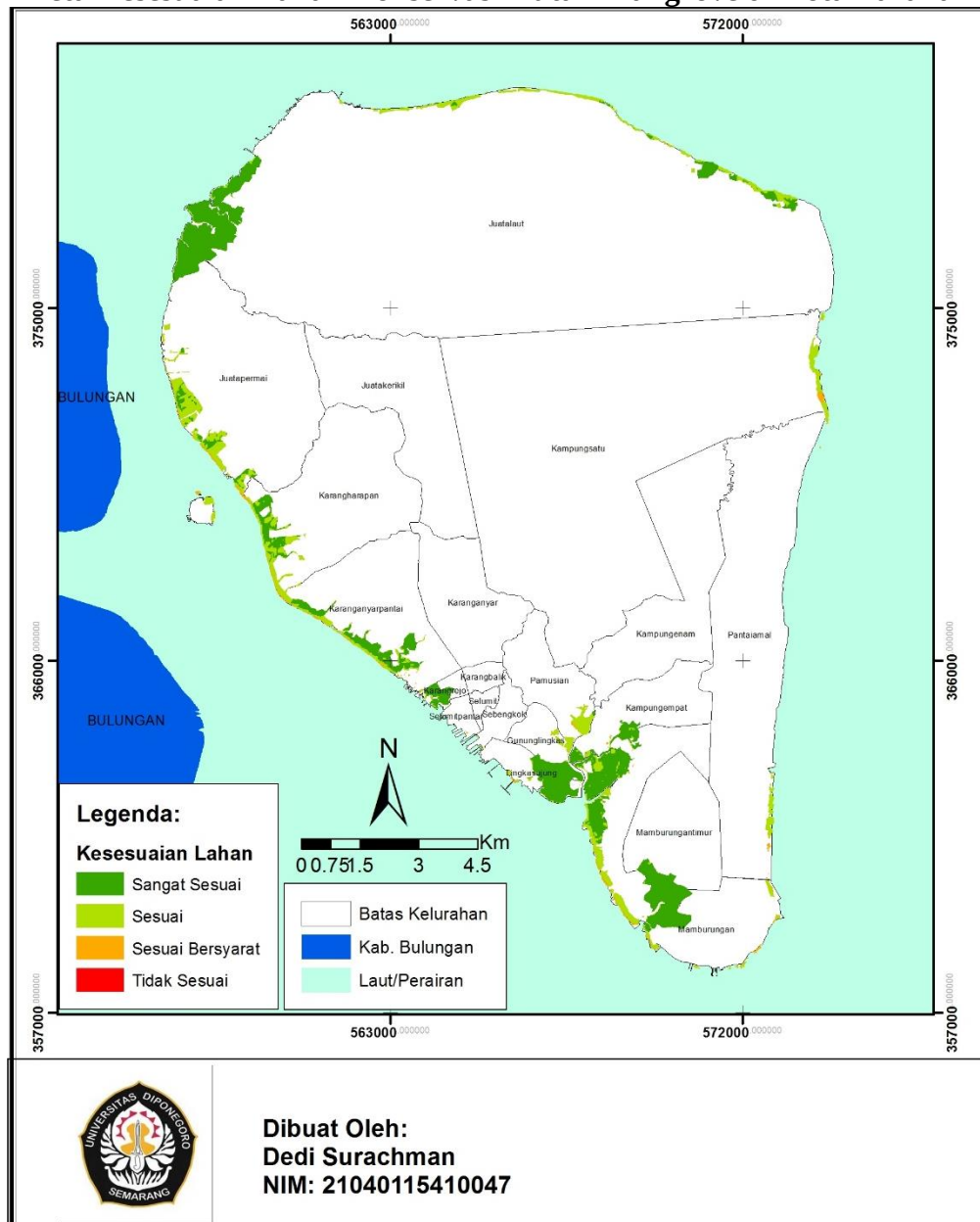
Gambar 4. 43
Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove Kota Tarakan Tahun 2016



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Dilihat dari kesesuaian parameter lahannya, luasan hutan mangrove yang masuk dalam kategori sangat sesuai sebagian besar terdapat di Kel. Mamburungan dengan luas 205,80 ha dan Kel. Juata laut dengan luas 246,30. Sedangkan luasan hutan mangrove yang masuk pada kategori sesuai sebagian besar terdapat di Kel. Mamburungan seluas 75,45 ha, Kel. Juata laut seluas 78,11 ha, dan Kel. Juata permai seluas 90,68 ha. Oleh karena itu ketiga kelurahan tersebut (Mamburungan, Juata laut, dan Juata permai) harusnya menjadi fokus kebijakan pengembangan dan perlindungan hutan mangrove selanjutnya. Untuk luasan masing-masing kategori kesesuaian lahan konservasi dapat dilihat pada tabel 4.26, sedangkan sebarannya dapat dilihat pada gambar 4.44.

Gambar 4. 44
Peta Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove di Kota Tarakan



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Secara umum besarnya kesesuaian parameter lahan konservasi hutan mangrove di Kota Tarakan menunjukkan bahwa secara alamiah kondisi lingkungan pesisir Kota Tarakan sangat mendukung untuk perkembangan alami vegetasi mangrove. Meskipun begitu, baiknya kondisi lingkungan pesisir tersebut hanya merupakan faktor pasif yang mendukung perkembangan dan kelestarian hutan mangrove. Sedangkan intervensi kebijakan dan aktifitas sosial ekonomi masyarakat menjadi faktor utama yang sangat menentukan keberlanjutan kelestarian hutan

mangrove tersebut. Untuk itu perlu juga dianalisis kesesuaiannya dengan kebijakan tata ruang yang ada.

Tabel 4. 26
Luasan Kategori Kesesuaian Lahan Konservasi Berdasarkan Kelurahan

No	Kesesuaian	Kecamatan	Kelurahan	Luas (ha)
1	Sangat Sesuai	Tarakan Barat	Karanganyarpantai	73,85
2	Sangat Sesuai	Tarakan Barat	Karangharapan	44,28
3	Sangat Sesuai	Tarakan Barat	Karangrejo	24,88
4	Sangat Sesuai	Tarakan Tengah	Pamusian	0,75
5	Sangat Sesuai	Tarakan Timur	Gununglingkas	23,82
6	Sangat Sesuai	Tarakan Timur	Kampungempat	23,62
7	Sangat Sesuai	Tarakan Timur	Lingkasujung	68,56
8	Sangat Sesuai	Tarakan Timur	Mamburungan	205,80
9	Sangat Sesuai	Tarakan Timur	Mamburungantimur	65,28
10	Sangat Sesuai	Tarakan Utara	Juatalaut	246,30
11	Sangat Sesuai	Tarakan Utara	Juatapermai	59,31
Jumlah				836,44
12	Sesuai	Tarakan Barat	Karanganyarpantai	33,54
13	Sesuai	Tarakan Barat	Karangharapan	56,37
14	Sesuai	Tarakan Barat	Karangrejo	2,41
15	Sesuai	Tarakan Tengah	Kampungsatu	22,66
16	Sesuai	Tarakan Tengah	Pamusian	24,29
17	Sesuai	Tarakan Tengah	Sebengkok	0,37
18	Sesuai	Tarakan Tengah	Selumitpantai	0,19
19	Sesuai	Tarakan Timur	Gununglingkas	10,22
20	Sesuai	Tarakan Timur	Kampungempat	4,36
21	Sesuai	Tarakan Timur	Lingkasujung	4,77
22	Sesuai	Tarakan Timur	Mamburungan	75,45
23	Sesuai	Tarakan Timur	Mamburungantimur	0,56
24	Sesuai	Tarakan Timur	Pantaiamal	17,77
25	Sesuai	Tarakan Utara	Juatalaut	78,11
26	Sesuai	Tarakan Utara	Juatapermai	90,68
Jumlah				421,78
27	Sesuai Bersyarat	Tarakan Barat	Karanganyarpantai	5,06
28	Sesuai Bersyarat	Tarakan Barat	Karangharapan	5,47
29	Sesuai Bersyarat	Tarakan Barat	Karangrejo	0,05
30	Sesuai Bersyarat	Tarakan Tengah	Kampungsatu	4,33
31	Sesuai Bersyarat	Tarakan Tengah	Pamusian	0,85
32	Sesuai Bersyarat	Tarakan Tengah	Sebengkok	0,14
33	Sesuai Bersyarat	Tarakan Tengah	Selumitpantai	0,08

No	Kesesuaian	Kecamatan	Kelurahan	Luas (ha)
34	Sesuai Bersyarat	Tarakan Timur	Gununglingkas	0,30
35	Sesuai Bersyarat	Tarakan Timur	Kampungempat	0,30
36	Sesuai Bersyarat	Tarakan Timur	Lingkasujung	0,91
37	Sesuai Bersyarat	Tarakan Timur	Mamburungan	10,20
38	Sesuai Bersyarat	Tarakan Timur	Pantaiamal	2,39
39	Sesuai Bersyarat	Tarakan Utara	Juatalaut	2,25
40	Sesuai Bersyarat	Tarakan Utara	Juatapermai	7,05
Jumlah				39,38
41	Tidak Sesuai	Tarakan Timur	Mamburungan	0,01
Jumlah				0,01
TOTAL				1297,61

Sumber: Analisis Penulis (2017)

4.7.2. Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove Terhadap RTRW Kota Tarakan

Untuk melihat kesesuaiannya terhadap kebijakan tata ruang, peta kesesuaian parameter lahan konservasi hutan mangrove akan di-overlay dengan peta RTRW Kota Tarakan tahun 2012-2032. Untuk mempermudah analisis maka klasifikasi peta kesesuaian parameter lahan konservasi hutan mangrove akan direduksi dari 5 (lima) kelas menjadi 3 (tiga) kelas yaitu sesuai, sesuai bersyarat dan tidak sesuai. Dasar menentukan kesesuaian lahan konservasi didasarkan pada kriteria sesuai tabel 27.

Tabel 4. 27
Kriteria Penentuan Lahan Konservasi Hutan Mangrove

Parameter Lahan Konservasi Hutan Mangrove	Jenis Rencana Pola Ruang RTRW	Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove
Sesuai	Hutan Kota/Hutan Mangrove	Sesuai
	Selain Hutan Kota/Hutan Mangrove	Tidak Sesuai
Sesuai Bersyarat	Hutan Kota/Hutan Mangrove	Sesuai
	Selain Hutan Kota/Hutan Mangrove	Tidak Sesuai

Parameter Lahan Konservasi Hutan Mangrove	Jenis Rencana Pola Ruang RTRW	Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove
Tidak Sesuai	Hutan Kota/Hutan Mangrove	Tidak Sesuai
	Selain Hutan Kota/Hutan Mangrove	Tidak Sesuai

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Penetapan kesesuaian area konservasi hutan mangrove didasarkan pada 2 kriteria utama, yaitu area tersebut harus sesuai atau sesuai bersyarat terhadap parameter lahannya dan rencana pola ruang pada area tersebut harus masuk dalam area hutan kota atau hutan mangrove dalam RTRW. Sedangkan area hutan mangrove yang masuk kategori tidak sesuai dalam parameter lahan konservasinya, meskipun dalam telah berkesesuaian terhadap rencana pola ruang dalam RTRW, maka dianggap tidak cocok untuk dijadikan area konservasi. Hal ini didasarkan asumsi bahwa secara alami area tersebut kurang mendukung habitat hutan mangrove.

Hasil overlay antara peta kesesuaian lahan konservasi hutan mangrove dengan peta RTRW Kota Tarakan tahun 2012-2032 menunjukkan bahwa terdapat 805,57 ha hutan mangrove yang selain sesuai terhadap parameter lahan konservasi juga sesuai dengan RTRW Kota Tarakan yang ada. Disamping itu juga terdapat 37,10 ha hutan mangrove yang juga sesuai terhadap parameter lahan konservasi serta sesuai dengan RTRW Kota Tarakan namun dengan kondisi atau syarat-syarat tertentu. Berdasarkan dari data tersebut maka dapat dikatakan bahwa 64,94% (842,67 ha) hutan mangrove tahun 2016 di Kota Tarakan relatif sesuai dan tidak bertentangan dengan RTRW untuk dijadikan area konservasi.

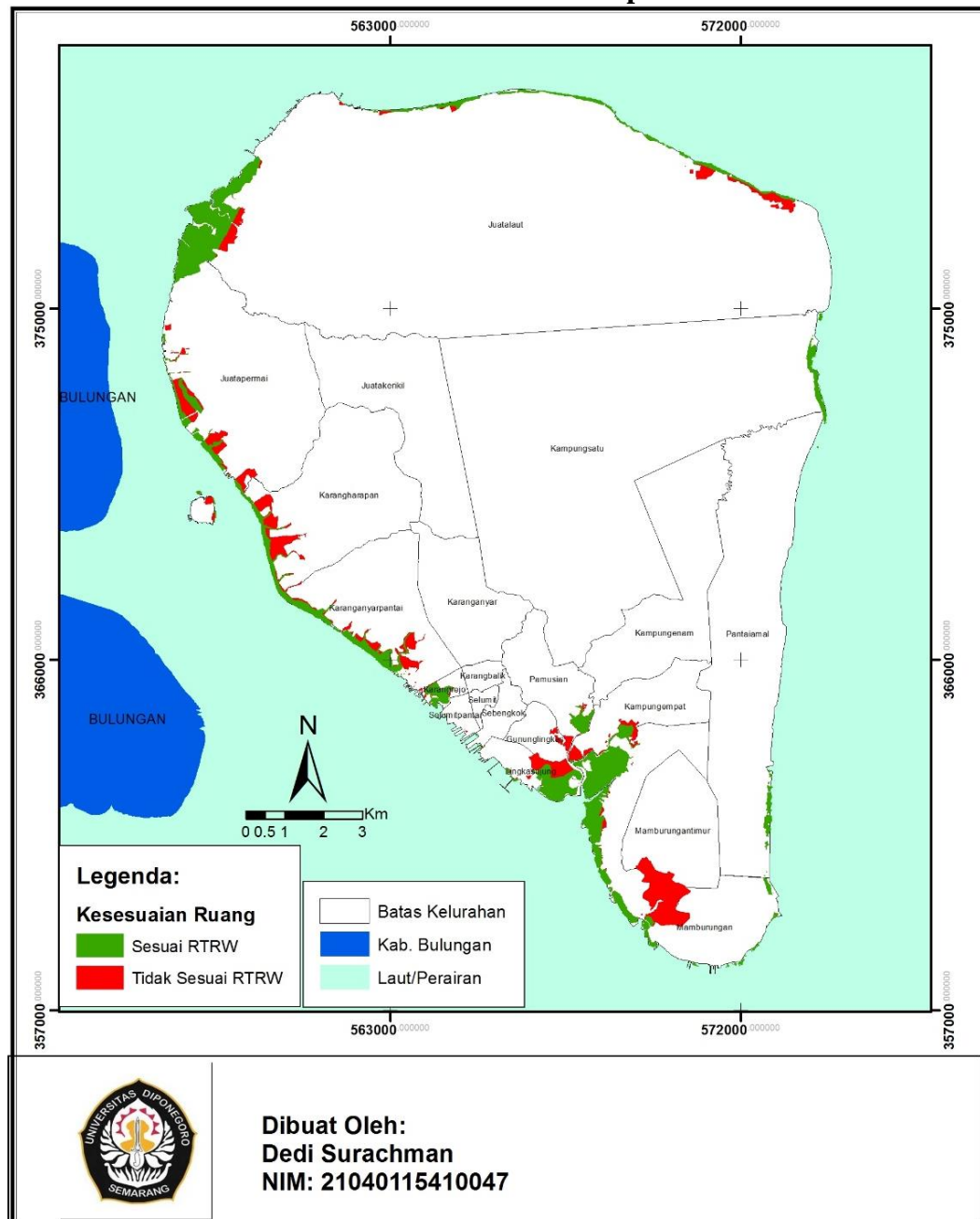
Tabel 4. 28
Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove Terhadap Rencana Pola Ruang Kota Tarakan Tahun 2012-2032

Kesesuaian Lahan Konservasi	Rencana Pola Ruang	Luas (ha)
Sesuai	Area diluar RTRW	52,92
	Hutan Kota	17,90
	Hutan Mangrove	734,75
Jumlah		805,57
Sesuai Bersyarat	Area diluar RTRW	20,09
	Hutan Kota	0,12

Kesesuaian Lahan Konservasi	Rencana Pola Ruang	Luas (ha)
	Hutan Mangrove	16,89
Jumlah		37,10
Total		842,67
Persentase Terhadap Luas Keseluruhan Hutan Mangrove		64,94
Persentase Terhadap Rencana Luas Hutan Mangrove dalam RTRW		75,29

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Gambar 4. 45
Peta Kesesuaian Lahan Konservasi Terhadap RTRW Kota Tarakan



Sumber: Analisis Penulis (2017)

Meskipun sudah terdapat 842,67 ha hutan mangrove yang relatif sesuai untuk dijadikan lahan konservasi, namun target luasan hutan mangrove yang dijadikan sebagai kawasan lindung dalam RTRW ialah sebesar 1119,30 ha. Artinya hingga saat ini baru terpenuhi 75,29% (lihat tabel 4.28). Oleh karena itu dibutuhkan akselerasi dan strategi untuk pencapaian target tersebut.

4.8. Kebijakan Pengelolaan Hutan Mangrove

4.8.1. Kebijakan Utama Pengelolaan Hutan Mangrove

Dalam upaya konservasi hutan mangrove sekaligus untuk memenuhi target luasan hutan mangrove dalam RTRW, ada dua kebijakan utama yang diusulkan yaitu dengan melakukan penambahan area hutan mangrove baru dan optimalisasi ruang hutan mangrove eksisting. Meskipun begitu implementasi kedua kebijakan utama tersebut tidaklah mudah. Pada umumnya hambatan utama suatu konservasi lahan ialah terkait status kepemilikan lahan (Owley & Rissman, 2016; Mockrin et al., 2017). Jika status lahan ialah milik pemerintah maka tidaklah menjadi masalah. Namun jika status lahan merupakan milik masyarakat (*private sector*) maka akan menjadi hambatan yang besar dalam penerapan kebijakan tersebut. Oleh karena itu ada dua alternatif yang dapat dilakukan pemerintah Kota Tarakan yaitu dengan pembebasan lahan atau menyewa lahan (Schöttker et al., 2016). Adapun teknis mana yang lebih menguntungkan memerlukan penelitian tersendiri.

a. Penambahan Area Hutan Mangrove Baru

Penambahan area hutan mangrove baru dilakukan melalui rehabilitasi dan penanaman vegetasi mangrove pada area-area baru yang potensial dan sesuai dengan kriteria kesesuaian parameter lahan konservasi hutan mangrove. Jika merujuk pada kekurangan target luasan kawasan lindung hutan mangrove maka setidaknya dibutuhkan penanaman vegetasi mangrove pada area baru seluas 276,63 ha. Oleh karena itu target rata-rata penambahan area hutan mangrove baru hingga tahun 2032 ialah seluas $\pm 18,5$ ha/tahun. Dengan asumsi bahwa area hutan mangrove yang ada dan telah sesuai baik itu dengan kriteria parameter lahan konservasi maupun dengan RTRW yang seluas 842,67 ha tersebut tetap dijaga kelestariannya. Dalam melakukan

perluasan area hutan mangrove, yang perlu dilakukan pertama kali ialah mengidentifikasi lahan aset lahan Pemerintah Kota Tarakan yang potensial untuk habitat mangrove (berdasarkan parameter lahan konservasi). Hasil identifikasi ruang potensial tersebut kemudian dijadikan lahan reservasi hutan mangrove untuk dikonservasi. Setelah identifikasi terhadap aset lahan Pemerintah Kota Tarakan selesai dilakukan baru kemudian dilakukan identifikasi pada lahan sektor privat.

b. Optimalisasi Ruang Hutan Mangrove Eksisting

Optimalisasi ruang hutan mangrove dilakukan dengan dua model yaitu optimalisasi dengan konservasi penuh dan optimalisasi dengan modifikasi. Optimalisasi ruang dengan model konservasi penuh dilakukan pada area hutan mangrove yang mempunyai kesesuaian baik terhadap kesesuaian lahannya maupun dengan rencana pola ruang dalam RTRW yang ada. Sedangkan optimalisasi dengan modifikasi dilakukan pada area hutan mangrove yang sesuai (sesuai dan sesuai bersyarat) dari aspek parameter lahannya namun tidak sesuai dengan rencana pola ruang dalam RTRW yang ada. Untuk itu optimalisasi ruang tersebut dilakukan melalui suatu strategi yang mampu menjembatani perbedaan antara peruntukan fungsi ruang yang direncanakan dengan kondisi eksisting pemanfaatan ruang yang ada.

Untuk menentukan suatu strategi yang dapat menjembatani pertentangan fungsi ruang tersebut (kesesuaian parameter lahan konservasi dan rencana pola ruang RTRW) maka terlebih dahulu perlu dilakukan identifikasi area-area hutan mangrove yang potensial untuk dioptimalkan ruangnya.

Dari hasil identifikasi didapatkan bahwa sebagian besar ketidaksesuaian area konservasi hutan mangrove terhadap RTRW terjadi pada peruntukan ruang untuk rencana pertahanan dan keamanan seluas 131,92 ha, untuk rencana kawasan industri seluas 102,87 ha, untuk rencana kawasan permukiman kepadatan tinggi seluas 83,56 ha dan untuk rencana kawasan permukiman kepadatan sedang seluas 64,20 ha. Berdasarkan perbedaan fungsi ruang dan kondisi eksisting pada keempat jenis peruntukan ruang tersebut maka area hutan mangrove yang memungkinkan untuk tetap dipertahankan ialah area hutan mangrove yang terdapat pada area peruntukan ruang rencana pertahanan dan keamanan. Sedangkan hutan mangrove yang terdapat pada area yang diperuntukan sebagai rencana kawasan industri,

rencana permukiman kepadatan tinggi dan permukiman kepadatan sedang cenderung kurang efektif untuk dioptimalkan karena memang sifat peruntukan kawasan tersebut yang cenderung bertolak belakang (kontra produktif) dengan kebutuhan habitat vegetasi mangrove untuk berkembang.

Tabel 4. 29
Rincian Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove Terhadap Rencana Pola Ruang Kota Tarakan

No	Tingkat Kesesuaian	Rencana Pola Ruang	Luas (ha)
1	Sesuai	Area diluar RTRW	52,92
2	Sesuai	Hutan Kota	17,90
3	Sesuai	Hutan Mangrove	734,75
4	Sesuai	Kawasan Bandar Udara Juwata	3,21
5	Sesuai	Kawasan Industri	102,51
6	Sesuai	Kawasan Pariwisata	27,77
7	Sesuai	Kawasan Perdagangan dan Jasa	0,34
8	Sesuai	Kawasan Pergudangan	21,81
9	Sesuai	Kawasan Perlindungan Setempat	9,47
10	Sesuai	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	131,86
11	Sesuai	Kawasan Pertambangan	2,19
12	Sesuai	Kawasan Peternakan	5,19
13	Sesuai	Minapolitan	0,82
14	Sesuai	Permukiman Kepadatan Sedang	63,87
15	Sesuai	Permukiman Kepadatan Tinggi	82,79
16	Sesuai	PLTU	0,00
17	Sesuai	Sport Center	0,83
Jumlah			1258,21
18	Sesuai Bersyarat	Area diluar RTRW	20,09
19	Sesuai Bersyarat	Hutan Kota	0,12
20	Sesuai Bersyarat	Hutan Mangrove	16,89
21	Sesuai Bersyarat	Kawasan Industri	0,36
22	Sesuai Bersyarat	Kawasan Pariwisata	0,14
23	Sesuai Bersyarat	Kawasan Perlindungan Setempat	0,27
24	Sesuai Bersyarat	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	0,07
25	Sesuai Bersyarat	Minapolitan	0,05
26	Sesuai Bersyarat	Permukiman Kepadatan Sedang	0,33
27	Sesuai Bersyarat	Permukiman Kepadatan Tinggi	0,77
28	Sesuai Bersyarat	Sport Center	0,30

No	Tingkat Kesesuaian	Rencana Pola Ruang	Luas (ha)
Jumlah			39,38
29	Tidak Sesuai	Area diluar RTRW	0,00
30	Tidak Sesuai	Hutan Mangrove	0,01
Jumlah			0,01
Total			1297,61

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Dengan melihat peruntukan ruang dalam RTRW Kota Tarakan tahun 2012-2032 yang masih memungkinkan untuk tetap mempertahankan eksistensi hutan mangrove di dalamnya, maka dapat diidentifikasi model modifikasi ruang pada masing-masing rencana pola ruang tersebut. Berdasarkan hasil analisis, luasan hutan mangrove eksisting di Kota Tarakan yang dapat dijadikan area konservasi seluas 1.022,65 ha dimana 842,67 ha dilakukan dengan model konservasi penuh dan sisanya 179,98 ha dilakukan dengan modifikasi ruang (tabel 4.30).

Tabel 4. 30
Model Optimalisasi Ruang Hutan Mangrove dalam RTRW

No	Rencana Pola Ruang	Luas (ha)	Model Optimalisasi Ruang
1	Area diluar RTRW	73,00	Konservasi Penuh
2	Hutan Kota	18,02	
3	Hutan Mangrove	751,64	
Jumlah		842,67	
4	Kawasan Bandar Udara Juwata	3,21	Optimalisasi Dengan Modifikasi
5	Kawasan Pariwisata	27,91	
6	Kawasan Perlindungan Setempat	9,74	
7	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	131,92	
8	Kawasan Peternakan	5,19	
9	Minapolitan	0,87	
10	Sport Center	1,13	
Jumlah		179,98	
Total		1022,65	

Sumber: Analisis Penulis (2017)

b.1. Model Konservasi Penuh

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa model konservasi penuh dilakukan pada area hutan mangrove yang mempunyai kesesuaian baik terhadap parameter lahannya maupun dengan rencana pola ruang dalam RTRW yang ada. Berdasarkan analisis yang dilakukan didapatkan bahwa model konservasi penuh dapat dilakukan pada hutan mangrove seluas 842,67 ha.

Area hutan mangrove yang dapat didekati dengan kebijakan model konservasi penuh terutama terdapat di tiga kelurahan yaitu Kel. Mamburungan seluas 214,94 ha (25,51%), Kel. Juata laut seluas 257,89 ha (30,60%), dan Kel. Juata permai seluas 91,87 ha (10,90%). Oleh karena itu sasaran berbagai kebijakan dan program utama konservasi hutan mangrove diarahkan pada ketiga kelurahan tersebut. Adapun kelurahan lain yang juga sesuai menjadi sasaran model konservasi penuh hutan mangrove dapat dilihat pada tabel 4.31.

Tabel 4. 31
Lokasi Sasaran Model Konservasi Penuh Hutan Mangrove Kota Tarakan

No	Kecamatan	Kelurahan	Luas (ha)	Persen (%)
1	Tarakan Barat	Karanganyarpantai	69,70	8,27
2	Tarakan Barat	Karangharapan	41,45	4,92
3	Tarakan Barat	Karangrejo	25,04	2,97
4	Tarakan Tengah	Kampungsatu	26,89	3,19
5	Tarakan Tengah	Pamusian	21,60	2,56
6	Tarakan Tengah	Sebengkok	0,41	0,05
7	Tarakan Timur	Gununglingkas	7,03	0,83
8	Tarakan Timur	Kampungempat	8,99	1,07
9	Tarakan Timur	Lingkasujung	56,69	6,73
10	Tarakan Timur	Mamburungan	214,94	25,51
11	Tarakan Timur	Pantaiamal	20,16	2,39
12	Tarakan Utara	Juatalaut	257,89	30,60
13	Tarakan Utara	Juatapermai	91,87	10,90
Total			842,67	100,00

Sumber: Analisis Penulis (2017)

b.2. Model Optimalisasi Ruang Dengan Modifikasi

Pada dasarnya model optimalisasi ruang dengan modifikasi dilakukan untuk menjembatani perbedaan antara peruntukan fungsi ruang yang direncanakan dengan kondisi eksisting ruang yang ada sehingga keduanya dapat berjalan secara beriringan.

Berdasarkan hasil analisis, potensi optimalisasi ruang dengan modifikasi dapat dilakukan pada area hutan mangrove seluas 179,98 ha. Luasan optimalisasi ruang dengan modifikasi tersebut dapat dilakukan pada 7 (tujuh) jenis fungsi ruang dalam RTRW yang ada yaitu optimalisasi ruang pada Kawasan Bandar Udara Juwata, Kawasan Pariwisata, Kawasan Perlindungan Setempat, Kawasan Pertahanan dan Keamanan, Kawasan Peternakan, Kawasan Minapolitan, dan Kawasan Sport Center. Dari tujuh jenis pola ruang dalam RTRW tersebut, potensi kontribusi ruang terbesar dalam mempertahankan eksistensi hutan mangrove terdapat pada rencana kawasan pertahanan dan keamanan yang mencapai 131,92 ha. Untuk itu diperlukan kerjasama dan komunikasi yang baik dengan pihak militer yang bertanggung jawab atas pertahanan dan keamanan yang ada.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa optimalisasi ruang dengan modifikasi dilakukan melalui strategi yang mampu menjembatani perbedaan antara rencana pola ruang yang ada dengan kondisi eksisting pemanfaatan ruang hutan mangrove. Untuk itu optimalisasi masing-masing jenis pola ruang mempunyai strategi yang relatif berbeda-beda. Adapun strategi optimalisasi masing-masing ruang dapat dilihat pada tabel 4.32.

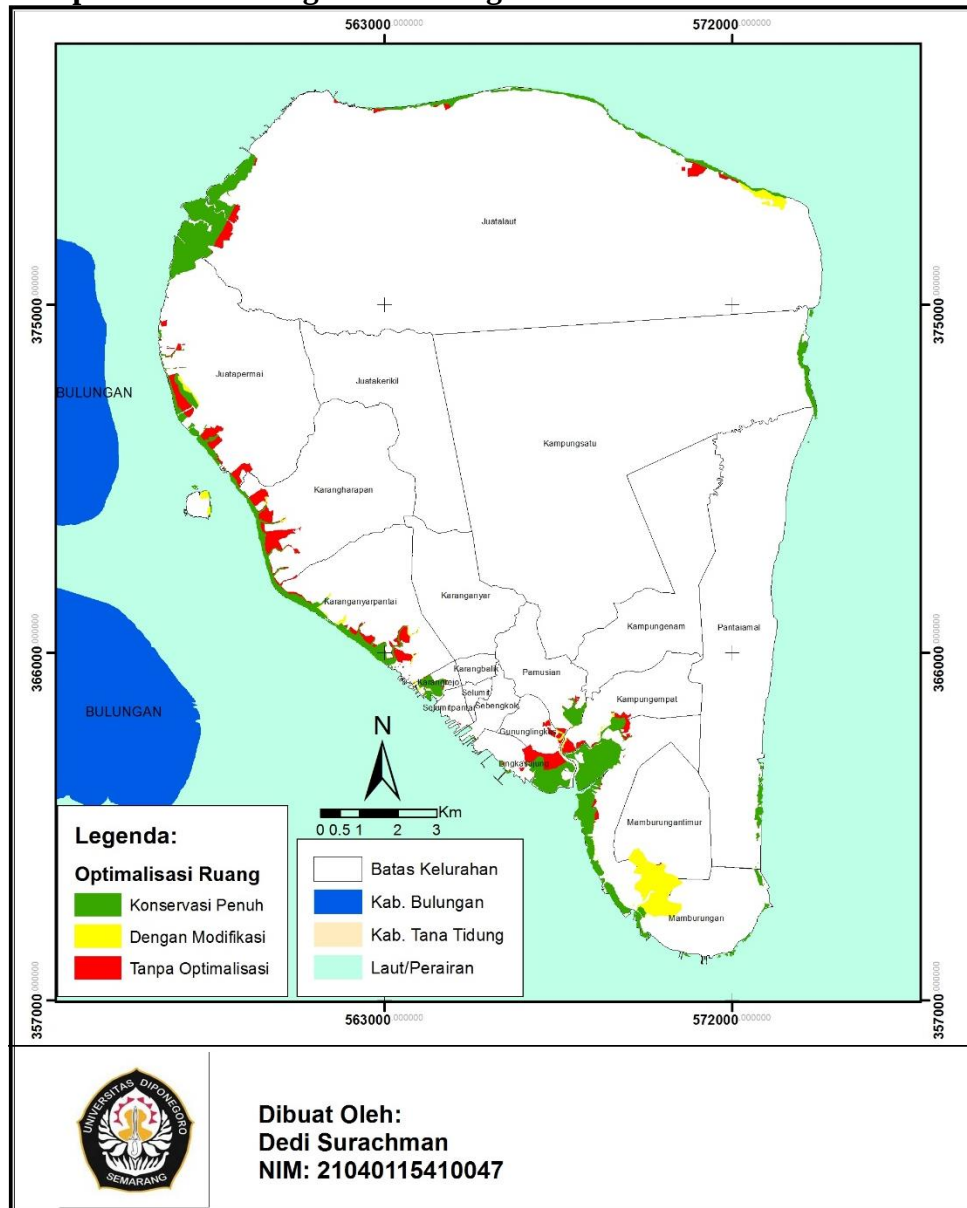
Tabel 4. 32
Strategi Optimalisasi Ruang Berdasarkan RTRW Kota Tarakan

No	Rencana Pola Ruang	Strategi Optimalisasi Ruang Hutan Mangrove	Lokasi	Luas (ha)
1	Kawasan Bandar Udara Juwata	•Pemanfaatan hutan mangrove sebagai fungsi sempadan sungai dan laut di kawasan bandara. •Desain perencanaan (Master Plan&DED) pembangunan kawasan bandara dibuat dengan meminimalisir kerusakan maupun konversi hutan mangrove yang ada.	Karanganyar pantai	3,21
2	Kawasan Pariwisata	Implementasi konsep wisata hutan mangrove pada area hutan mangrove eksisting dengan dilengkapi sarpras pendukungnya.	Juata laut	22,61
			Karang harapan	5,31
3	Kawasan Perlindungan Setempat	Pemanfaatan hutan mangrove sebagai fungsi sempadan baik sungai maupun laut dalam kawasan perlindungan setempat.	Gunung lingkas	2,54
			Kampung empat	2,05
			Karanganyar pantai	2,82
			Karang harapan	1,59
			Pamusian	0,74
4	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	•Pemanfaatan hutan mangrove sebagai fungsi sempadan sungai dan laut di kawasan pertahanan dan keamanan. •Minimalisir konversi/kerusakan hutan mangrove yang ada dalam operasional fungsi pertahanan dan keamanan. •Konsep pembangunan Pangkalan Utama Angkatan Laut (Lantamal) yang mendukung perlindungan hutan mangrove •Komunikasi dan Kerjasama yg baik antar instansi.	Karanganyar pantai	0,50
			Mamburungan	65,91
			Mamburungan timur	65,52

No	Rencana Pola Ruang	Strategi Optimalisasi Ruang Hutan Mangrove	Lokasi	Luas (ha)
5	Kawasan Peternakan	• Pemanfaatan hutan mangrove sebagai pagar hidup dalam konsep kawasan peternakan terpadu. • Minimalisir penggunaan dan pembuangan zat kimia pada area hutan mangrove. • Konsep pemanfaatan daun vegetasi mangrove sebagai pakan ternak dengan tetap memperhatikan siklus tumbuhnya daun. Dengan konsep seperti ini maka akan terjadi integrasi antara area hutan mangrove dengan kawasan peternakan yang ada.	Juata permai	5,19
6	Minapolitan	• Konsep minapolitan pada area sekitar hutan mangrove eksisting dijadikan sebagai zona perikanan tangkap. Hal ini bertujuan selain dapat tetap mempertahankan eksistensi hutan mangrove yang ada juga dengan adanya hutan mangrove disekitar area penangkapan ikan dapat meningkatkan produktifitas tangkapannya. • Minimalisir lahan terbangun pada area sekitar hutan mangrove yang ada. • Pembatasan pemakaian dan pembuangan zat kimia dalam aktifitas minapolitan didalamnya, seperti industri perikanan /pengalengan ikan yang ramah lingkungan.	Karang rejo	0,87
7	Sport Center	Pemanfaatan area mangrove eksisting sebagai taman mangrove untuk area istirahat dalam desain perencanaan (Master Plan&DED) Sport Center	Kampung empat	1,13
TOTAL LUAS				179,98

Sumber: Analisis Penulis (2017)

Gambar 4. 46
Peta Optimalisasi Ruang Hutan Mangrove Kota Tarakan Tahun 2012-2032



Sumber: Analisis Penulis (2017)

4.8.2. Kebijakan Pendukung Pengelolaan Hutan Mangrove

Selain menerapkan kebijakan utama dalam pengelolaan mangrove, juga diperlukan kebijakan pendukung. Kebijakan pendukung pengelolaan hutan mangrove tersebut sifatnya lebih makro.

Ada 2 (dua) hal yang dapat dijadikan sebagai kebijakan pendukung pengelolaan hutan mangrove di Kota Tarakan antara lain penguatan kebijakan

daerah dalam pengelolaan hutan mangrove dan peningkatan efektifitas dan frekuensi monitoring hutan mangrove.

a. Penguatan Kebijakan Daerah Dalam Pengelolaan Mangrove

Hingga saat ini kebijakan yang dikeluarkan oleh Pemerintah Kota Tarakan dalam pengelolaan mangrove jumlahnya relatif sedikit. Kebijakan pengelolaan hutan yang ada lebih condong pada hutan terestrial ketimbang untuk hutan mangrove secara keseluruhan. Padahal telah kita ketahui bahwa fungsi fisik maupun sosial ekonomi hutan mangrove lebih besar dibandingkan hutan terrestrial pada umumnya. Oleh karena itu sudah saatnya pengelolaan hutan mangrove diberikan porsi yang lebih besar atau minimal sama besarnya dengan sumberdaya yang dikeluarkan untuk pengelolaan hutan terestrial baik itu yang bersifat material (anggaran) maupun non-material (perlindungan hutan).

Kebijakan pendukung yang bersifat material dapat berupa pemberian dukungan anggaran dalam APBD bagi perangkat daerah penanggung jawab (Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Dinas Kehutanan, Pertambangan dan Energi) dalam pengelolaan hutan mangrove. Dengan terpenuhinya kebutuhan anggaran tersebut diharapkan kinerja perangkat daerah penanggung jawab dalam manajemen hutan mangrove dapat meningkat.

Kebijakan pendukung yang bersifat non-material dapat berupa revitalisasi perda pengelolaan hutan mangrove maupun dengan penyusunan peraturan wali kota yang lebih teknis dalam pengelolaan hutan mangrove.

Kota Tarakan sudah mempunyai perda khusus dalam pengelolaan hutan mangrove yaitu Perda No. 04 tahun 2002 tentang Larangan dan Pengawasan Penebangan Hutan Mangrove di Kota Tarakan. Namun perda tersebut belum menyebutkan seberapa luas area mangrove yang dikonservasi dan dimana saja letaknya. Adapun perda yang mengatur luasan dan letak hutan mangrove yang dilindungi hanya terdapat pada Perda Kota Tarakan No. 04 Tahun 2012 tentang RTRW Kota Tarakan Tahun 2012-2032. Selain itu di dalam perda no 04 tahun 2002 tersebut hanya menyebutkan bahwa seluruh hutan mangrove di Kota Tarakan dilindungi. Mengingat bahwa karakteristik Kota Tarakan ialah pesisir dimana masyarakatnya mendapatkan penghidupan dari sumberdaya pesisir maka tidaklah mungkin hal tersebut dapat direalisasikan. Pasti akan selalu ada eksploitasi area

hutan mangrove oleh masyarakat. Bahkan cenderung dapat menimbulkan konflik sosial antara masyarakat dan pemerintah kota. Oleh karena itu kiranya diperlukan penetapan kawasan dan jenis pemanfaatan hutan mangrove yang diperbolehkan baik itu kawasan lindung hutan mangrove, kawasan lindung terbatas maupun kawasan budidaya yang disusun berdasarkan kesesuaian terhadap lahan konservasi hutan mangrove dan RTRW yang ada. Selain itu denda pelanggaran terhadap perda tersebut relatif sangat kecil maksimal hanya sebesar Rp. 5.000.000,- (lima juta rupiah) yang tentu saja kurang memberi efek jera. Oleh karena itu diperlukan penyempurnaan perda sehingga dapat memberikan kepastian hukum yang jelas dalam perlindungan hutan mangrove.

b. Peningkatan Efektifitas dan Frekuensi Monitoring Hutan Mangrove

Monitoring hutan mangrove di Kota Tarakan belum optimal dilaksanakan baik itu monitoring secara langsung di lapangan maupun monitoring dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh. Indikasi dari belum optimalnya monitoring yang dilakukan yang pertama adalah masih adanya perusakan hutan mangrove yang tidak termonitor di area yang ditetapkan sebagai hutan kota yang seharusnya dilindungi. Contohnya saja terdapat 2 (dua) titik aktifitas penebangan hutan mangrove di area yang telah ditetapkan sebagai hutan kota di Kel. Mamburungan (gambar 4.47). Padahal area penebangan tersebut hanya berjarak sekitar 50 meter dari plang yang bertuliskan bahwa area tersebut dilindungi dan dijadikan sebagai hutan kota. Hal ini mengindikasikan kurangnya pemantauan hutan mangrove atau bahkan adanya pembiaaran oleh institusi yang seharusnya bertanggung jawab.

Gambar 4. 47
Aktifitas Penebangan Hutan Mangrove Pada Area Hutan Kota
di Kel. Mamburungan



Jarak kedua titik penebangan < 50 meter
Sumber: Penulis (2017)

Selain itu Kota Tarakan mempunyai keterbatasan terkait ketersediaan data spasial perkembangan hutan mangrove. Tidak terpetakannya perkembangan hutan mangrove secara spasial temporal menyulitkan *decision maker* untuk menentukan kebijakan pengelolaan mangrove yang sesuai dan tepat sasaran. Oleh karena itu peningkatan efektifitas dan frekuensi monitoring hutan mangrove perlu dilakukan untuk mendukung efektifitas kebijakan yang akan diambil.

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Luasan hutan mangrove dari tahun 2000 hingga tahun 2016 secara agregat tidak mengalami penurunan luasan dan justru terjadi perluasan. Luas hutan mangrove tahun 2000 seluas 1.129,09 ha dan meningkat 14,93% menjadi 1.297,61 ha pada tahun 2016. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa hutan mangrove yang tidak mengalami perubahan/konversi guna/tutupan lahan dari tahun 2000 hingga tahun 2016 seluas 659,08 ha (58,37%) dan sisanya seluas 470,01 ha (41,63%) telah terkonversi menjadi guna/tutupan lahan yang lain.

Sebagian besar bentuk konversi hutan mangrove yang ada pada tahun 2000 ke tahun 2016 ialah menjadi hutan/kebun/ladang yaitu sebesar 209,63 ha (18,57%) dan menjadi laut (tidak diklasifikasikan) pada tahun 2016 seluas 87,03 ha (7,71%).

Guna/tutupan lahan tambak/budidaya perikanan yang ada di tahun 2000 berperan besar pada pembentukan mangrove ditahun 2016 dimana hutan mangrove yang ada ditahun 2016 sebagian besar terbentuk dari area hutan mangrove yang telah eksis di tahun 2000 (50,79%) dan 39,92% lainnya terbentuk dari tambak/budidaya perikanan yang ada di tahun 2000 dan sisanya 9,29% terbentuk dari jenis guna/tutupan lahan lainnya.

Untuk menganalisis kerapatan hutan mangrove di Kota Tarakan, NDVI dan IPVI merupakan indeks vegetasi yang paling sesuai dan mampu menjelaskan 81,00% variansi kerapatan hutan mangrove di Kota Tarakan. Hal ini dikarenakan formula NDVI dan IPVI diciptakan untuk menganalisis vegetasi pada sebagian besar kondisi kerapatan vegetasi. Sedangkan indeks vegetasi lainnya seperti RDVI, SAVI, OSAVI, EVI cocok lebih cocok untuk menganalisis vegetasi dengan kerapatan yang relatif kurang padat/jarang dimana pengaruh *background* tanah melewati kanopi daun cukup besar. Adapun TDVI cenderung lebih cocok untuk menganalisis vegetasi pada lingkungan perkotaan.

Berdasarkan analisis NDVI, luasan hutan mangrove dengan kerapatan sangat tinggi mengalami perluasan yang sangat signifikan yaitu sebesar 86,41%

dibandingkan luasan di tahun 2000. Meskipun tidak terlalu signifikan perluasan area juga ditunjukkan oleh hutan mangrove dengan kerapatan tinggi yaitu sebesar 4,37%. Sedangkan kelas kerapatan yang lain mengalami penurunan luasan. Sehingga secara keseluruhan dari tahun 2000 hingga tahun 2016 perkembangan hutan mangrove cenderung lebih bersifat *recovery* yaitu sebanyak 55,64%. Sisanya 28,92% merupakan degradasi dan 15,45% lainnya bersifat tetap.

Hutan mangrove di Kota Tarakan tahun 2016 mampu menyimpan karbon hingga mencapai 561,88 ton/ha atau sebesar 729.101,11 ton karbon dari keseluruhan luas hutan mangrove di Kota Tarakan. Dengan kata lain hutan mangrove Kota Tarakan mempunyai nilai investasi dalam perdagangan karbon dunia sebesar Rp 74,73 juta/ha atau setara Rp. 96,97 milyar untuk keseluruhan hutan mangrove di kota Tarakan tahun 2016.

Berdasarkan parameter kesesuaian lahannya, sebanyak 64,46% (836,44 ha) luas hutan mangrove di Kota Tarakan sangat sesuai untuk dijadikan lahan konservasi, sebanyak 32,504% (421,78 ha) sesuai dijadikan lahan konservasi, sebanyak 3,035% (39,38 ha) sesuai untuk dijadikan lahan konservasi namun dengan syarat tertentu dan sisanya 0,001% (0,01 ha) tidak sesuai untuk dijadikan lahan konservasi hutan mangrove. Sedangkan berdasarkan kesesuaiannya dengan kebijakan tata ruang, sebanyak 64,94% (842,67 ha) hutan mangrove tahun 2016 telah sesuai dengan RTRW untuk dijadikan area konservasi hutan mangrove dan sisanya 35,06% (454,94 ha) bertentangan dengan RTRW. Dari 35,06% luasan hutan mangrove yang bertentangan dengan RTRW sebanyak 39,56% (179,98 ha) diantaranya masih bisa dipertahankan melalui kebijakan optimalisasi ruang dengan modifikasi dan strategi yang dapat menjembatani perbedaan fungsi dan pemanfaatan ruang tersebut.

Kebijakan optimalisasi ruang dengan modifikasi dapat dilakukan pada 7 (tujuh) jenis fungsi ruang dengan strateginya masing-masing. Pada kawasan bandara, kawasan perlindungan setempat dan kawasan pertahanan dan keamanan area hutan mangrove yang ada dapat dimanfaatkan sebagai fungsi sempadan sungai dan laut untuk melindungi dari ancaman banjir, tsunami, gelombang, badai dan sebagainya. Pada kawasan pariwisata area hutan mangrove dapat dimanfaatkan dalam konsep wisata mangrove. Pada kawasan peternakan area hutan mangrove

dapat dimanfaatkan sebagai pagar hidup dan pakan ternak. Pada kawasan minapolitan area sekitar hutan mangrove yang ada dapat dijadikan sebagai kawasan perikanan tangkap. Pada kawasan sport center area hutan mangrove yang ada dapat digunakan sebagai taman tempat beristirahat.

5.2. Rekomendasi

Luas area pengambilan sampel sebaiknya mengikuti resolusi spasial citra yang digunakan. Citra yang digunakan dalam penelitian ini ialah citra landsat dengan resolusi 30x30 meter sedangkan luas area masing-masing titik sampel seluas 10x10 meter. Oleh karena itu akan lebih baik jika luas area masing-masing titik sampel ialah 30x30 meter.

Dasar konsep perhitungan kerapatan vegetasi riil di lapangan ialah berdasarkan jumlah pohon mangrove dalam suatu area titik sampel. Sedangkan konsep kerapatan tajuk dalam penginderaan jauh ialah berdasarkan besaran nilai pantulan gelombang oleh daun. Perbedaan dasar kedua konsep tersebut dapat menimbulkan bias pada jenis vegetasi (mangrove) dengan karakteristik daun yang tidak lebat. Oleh karena itu akan lebih baik jika pengukuran kerapatan riil di lapangan menggunakan alat *spectrometer* atau setidaknya kamera *fish-eye*.

Dalam penelitian ini tidak semua zona komunitas mangrove di Kota Tarakan dapat diambil sampelnya terutama pada sisi tengah hutan mangrove dan area dengan aksesibilitas yang sulit. Oleh karena itu dapat digunakan teknologi drone yang bisa merekam koordinat dan gambar secara tegak lurus, serta dapat diatur level ketinggian perekamannya.

Analisis kerapatan vegetasi dalam penelitian ini menggunakan citra dengan nilai reflektan *at sensor (Top of Atmosphere Reflectance)*. Namun akan lebih baik jika menggunakan citra dengan nilai reflektan permukaan (*Bottom of Atmosphere Reflectance*) dimana akan lebih menggambarkan respon spektral vegetasi dipermukaan bumi yang sebenarnya.

Perlu kiranya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakter NDVI pada range < 0 (nol) yang ternyata juga mewakili vegetasi dalam suatu kondisi tertentu. Selain itu dengan diketahuinya NDVI dan IPVI sebagai indeks vegetasi yang paling sesuai dengan kerapatan mangrove di Kota Tarakan, maka dapat

dilakukan penelitian lanjutan untuk merumuskan indeks vegetasi baru yang dimodifikasi (didasarkan) persamaan kedua jenis indeks tersebut dan dapat menghasilkan keakuratan lebih baik dibandingkan NDVI maupun IPVI itu sendiri.

Karena keterbatasan dan homogenitas data suatu parameter kesesuaian lahan konservasi, maka dalam penelitian ini hanya digunakan enam parameter utama. Oleh karena itu akan lebih baik jika digunakan pula parameter lainnya berdasarkan ketersediaan dan kualitas datanya.

Sebagian besar kondisi hutan mangrove masih dalam kondisi baik dengan trennya bersifat recovery. Oleh karena itu Pemerintah Kota Tarakan harus lebih mengutamakan kebijakan dan program yang sifatnya konservatif ketimbang rehabilitatif. Luasan dan sebaran hutan mangrove dalam kondisi baik sebagian besar tersebar di 3 (tiga) keluarahan yaitu Juata laut, Juata permai dan Mamburungan, sehingga prioritas dan arah program konservasi hutan mangrove Pemerintah Kota Tarakan secara umum sebaiknya menyasar pada ketiga kelurahan tersebut.

Pola sebaran hutan mangrove di Kota Tarakan sangat berasosiasi dengan lahan budidaya tambak masyarakat. Oleh karena itu Pemerintah Kota Tarakan perlu melakukan pengawasan dan pengendalian secara kontinyu aktivitas budidaya tambak yang berpotensi mengancam eksistensi hutan mangrove disekitarnya khususnya yang masuk kedalam kawasan lindung.

Kebijakan pengelolaan dan perlindungan hutan mangrove yang disusun sifatnya sangat terbatas yang dihasilkan dari pengamatan dilapangan, analisis hasil penelitian dan data sekunder, serta wawancara terbatas dengan beberapa orang saja. Sebaiknya kebijakan pengelolaan dan perlindungan hutan mangrove dilakukan melalui instrument tersendiri sehingga dapat dihasilkan strategi dari suatu analisis SWOT yang dapat mewakili semua stakeholder baik itu pemerintah, swasta dan masyarakat yang tinggal di sekitar ekosistem hutan mangrove.

Meskipun kebijakan yang disusun mempunyai keterbatasan namun sebagai langkah awal Pemerintah Kota Tarakan dapat mengimplementasikan masing-masing strategi yang diusulkan terhadap 7 (tujuh) jenis fungsi ruang sebagaimana telah dijabarkan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N., & Glaser, M. (2016). Coastal Aquaculture, Mangrove Deforestation and Blue Carbon Emissions : Is REDD þ a Solution ? *Marine Policy*, 66, 58–66. <http://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.01.011>
- Andana, E. K. (2015). Pengembangan Data Citra Satelit Landsat-8 Untuk Pemetaan Area Tanaman Hortikultura Vegetasi (Studi Kasus : Kabupaten Malang Dan Sekitarnya), 1–10.
- Ardiansyah, D. A., & Buchori, I. (2014). Pemanfaatan Citra Satelit Untuk Penentuan Lahan Kritis Mangrove Di Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Geoplanning*, 1(1), 1–12.
- Arhatin, R. E. (2007). *Metode Klasifikasi Mangrove Dari Data Satelit Landsat-5 TM dan Landsat-7 ETM + (Studi Kasus di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur)*. Institut Pertanian Bogor.
- Aziz, A. A., Dargusch, P., Phinn, S., & Ward, A. (2015). Using REDD + to Balance Timber Production with Conservation Objectives in A Mangrove Forest in Malaysia. *Ecological Economics*, 120, 108–116. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.10.014>
- Barbier, E. B. (2016). The Protective Service of Mangrove Ecosystems : A Review of Valuation Methods Marine Pollution Bulletin Special Issue : “ Turning The Tide on Mangrove Loss .” *MPB*, 1–6. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.033>
- Bengen, D. G. (2001). Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya ALam Pesisir dan Laut.
- Bengen, D. G. (2010). Ekosistem dan Sumberdaya Pesisir dan Laut Serta Pengelolaan Secara Terpadu dan Berkelanjutan. In *Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu*. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- BPS. (2016a). Kota Tarakan Dalam Angka Tahun 2016. Kota Tarakan: BPS Kota Tarakan.
- BPS. (2016b). PDRB Kota Tarakan Menurut Lapangan Usaha Tahun 2011-2015. Kota Tarakan: BPS Kota Tarakan.

- Brown, S. (2002). Measuring Carbon in Forests : Current Status and Future Challenges. *Environmental Pollution*, 116, 363–372.
- Brown, S., & Gaston, G. (1996). *Estimates of Biomass Density For Tropical Forests* (Vol. 1). U.S. Environmental Protection Agency.
- Central Agency of Statistic. (2014). Kota Tarakan Dalam Angka. Kota Tarakan: BPS Kota Tarakan.
- Chandra, P. J. (2011). Performance Evaluation of Vegetation Indices Using Remotely Sensed Data. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(1), 231–240.
- Clough, B. F., & Scott, K. (1989). Allometric Relationships for Estimating Above-Ground Biomass in Six Mangrove Species. *Forest Ecology and Management*, 27(463), 117–127.
- Collins, M., Eisma, D., Loudon, K. E., Milliman, J. D., Posamentier, H. W., & Watts, A. (2008). *Asia-Pacific Coast dan Their Management*. (N. Mimura, Ed.) (11th ed.). Netherland: Springer.
- Crippen, R. E. (1990). Calculating the Vegetation Index Faster. *Remote Sensing of Environment*, 73, 71–73.
- Dahuri, R. (2011). Strategi dan Program Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Indonesia. In *Pelatih Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpedu*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pesisir, Pantai dan Pulau-Pulau Kecil. Departemen Eksplorasi Laut dan Perikanan RI.
- Danielsen, F., Sørensen, M. K., Olwig, M. F., Selvam, V., Parish, F., Burgess, N. D., ... Quarto, A. (2005). The Asian Tsunami : A Protective Role for Coastal Vegetation, (October), 16002. Retrieved from www.sciencemag.org/cgi/content/full/310/5748/643/DC1
- Departemen kehutanan. (2005). Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove. Jakarta: Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial.
- Dharmawan, I. W. E., & Pramudji. (2014). *Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove*. Jakarta: Pusat Pnelitian Oseanografi-LIPI.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves Among The Most Carbon-Rich Forests

- in The Tropics. *Nature Geoscience*, 4(4), 1–5.
<http://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- Epiphanio, J. C. N., & Huete, A. R. (1995). Dependence of NDVI and SAVI on Sun / Sensor Geometry and Its Effect on fAPAR Relationships in Alfalfa. *Remote Sensing of Environment*, 4257.
- Fang, H., Xiao, Z., Qu, Y., & Song, J. (2012). *Leaf Area Index* (First Edit). Elsevier Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-385954-9.00011-3>
- FAO of United Nations. (2007). The World's Mangroves 1980-2005. In *A Thematic Study Prepared in The Framework of The Global Forest Resources Assessment 2005*. Rome: FAO.
- Farda, N. M., & Khoiriah, I. F. (2012). Perbandingan Akurasi Klasifikasi Penutup Lahan Hasil Penggabungan Citra Alos Avnir-2 Dan Alos Palsar Pada Polarisasi Berbeda Dengan Transformasi Wavelet. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1.
- Fawzi, N. I. (2013). Koreksi Radiometrik Landsat 8. Yogyakarta: Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Universitas Gadjah Mada.
- Fei, S. X., Shan, C. U. I. H., & Hua, G. U. O. Z. (2011). Remote Sensing of Mangrove Wetlands Identification, 10, 2287–2293.
<http://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.357>
- Feka, Z. N. (2015). Ocean & Coastal Management Sustainable management of Mangrove Forests in West Africa : A New Policy Perspective ? *Ocean and Coastal Management*, 116, 341–352.
<http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.08.006>
- Firl, G. J., & Carter, L. (2011). Lesson 10 : Calculating Vegetation Indices from Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM + Data. Colorado: Natural Resources Ecology Laboratory. Colorado State University.
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., & Merzlyak, M. N. (1994). Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 4257(96).
- Gitelson, A. A., & Merzlyak, M. N. (1998). Remote Sensing of Chlorophyll Concentration in Higher Plant Leaves. Elsevier Science Ltd.
- Government of Tarakan City. (2012). RTRW Kota Tarakan 2012-2032.

- Harahab, N. (2009). The Influence Of Mangrove Ecosystem as Their Role For Catching Productivity. *Perikanan*, 100–106.
- Hartanto, E. F. (2013). Pengaruh Pemanfaatan Ekosistem Mangrove Dalam Meningkatkan Pendapatan Ekonomi Masyarakat. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Geografi*, 20–28.
- Hartono. (2005). *Penginderaan Jauh Dasar*. Yogyakarta.
- Heenkenda, M. K., Joyce, K. E., Maier, S. W., & Bartolo, R. (2014). Mangrove Species Identification: Comparing WorldView-2 with Aerial Photographs, 6064–6088. <http://doi.org/10.3390/rs6076064>
- Heenkenda, M. K., Joyce, K. E., Maier, S. W., & Bruin, S. De. (2015). Quantifying Mangrove Chlorophyll from High Spatial Resolution Imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 108, 234–244. <http://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.08.003>
- Herwindya, A. Y. Y., & Susilo. (2014). Analisis Manfaat Mangrove dan Terumbu Karang Terhadap Lingkungan Pesisir Serta Implikasinya Pada Pendapatan Nelayan. *Ekonomi Manajemen Dan Akuntansi*, (36), 1–16.
- Huete, A. R. (1988). A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 309, 295–309. <http://doi.org/00344257>
- Huete, A. R., Hua, G., Qi, J., Chehbouni, A., & Leeuwen, W. J. D. Van. (1992). Normalization of Multidirectional Red and NIR Reflectances with the SAVI. *Remote Sensing of Environment*, 54(1992), 143–154.
- Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K., & Leeuwen, W. Van. (1997). A Comparison of Vegetation Indices over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 4257(Table 1).
- Ibharim, N. A., Mustapha, M. A., Lihan, T., & Mazlan, A. G. (2015). Mapping Mangrove Changes in the Matang Mangrove Forest Using Multi Temporal Satellite Imageries. *Ocean and Coastal Management*, 114, 64–76. <http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.005>
- Jennerjahn, T. C., & Ittekkot, V. (2002). Relevance of Mangroves for the Production and Deposition of Organic Matter Along Tropical Continental Margins, (89), 22–30. <http://doi.org/10.1007/s00114-001-0283-x>
- Jia, M., Wang, Z., & Li, L. (2013). Mapping China's Mangroves Based on an

Object-Oriented Classification of Landsat Imagery.
<http://doi.org/10.1007/s13157-013-0449-2>

- Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., & Miura, T. (2008). Remote Sensing of Environment Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band, *112*, 3833–3845.
<http://doi.org/10.1016/j.rse.2008.06.006>
- Jin, H., Li, A., Bian, J., Nan, X., Zhao, W., & Zhang, Z. (2016). Intercomparison and Validation of MODIS and GLASSLeaf Area Index (LAI) Products Over MountainAreas : A Case Study in Southwestern. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, *55*, 52–67.
<http://doi.org/10.1016/j.jag.2016.10.008>
- Kamal, M., Phinn, S., & Johansen, K. (2016). Remote Sensing of Environment Assessment of Multi-Resolution Image Data for Mangrove Leaf Area Index Mapping. *Remote Sensing of Environment*, *176*, 242–254.
<http://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.013>
- Kamaruzaman, J., & Kaswani, I. (2007). Imaging Spectrometry on Mangrove Species Identification and Mapping in Malaysia, *4*(8), 118–126. Retrieved from <http://www.wseas.us/e-library/transactions/biology/2007/30-183.pdf>
- Kay, R., & Alder, J. (1999). *Coastal Planning and Management*. London: E & FN Spon, an Imprint of Routledge.
- Kepala Badan Informasi Geospasial. (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove. Jakarta: Badan Informasi Geospasial.
- Khomsin. (2005). Studi Perencanaan Konservasi Kawasan Mangrove Sistem Informasi Geografis, (September), 14–15.
- Kirui, K. B., Kairo, J. G., Bosire, J., Viergever, K. M., Rudra, S., Huxham, M., & Briers, R. A. (2013). Ocean & Coastal Management Mapping of Mangrove Forest Land Cover Change Along the Kenya Coastline Using Landsat Imagery. *Ocean and Coastal Management*, *83*, 19–24.
<http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.12.004>

- Kordi, K. M. G. H. (2012). *Ekosistem Mangrove: Potensi, Fungsi, dan Pengelolaan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Lanorte, A., Lasaponara, R., Lovallo, M., & Telesca, L. (2014). Analysis of SPOT / Vegetation Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Time Series to Characterize Vegetation Recovery After Fire Disturbance. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 26, 441–446. <http://doi.org/10.1016/j.jag.2013.05.008>
- Liang, L., Di, L., Zhang, L., Deng, M., Qin, Z., Zhao, S., & Lin, H. (2015). Remote Sensing of Environment Estimation of Crop LAI Using Hyperspectral Vegetation Indices and A Hybrid Inversion Method. *Remote Sensing of Environment*, 165, 123–134. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2015.04.032>
- Magdalena, E., Anggoro, S., & Purwanti, F. (2015). Analisis Kesesuaian Lahan Bagi Konservasi Mangrove di Desa Timbul Sloko Kecamatan Sayung, Demak. *Journal of Maquares*, 4, 139–147. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>
- Manna, S., Mondal, P. P., Mukhopadhyay, Akhand, A., Hazra, S., & Mitra, D. (2013). Vegetation Cover Change Analysis from Multi-Temporal Satellite Data in Jharkhali Island, Sundarbans, India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 42(June), 331–342.
- Marini, Y., Emiyati, Hawariyah, S., & Hartuti, M. (2014). Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Maximum Likelihood Dengan Klasifikasi Berbasis Objek Untuk Inventarisasi Lahan Tambak di Kabupaten Maros. *Deteksi Parameter Geobiofisik Dan Diseminasi Penginderaan Jauh*, 505–516.
- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., & Qiu, G. (2007). Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-Density Cypress Forest. *Sensors*, 7, 2636–2651. <http://doi.org/10.3390/s7112636>
- Menteri Lingkungan Hidup. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku Dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Miramontes-Beltran, S., Alatorre, L. C., Sanchez-Carrilo, S., Medina, R. J., Torresolave, M. E., Bravo, L. C., ... Erick, S. (2016). Temporal Changes of

- NDVI for Qualitative Environmental Assessment of Mangroves : Shrimp Farming Impact on the Health Decline of the Arid Mangroves in the Gulf of California (1990 e 2010), 125, 98–109. <http://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.10.010>
- Mockrin, M. H., Reed, S. E., Pejchar, L., & Salo, J. (2017). Balancing Housing Growth and Land Conservation : Conservation Development Preserves Private Lands Near Protected Areas. *Landscape and Urban Planning*, 157, 598–607. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.015>
- Motohka, T., Nasahara, K. N., Oguma, H., & Tsuchida, S. (2010). Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology. *Remote Sensing*, (1), 2369–2387. <http://doi.org/10.3390/rs2102369>
- Mroz, M., & Sobieraj, A. (2004). Comparison Of Several Vegetation Indices Calculated On The Basis Of A Seasonal Spot Xs Time Series , And Their Suitability For Land Cover, (7).
- NASA. (2010). Landsat 7 Science Data Users Handbook. South Dakota: National Aeronautics and Space Administration.
- Nascimento, W. R., Wal, P., Proisy, C., & Lucas, R. M. (2012). Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery, 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.10.005>
- Neinavaz, E., Darvishzadeh, R., Skidmore, A. K., & Groen, T. A. (2016). Measuring the Response of Canopy Emissivity Spectra to Leaf Area Index Variation Using Thermal Hyperspectral Data. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 53, 40–47. <http://doi.org/10.1016/j.jag.2016.08.002>
- Nugraha, R. P. (2006). Pemanfaatan Data Landsat untuk Melihat Perubahan Luasan, Zonasi dan Kerapatan Mangrove Pada Daerah Delta Mahakam Kalimantan Timur. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB.
- Nugroho, I., & Dahuri, R. (2004). *Pembangunan Wilayah: Perspektif Ekonomi, Sosial dan Lingkungan*. Jakarta: LP3ES.
- Ong, J. E., Gong, W. K., & Wong, C. H. (2004). Allometry and Partitioning of The

- Mangrove , Rhizophora Apiculata. *Forest Ecology and Management*, 188, 395–408. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.08.002>
- Owley, J., & Rissman, A. R. (2016). Trends in Private Land Conservation : Increasing Complexity , Shifting Conservation Purposes and Allowable Private Land Uses. *Land Use Policy*, 51, 76–84.
- Ozbakir, A., & Bannari, A. (2008). Performance of TDVI in Urban Land Use / Cover Classification For Quality of Place Measurement. *Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3–6.
- PDAM. (2015). Profil PDAM Kota Tarakan Tahun 2014. Kota Tarakan: PDAM Kota Tarakan.
- Perdana, A. P. (2011). Identifikasi Mangrove dan Kerapatan Mangrove dari Data Penginderaan Jauh, 1–19.
- Prahasta, E. (2008). *Remote Sensing: Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Dijital dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Bandung: Informatika Bandung.
- Purbo, A., Wibowo, A., Tobing, L. B., Widyaningtyas, N., Widayati, T., Bagiyono, R., ... Farid, M. (2016). *Perubahan Iklim, Perjanjian Paris, dan Nationally Determined Contribution*. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.
- Purnobasuki, H. (2006). Peranan Mangrove Dalam Mitigasi Perubahan Iklim. Surabaya. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/236846495>
- Purwanto, A. D., Asriningrum, W., Winarso, G., & Parwati, E. (2014). *Analisis Sebaran Dan Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 Di Segara Anakan, Cilacap*. Bogor.
- Putranto, T. T., & Kusuma, K. I. (2009). Permasalahan Air Tanah Pada Daerah Urban, 30(1), 48–58.
- Rachmawani, D. (2007). *Kajian Pengelolaan Ekosistem Mangrove Secara Berkelanjutan Kota Tarakan Kalimantan Timur*. IPB.
- Raharja, A. B., Widigdo, B., & Sutrisno, D. (2014). Study on the Potency of Mangrove Ecosystem in the Coastal Area of Gulf Pangpang, Banyuwangi, 3(April), 36–45.

- Rochana, E. (2001). Ekosistem Mangrove Dan Pengelolaannya, 1–11.
- Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices. *Remote Sensing of Environment*, 107(August 1994), 95–107.
- Roujean, J., & Breon, F. (1995). Estimating PAR Absorbed by Vegetation from Bidirectional Reflectance Measurements, 384(August 1994), 375–384.
- Saefurahman, G. (2008). *Distribusi, Kerapatan Dan Perubahan Luas Vegetasi Mangrove Gugus Pulau Pari Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Formosat 2 dan Landsat 7/ETM+*. IPB.
- Sari, Z. H. N. (2011). Studi Tentang Kerusakan Hutan Mangrove di Desa Lubuk Kertang Kecamatan Brandan Barat Kabupaten Langkat, 1–14.
- Saribanon, N., Rifqi, M. A., Hermansyah., Hariyanto., & Apriani, H. (2014). Konservasi Mangrove dan Bekantan: Upaya Pelestarian Keanekaragaman Hayati Kota Tarakan. *Lingkungan*.
- Saru, A. (2014). *Potensi Ekologis dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Wilayah Pesisir*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Sawitri, R. (2012). *Strategi Pengelolaan Lingkungan Pada Ekosistem Mangrove di Sekitar Muara Sungai Bogowonto Kabupaten Kulonprogo*. UGM.
- Schöttker, O., Johst, K., Drechsler, M., & Wätzold, F. (2016). Land for Biodiversity Conservation — To Buy or Borrow ? *Ecological Economics*, 129, 94–103. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.06.011>
- Schultz, M., Clevers, J. G. P. W., Carter, S., Verbesselt, J., Avitabile, V., Vu, H., & Herold, M. (2016). Performance of Vegetation Indices from Landsat Time Series in Deforestation Monitoring. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 52(May 2012), 318–327. <http://doi.org/10.1016/j.jag.2016.06.020>
- Sitanggang, G. (2011). *Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan : Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8)*. Bogor.
- Son, Y. B., Gardner, W. D., Richardson, M. J., Ishizaka, J., Ryu, J.-H., Kim, S.-H., & Lee, S. H. (2012). Tracing Offshore Low-Salinity Plumes in The Northeastern Gulf of Mexico During The Summer Season By Use of Multispectral Remote-Sensing Data. *Journal Oceanografi*, 68, 743–760.

<http://doi.org/10.1007/s10872-012-0131-y>

- Soraya, D. et al. (2012). Perubahan Garis Pantai Akibat Kerusakan Hutan Mangrove di Kecamatan Blanakan dan Kecamatan Legonkulon, Kabupaten Subang, 3(4), 355–364.
- Supriatna, W., & Sukartono. (2002). Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi Dan Penajaman) Citra Satelit. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan AgroklimatPusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Sutanto. (2004). *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sutaryo, D. (2009). Penghitungan Biomassa: Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Suwarsono, Arief, M., Sulma, S., H, N. S., Sulyantoro, H., Setiawan, K. T., & Hidayat. (2011). Pengembangan Metode Penentuan Indeks Luas Daun Pada Penutup Lahan Hutan Dari Data Satelit Penginderaan Jauh SPOT-2. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 8, 50–59.
- Syech, R., & Malik, U. (2013). Menentukan Nilai Reflektan dan Salinitas di Perairan Selat Malaka Menggunakan Data Liputan Citra Satelit FY-1D, 319–321.
- Tarigan, M. S. (2008). Sebaran dan Luas Hutan Mangrove di Wilayah Pesisir Teluk Pising Utara Pulau Kabaena Provinsi Sulawesi Tenggara, 12(2), 108–112.
- Taurisanti, M. M. (2014). Perlakuan Akuntansi Karbon di Indonesia, XVII(2), 83–107.
- Thornton, S. R., & Johnstone, R. W. (2015). Mangrove Rehabilitation in High Erosion Areas : Assessment Using Bioindicators. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165, 176–184. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.05.013>
- Triwahyuni, A. (2009). *Model Perubahan Garis Pantai Timur Tarakan, Kalimantan Timur*. IPB.
- United Nations. (1998). Kyoto Protocol to The United Nations Framework Convention On Climate Change. United Nations.
- USGS. (2015). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook* (Vol. 8). South Dakota.

- Vieira, S. A. (2008). Estimation of Biomass and Carbon Stocks : The Case of The Atlantic Forest. Retrieved from <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/pt/abstract?point-of-view+bn00108022008>
- Villa, P., Mousivand, A., & Bresciani, M. (2014). Aquatic Vegetation Indices Assessment Through Radiative Transfer Modeling and Linear Mixture Simulation. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 30, 113–127. <http://doi.org/10.1016/j.jag.2014.01.017>
- Wardhani, M. K. (2014). Analisis Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove di Pesisir Selatan Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan*, 7(2), 65–69.
- Winarso, G., & Purwanto, A. D. (2014). Pendekatan Baru Indeks Kerusakan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh. Bogor: Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN.
- Yuniar, D. (2000). *Identifikasi Tipe-Tipe Mangrove dan Pemantauan Perubahan Luasan Mangrove Menggunakan Data Landsat-TM di Kawasan Mangrove Prapat Benoa-Bali*. IPB.