

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN PENUTUPAN LAHAN DI KAWASAN  
PESISIR MUARA GEMBONG, KABUPATEN BEKASI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT  
LANDSAT**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh :

**SYAFRUDIN FATHONI**

**NIM. 135080600111089**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2017**



**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN PENUTUPAN LAHAN DI KAWASAN  
PESISIR MUARA GEMBONG, KABUPATEN BEKASI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT  
LANDSAT**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan  
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh :

**SYAFRUDIN FATHONI**

**NIM. 135080600111089**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

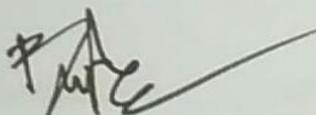
**SKRIPSI**

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN PENUTUPAN LAHAN DI KAWASAN  
PESISIR MUARA GEMBONG, KABUPATEN BEKASI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT  
LANDSAT**

Oleh :  
**SYAFRUDIN FATHONI**  
**NIM. 135080600111089**

Telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 29 November 2017  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing 1

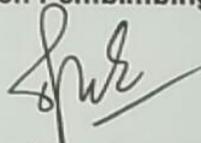


(Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D.)

NIP. 196212201988031004

Tanggal: 21 DEC 2017

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing 2



Dhira Khurniawan S., S.Kel., M.Sc.

NIK. 201201860115001

Tanggal: 21 DEC 2017

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan



(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP.)

NIP. 196306081987031003

Tanggal: 21 DEC 2017

## IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : Analisis Perubahan Garis Pantai dan Penutupan Lahan di Kawasan Pesisir Muara Gembong, Kabupaten Bekasi Menggunakan Citra Satelit Landsat

Nama Mahasiswa : SYAFRUDIN FATHONI

NIM : 135080600111089

Program Studi : Ilmu Kelautan

### PENGUJI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing 1 : Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D.

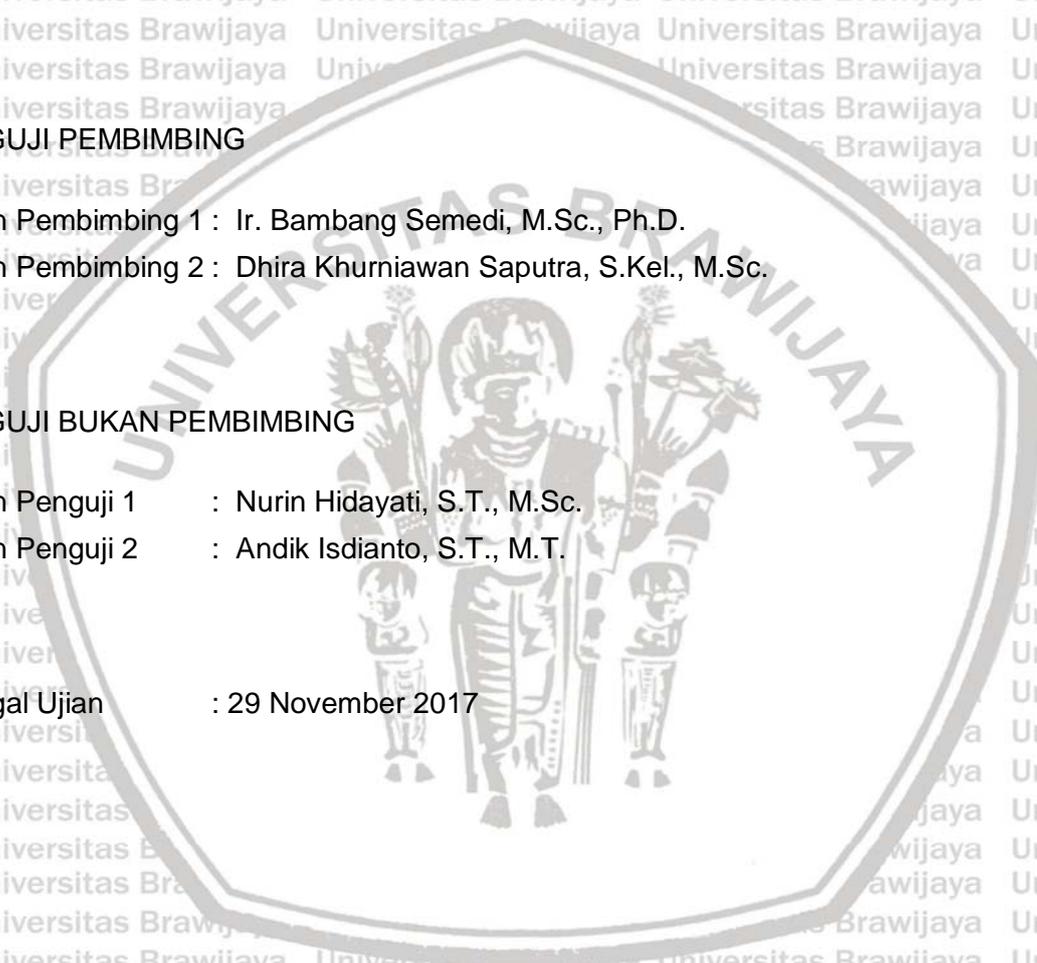
Dosen Pembimbing 2 : Dhira Khurniawan Saputra, S.Kel., M.Sc.

### PENGUJI BUKAN PEMBIMBING

Dosen Penguji 1 : Nurin Hidayati, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji 2 : Andik Isdianto, S.T., M.T.

Tanggal Ujian : 29 November 2017



**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 29 November 2017

Mahasiswa

Tanda tangan

SYAFRUDIN FATHONI



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syafrudin Fathoni

NIM : 135080600111089

Tempat / Tgl Lahir : Bekasi, 30 Oktober 1995

No. Tes Masuk P.T. : 1133323271

Jurusan : Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan

Program Studi : Ilmu Kelautan

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : Islam

Alamat : Perum Telaga Murni BLOK E 24 no. 24 RT02/RW08 Kelurahan  
Telaga Murni, Kecamatan Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi Provinsi  
Jawa Barat

Email : sfthoni93@gmail.com

## RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Jenis Pendidikan	Tahun		Keterangan
		Masuk	Lulus	
1	S.D	2001	2007	SDIT Nurul Fajri
2	S.L.T.P	2007	2008	Ponpes Darul Falah
3	S.L.T.P	2008	2010	SMPIT Nurul Fajri
4	S.L.T.A	2010	2013	SMAN 1 Cikarang Utara
5	Perguruan Tinggi (Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan)	2013	2017	Universitas Brawijaya

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan skripsi yaitu:

1. Allah SWT atas rahmat, karunia, dan kehendak-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Syarif Hidayat dan Ibunda Almarhumah Sugiyem beserta seluruh keluarga besar yang telah mendoakan dan memberikan berbagai bantuan serta dukungan kepada penulis.
3. Bapak Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1.
4. Bapak Dhira Khurniawan Saputra, S.Kel., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 2.
5. Bapak/Ibu pegawai instansi Badan Kesatuan Bangsa & Politik (Bakesbangpol) Provinsi Jawa Barat, Badan Pusat Statistik (BPS), BAPPEDA dan Bakesbangpol Kabupaten Bekasi.
6. Masyarakat pesisir di Kecamatan Muara Gembong khususnya bapak Ramin dan bapak Minan selaku Ketua RT di lokasi penelitian, beserta keluarga bapak Minggu atas bantuan yang telah diberikan selama kegiatan penelitian berlangsung.
7. Seluruh kerabat dan teman dekat penulis atas hiburan, bantuan, doa, saran, dukungan, serta semangat yang diberikan kepada penulis yang tidak dapat penulis tuliskan satu per satu khususnya teman-teman "ATLANTIK" dan "SAKURA Malang".
8. Serta pihak-pihak lainnya yang turut membantu penulis melalui berbagai bentuk dukungan selama pelaksanaan kegiatan hingga penyusunan laporan ini.

Malang, 29 November 2017

Penulis

Syafrudin Fathoni

## ABSTRAK

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN PENUTUPAN LAHAN DI KAWASAN PESISIR MUARA GEMBONG, KABUPATEN BEKASI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT LANDSAT***Syafrudin Fathoni<sup>1)</sup>, Bambang Semedi<sup>2)</sup>, Dhira K. Saputra<sup>2)</sup>*

Kawasan pesisir merupakan kawasan yang sangat dinamis, dimana perubahan yang terjadi di kawasan pesisir dapat terjadi akibat aktivitas yang terjadi di alam maupun kegiatan manusia. Hal tersebut akan berdampak pada kelangsungan sumberdaya yang terdapat di kawasan pesisir. Analisis terhadap perubahan garis pantai dan penutupan lahan di kawasan pesisir Kecamatan Muara Gembong dilakukan berdasarkan hasil pengamatan citra satelit LANDSAT antara tahun 1997, 2001, 2005, 2009, 2013, dan 2017. Pengukuran perubahan garis pantai dilakukan menggunakan program DSAS dengan statistik SCE. Klasifikasi lahan dilakukan menggunakan program SCP dengan algoritma SAM. Hasilnya wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong cenderung mengalami abrasi yang terjadi akibat adanya pengalihfungsian lahan vegetasi (mangrove) menjadi lahan tambak. Wilayah terparah akibat adanya abrasi tersebut berada di wilayah pesisir utara dimana terdapat lahan tambak yang sudah tergenang oleh air laut yang cenderung permanen. Selama 20 tahun Kecamatan Muara Gembong telah kehilangan daratan sebesar 13,38 km<sup>2</sup>. Wilayah ini sebagian besar ditutupi oleh lahan tambak. Hasil uji akurasi citra menunjukkan tingkat akurasi citra hasil klasifikasi sebesar 80,2% maka hasil klasifikasi tersebut dapat diterima atau dikategorikan sebagai hasil yang bagus. Meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan akan lahan semakin meningkat. Adanya aktivitas perubahan lahan menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya perubahan garis pantai di kawasan pesisir. Intensitas perubahan dan uraian dinamika pantai yang terjadi dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan tindakan mitigasi ekologi yang efektif untuk melindungi daerah tersebut.

**Kata kunci:** Garis pantai, Perubahan tutupan lahan, Citra satelit, Kecamatan Muara Gembong

**ANALYSIS OF COASTLINE AND LAND COVER CHANGES IN THE COASTAL AREA OF MUARA GEMBONG, BEKASI DISTRICT USING LANDSAT SATELLITE IMAGES**

## ABSTRACT

Coastal area is a very dynamic area, which occur due to nature processes or human activities. It will affect the sustainability of existing resources in coastal areas. The analysis of coastline and land cover changes in the coastal area of Muara Gembong sub-district was conducted based on LANDSAT satellite images observation, covering period between 1997, 2001, 2005, 2009, 2013, and 2017. Measurement of coastline changes is done using DSAS program completed with SCE statistics. Land use analysis has done using SCP program with SAM algorithm. The results of the coastline in Muara Gembong subdistrict tends to retreat due to abrasion event caused by conversion of vegetation lands (mangrove) to fishponds. The heaviest abrasion was located in the northern coastal area where the coastal inundation of fishponds permanently. In the past 20 years, Muara Gembong has lost its land area of 13.38 km<sup>2</sup>. The results of the image accuracy test showed the accuracy level of image classification of 80.2%. Where the overall accuracy gained from image classification is 80,2% which is categorized as good/acceptable. On the other hand, increasing population causes the need for land use to increase. The existence of land conversion activity becomes the causative factor of coastline change in the coastal area. These results may be useful in providing necessary information for effective ecological mitigation program to protect the coastal area.

**Keyword:** Coastline, Land cover change, Satellite image, Muara Gembong Sub-District

- 1) Mahasiswa Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang
- 2) Dosen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “*Analisis*

*Perubahan Garis Pantai Dan Penutupan Lahan Di Kawasan Pesisir Muara*

*Gembong, Kabupaten Bekasi Menggunakan Citra Satelit Landsat*” sebagai salah

satu syarat untuk meraih gelar sarjana kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu

Kelautan, Universitas Brawijaya. Di bawah bimbingan bapak Ir. Bambang

Semedi, M.Sc., Ph.D. dan bapak Dhira Khurniawan Saputra, S.Kel., Ph.D.

Kawasan pesisir merupakan kawasan yang cenderung dinamis.

Kondisinya selalu berubah dari waktu ke waktu. Hal tersebut dapat terjadi akibat

adanya aktivitas-aktivitas yang berkaitan dengan wilayah pesisir, baik secara

alami maupun karena adanya campur tangan manusia. Salah satunya berada di

wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi. Karakteristik

wilayah pesisirnya mengalami perubahan akibat adanya kegiatan konversi lahan.

Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan sistem penginderaan jauh dengan

bantuan beberapa perangkat lunak untuk menganalisis perubahan yang terjadi di

kawasan pesisir tersebut. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat dijadikan

bahan referensi dan informasi bagi pihak-pihak terkait, khususnya pemerintah

Kabupaten Bekasi, akademisi dan masyarakat umum.

Malang, 29 November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Deskripsi Wilayah Kecamatan Muara Gembong</b> .....	5
<b>2.2 Kawasan Pesisir</b> .....	6
<b>2.3 Perubahan Garis Pantai</b> .....	7
<b>2.3.1 Faktor Penyebab Perubahan Garis Pantai</b> .....	8
<b>2.4 Perubahan Lahan</b> .....	9
<b>2.4.1 Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan</b> .....	10
<b>2.5 Mangrove</b> .....	11
<b>2.6 Remote Sensing (Penginderaan Jauh)</b> .....	12
<b>2.7 Citra Satelit Landsat</b> .....	13
<b>2.8 Korelasi Citra Satelit dengan Pasang-Surut</b> .....	14
<b>2.9 Prosedur Pengolahan Data Citra Satelit</b> .....	16
<b>2.9.1 Komposit Band</b> .....	16
<b>2.9.2 Garis Pantai</b> .....	17
<b>2.9.3 Penutupan Lahan</b> .....	19
<b>2.10 Aplikasi Citra Satelit untuk Penelitian Garis Pantai</b> .....	20
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	22
<b>3.1 Lokasi Penelitian/Skripsi</b> .....	22
<b>3.2 Waktu Penelitian/Skripsi</b> .....	23
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian/Skripsi</b> .....	24
<b>3.4 Tahapan Kegiatan Penelitian/Skripsi</b> .....	25



3.4.1	Tahap Awal Pengerjaan.....	26
3.4.2	Tahap Pengumpulan Data.....	26
3.4.3	Tahap Pengolahan Data.....	27
3.4.4	Tahap Analisis Data.....	29
3.4.5	Tahap Pengecekan Data.....	30
3.4.6	Tahap Interpretasi Data.....	31
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
4.1	Kondisi Lokasi.....	32
4.1.1	Zona 1.....	32
4.1.2	Zona 2.....	33
4.1.3	Zona 3.....	35
4.1.4	Zona 4.....	37
4.1.5	Zona 5.....	41
4.1.6	Di Luar Zona.....	43
4.2	Perubahan Garis Pantai.....	45
4.3	Perubahan Penutupan Lahan.....	47
4.4	Uji Akurasi.....	51
4.5	Faktor Penyebab Perubahan di Kecamatan Muara Gembong.....	51
4.5.1	Penerapan Rencana Tata Ruang Wilayah.....	51
4.5.2	Kondisi Mangrove.....	53
4.5.3	Jumlah Penduduk.....	55
4.5.4	Jumlah Bangunan Permukiman.....	57
<b>5.</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>59</b>
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	60
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>65</b>

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Contoh penggunaan band pada Landsat-7 ETM+.....	14
Tabel 2. Penggunaan kombinasi band pada Landsat TM & Landsat 8.....	17
Tabel 3. Kriteria nilai statistik Kappa .....	20
Tabel 4. Jadwal kegiatan penelitian skripsi .....	23
Tabel 5. Alat yang digunakan dalam penelitian.....	24
Tabel 6. Bahan yang digunakan dalam penelitian .....	24
Tabel 7. Hasil Pengukuran Perubahan Garis Pantai .....	47
Tabel 8. Komposisi Mangrove Kecamatan Muara Gembong .....	53



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Bentuk analisis perubahan garis pantai .....	7
Gambar 2. Prinsip dasar metode penginderaan jauh .....	12
Gambar 3. Kedudukan permukaan laut .....	15
Gambar 4. Peta lokasi kegiatan penelitian/skripsi .....	22
Gambar 5. Bagan alur tahapan pengerjaan selama penelitian/skripsi .....	25
Gambar 6. Peta Lokasi Pengamatan Zona 1 .....	32
Gambar 7. Hasil Pengamatan di Zona 1 .....	33
Gambar 8. Peta Lokasi Pengamatan Zona 2 .....	34
Gambar 9. Hasil Pengamatan di Zona 2 .....	35
Gambar 10. Peta Lokasi Pengamatan Zona 3 .....	36
Gambar 11. Hasil Pengamatan di Zona 3 .....	37
Gambar 12. Peta Lokasi Pengamatan Zona 4 .....	38
Gambar 13. Hasil Pengamatan di Zona 4 .....	39
Gambar 14. Hasil Pengamatan di Zona 4 ( <i>lanjutan 1</i> ) .....	40
Gambar 15. Hasil Pengamatan di Zona 4 ( <i>lanjutan 2</i> ) .....	41
Gambar 16. Peta Lokasi Pengamatan Zona 5 .....	42
Gambar 17. Hasil Pengamatan di Zona 5 .....	43
Gambar 18. Peta Lokasi Pengamatan di Luar Zona .....	44
Gambar 19. Hasil Pengamatan di Lapangan .....	45
Gambar 20. Peta Garis Pantai Kec. Muara Gembong Tahun 1997 – 2017 .....	46
Gambar 21. Hasil Klasifikasi Citra Satelit Landsat Tahun 1997 - 2017 .....	48
Gambar 22. Grafik Perubahan Luasan Penutupan Lahan Tahun 1997 - 2017 .....	49
Gambar 23. Peta RTRW Kecamatan Muara Gembong Tahun 2011-2031 .....	52
Gambar 24. Kondisi Pesisir di Kecamatan Muara Gembong .....	54
Gambar 25. Lokasi Kegiatan Penanaman Mangrove .....	55
Gambar 26. Grafik Jumlah Penduduk Kec. Muara Gembong .....	56
Gambar 27. Grafik Jumlah Bangunan Rumah di Kec. Muara Gembong .....	57
Gambar 28. Bangunan Rumah yang Hancur dan Ditinggalkan .....	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Surat Rekomendasi Penelitian dari Bakesbangpol Jawa Barat .....	65
Lampiran 2. Surat Izin Penelitian dari Bakesbangpol Kabupaten Bekasi.....	66
Lampiran 3. Hasil Korelasi Citra dengan Pasang-Surut.....	67
Lampiran 4. Kondisi Gelombang di Kecamatan Muara Gembong .....	67
Lampiran 5. Hasil Perhitungan Uji Akurasi dengan QGIS .....	67
Lampiran 6. Grafik Penggunaan Lahan di Kecamatan Muara Gembong.....	68
Lampiran 7. Peta Kondisi Geologi Kecamatan Muara Gembong.....	68
Lampiran 8. Jenis Sedimen di Kecamatan Muara Gembong .....	69
Lampiran 9. Peta Perubahan Garis Pantai (Zona) Tahun 1997 – 2017 .....	69
Lampiran 10. Hasil Dokumentasi Lapangan .....	72



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Garis pantai merupakan salah satu aspek teknis dalam penetapan dan penegasan batas pengelolaan wilayah pesisir dan laut. Aspek teknis tersebut memiliki peranan penting dalam penentuan batas pengelolaan wilayah laut sebagai perwujudan otonomi daerah sesuai dengan Undang-undang No 23 tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah. Garis pantai ini akan menjadi batas pengaturan kewenangan pengelolaan sumberdaya alam dan pelestarian lingkungan di laut. Kawasan pesisir merupakan kawasan yang sangat dinamik begitupun dengan garis pantainya.

Kawasan pesisir memiliki sistem perlindungan secara alami dari ancaman terjadinya abrasi yaitu dengan tanaman mangrove. Menurut Priyono (2010), salah satu fungsi mangrove adalah sebagai pelindung pantai dari hempasan gelombang laut penyebab abrasi. Mangrove mampu mengikat sedimen karena perakarannya yang rapat dan kuat sehingga mampu memperkecil kekuatan hempasan gelombang pada saat menerjang pantai. Kawasan mangrove juga biasa dijadikan sebagai tempat hidup organisme lain. Powell (2013) menambahkan bahwa tekanan/ancaman di kawasan pesisir tidak hanya datang dari laut, tetapi juga datang dari daratan. Tekanan dari daratan sendiri disebabkan oleh segala aktivitas yang dilakukan oleh manusia meliputi pertumbuhan penduduk, kegiatan industri, pembangunan pemukiman, serta limbah antropogenik. Pertambahan penduduk di kawasan pesisir yang semakin meningkat menyebabkan berbagai permasalahan salah satunya adalah meningkatnya kebutuhan akan ruang/tempat untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup masyarakat meliputi tempat tinggal, lahan usaha, industri dan

kegiatan lainnya. Hal tersebut menimbulkan ancaman pada ruang dan sumberdaya alam di kawasan pesisir.

Perubahan lahan pada wilayah pesisir memiliki potensi menimbulkan dampak negatif yang besar terhadap kelangsungan sumberdaya di wilayah tersebut. Kabupaten Bekasi cukup dikenal sebagai kawasan industri. Kecamatan Muara Gembong memiliki potensi sumberdaya alam pesisir yang cukup baik, meliputi area hutan mangrove yang cukup luas dan potensi kawasan wisatanya. Kawasan hutan mangrove di wilayah ini merupakan habitat dari berbagai organisme yang dilindungi, diantaranya seperti Lutung Jawa, Buaya Rawa, dan burung Kuntul. Adanya perubahan fungsi lahan akan berdampak pada kelangsungan hidup organisme yang terdapat di ekosistem tersebut.

Luas lahan mangrove di wilayah Kecamatan Muara Gembong semakin berkurang. Hal ini disebabkan adanya kegiatan reklamasi dan alih fungsi lahan mangrove menjadi daerah pemukiman dan lahan tambak di beberapa kawasan. Rusaknya beberapa lahan mangrove menyebabkan sebagian wilayah pesisir mengalami abrasi, sehingga luas daratan dan pantai menjadi berkurang. Hal ini berkaitan dengan bertambahnya jumlah penduduk di kawasan tersebut sehingga kebutuhan akan lahan menjadi meningkat. Dampaknya wilayah pemukiman tersebut sering dilanda oleh banjir rob, atau pada saat pasang tertinggi rumah penduduk selalu tergenang (Ernawati, 2016).

Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Bekasi Nomor 3 Tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Kabupaten Bekasi Tahun 2005 – 2025, pola tata ruang Kabupaten Bekasi sesuai dengan RTRW Provinsi Jawa Barat mengamanatkan proporsi kawasan lindung sebesar 12% dari luas wilayah, yang terbagi menjadi kawasan hutan lindung seluas 6.434 ha dan kawasan lindung non hutan (budidaya) seluas 72.250 ha. Kawasan lindung

tersebut berada di wilayah utara, tepatnya di Kecamatan Muara Gembong.

Penetapan wilayah konservasi ini menjadikan pemerintah perlu mengatur dan mengendalikan pertumbuhan lahan terbangun, sehingga ancaman terhadap daya dukung lingkungan menjadi terkendali. Pesatnya perkembangan di Kabupaten Bekasi menimbulkan kecenderungan terjadinya alih fungsi lahan sawah menjadi permukiman dan lahan komersil/industri.

Pemanfaatan citra Landsat telah banyak digunakan untuk beberapa kegiatan survei maupun penelitian diberbagai bidang seperti geologi, pertambangan, geomorfologi, hidrologi, serta kehutanan. Dalam setiap perekamannya citra Landsat mempunyai cakupan area 185 km x 185 km, sehingga aspek dari objek tertentu dapat diidentifikasi tanpa harus menjelajah seluruh daerah yang ingin disurvei atau yang diteliti. Sehingga lebih menghemat waktu dan juga biaya dibanding melakukan survei secara langsung di lapangan. Landsat memiliki resolusi spasial 30 meter, berlaku untuk Landsat TM, ETM+, dan OLI/TiRS. Namun untuk Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TiRS saat ini sudah memiliki band pankromatik yang memiliki resolusi citra cukup tinggi yaitu setinggi 15 meter (Nugroho et al., 2003).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan garis pantai di kawasan pesisir Kecamatan Muara Gembong ?
2. Bagaimana perubahan luasan penutupan lahan di kawasan pesisir Kecamatan Muara Gembong ?
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi perubahan kawasan pesisir Kecamatan Muara Gembong ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Kecamatan Muara Gembong selama rentang waktu 20 tahun (1997 – 2017).
2. Mengetahui luas perubahan lahan yang terjadi di wilayah Kecamatan Muara Gembong selama rentang waktu 20 tahun (1997 – 2017).
3. Mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi adanya perubahan tersebut terhadap kondisi ekosistem di sekitar kawasan pesisir Kecamatan Muara Gembong.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi kepada pemerintah setempat sebagai bahan pertimbangan untuk perencanaan, pengembangan, pemantauan dan pengelolaan kawasan pesisir di Kecamatan Muara Gembong di masa yang akan datang.
2. Penelitian ini dapat berguna bagi masyarakat setempat sebagai salah satu pustaka acuan dalam perubahan perilaku masyarakat dalam memanfaatkan sumberdaya di wilayah pesisir, demi menjaga kelestarian alam dan mengurangi kegiatan yang menimbulkan dampak yang merugikan bagi seluruh ekosistem di wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai perbandingan ataupun referensi untuk penelitian lain dengan topik yang sama di masa yang akan datang khususnya para akademisi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Deskripsi Wilayah Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi

Berdasarkan Perda (Peraturan Daerah) Kabupaten Bekasi Nomor 3 Tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Kabupaten Bekasi Tahun 2005 - 2015, Kabupaten Bekasi merupakan bagian dari Provinsi Jawa Barat. Kabupaten Bekasi memiliki luas wilayah  $\pm 1.273,88 \text{ km}^2$  yang terdiri dari 23 Kecamatan, 182 Desa dan 5 Kelurahan. Kecamatan terluas adalah Muara Gembong yang memiliki luas  $\pm 14.009 \text{ Ha}$  atau sekitar 11% dari luas wilayah Kabupaten Bekasi. Dilihat dari segi geografis, Kecamatan Muara Gembong berada pada posisi  $107^\circ 10'$  BT dan  $6^\circ 11'$  LS dengan zona UTM (*Universal Transverse Mercator*) 48S. Pantai Muara Beting sendiri berada di wilayah paling utara Kecamatan Muara Gembong yang berhadapan langsung dengan Laut Jawa. Kawasan ini termasuk ke dalam daerah dataran rendah.

Adanya peningkatan jumlah populasi di wilayah Kecamatan Muara Gembong, aktivitas pengembangan juga meningkat dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan pola hidup masyarakatnya. Di samping itu, ketersediaan lahan untuk aktivitas di wilayah pesisir sangat terbatas karena sebagian besar kawasannya merupakan kawasan konservasi hutan mangrove (hutan lindung). Kondisi ini menyebabkan masyarakat untuk mengubah fungsi lahan mangrove menjadi wilayah tambak. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan penurunan kualitas pada ekosistem mangrove di kawasan pesisir Muara Gembong. Konversi lahan dapat memberikan keuntungan bagi masyarakat, namun di sisi lain dapat menyebabkan kerugian pula bagi lingkungan alamnya. Terlebih aktivitas masyarakat sekitar pada umumnya bekerja sebagai nelayan, pengusaha tambak, pedagang, dan petani yang tentunya kebutuhan akan ruang dan lahan sangatlah tinggi (Hindersah *et al.*, 2016).

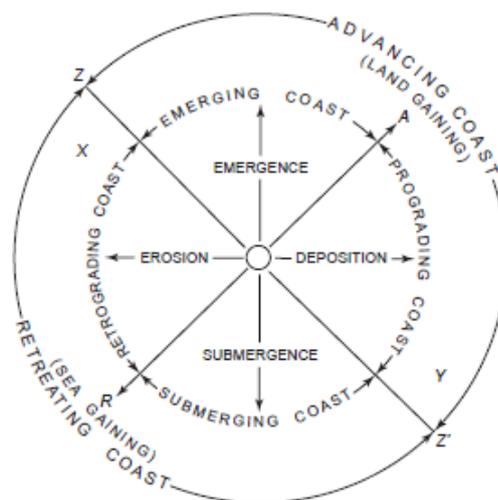
## 2.2 Kawasan Pesisir

Kawasan pesisir sangat kaya akan sumberdaya alam. Sumberdaya pesisir terdiri dari sumberdaya alam dan budaya pesisir yang mencakup fitur fisik, proses, tempat atau objek yang memiliki nilai ekologi, ekonomi atau sosial. Kawasan pesisir secara konstan selalu berubah-ubah dikarenakan adanya proses dinamika alam seperti gelombang, pasang surut, dan badai. Bagaimanapun tingginya minat masyarakat untuk memanfaatkan sumberdaya pesisir termasuk lahan di wilayah pantai akan memberikan tekanan terhadap lingkungan pesisir. Tekanan tersebut dapat mengancam kelestarian sumberdaya pesisir meliputi pertumbuhan penduduk dan pengembangan pemukiman dan industri, polusi di wilayah perairan, dan variabilitas iklim (Powell, 2013).

Potensi sumberdaya pesisir dan laut Indonesia yang besar ternyata belum memberikan kontribusi yang signifikan bagi pembangunan ekonomi nasional. Pemanfaatannya belum cukup optimal, dan cenderung terjadi degradasi sumberdaya alam di beberapa perairan pesisir akibat pemanfaatan yang tidak mempertimbangkan daya dukung lingkungan. Wilayah pesisir merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi, namun sebagian besar masyarakatnya tergolong miskin. Kawasan tersebut sering terjadi konflik pemanfaatan ruang antara berbagai pihak pemangku kepentingan. Wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil merupakan wilayah yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim, seperti terjadinya kenaikan paras muka laut (*sea level rise*) yang akan menenggelamkan pulau-pulau kecil yang berelevasi rendah atau menimbulkan abrasi di wilayah pesisir sehingga berakibat adanya kerusakan pada ekosistem pesisir. Kerusakan fisik pada ekosistem pesisir umumnya terjadi pada ekosistem mangrove, terumbu karang dan padang lamun (Lasabuda, 2013).

### 2.3 Perubahan Garis Pantai

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang sangat dinamis. Selalu ada perubahan seiring dengan berjalannya waktu. Selama lebih dari 6000 tahun terakhir, garis pantai sebagian wilayah telah mengalami kemajuan ataupun kemunduran. Beberapa wilayah diantaranya selalu berubah-ubah (maju dan mundur). Garis pantai mengalami kemajuan apabila tingkat pengendapan sedimen pada suatu wilayah lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat erosinya. Namun bisa saja diakibatkan oleh pengangkatan tanah atau penurunan muka air laut di wilayah tersebut. Sebaliknya berlaku demikian apabila garis pantai mengalami kemunduran (Bird, 2008). Dalam hal kemunculan dan perendaman, progradasi dan retrogradasi, analisis perubahan garis pantai dapat dijelaskan pada gambar 1.



Sumber: Valentin, 1952

Gambar 1. Bentuk analisis perubahan garis pantai

Pantai merupakan suatu wilayah yang dimulai dari titik terendah air laut pada saat waktu surut hingga arah ke daratan sampai batas paling jauh gelombang atau ombak menjulur ke daratan yang ditandai dengan garis pantai.

Garis pantai (*shoreline*) merupakan tempat pertemuan antara air laut dan

daratan. Garis pantai selalu berubah-ubah sesuai dengan perubahan pasang surut air laut di suatu tempat. Secara umum morfologi dan tipe pantai sangat ditentukan oleh intensitas, frekuensi dan kekuatan energi yang menerpa pantai tersebut. Daerah yang berenergi rendah, biasanya memiliki wilayah cenderung landai, beresidimen pasir halus atau berlumpur, sedangkan yang terkena energi berkekuatan tinggi biasanya terjal, berbatu atau berpasir kasar (Tuheteru dan Mahfudz, 2012).

### 2.3.1 Faktor Penyebab Perubahan Garis Pantai

Faktor yang berperan dalam mekanisme perubahan pantai, yakni antara lain besarnya energi gelombang yang menghempas di pantai, sudut yang dibentuk antara muka gelombang saat pecah dengan garis pantai, lereng dasar perairan, jenis dan ukuran sedimen yang terdeposit, keterbukaan pantai terhadap hantaman gelombang dan bentuk morfologi garis pantai. Garis pantai akan mengalami erosi yang intensif jika morfologinya berupa tonjolan, lereng dasar perairan yang relatif curam, tingkat keterbukaan yang tinggi terhadap hantaman gelombang dan energi gelombang yang tinggi (Purba dan Jaya, 2004).

Perubahan garis pantai pada kondisi wilayah pantai biasanya disebabkan oleh adanya peristiwa abrasi dan akresi. Abrasi merupakan kondisi dimana daratan mengalami erosi yang disebabkan oleh hempasan air laut. Sementara akresi merupakan penambahan daratan yang disebabkan adanya sedimentasi di wilayah pantai atau perpindahan sedimen dari wilayah pantai di sebelahnya.

Tetapi secara umum faktor penyebab terjadinya abrasi dan akresi terbagi menjadi dua, yaitu faktor alami dan non-alami. Faktor alami meliputi adanya gelombang pasang surut, kondisi pantai yang terbuka (tidak ada pelindung pantai), dan tidak adanya muara sungai sebagai penyuplai sedimen. Sementara

untuk faktor non-alami biasanya dikaitkan dengan kegiatan manusia seperti penambang pasir pantai, reklamasi, perubahan lahan, dsb (Hariyoni et al., 2013).

## 2.4 Perubahan Lahan

Perubahan tata guna lahan adalah bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe tata guna lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda.

Perubahan tata guna lahan ini lebih disebabkan karena adanya kebutuhan dan keinginan manusia. Faktor-faktor yang mendorong meliputi sisi politik, ekonomi, demografi, teknologi dan budaya. Perubahan tata guna lahan di suatu wilayah merupakan pencerminan upaya manusia memanfaatkan dan mengelola sumberdaya lahan. Perubahan tata guna lahan tersebut akan berdampak terhadap manusia dan kondisi lingkungannya (Widayanti, 2010).

Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan atau penutupan lahan merupakan salah satu hal penting yang menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati. Penggunaan lahan sangat berkaitan dengan aktivitas yang dilakukan oleh manusia yang secara langsung berhubungan dengan lahan dimana terjadi penggunaan lahan maupun pemanfaatan lahan. Sumberdaya yang terdapat pada lahan menyebabkan dampak langsung terhadap lahan, sedangkan penutupan lahan sangat berhubungan dengan vegetasi (alami atau ditanam) atau konstruksi yang dibuat oleh manusia yang menutupi permukaan tanah. Perubahan penggunaan lahan atau penutupan lahan dengan hubungan hilangnya habitat merupakan sebuah konsekuensi dari proses alami dan kegiatan manusia. Hal ini terkait dengan tingginya rata-rata perubahan penggunaan lahan atau penutupan lahan dengan tinggi rata-rata pertumbuhan populasi manusia (Surni et al., 2015).

### 2.4.1 Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan

Reddy (2008) menjelaskan bahwa dari data multispektral, diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengisolasi objek-objek tertentu. Proses pengerjaan dilakukan dengan cara yang halus dan sistematis, data yang diperlukan kemudian dipecah berdasarkan grup-grup pada kerangka yang sesuai. Kerangka tersebut seharusnya tidak hanya bersifat fleksibel dalam tata nama (*nomenclature*) dan definisinya, tetapi juga mampu menggabungkan berbagai informasi baru dari sumber yang sama maupun berbeda. Sehingga perlu digunakan klasifikasi level-1, kategori tersebut diidentifikasi pada area penelitian sebagai berikut:

- |   |   |
|---|---|
| a. Badan Air ( <i>Water Bodies</i> )      | 4. Tanah kosong ( <i>Vacant</i> )       |
| b. Hutan ( <i>Forest</i> )                | 5. Lahan komersil ( <i>Commercial</i> ) |
| c. Pertanian ( <i>Agricultural Land</i> ) | 6. Pemukiman ( <i>Residential</i> )     |

Badan Standarisasi Nasional Indonesia (2010) menggunakan sistem klasifikasi penutup lahan UNFAO (*United Nations Food and Agriculture Organization*). Dalam sistem klasifikasi ini, UNFAO menetapkan kelas penutupan lahan dibagi menjadi dua yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Semua kelas penutup lahan dalam kategori daerah bervegetasi diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dari bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi, dan distribusi spasialnya. Sedangkan untuk daerah yang tak bervegetasi, lebih mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek. Kelas badan air merupakan seluruh wilayah yang kenampakannya adalah perairan yang meliputi sungai, waduk, laut, dsb. Kelas hutan termasuk ke dalam kawasan yang tidak diusahakan untuk budi daya tanaman pangan dan hortikultura. Kelas daerah pertanian merupakan kawasan yang diusahakan untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura. Sifatnya yang musiman menyebabkan kawasan ini

terkadang tidak memiliki tutupan vegetasi. Kelas tanah kosong merupakan daerah tanpa tutupan yang belum tertutup bangunan ataupun vegetasi. Kelas lahan komersil biasanya dikaitkan dengan kawasan industri/lahan usaha, lahan tambak juga dapat dikategorikan sebagai lahan komersil dimana pada kawasan tersebut dilakukan aktivitas perikanan atau penggaraman pada lokasi yang tampak dengan pola pematang di kawasan sekitar pantai. Kelas permukiman merupakan lahan yang digunakan sebagai lingkungan tempat tinggal atau hunian dan tempat kegiatan yang mendukung kehidupan.

## 2.5 Mangrove

Priyono (2010) menjelaskan bahwa mangrove atau bakau secara sederhana dapat diartikan sebagai sebuah individu tumbuhan maupun komunitas tumbuhan yang hidup di kawasan pesisir. Pertumbuhan mangrove dipengaruhi oleh kondisi pasang surut air laut. Salah satu ciri yang membedakan dengan tumbuhan lainnya adalah keberadaannya yang sangat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut. Mangrove terdiri dari ratusan jenis yang sebagian besar dapat ditemukan di wilayah pesisir Indonesia. Salah satu fungsi mangrove adalah sebagai pelindung pantai dari hempasan gelombang. Manfaat lainnya juga sebagai habitat dari beberapa organisme seperti ikan, burung pesisir, dsb.

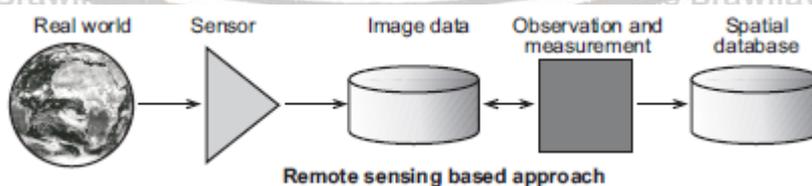
Suwargana (2008) juga menambahkan bahwa hutan mangrove dapat tumbuh di dekat muara sungai besar di mana delta sungai memberikan banyak sedimen (pasir dan lumpur). Akar mangrove mengumpulkan sedimen dan memperlambat aliran air, membantu melindungi garis pantai dan mencegah erosi. Seiring waktu, akar-akarnya dapat mengumpulkan lumpur untuk memperluas tepi garis pantai.

Selain fungsi fisik dan ekologis, mangrove juga memiliki manfaat di bidang ekonomi. Berbagai macam produk telah dihasilkan dari tumbuhan mangrove dan hampir seluruh bagian pohonnya dapat dimanfaatkan. Biasanya dimanfaatkan

untuk kehidupan sehari-hari masyarakat sekitar kawasan, seperti penggunaan kayu bakar, tiang pancang untuk tambak, bahan kerajinan tangan, dsb. Selain itu mangrove juga dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder berupa tannin. Tanaman mangrove memiliki potensi kekayaan alam yang perlu dikelola dan dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk mendukung pelaksanaan pembangunan nasional dan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat di sekitar kawasan pesisir (Prayogi et al., 2016).

## 2.6 Remote Sensing (Penginderaan Jauh)

*Remote Sensing* (RS) atau penginderaan jauh telah dijelaskan dalam berbagai arti. Dalam buku yang ditulis Janssen dan Huurneman (2001), remote sensing merupakan seni, ilmu, dan teknologi dalam mengobservasi suatu objek, kejadian, atau fenomena dengan teknik berbasis instrumen. Kata "*remote*" dapat diartikan sebagai observasi yang dilakukan dari kejauhan tanpa melakukan kontak fisik dengan objek yang diamati. *Remote Sensing* telah diaplikasikan dalam berbagai bidang, meliputi arsitektur, arkeologi, pengobatan, kontrol kualitas industri, robotik, pemetaan luar wilayah, dsb. Penggunaan *remote sensing* sangat efektif dalam hal biaya penggunaannya. Hal itu membutuhkan data geospasial untuk mengarahkan dan merencanakan, untuk memetakan, mengawasi, memodelkan, dan membuat pilihan.



Sumber: Janssen dan Huurneman, 2001

Gambar 2. Prinsip dasar metode penginderaan jauh

Penginderaan jauh dapat diartikan sebagai teknologi untuk mengidentifikasi suatu obyek di permukaan bumi tanpa melalui kontak langsung dengan obyek tersebut. Saat ini teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan satelit mulai banyak digunakan dalam berbagai kegiatan, salah satunya untuk mengidentifikasi kondisi atau potensi suatu sumberdaya terutama yang ada di wilayah pesisir dan lautan. Kelebihan yang dimiliki oleh teknologi ini antara lain data yang mudah didapatkan, adanya resolusi temporal (cocok untuk pemantauan), cakupannya yang luas, serta bentuk datanya yang berupa data digital sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan dan juga bisa ditampilkan sesuai dengan keinginan (Suwargana, 2008).

## 2.7 Citra Satelit Landsat

Pemanfaatan citra Landsat telah banyak digunakan untuk beberapa kegiatan survei maupun penelitian diberbagai bidang seperti geologi, pertambangan, geomorfologi, hidrologi, serta kehutanan. Dalam setiap perekamannya citra Landsat mempunyai cakupan area 185 km x 185 km, sehingga aspek dari objek tertentu dapat diidentifikasi tanpa harus menjelajah seluruh daerah yang ingin disurvei atau yang diteliti. Sehingga lebih menghemat waktu dan juga biaya dibanding melakukan survei secara langsung di lapangan.

Landsat memiliki resolusi spasial 30 meter, berlaku untuk Landsat TM, ETM+, dan OLI/TiRS. Namun untuk Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS saat ini sudah memiliki band pankromatik yang memiliki resolusi 15 meter (Saripin, 2003).

Landsat (*Land Satellite*) merupakan program sipil observasi bumi yang paling tua. Landsat memulai peluncuran perdananya pada tahun 1972 dengan satelit Landsat-1 yang membawa sensor multispektral MSS. Pada tahun 1982, *Thematic Mapper* (TM) menggantikan sensor MSS. Keduanya merupakan

scanner atau sensor pemindai. Pada April 1999 Landsat-7 telah diluncurkan dan membawa sensor pemindai ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*). Saat ini satelit Landsat yang masih beroperasi adalah Landsat-7 dan Landsat-8 yang diluncurkan pada 2013 silam. Keduanya memiliki 8 band dengan resolusi spasial 15 – 60 m (Tempfli *et al.*, 2001). Berikut adalah daftar pengaplikasian untuk masing-masing band pada Landsat-7.

Tabel 1. Contoh penggunaan band pada Landsat-7 ETM+

Band	Wavelength (µm)	Example Applications
1	0,45 – 0,52 (Blue)	Coastal water mapping: bathymetry & quality Ocean phytoplankton & sediment mapping Atmosphere: pollution & haze detection
2	0,52 – 0,60 (Green)	Chlorophyll reflectance peak Vegetation species mapping Vegetation stress
3	0,63 – 0,69 (Red)	Chlorophyll absorption Plant species differentiation Biomass content
4	0,76 – 0,90 (NIR)	Vegetation species & stress Biomass content Soil moisture
5	1,55 – 1,75 (SWIR)	Vegetation-soil delineation Urban area mapping Snow-cloud differentiation
6	10,4 – 12,5 (TIR)	Vegetation stress analysis Soil moisture & evapotranspiration mapping Surface temperature mapping
7	2,08 – 2,35 (SWIR)	Geology: mineral and rock type mapping Water-body delineation Vegetation moisture content mapping
8	0,50 – 0,90 (15m PAN)	Medium scale topographic mapping Image sharpening Snow-cover classification

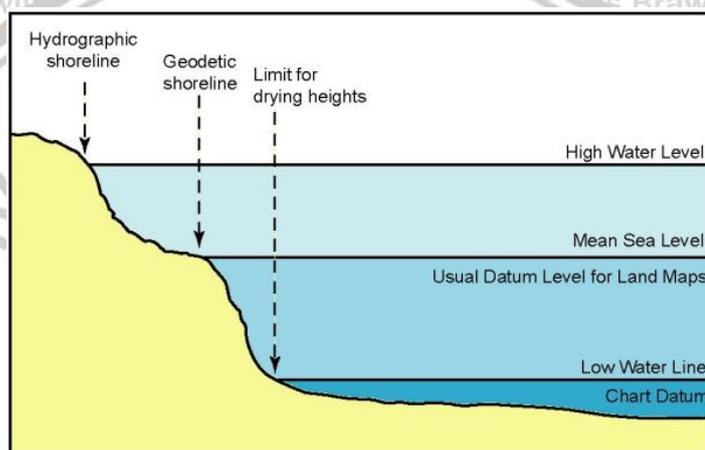
Sumber: Tempfli *et al.*, 2001

## 2.8 Korelasi Citra Satelit dengan Pasang-Surut

Penelitian seputar topik dengan perubahan garis pantai, ada kalanya perlu dilakukan korelasi antara citra satelit dengan data pasang-surut. Garis pantai merupakan sebuah garis khayalan yang terbentuk dan membatasi antara wilayah darat dan laut, garis ini dapat berubah sesuai dengan kondisi pasang-surut air laut. Perlu adanya koreksi kedudukan garis pantai pada data penginderaan jauh,



untuk mengantisipasi apabila kedudukan garis pantai berada dalam kedudukan yang tidak sesuai dengan kedudukan yang sebenarnya (Winarso *et al.*, 2009). Terdapat 3 macam kedudukan garis pantai yang biasa digunakan dalam pembuatan peta yaitu garis pantai pada saat kedudukan muka air laut tertinggi yang biasanya digunakan dalam pemetaan hidrografi, saat kedudukan air rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) yang biasa digunakan pada pembuatan peta geodesi, dan pada saat kedudukan batas air laut rendah (*limit for drying height*) yang dinyatakan pada garis air rendah (*chart datum*).



Sumber: IHO, 2006

Gambar 3. Kedudukan permukaan laut

Datum referensi pasut yang biasa digunakan ada tiga macam yaitu duduk tengah sementara (muka air laut rata-rata/MSL setengah bulanan), muka surutan (Zo atau *Chart Datum*), dan tinggi muka air rata-rata. MSL setengah bulanan/duduk tengah sementara (DTS) ini merupakan nilai So. Nilai MSL ini dipergunakan dalam pembuatan peta Rupa Bumi Indonesia sebagai titik ketinggian nol meter. Nilai-nilai ketinggian di darat (topografi) didasarkan pada nilai MSL yang merupakan titik nol untuk pengukuran di darat. Penentuan titik-titik kedalaman dasar perairan yang terukur di laut harus dikoreksikan lagi terhadap nilai muka surutan (*chart datum*) sehingga diperoleh titik-titik kedalaman

yang sebenarnya. Berdasarkan pergerakan air secara harmonis dapat diketahui bahwa air tinggi dan air rendah akan kembali pada posisi duduk tengah sementara dengan frekuensi sekitar 12 jam. Perbandingan antara data pasut penelitian dengan data pasut prediksi, terdapat sedikit perbedaan antara tinggi air saat pasang dengan tinggi air saat surut. Perbedaan waktu terjadinya pasang dan surut merupakan simpangan dari data prediksi dengan pergeseran sekitar setengah sampai satu jam. Data pasut prediksi masih perlu dikoreksi menggunakan pengukuran langsung untuk menghindari bias (Adibrata, 2007).

## 2.9 Prosedur Pengolahan Data Citra Satelit

### 2.9.1 Komposit Band

Adanya rentang kanal (*band*) dari panjang suatu gelombang elektromagnetik (*electromagnet wavelength*) merupakan karakter utama dari sebuah citra (*image*) dalam sistem penginderaan jauh. Melalui medium gelombang elektromagnetik, beberapa radiasi yang dapat dideteksi seperti radiasi cahaya matahari. Setiap material yang terdapat dipermukaan bumi mempunyai reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari, sehingga hasil deteksi material tersebut akan mempunyai resolusi yang berbeda-beda disetiap band panjang gelombangnya (Suwargana, 2013). Horning (2004) juga menambahkan bahwa pemilihan band yang sesuai untuk digunakan dalam pewarnaan citra, di sisi lain memang memiliki dampak besar pada fitur yang ingin dilihat pada suatu citra. Hal ini disebabkan karena pada setiap band, telah dirancang untuk mendeteksi fitur yang berbeda-beda.

Seluruh band yang ada didapatkan pada lokasi dan waktu yang sama, semua band dapat digunakan secara bersama-sama. Membiarkan warna buatan ke dalam bentuk data band spektral yang berbeda untuk membantu para

ilmuwan dalam membedakan berbagai fitur permukaan bumi sesuai dengan intensitas pantulannya. Acharya dan Yang (2015) menerangkan bahwa umumnya kombinasi band yang diterapkan pada citra dari Landsat 8 ditampilkan sebagai warna merah, hijau, dan biru (RGB). Hasil yang didapat dari band RGB tersebut menghasilkan warna alami citra yang lebih jelas. Penggunaan berbagai variasi kombinasi band Landsat 8 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Penggunaan kombinasi band pada Landsat TM & Landsat 8

Pemanfaatan	Kombinasi Band (R-G-B)
<b>1. Landsat TM &amp; ETM+</b>	
True Colour (alami)	3-2-1
False Colour (vegetasi)	4-3-2
Soil Moisture	4-5-3
Soil and Vegetation Moisture	7-4-2
Cloud, Snow, Ice	4-5-7
Urban and Rural Land Uses	5-4-3
<b>2. Landsat 8 OLI/TIRS</b>	
True Colour (alami)	4-3-2
False Colour (pemukiman)	7-6-4
Colour Infrared (vegetasi)	5-4-3
Agriculture	6-5-2
Atmospheric Penetration	7-6-5
Healthy Vegetation	5-6-2
Land/Water	5-6-4
Natural with Atmospheric Removal	7-5-3
Vegetation Analysis	6-5-4
Thermal Variation	10-7-3

Sumber: Acharya dan Yang, 2015

### 2.9.2 Garis Pantai

Pendekatan pengekstraksian garis pantai dapat dilakukan dengan metode *single band* biasa. Dapat dilakukan dengan memanfaatkan Band-4, 5, dan 7.

Untuk keperluan ini, Band-4 (0,75 mm – 0,90 mm) dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi batas garis pantai yang diliputi vegetasi, sementara Band-5 (1,55 mm – 1,75 mm) dan 7 (2,08 mm – 2,35 mm) masing-masing dapat digunakan memperoleh informasi garis pantai yang ditutupi oleh tanah dan bebatuan. Metode gabungan band (*colour composite* RGB) juga banyak



digunakan terutama untuk membantu secara visual dalam pengecekstraksian garis pantai. Adapun jenis *band* yang sangat sesuai untuk penentuan *threshold level slicing* untuk deliniasi garis pantai dengan menggunakan data citra satelit Landsat TM dan ETM+ adalah Band-5 (Kasim, 2012).

Terdapat beberapa proses penting dalam melakukan pengolahan data spasial yang biasa dilakukan dalam penelitian seputar garis pantai. Proses tersebut meliputi digitasi peta, proses tumpang susun (*overlaying*), perhitungan panjang garis pantai dan daratan, juga proses penyajian peta (*layouting*). Purba dan Jaya (2004) juga menambahkan untuk mengetahui historis perubahan garis pantai dan perubahan penutupan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis teknik tumpang tindih (*overlay*) dari hasil digitasi garis pantai maupun klasifikasi data citra satelit (Prasita, 2015).

Analisis garis pantai ini juga bisa dilakukan dengan menggunakan bantuan *tools* (alat) yaitu DSAS (*Digital Shorelines Analysis System*). DSAS merupakan aplikasi perangkat lunak gratis yang bekerja sama dengan lembaga ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) yang merupakan pengembang perangkat lunak ArcGIS. DSAS membantu peneliti dalam perhitungan statistik tingkat perubahan suatu garis pantai pada rentang waktu yang berbeda. Terdiri dari 6 metode perhitungan statistik yang berbeda, diantaranya *Net Shoreline Movement* (NSM), *Shoreline Change Envelope* (SCE), *End Point Rate* (EPR), *Linear Regression Rate* (LRR), *Weighted Linear Regression Rate* (WLR), dan *Least Median of Square* (LMS). DSAS hanya dapat melakukan perhitungan statistik perubahan garis pantai dengan 6 metode tersebut (Thieler *et al.*, 2009). DSAS digunakan dalam penelitian tingkah laku kawasan pesisir dan dinamika garis pantai. Berhubungan dengan *Historical Trend Analysis* (HTA), dinamika

sistem pesisir, kondisi garis pantai dalam rentang waktu yang dekat, estimasi dan permodelan geometri tebing pantai, dan sebagainya (Oyedotun, 2014).

### 2.9.3 Penutupan Lahan

*Spectral Angle Mapper* (SAM) jarang sekali digunakan dalam klasifikasi citra terbimbing (*supervised*). SAM merupakan klasifikasi spektral yang menggunakan sudut dimensi band untuk mencocokkan piksel dengan spektrum referensi. Algoritma SAM ini berdasarkan hasil pengukuran dari kemiripan spektral antara dua buah spektrum (Addamani et al., 2014). SAM membandingkan sudut antara vektor spektrum akhir dengan setiap vektor piksel dalam ruang dimensi  $n$ , dimana  $n$  merupakan nomor band. Semakin kecil sudutnya, maka semakin cocok dengan spektrum referensi. Namun piksel yang jauh dari batas sudut maksimum dalam radian tidak bisa diklasifikasikan. Bila dilakukan perbandingan antara algoritma ML, SAM, ANN dan DT pada pengolahan data citra hiperspektral, tingkat keakuratan algoritma ML lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma lainnya (Shafri et al., 2007).

van der Meera dan de Jong (2003) menjelaskan bahwa SAM merupakan metode pemetaan yang sering digunakan dalam penginderaan jauh hiperspektral. SAM menghitung kemiripan spektral antara spektrum reflektan pengujian dan spektrum reflektan referensi. Diasumsikan bahwa data tersebut dikalibrasi dengan benar. Kemiripan spektral antara spektrum pengujian ( $t$ ) dengan spektrum referensi ( $r$ ) dinyatakan dalam sudut pandang rata-rata ( $\theta$ ) antara 2 spektral yang dihitung pada setiap salurannya ( $i$ ) sebagai,

$$\theta = \cos^{-1} \left[ \frac{\sum_{i=t}^n t_i r_i}{\sqrt{\sum_{i=t}^n t_i^2 \sum_{i=t}^n r_i^2}} \right]$$

*Accuracy assessment* atau validasi data merupakan salah satu pengerjaan penting dalam pengolahan data penginderaan jauh. Akurasi keseluruhan data (*overall accuracy*) pada klasifikasi citra membandingkan setiap piksel yang diklasifikasi dapat mendefinisikan kondisi penutupan lahan yang didapatkan dari hasil pengecekan lapangan. Pengukuran ini akan menghasilkan nilai matriks kesalahan (*error matrix*) dan koefisien Kappa. Keduanya menjadi standar pengukuran akurasi klasifikasi citra. Terlebih, matriks kesalahan telah digunakan dalam berbagai penelitian klasifikasi lahan. Nilai koefisien Kappa yang mendekati 1 menandakan hasil klasifikasi yang sangat baik (Rwanga dan Ndambuki, 2017).

Tabel 3. Kriteria nilai statistik Kappa

Kappa Statistic	Strength of Agreement
< 0,00	Sangat Lemah
0,00 – 0,20	Rendah
0,21 – 0,40	Cukup
0,41 – 0,60	Sedang
0,61 – 0,80	Kuat
0,81 – 1,00	Hampir Sempurna

Sumber: Rwanga dan Ndambuki, 2017

## 2.10 Aplikasi Citra Satelit untuk Penelitian Garis Pantai

Terdapat sejumlah teknik deliniasi batas darat dan laut yang biasa digunakan dalam mengekstrak sebuah garis pantai. Zhao et al. (2008)

menerangkan bahwa secara garis besar terdapat 4 teknik yang biasa digunakan dalam mengekstrak garis pantai, masing-masing teknik memiliki kelebihan dan kelemahannya yaitu:

- Pengukuran dengan survei lapang. Teknik ini dapat menghasilkan pengukuran dengan tingkat akurasi data yang tinggi, kelemahannya teknik ini membutuhkan tenaga serta waktu yang cukup banyak.

Terkadang pendekatan ini dibatasi oleh kesulitan dalam mengakses lokasi.

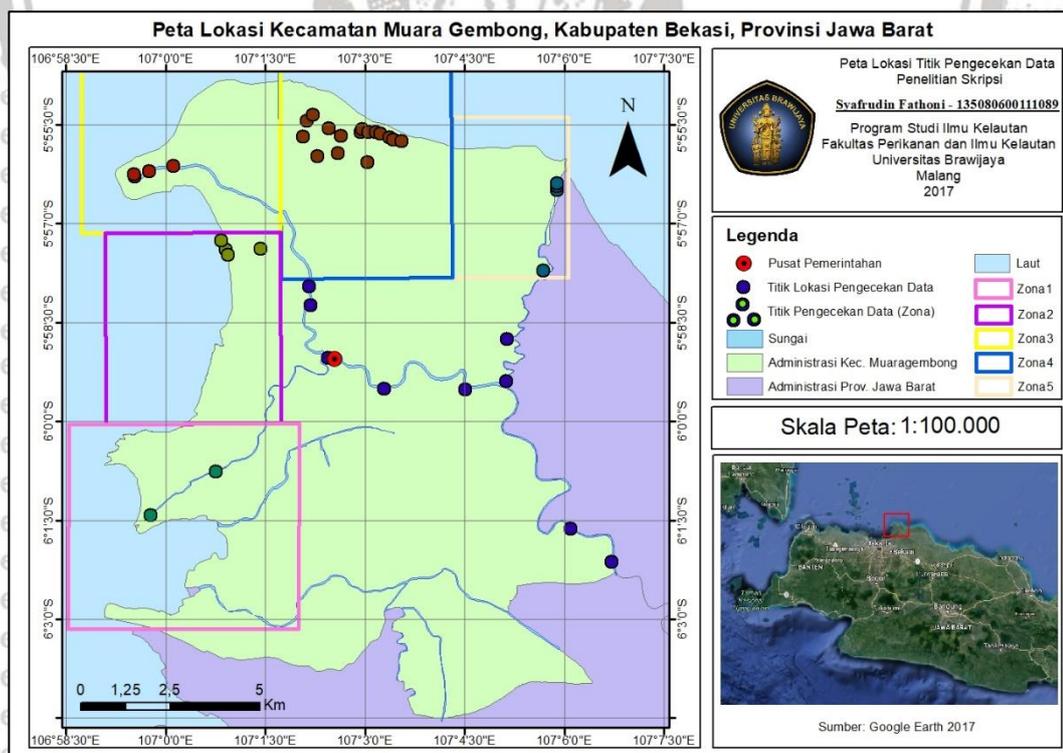
- b. Teknologi altimeter modern. Teknologi ini menggunakan radar altimeter atau laser altimeter. Metode ini sangatlah potensial dalam pelaksanaannya, namun memiliki kekurangan yaitu detektor yang diperlukan untuk metode ini sangat sulit didapatkan.
- c. Pengukuran menggunakan citra foto udara. Metode ini menyediakan hasil yang cukup informatif, namun kelemahannya adalah frekuensi data akuisisi yang rendah dan prosedur fotogrametrik serta akuisisi data juga pemetaan citranya yang mahal serta membutuhkan waktu yang cukup banyak.
- d. Interpretasi citra satelit. Metode ini dapat memonitor cakupan wilayah yang luas dengan pengulangan sehingga bisa menyediakan data yang sesuai secara temporal terutama untuk kajian fenomena dinamika garis pantai.

Teknologi penginderaan jauh (Inderaja) semakin hari semakin berkembang dengan pesat. Pemanfaatannya juga telah banyak digunakan di berbagai bidang kehidupan manusia, salah satunya adalah pemanfaatan untuk identifikasi dan studi garis pantai. Dengan menggunakan data inderaja, pemantauan perubahan garis pantai dapat dilaksanakan secara cepat, sehingga dinamika perubahan garis pantai dapat diketahui dari tahun ke tahun. Selain itu informasi tentang studi garis pantai juga banyak digunakan dalam penentuan batas wilayah, baik antar negara maupun dalam lingkup suatu negara, misalnya dalam penentuan batas wilayah laut provinsi, kabupaten dan kota (Winarso *et al.*, 2009).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian/Skripsi

Lokasi penelitian skripsi terletak di pesisir Kecamatan Muara Gembong. Kecamatan Muara Gembong sendiri berada di wilayah paling utara Kabupaten Bekasi yang berhadapan langsung dengan Laut Jawa. Luas wilayahnya mencapai ±265 Ha. Seluruh wilayahnya terbagi menjadi 6 desa meliputi Desa Jayasakti, Desa Harapan Jaya, Desa Pantai Sederhana, Desa Pantai Mekar, Desa Pantai Bahagia, dan Desa Pantai Bakti. Kecamatan Muara Gembong merupakan salah satu potensi pariwisata yang ada di Kabupaten Bekasi. Saat ini kondisinya sedang dalam tahap pengembangan, dan wilayah ini juga termasuk sebagai salah satu kawasan hutan lindung di Provinsi Jawa Barat. Pada lokasi ini terdapat kawasan konservasi Lutung Jawa yang lokasinya berada di sekitar muara sungai Citarum. Peta lokasi dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Peta lokasi kegiatan penelitian/skripsi

Pada penelitian ini, wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong terbagi atas 5 kawasan/zona yang berdasarkan karakteristik wilayahnya. Zona 1 terdapat muara sungai kecil dengan kawasan permukiman yang cukup padat dan hutan mangrove yang lebat yang menghadap langsung ke pelabuhan Tanjung Priok. Zona 2 merupakan kawasan tambak dengan bentuk wilayahnya yang mencekung (berbentuk teluk). Zona 3 berada di kawasan sekitar muara sungai Citarum. Zona 4 berada di sebelah utara Kecamatan Muara Gembong, sebelumnya lokasi ini merupakan kawasan tambak yang sekarang telah mengalami abrasi. Terakhir yaitu zona 5 yang berada di sebelah timur Kecamatan Muara Gembong, di lokasi tersebut juga terdapat pecahan sungai Citarum dan terdapat lahan tambak dengan karakteristik pantai utara.

### 3.2 Waktu Penelitian/Skripsi

Kegiatan penelitian skripsi ini dilaksanakan selama 2 bulan yang dimulai pada minggu pertama bulan Juli – minggu terakhir Agustus 2017. Kegiatan selama 2 bulan ini meliputi proses pengumpulan data, pengolahan data, *ground check* atau pengecekan data, analisis data beserta penyajian data hingga pembuatan hasil akhir berupa laporan skripsi. Jadwal kegiatan penelitian skripsi ini dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Jadwal kegiatan penelitian skripsi

Minggu	Bulan		
	Juli	Agustus	September
1	Pengumpulan Data (Data citra, Data pasut, dsb.)	Analisis Data (sementara)	Hasil
2	Persiapan Pengolahan Data (pemotongan citra, penajaman citra, pemilihan band, dsb.)	Pengecekan Data di Lapangan ( <i>ground check</i> )	
3	Pengolahan Data (Garis Pantai)	Analisis Data (Hasil)	
4	Pengolahan Data (Luasan Tutupan Lahan)	Interpretasi & Penyajian Data	

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian/Skripsi

Alat-alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian skripsi ini antara lain:

Tabel 5. Alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Fungsi
1	Laptop + <i>Charger</i>	Mengolah seluruh data yang digunakan dalam penelitian/skripsi
2	Software ArcGIS v10.4	Untuk pengolahan data citra satelit (garis pantai) beserta interpretasi dan penyajian data
3	<i>Digital Shorelines Analysis System (DSAS) v4.3</i>	Untuk pengukuran & perhitungan perubahan garis pantai
4	Software Quantum GIS v2.18	Untuk persiapan pengolahan data dan pengolahan data citra satelit (klasifikasi lahan)
5	Software Ms. Excel 2013	Untuk pengolahan data angka dan analisis
6	Kamera	Dokumentasi kegiatan di lapangan
7	GPS ( <i>Global Positioning System</i> )	Untuk menyesuaikan koordinat pada saat <i>ground check</i>

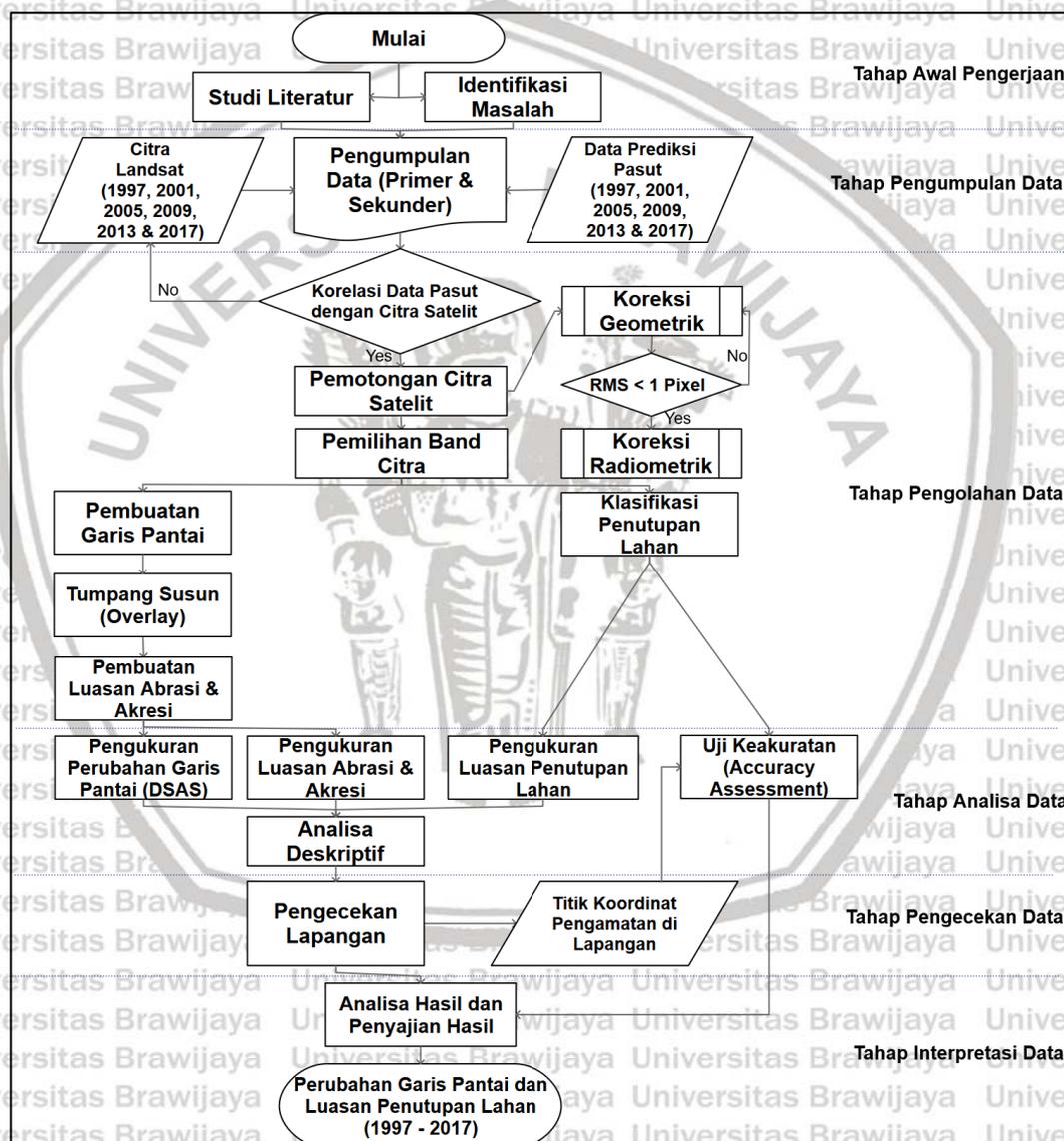
Sementara bahan-bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian skripsi ini meliputi:

Tabel 6. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Fungsi Data	Sumber
1	Data citra satelit Landsat 5 TM (1997, 2005, dan 2009)	Primer	USGS
2	Data citra satelit Landsat 7 ETM+ (2001)	Primer	USGS
3	Data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS (2013 dan 2017)	Primer	USGS
4	Data pasang surut	Sekunder	BIG
5	Data kependudukan, penggunaan lahan, dan bangunan pemukiman	Sekunder	BPS Kab. Bekasi
6	Data flora & fauna endemik Kec. Muara Gembong	Sekunder	IKAMAT, WWF
7	Data tata ruang wilayah Kab. Bekasi (peta dan <i>shapefile</i> )	Sekunder	BAPPEDA Kab. Bekasi
8	Data peta geologi Indonesia (peta dan <i>shapefile</i> )	Sekunder	BAPPEDA Kab. Bekasi
9	Data hasil pengamatan lapangan	Primer	

### 3.4 Tahapan Kegiatan Penelitian/Skripsi

Penelitian ini dilakukan menjadi beberapa tahapan pengerjaan untuk mencapai hasil. Tahapan pengerjaan yang dilakukan meliputi tahap awal pengerjaan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis data, pengecekan data, dan interpretasi/penyajian data. Tahapan kegiatan disusun menjadi sebuah bagan alur seperti yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Bagan alur tahapan pengerjaan selama penelitian/skripsi

### 3.4.1 Tahap Awal Pengerjaan

Tahapan ini terdiri dari studi literatur dan identifikasi masalah. Studi literatur dilakukan untuk mencari metode yang tepat dalam penelitian mengenai topik ini. Meliputi cara pengolahan data, *software* yang digunakan, serta tahapan pengerjaan dan hasil penelitiannya. Studi literatur ini tentunya bisa didapatkan dari berbagai sumber mulai dari buku, jurnal penelitian, maupun situs web. Dilakukan identifikasi masalah seputar topik yang terkait meliputi lokasi penelitian, kondisi lokasi, keadaan lahan, serta masalah di lingkungan pesisir yang terjadi pada lokasi tersebut (abrasi, akresi, dsb.).

### 3.4.2 Tahap Pengumpulan Data

Data primer merupakan data citra satelit yang digunakan untuk penelitian ini. Citra tersebut didapatkan dari satelit Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS dengan temporal yang berbeda. Penelitian ini ingin mengukur perubahan yang terjadi dalam rentang waktu selama 20 tahun terakhir dalam periode waktu 1997 – 2017. Masing-masing data citra yang digunakan dalam kurun waktu 20 tahun tersebut memiliki jarak temporal selama 4 tahun.

Citra diambil pada tahun 1997, 2001, 2005, 2009, 2013 dan 2017. Untuk citra tahun 1997, 2005, dan 2009 menggunakan citra Landsat 5 TM. Sedangkan citra tahun 2001 menggunakan Landsat 7 ETM+ dan citra tahun 2013 dan 2017 menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS. Citra tersebut didapatkan secara gratis dengan cara mengunduhnya langsung melalui situs <http://earthexplorer.usgs.gov/> dengan lokasi penelitian yang memiliki tutupan awan kurang dari 10%.

Pengambilan data sekunder yaitu data prediksi pasang surut dari halaman web milik BIG (Badan Informasi Geospasial) yaitu <http://tides.big.go.id/>. Data yang diambil disesuaikan dengan tanggal dari citra yang telah didapatkan. Data

pendukung lainnya yang didapatkan dari instansi seperti Badan Pusat Statistik Kab. Bekasi (BPS), Badan Perencanaan & Pembangunan Daerah Kab. Bekasi (BAPPEDA), dsb. Data yang dibutuhkan meliputi data kependudukan, penggunaan lahan, jumlah bangunan pemukiman, ekosistem (flora & fauna), tata ruang wilayah, dan lain-lain. Data sekunder atau data penunjang ini berfungsi sebagai penguat maupun pembanding dari data primer.

### 3.4.3 Tahap Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan sebelumnya seperti data citra satelit dan data pasang surut dilakukan pengolahan data. Pada tahap ini sebenarnya terbagi menjadi 2 tahapan, yaitu tahap persiapan pengolahan dan pengolahan data.

#### 3.4.3.1 Tahap Persiapan Pengolahan Data

##### 1. Korelasi Data Citra dengan Data Pasang Surut

Data prediksi pasang surut digunakan untuk menentukan kondisi pasang & surut pada saat gambar citra tersebut diambil. Caranya dengan mencari nilai DTS (Duduk Tengah Sementara) yang kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan tinggi gelombang pasang surut berdasarkan waktu pengambilan citranya. Proses korelasi data antara data citra satelit dengan data pasang surut hanya sebagai acuan pengerjaan garis pantai dan perkiraan kondisi di lapangan pada saat citra diambil. Tujuannya agar garis pantai yang terlihat pada citra dengan temporal yang berbeda, berada pada kondisi yang sama.

##### 2. Pemotongan Citra dan Koreksi Citra Satelit

Pemotongan citra (*cropping*) yang dilakukan berguna untuk mendapatkan dan membatasi daerah penelitian sesuai dengan kebutuhan penelitian. Koreksi radiometrik dan koreksi geometrik termasuk ke dalam *image processing*. Koreksi geometrik pada citra Landsat merupakan upaya memperbaiki kesalahan

perekaman citra secara geometrik supaya citra yang didapatkan mempunyai sistem koordinat dan skala yang sama. Koreksi radiometrik bertujuan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya, dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Koreksi radiometrik meliputi penajaman citra dan pemulihan citra.

### 3. Pemilihan Band

Pemilihan band merupakan salah satu bentuk penajaman citra, agar dapat mempermudah proses pengolahan data maka dipilih warna yang sesuai untuk mempermudah proses digitasi citra. Band RGB (*Red-Green-Blue*) yang digunakan adalah band 7-5-3 pada citra dari Landsat 8 dan 7-4-2 pada citra Landsat TM. Hasil komposit citra memiliki warna paling akurat untuk mengidentifikasi kondisi penutupan lahan di kawasan tersebut.

#### 3.4.3.2 Pembuatan Garis Pantai

Pembuatan garis pantai dilakukan dengan melakukan digitasi pada citra satelit. Digitasi dilakukan untuk mendapatkan *shapefile* berupa *polyline* atau garis yang menggambarkan bentuk garis pantai pada data citra yang ada. *Overlay* atau tumpang susun digunakan untuk mengidentifikasi area yang mengalami perubahan dari seluruh data yang ada. Dilakukan pembuatan luasan wilayah berdasarkan garis pantai yang sudah dibuat menjadi bentuk *polygon*. Tujuannya untuk mengetahui perubahan luasan pesisirnya berupa abrasi maupun akresi.

#### 3.4.3.3 Klasifikasi Penutupan Lahan

Kondisi penutupan lahan didapatkan dengan melakukan digitasi lahan menggunakan aplikasi SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*) pada program QGIS v2.18. Klasifikasi menggunakan algoritma *Spectral Angle Mapper* pada seluruh data citra. Hasil yang didapatkan berupa *shapefile* luasan tutupan lahan

dalam bentuk *polygon*. Pada tahap ini, klasifikasi tutupan lahan yang digunakan sebanyak 7 kelas meliputi wilayah badan air, permukiman, hutan/vegetasi, tambak, sawah dan tanah kosong. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bentuk perubahan penggunaan atau penutupan lahan pada lokasi penelitian di setiap data citra yang ada. Pembuatan klasifikasi penutupan lahan dilakukan dengan menggunakan *software* ArcGIS v10.4 dan Quantum GIS v2.18.

### 3.4.4 Tahap Analisis Data

Tahap analisis data dilakukan untuk mengetahui besaran perubahan garis pantai beserta perubahan luasan lahan dari data yang ada sehingga nantinya dapat mempermudah pelaksanaan interpretasi data.

#### 3.4.4.1 Perubahan Garis Pantai (DSAS)

Analisis data untuk perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan program DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Dilakukan pembuatan transek pengukuran dengan panjang 1 km di sepanjang garis pantai dasar setiap 100 m. Dilakukan pengukuran panjang perubahannya selama 20 tahun pada setiap rentang waktu 4 tahun (1997 – 2001, 2001 – 2005, 2005 – 2009, 2009 – 2013, 2013 – 2017 dan 1997 – 2017) dengan statistik SCE (*Shoreline Change Envelope*). Menurut Thieler et al. (2009) SCE melaporkan hasil pengukuran berupa jarak dengan melakukan pengukuran jarak antara garis pantai dengan garis dasar pada setiap transek yang ada. Data yang didapatkan disalin ke program Microsoft Excel untuk mempermudah proses analisis data.

Penhitungan dilakukan untuk mencari rata-rata perubahan panjang pada setiap zona tersebut, sehingga terlihat perubahan panjang garis pantai serta rata-rata perubahannya. Pengukuran luasan wilayah yang mengalami abrasi maupun akresi dilakukan dengan menggunakan *Calculate Geometry*. Sehingga

didapatkan hasil perubahan yang terjadi di wilayah Kecamatan Muara Gembong.

Luasan perubahan meliputi kondisi terjadinya abrasi dan akresi.

#### 3.4.4.2 Penutupan Lahan (Uji Akurasi)

Pengukuran luasan tutupan lahan di wilayah Kecamatan Muara Gembong yang telah mengalami perubahan selama 20 tahun terakhir diukur menggunakan *Calculate Geometry*. Hasil pengukuran disalin ke Ms. Excel untuk dianalisis. Uji keakuratan (*accuracy assessment*) dilakukan setelah proses pengamatan lapangan dengan menggunakan aplikasi SCP pada perangkat lunak Quantum GIS v2.18. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (Perka BIG) Nomor 3 tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan Dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove. Pengujian dilakukan terhadap sampel yang mewakili obyek tertentu dalam suatu *polygon* obyek dengan koordinat lokasi yang sama di lapangan. Sampel yang telah diambil dari lapangan dibandingkan dengan kelas obyek hasil klasifikasi. Titik sampel yang digunakan untuk uji keakuratan hasil klasifikasi berasal dari titik lokasi hasil pengecekan di lapangan.

#### 3.4.5 Tahap Pengecekan Data

Pada tahap ini dilakukan pengecekan data hasil dari pengolahan citra satelit dengan melakukan kegiatan survei ke lapangan. Kegiatan survei ini dilakukan untuk mengecek kondisi garis pantai dan penutupan lahan di lapangan. Pengecekan garis pantai dilakukan dengan bantuan alat GPS. Titik pengamatan di lapangan ditentukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Setiawan (2005) menjelaskan bahwa metode tersebut merupakan satuan sampling yang dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu dengan tujuan untuk memperoleh satuan sampling yang memiliki karakteristik yang

dikehendaki. Metode tersebut dipilih agar bisa menyesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Daerah penelitian dibagi menjadi beberapa zona untuk mempermudah proses interpretasi. Setiap zona didatangi dan dilakukan pengamatan, pendataan serta pencatatan informasi penting. Pengamatan di luar zona yang sudah ditentukan hanya dilakukan pada lokasi-lokasi yang dianggap penting dan memiliki karakteristik unik (permukiman, lahan sawah, lahan tambak, badan air, tanah kosong, dsb.). Data yang diambil meliputi tiga jenis data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data rekam koordinat titik pengamatan di lapangan, kondisi tutupan lahan di sekitar titik, kondisi parameter lingkungan di sekitar titik pengamatan, dan dilengkapi dengan hasil dokumentasi dengan menggunakan kamera digital.

#### 3.4.6 Tahap Interpretasi Data

Tahap interpretasi data berupa penjelasan hasil analisis data yang didapat serta penyajian data hasil (*layouting*) yang sesuai dengan standar peta. Maka hasilnya akan didapat peta bentuk perubahan garis pantai dan luasan tutupan lahan di wilayah Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi selama kurun waktu 20 tahun (1997 – 2017). Penyajian data bertujuan agar data yang dihasilkan dari analisis data dapat dengan mudah diinterpretasikan dan dipahami oleh para pembaca. Pada tahap ini seluruh data yang diperlukan telah terkumpul, sehingga dapat dilakukan analisis secara lebih mendalam dari seluruh data yang ada (data primer dan data sekunder).

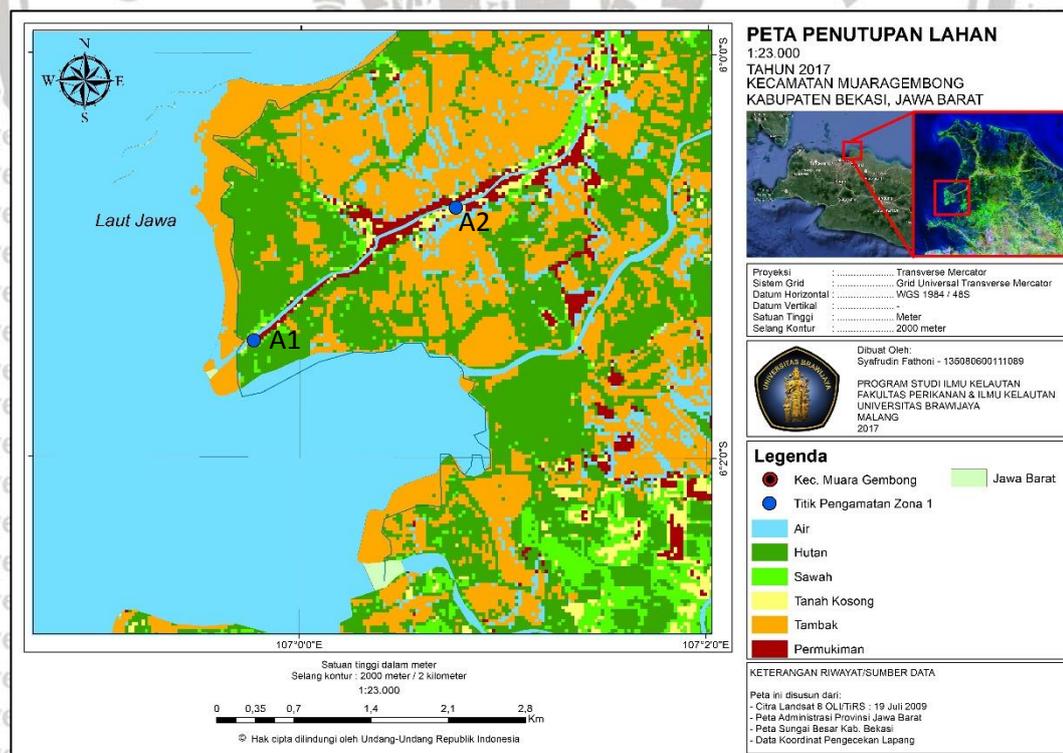
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kondisi Lokasi

Kondisi masing-masing lokasi pengamatan yang sebelumnya telah terbagi menjadi 5 bagian yang memiliki karakteristik wilayah yang berbeda. Pengamatan di lapangan dilakukan untuk membandingkan hasil klasifikasi citra dengan kondisi sebenarnya. Pengamatan dilakukan pada 40 titik pengamatan di seluruh wilayah Kecamatan Muara Gembong.

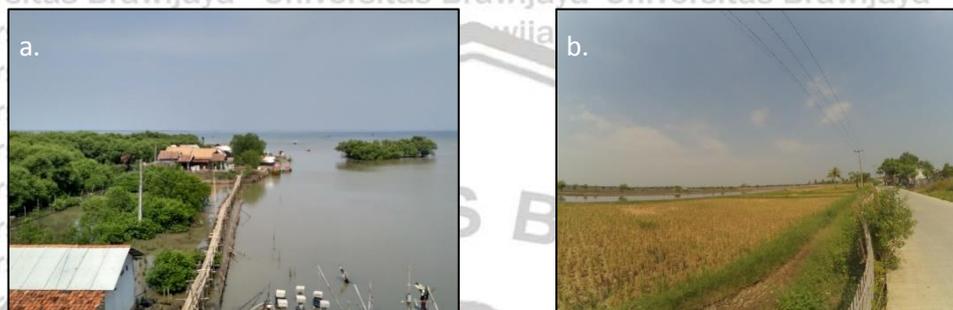
#### 4.1.1 Zona 1

Zona 1 merupakan wilayah pesisir yang berada di sebelah barat daya Kecamatan Muara Gembong meliputi Desa Pantai Mekar dan Desa Pantai Sederhana. Lokasi pengamatan dilakukan pada 2 titik yang seluruhnya berada di Desa Pantai Mekar.



Gambar 6. Peta Lokasi Pengamatan Zona 1

Hasil pengamatan di lapangan, pada titik A1 merupakan wilayah permukiman yang letaknya di bantaran sungai. Di sekeliling wilayah permukiman tampak dipenuhi oleh hutan mangrove yang sangat lebat. Pada titik A2 di lokasi yang cukup jauh dari wilayah pesisir merupakan wilayah persawahan yang berdekatan dengan aliran sungai. Jika memandang lebih jauh di belakang sawah terdapat lahan tambak milik masyarakat setempat.

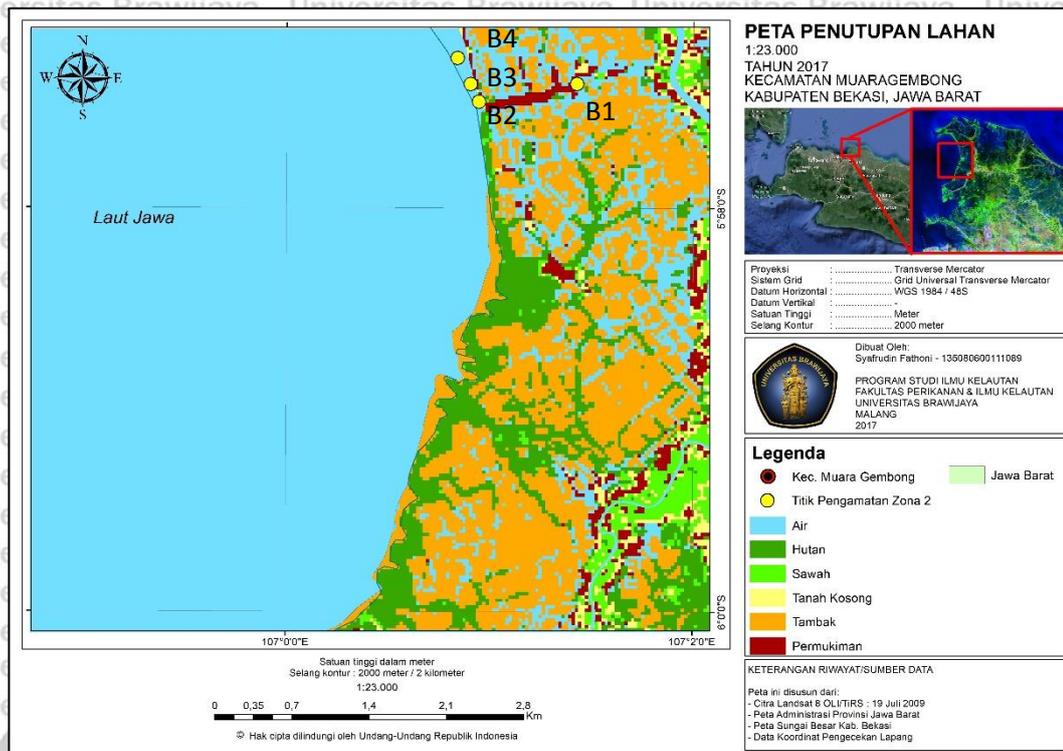


Gambar 7. Hasil Pengamatan di Zona 1, (a). Titik A1 dan (b). Titik A2

Hasil pengamatan lapangan jika dibandingkan dengan hasil pengolahan citra satelit pada titik lokasi pengamatan adalah sama. Masyarakat sekitar banyak membangun rumah mereka di sekitar bantara sungai. Meskipun pada hasil klasifikasi citra, aliran sungainya tidak terlalu terlihat. Hal ini dikarenakan lebar sungai yang tidak terlalu besar, hanya sekitar 10 – 15 m saja. Hutan mangrove juga terlihat cukup lebat khususnya di titik A1.

#### 4.1.2 Zona 2

Zona 2 berada di wilayah pesisir sebelah barat Kecamatan Muara Gembong. Lokasinya meliputi wilayah Desa Pantai Sederhana dan Desa Pantai Bahagia yang sebagian besar merupakan lahan tambak. Lokasi pengamatan hanya dilakukan pada 4 titik dan seluruhnya berada di wilayah Desa Pantai Bahagia.



Gambar 8. Peta Lokasi Pengamatan Zona 2

Pada titik B1 merupakan wilayah permukiman yang paling jauh dari wilayah pesisir. Di sekelilingnya banyak lahan tambak dan lahan yang tergenang oleh air. Pepohonan merupakan sesuatu yang jarang ditemui di titik ini. Titik B2 merupakan lokasi permukiman yang paling dekat dengan laut. Pohon mangrove tumbuh yang cukup lebat di sepanjang pesisir wilayah ini sampai ke titik B4. Akar-akar mangrove banyak tersangkut sampah-sampah yang berasal dari laut. Pada lokasi B2 – B4 sedimennya sebagian besar merupakan lumpur. Di lokasi B3 terdapat lahan mangrove yang rusak, dan pada titik B4 terdapat beberapa bibit mangrove yang sedang mencoba untuk tumbuh.



Gambar 9. Hasil Pengamatan di Zona 2, (a). Titik B1; (b). Titik B2; (c). Titik B3; dan (d). Titik B4

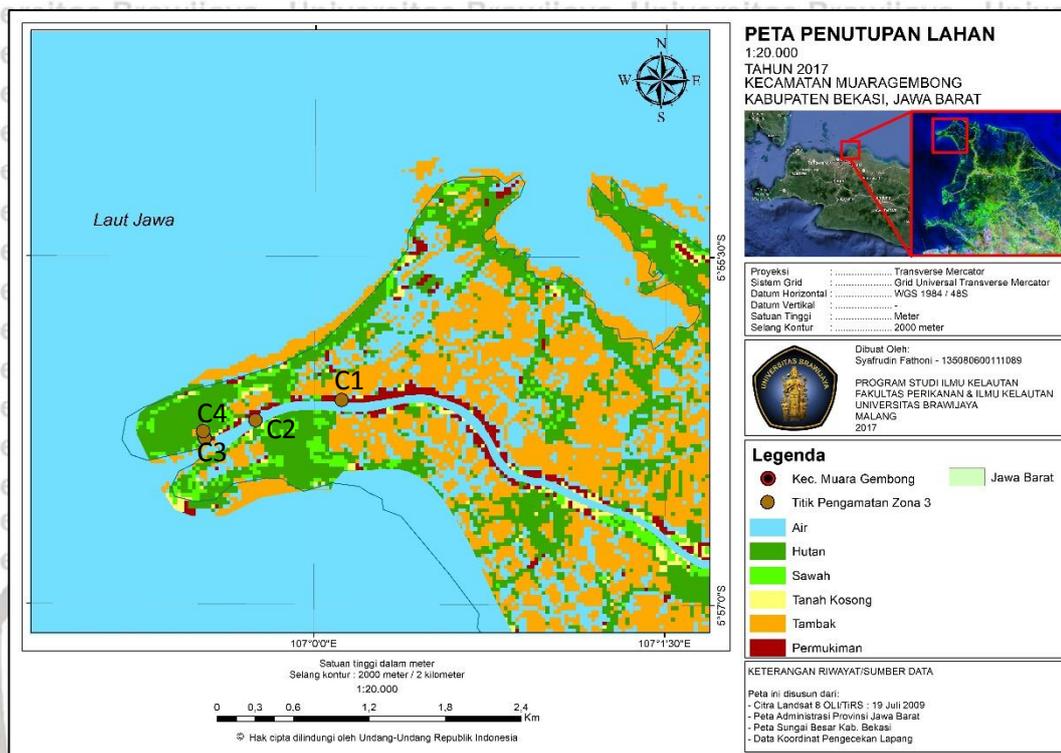
Jika dibandingkan, hasil pengamatan lapangan dengan hasil pengolahan data citra satelit terdapat perbedaan pada titik B3 – B4. Di sekitar titik tersebut hanya terdapat pohon mangrove (vegetasi), lahan kosong, dan tambak. Namun pada peta terdapat lahan persawahan dan wilayah permukiman di sekitar titik B3 dan B4. Hasil klasifikasi yang berbeda dengan kondisi sebenarnya dipengaruhi oleh nilai reflektan pada lokasi tersebut yang memiliki nilai reflektan sama dengan wilayah persawahan maupun permukiman. Resolusi citra yang dipakai juga mempengaruhi hasil klasifikasi, semakin tinggi resolusinya maka hasil klasifikasi akan semakin akurat.

#### 4.1.3 Zona 3

Zona 3 adalah wilayah pesisir yang berada di sebelah barat laut Kecamatan Muara Gembong yang berlokasi di sekitar muara sungai Citarum.

Lokasi pengamatan dilakukan pada 4 titik yang seluruhnya berada di wilayah Desa Pantai Bahagia. Pada zona ini terdapat kawasan konservasi Lutung Jawa

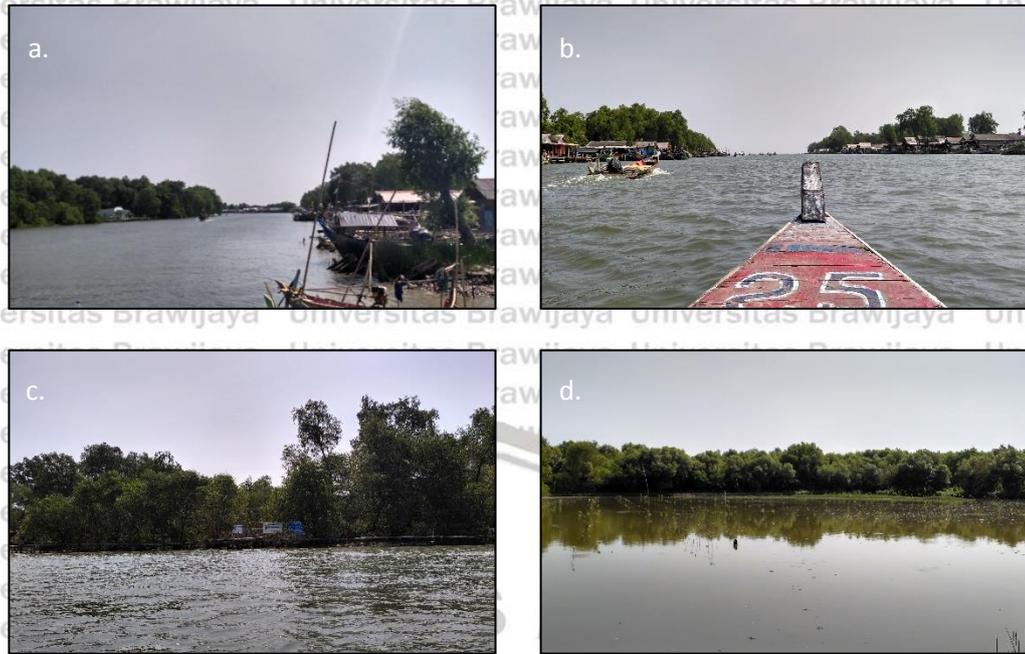
yang merupakan biota endemik Provinsi Jawa Barat dan saat ini kondisinya sedang terancam punah.



Gambar 10. Peta Lokasi Pengamatan Zona 3

Titik C1 merupakan wilayah permukiman yang masih dapat dilalui oleh kendaraan bermotor. Dari pengamatan sebagian masyarakat yang tinggal di sini membangun rumahnya di bantaran sungai Citarum. Selain itu terdapat lahan tambak yang luas di sekitar titik lokasi tersebut. Untuk mencapai titik C2 – C4 perlu menggunakan kapal motor (perahu) dikarenakan aksesnya yang terbatas.

Titik C2 berada di tengah sungai Citarum, dari sini terlihat lalu lintas perairan yang cukup padat oleh aktivitas masyarakatnya yang sebagian besar merupakan nelayan. Titik C3 dan C4 berada di wilayah konservasi Lutung Jawa. Selain itu pada titik C4 terdapat lokasi penanaman mangrove. Lutung Jawa merupakan salah satu spesies endemik Provinsi Jawa Barat yang langka dan dilindungi, hewan tersebut hanya terdapat di Kecamatan Muara Gembong.

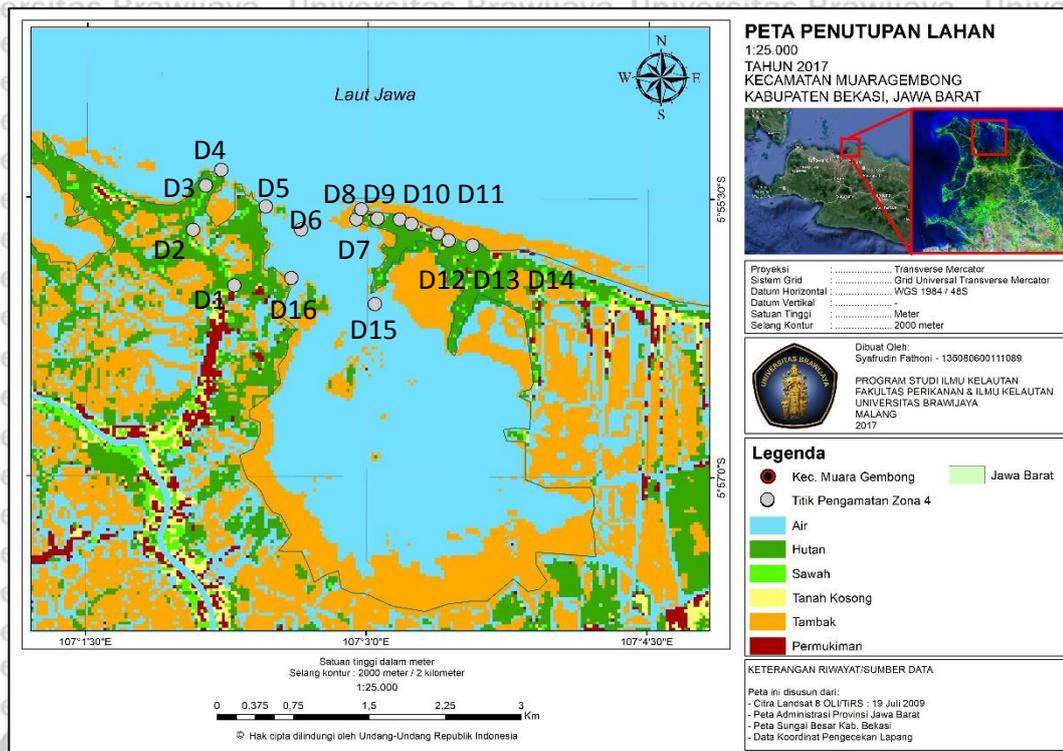


Gambar 11. Hasil Pengamatan di Zona 3, (a). Titik C1; (b). Titik C2; (c). Titik C3; dan (d). Titik C4

Bila dibandingkan hasil pengamatan dengan hasil pengolahan data citra terlihat sesuai dengan kondisi sebenarnya. Penduduk di sekitar zona ini banyak membangun rumah-rumah mereka di bantaran sungai seperti yang terlihat pada titik C2. Hal tersebut dikarenakan sebagian besar warga di kawasan ini bermata pencaharian sebagai nelayan. Dikarenakan titik C3 dan C4 adalah kawasan konservasi Lutung Jawa, maka kondisi vegetasinya tetap dijaga sebagai habitat dari biota tersebut.

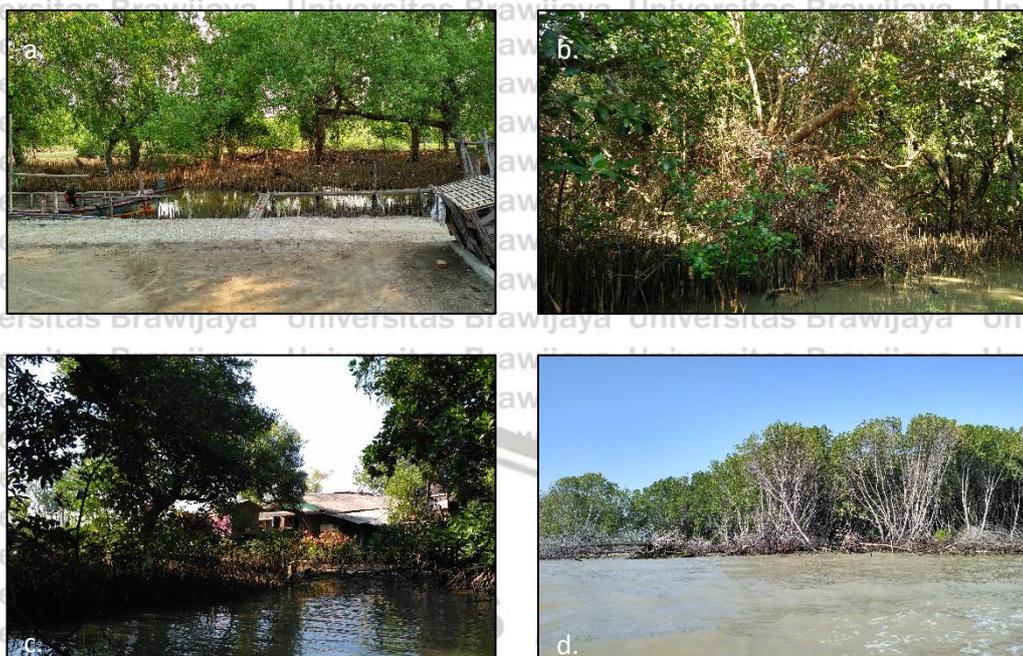
#### 4.1.4 Zona 4

Zona 4 merupakan wilayah pesisir yang berada di sebelah utara Kecamatan Muara Gembong. Lokasi ini terkenal dengan wisata pantainya yaitu Pantai Muara Beting. Pada lokasi ini berdasarkan data citra merupakan kawasan bekas lahan tambak yang telah mengalami abrasi. Lokasi pengamatan dilakukan pada 16 titik yang seluruhnya termasuk ke dalam wilayah di Desa Pantai Bahagia.



Gambar 12. Peta Lokasi Pengamatan Zona 4

Hasil pengamatan di lapangan pada titik D1 masih merupakan wilayah permukiman. Dari titik D2 – D7 dapat dicapai dengan menggunakan perahu. Pada titik D3 merupakan lokasi permukiman terakhir, hanya terdapat beberapa rumah penduduk dan kondisinya tidak terlalu tertinggal karena sebagian besar sudah teraliri oleh jaringan listrik nasional (PLN). Sebagian besar penduduknya memiliki perahu sebagai alat transportasi mereka. Pada titik D4 dan D5 dapat dilihat kondisi mangrove di wilayah pesisir yang rusak parah akibat terjangan gelombang.



Gambar 13. Hasil Pengamatan di Zona 4, (a). Titik D1; (b). Titik D2; (c). Titik D3; dan (d). Titik D5

Zona ini mengalami abrasi yang cukup parah, lahan yang semulanya tambak kini telah menyatu dengan laut. Titik D6 merupakan lokasi pemancingan, biasa digunakan oleh masyarakat setempat atau wisatawan lokal. Lokasi pengamatan D7 – D14 merupakan kawasan wisata Pantai Muara Beting. Hanya ada 2 bangunan di kawasan ini dan tidak ada pemukiman warga, saat pengamatan bangunan tersebut memang ditinggalkan dan ditempati ketika musim liburan tiba. Bangunan tersebut berada pada titik D10 dan D11. Pada titik D13 terdapat lokasi penanaman mangrove, terlihat dari banyaknya bibit-bibit mangrove yang ditanam di titik tersebut. Lokasi pengamatan di kawasan Pantai Muara Beting terhenti di D14 dikarenakan medan yang dilalui sudah tertutup oleh pohon mangrove yang cukup lebat. Di wilayah pesisir utara ini, sedimennya sebagian besar merupakan butiran pasir halus dengan sedikit lumpur pada beberapa lokasi tertentu.



Gambar 14. Hasil Pengamatan di Zona 4, (e). Titik D6; (f). Titik D7; (g). Titik D8; (h). Titik D10; (i). Titik D11; (j). Titik D12; (k). Titik D13; dan (l). Titik D14

Dua titik terakhir yaitu D15 dan D16 dapat dicapai dengan menggunakan perahu. Dari titik D15 terlihat bahwa wilayah yang sekarang menyatu dengan laut cukup luas karena baru mencapai setengah luasan abrasinya saja. Di titik D16

tidak jauh dari sana terlihat pohon-pohon mangrove yang sangat lebat. Dari pengamatan di titik ini, banyak ditumbuhi oleh *Rhizophora* sp.



Gambar 15. Hasil Pengamatan di Zona 4, (m). Titik D15 dan (n). Titik D16

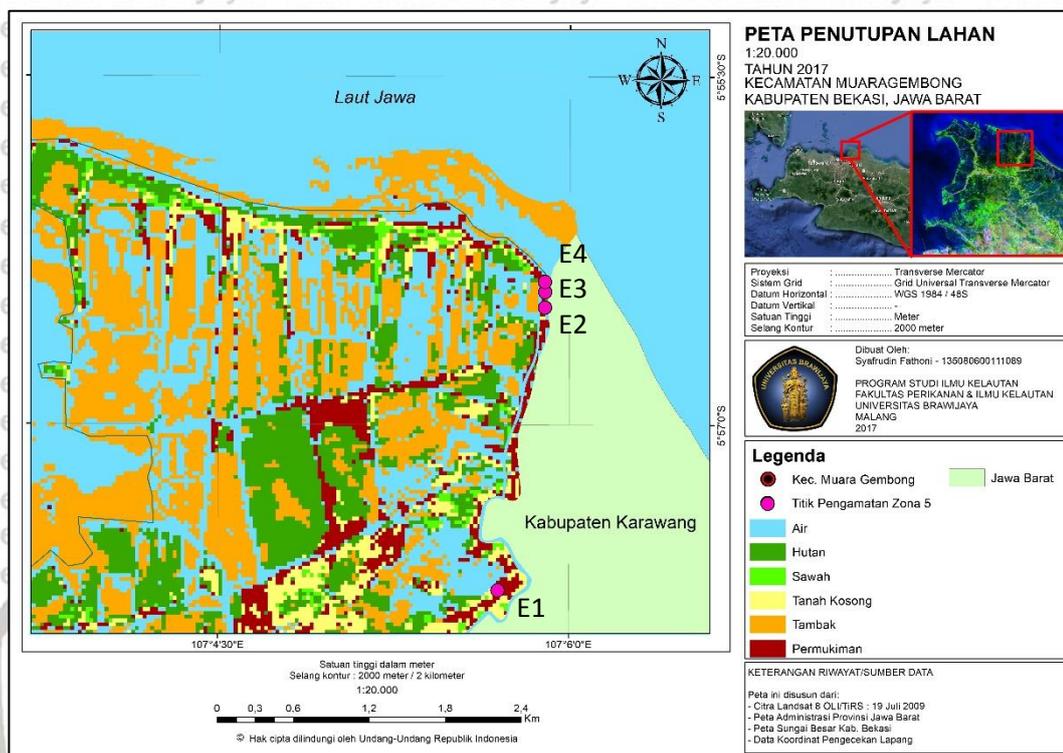
Perbandingan antara hasil pengamatan dan pengolahan data citra juga dapat dikatakan sama. Karena pada zona ini dapat dikatakan bahwa wilayah pemukiman hanya ada di sekitar titik D1 dan lokasi lainnya ditutupi oleh vegetasi dan juga badan air (laut). Meskipun pada titik D3 terdapat beberapa bangunan rumah juga, namun kondisinya yang tidak terlalu padat dan beberapa tertutup oleh pepohonan sehingga terklasifikasi sebagai lahan vegetasi. Hasil klasifikasi ini merupakan hasil perubahan dari data raster menjadi data vektor. Wilder (2007) menerangkan bahwa data raster dapat menginterpretasikan warna dengan mudah namun menghasilkan kesan bergerigi dari garis melengkung karena terdiri dari piksel yang dipengaruhi oleh resolusi citra yang digunakan.

Sehingga hasil klasifikasi tampak kurang rapi. Salah satu kelemahan data vektor adalah tidak dapat merepresentasi perubahan gradual (warna).

#### 4.1.5 Zona 5

Zona terakhir adalah zona 5 yang berada di sebelah timur laut Kecamatan Muara Gembong. Lokasi ini termasuk ke dalam wilayah Desa Pantai Bakti. Desa tersebut berbatasan langsung dengan wilayah Kabupaten Karawang yang juga

terdapat muara sungai kecil dan juga lahan tambak yang cukup luas. Lokasi pengamatan di zona ini hanya dilakukan pada 4 titik.



Gambar 16. Peta Lokasi Pengamatan Zona 5

Dari hasil pengamatan pada zona 5, titik E1 merupakan lokasi tambak yang bersebelahan dengan lahan sawah. Titik E2 – E4 masih dapat dicapai dengan kendaraan roda dua. Akses jalan menuju lokasi pengamatan pada zona 1 dan 5 dapat dikatakan lebih baik dan lebih mudah bila dibandingkan dengan 3 zona lainnya. Pada titik E2 dapat terlihat lahan tambak yang cukup luas dan beberapa bangunan rumah di bantaran sungai. Tidak jauh dari titik tersebut terdapat bangunan pengawas dan beberapa panel surya di titik E3, panel surya digunakan sebagai listrik cadangan meskipun aliran listrik nasional sudah menjangkau daerah ini. Titik terakhir yaitu E4 merupakan titik paling ujung. Sedimen di lokasi ini dominan berupa pasir, beberapa pohon mangrove juga terlihat meski tidak terlalu lebat.

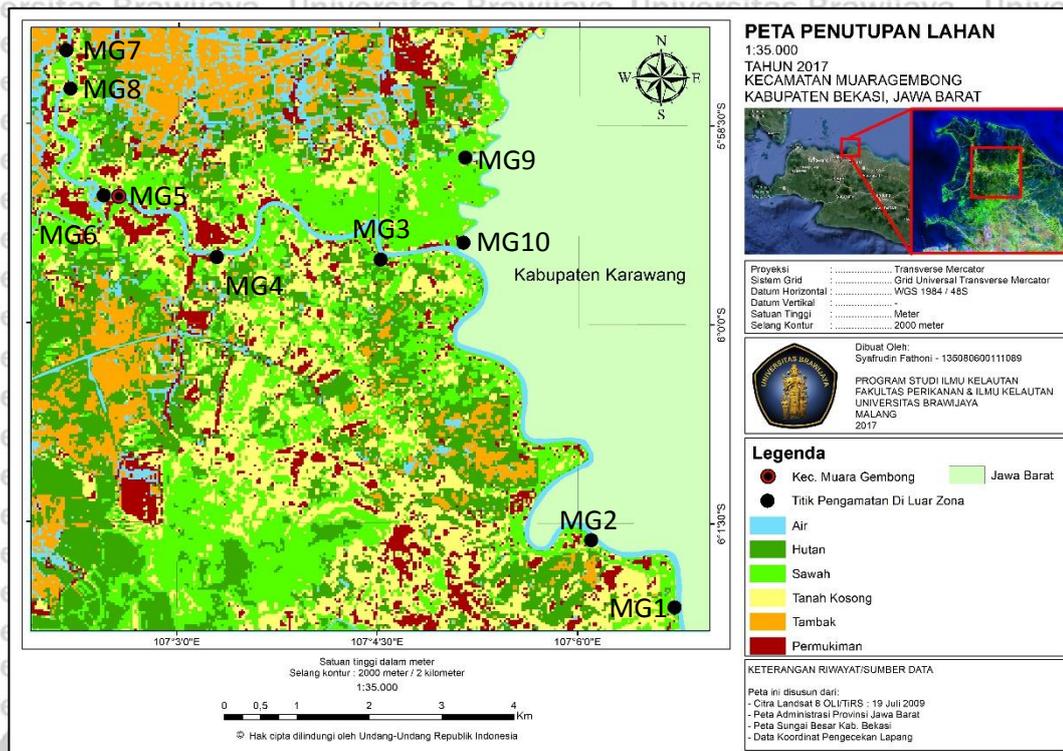


Gambar 17. Hasil Pengamatan di Zona 5, (a). Titik E1; (b). Titik E2; (c). Titik E3; dan (d). Titik E4

Jika dibandingkan dengan hasil pengolahan citra, terlihat adanya lahan persawahan di sekitar titik E4, padahal pada pengamatan di lapangan hanya terlihat dataran pasir (lahan kosong). Pada hasil klasifikasi citra wilayah permukiman juga terlihat di sebelah utara, namun pada zona tersebut wilayah pemukiman hanya berada di titik lokasi pengamatan yang berdekatan dengan sungai.

#### 4.1.6 Di Luar Zona

Pengamatan pada saat di lapangan juga dilakukan pada daerah di luar zona yang telah ditentukan. Lokasinya masih berada di lingkup wilayah administratif Kecamatan Muara Gembong. Pengamatan di luar zona ini dilakukan pada 10 titik yang dianggap penting dan memiliki karakteristik wilayah yang unik (permukiman, lahan sawah, lahan tambak, badan air, dsb.).



Gambar 18. Peta Lokasi Pengamatan di Luar Zona

Pada titik MG1 merupakan lokasi batas wilayah Kecamatan Muara Gembong yang ditandai dengan tugu selamat datang. Titik MG2 dan MG3 merupakan lokasi lahan sawah yang berada di bantaran sungai Citarum begitu juga dengan titik MG7 dan MG8. Selama perjalanan di sekitar bantaran sungai Citarum, dapat terlihat lahan sawah dan juga rumah-rumah penduduk. Titik MG4 merupakan lokasi berdirinya toko ritel Alfamart dan titik MG5 adalah pusat pemerintahan Kecamatan Muara Gembong. Titik MG6 merupakan satu-satunya jembatan gantung yang menghubungkan antara desa Pantai Bahagia dan Pantai Mekar. Titik MG9 merupakan lahan persawahan warga dan juga terdapat permukiman di sekitarnya. Pada titik terakhir yaitu MG10 adalah satu-satunya jembatan besar yang menghubungkan antara Desa Pantai Bakti dengan wilayah Kabupaten Karawang.



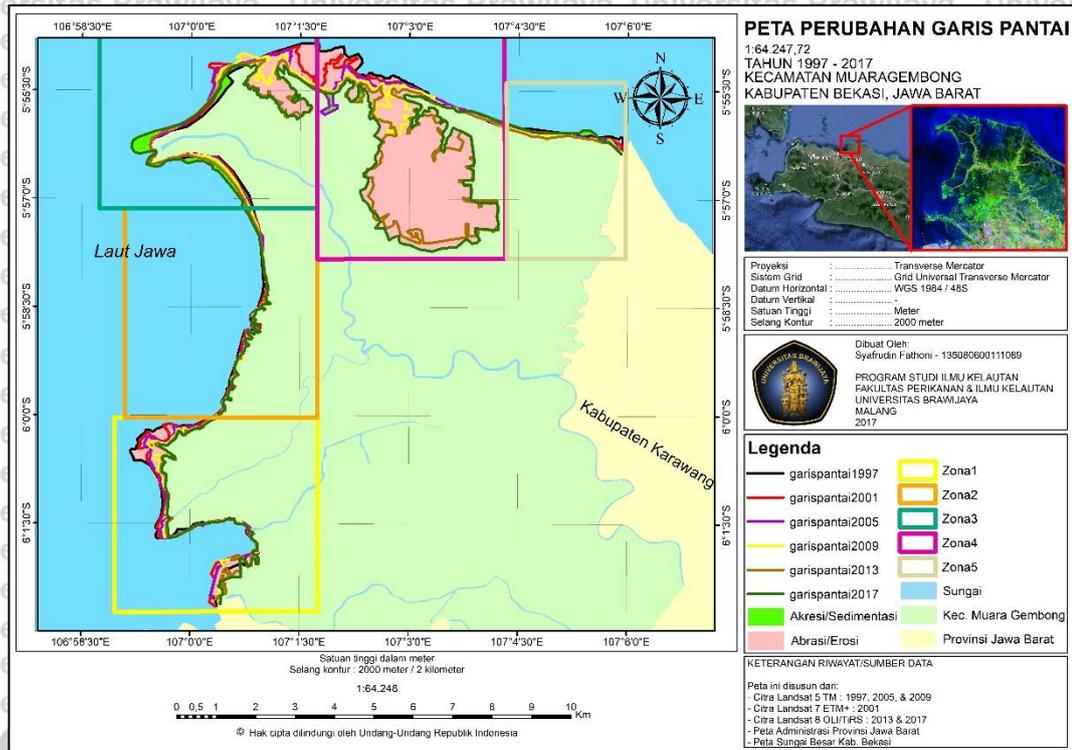
Gambar 19. Hasil Pengamatan di Lapangan, (a). Titik MG1; (b). Titik MG2; (c). Titik MG4; (d). Titik MG5; (e). Titik MG6; dan (f). Titik MG7

Perbandingan data hasil pengamatan dengan pengolahan data citra, di sekitar bantaran sungai Citarum tidak hanya terdapat lahan sawah namun juga wilayah permukiman yang sedikit kurang terlihat. Hasil klasifikasi yang kurang sesuai ini dipengaruhi oleh keadaan dari nilai reflektan citra pada saat perekaman data citra satelit. Selain itu algoritma yang digunakan juga mempengaruhi hasil klasifikasi yang didapatkan.

#### 4.2 Perubahan Garis Pantai

Hasil pengukuran perubahan garis pantai dan luasan abrasi/akresi sejak tahun 1997 – 2017 dapat dilihat pada peta berikut.





Gambar 20. Peta Garis Pantai Kecamatan Muara Gembong Tahun 1997 – 2017

Dari peta tersebut, dapat dilihat bahwa pesisir Kecamatan Muara Gembong cenderung mengalami abrasi selama kurun 20 tahun ini. Sejak tahun 1997 – 2017 Kecamatan Muara Gembong telah kehilangan daratannya seluas - 13,38 km<sup>2</sup>. Abrasi terbesar terjadi pada rentang tahun 2009 – 2013, sebanyak - 9,11 km<sup>2</sup> luas daratan yang menghilang. Zona 3 mengalami akresi disekitar muara sungai Citarum sementara pada zona 4 mengalami abrasi yang cukup besar dibandingkan dengan zona lainnya. Rata-rata kemunduran paling besar terjadi di zona 4 sebesar 356,54 m. Sementara zona 3 mengalami rata-rata kemajuan garis pantai selama 20 tahun ini sebesar 7,33 m. Secara keseluruhan, rata-rata Kecamatan Muara Gembong mengalami kemunduran sebesar 105,29 m selama 20 tahun terakhir. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 7.

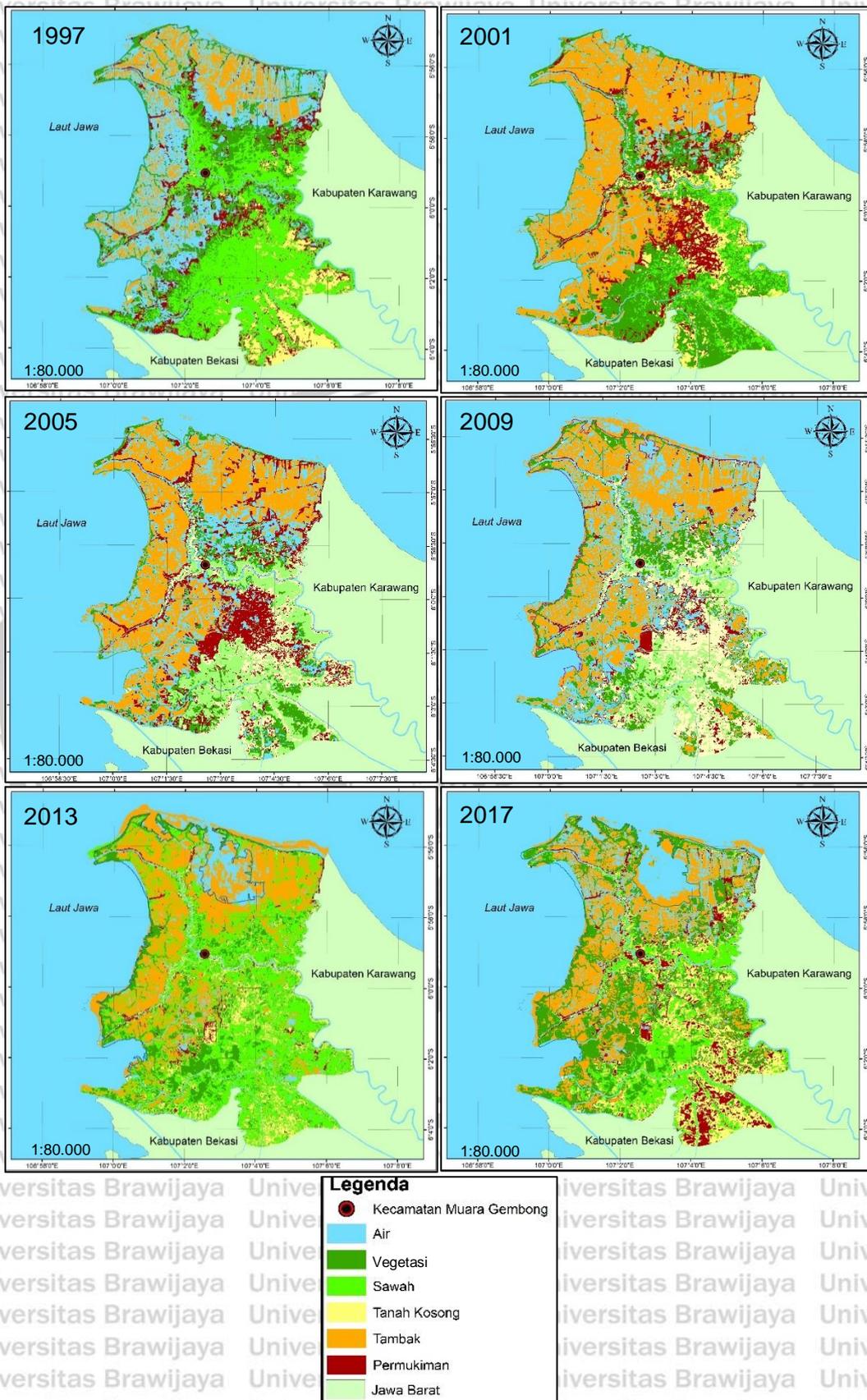
Tabel 7. Hasil Pengukuran Perubahan Garis Pantai

Tahun	Panjang (m)					Luasan (km <sup>2</sup> )		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Abrasi	Akresi	Total
1997 - 2001	-3,21	-29,76	29,38	-67,81	-41,66	-1,89	0,81	-1,08
2001 - 2005	-36,02	-13,89	7,32	-29,04	-8,06	-1,47	0,45	-1,02
2005 - 2009	-48,40	-11,30	-1,02	-68,53	-33,67	-2,02	0,44	-1,58
2009 - 2013	-42,05	2,56	-29,09	-74,49	-30,06	-9,11	0,3	-8,81
2013 - 2017	-15,94	1,45	0,74	-116,66	105,12	-2,14	1,26	-0,88
<b>Total</b>	<b>-145,62</b>	<b>-50,94</b>	<b>7,33</b>	<b>-356,54</b>	<b>-8,32</b>	<b>-16,62</b>	<b>3,24</b>	<b>-13,38</b>

Zona 4 mengalami kemunduran terbesar dibandingkan dengan zona lainnya. Abrasi yang terjadi di zona 4 tidak hanya dipengaruhi oleh dinamika kawasan pesisir namun juga ada sedikit campur tangan manusia. Lokasi tersebut sebelumnya merupakan lahan tambak, namun sebelum menjadi lahan tambak lahan tersebut merupakan hutan mangrove yang kemudian dialihfungsikan menjadi tambak. Perubahan lahan ini menyebabkan terganggunya ekosistem di wilayah pesisir. Hilangnya keseimbangan pelindung kawasan pesisir menyebabkan abrasi di wilayah tersebut. Air laut yang sekarang menggenangi kawasan bekas tambak tersebut cenderung permanen. Sementara pada zona 3 yang cenderung mengalami akresi di bagian muara sungai. Tentunya hal yang wajar dengan kondisi mangrove yang cukup baik dan juga wilayah muara sungai yang banyak membawa material dan sedimen yang terbawa aliran sungai dan kemudian mengendap di muara sungai. Zona lainnya juga mengalami perubahan dan cenderung mengalami abrasi.

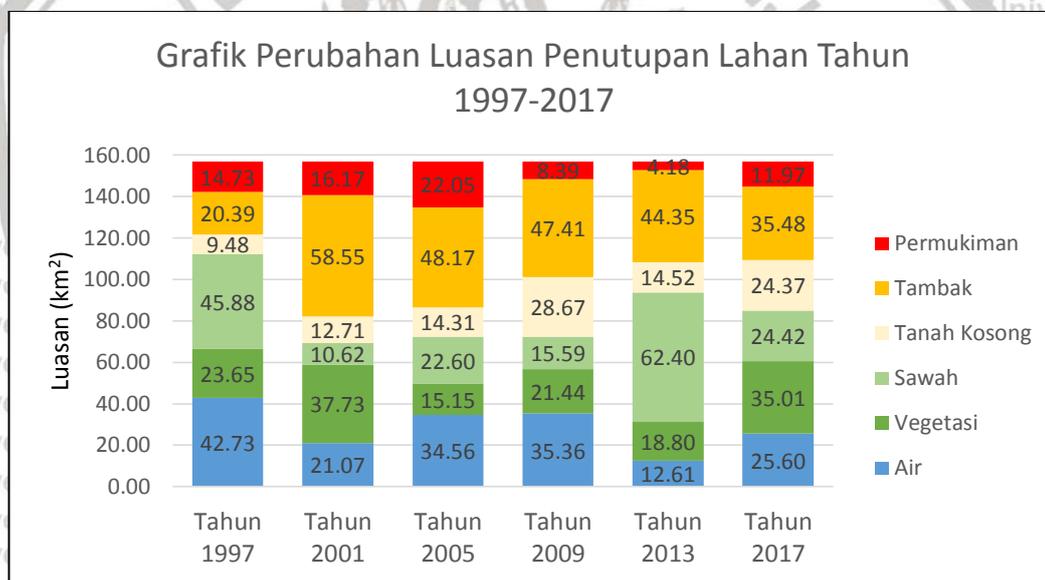
### 4.3 Perubahan Penutupan Lahan

Klasifikasi penutupan lahan terdiri dari 6 kelas, yaitu kelas air, hutan, sawah, tanah kosong, tambak dan permukiman. Hasil klasifikasi penutupan lahan tahun 1997 - 2017 dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21. Hasil Klasifikasi Citra Satelit Landsat Tahun 1997 - 2017

Lahan di wilayah Kecamatan Muara Gembong sebagian besar ditutupi oleh wilayah perairan yang meliputi lahan tambak. Luas lahan tambak di Kecamatan Muara Gembong pada tahun 2017 sebesar 35,5 km<sup>2</sup> atau 23% dari total luasan wilayah. Hal ini juga didukung dengan adanya data penggunaan lahan dari BPS Kabupaten Bekasi dimana lahan di Kecamatan Muara Gembong tahun 2015 ditutupi oleh lahan pertanian non sawah yang dimaksud dengan tambak. Lahan yang mengalami penurunan adalah permukiman, sawah, dan badan air. Lahan yang mengalami kenaikan adalah hutan, tanah kosong, dan tambak. Penentuan keadaan naik-turunnya penggunaan suatu lahan didasarkan pada garis tren (*trendline*) yang terbentuk dari masing-masing kelas. Hasil pengukuran perubahan penutupan lahan dapat dilihat pada gambar 22.



Gambar 22. Grafik Perubahan Luasan Penutupan Lahan Tahun 1997 - 2017

Hasil perhitungan data pasang surut dari BIG, seluruh citra satelit yang digunakan berada dalam kondisi surut seperti yang terlihat pada lampiran 3.

Waktu perekaman citra tersebut diambil pada pukul 02.30 – 03.00 UTC (*Universal Time Center*) atau 09.30 – 10.00 WIB dimana perekaman citra di lokasi ini dilakukan pada waktu pagi hari. Hasil klasifikasi berdasarkan pada citra

yang diambil pada saat musim kemarau dimana musim kemarau Indonesia terjadi pada bulan April – September. Hasil klasifikasi tahun 2005 kelas air mengalami peningkatan luasan yang cukup besar diikuti dengan menurunnya luasan vegetasi (hutan) dan meningkatnya luasan permukiman. Berdasarkan penelitian Suwargana (2008), Kecamatan Muara Gembong memiliki lahan tambak yang lebih luas, dimana di area lahan tambak jarang ditumbuhi vegetasi. Dengan demikian kondisi penggunaan lahan di Pantai Bahagia, Muara Gembong menunjukkan bahwa mangrove sudah terdegradasi.

Lahan permukiman mengalami penurunan di tahun 2009, adanya banjir rob yang terjadi saat pasang tertinggi pada waktu tertentu menyebabkan beberapa wilayah pesisir menjadi tergenang air terutama kawasan permukiman. Sehingga luasan air pada tahun 2009 juga cenderung tinggi, beberapa permukiman yang terendam menjadi tidak layak huni. Waktu pasang tertinggi terjadi pada saat waktu senja (17.00 WIB) hingga malam hari seperti pada gambar grafik di lampiran 4. Lahan sawah yang sifatnya musiman, jika sedang tidak ditanami maka kenampakannya di citra akan seperti tanah kosong sementara ketika sedang dalam masa awal tanam kenampakannya seperti genangan air.

Lahan hutan mengalami peningkatan pada tahun 2017 karena banyaknya aktivitas penanaman mangrove di kawasan pesisir Kecamatan Muara Gembong. Meningkatnya lahan permukiman akibat adanya peningkatan jumlah bangunan penduduk terutama di wilayah sekitar aliran sungai Citarum. Hasil klasifikasi tutupan lahan yang cenderung tidak stabil merupakan salah satu kelemahan dari klasifikasi *supervised* (terbimbing) dimana menurut Arifin dan Kurniati (2002) karena sulitnya menentukan jumlah kelas yang sebenarnya terdapat pada citra tersebut disamping kesulitan untuk mencari lokasi-lokasi yang bisa dianggap paling mewakilinya.

#### 4.4 Uji Akurasi

Hasil perhitungan tingkat keakuratan citra hasil klasifikasi dengan menggunakan program SCP pada QGIS. Klasifikasi citra tahun 2017 dari 323 titik uji yang terbentuk dari 40 titik pengamatan di lapangan, tingkat keakuratan secara keseluruhan (*overall accuracy*) sebesar 80,19% dengan nilai keakuratan Kappa sebesar 0,759. Berdasarkan nilai statistik Kappa tersebut, tingkat keakuratan citra hasil klasifikasi tersebut sangat kuat. Rwanga dan Ndambuki, (2017) menjelaskan bahwa nilai statistik Kappa yang semakin mendekati angka 1 maka tingkat keakuratannya semakin kuat. Dalam Perka BIG nomor 3 tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan Dan Pengolahan Data Geospasial *Mangrove*, dasar yang dipakai sebagai acuan keakuratan hasil interpretasi yakni minimal sebesar 70%. Hasil perhitungan uji akurasi dapat dilihat pada lampiran 5.

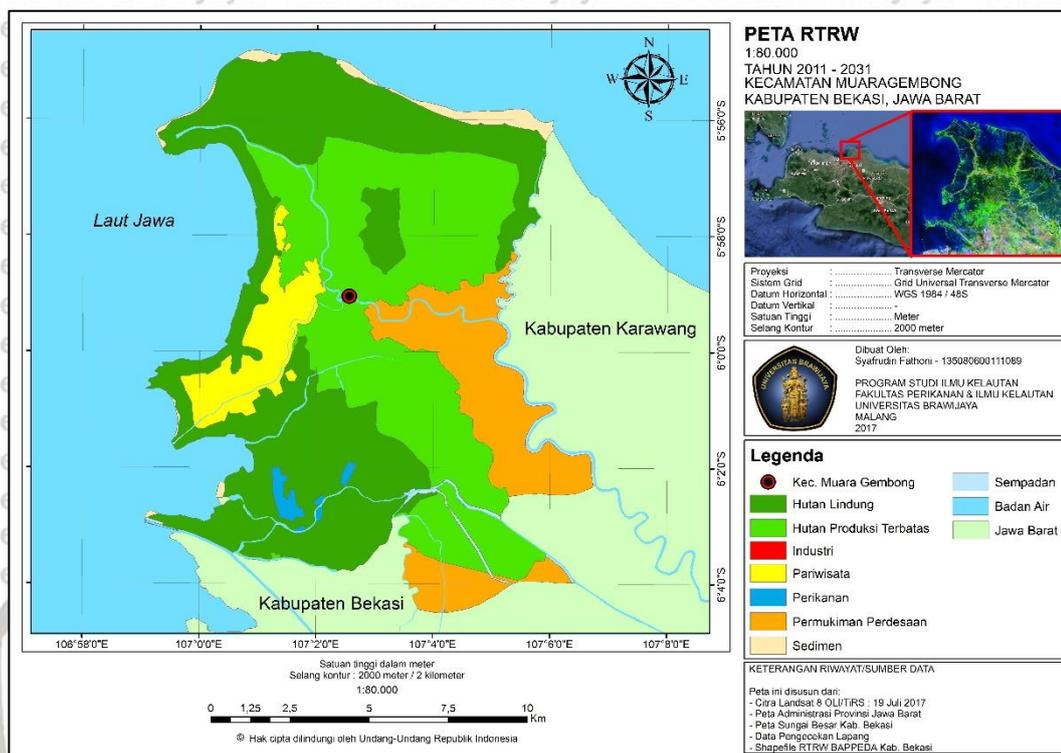
#### 4.5 Faktor Penyebab Perubahan di Kecamatan Muara Gembong

Perubahan kondisi di kawasan pesisir Kecamatan Muara Gembong secara garis besar disebabkan oleh adanya perubahan penggunaan lahan. Perubahan lahan mangrove menjadi lahan tambak menyebabkan hilangnya keseimbangan ekosistem di kawasan pesisir. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan lahan meliputi.

##### 4.5.1 Penerapan Rencana Tata Ruang Wilayah

Berdasarkan Perda Kabupaten Bekasi Nomor 12 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bekasi Tahun 2011 – 2031 pasal 10 ayat (7) dijelaskan bahwa Kecamatan Muara Gembong termasuk ke dalam wilayah pengembangan 4 yang dimana dalam ayat (8) dijelaskan pula bahwa wilayah tersebut akan diarahkan dengan fungsi utama pengembangan

wilayah, simpul transportasi laut & udara, pertambangan, industri, perumahan & permukiman, pertanian lahan basah & pelestarian kawasan hutan lindung.



Sumber: BAPPEDA Kab. Bekasi, 2011

Gambar 23. Peta RTRW Kecamatan Muara Gembong Tahun 2011-2031

Berdasarkan peta RTRW Kabupaten Bekasi pada gambar 23, Kecamatan Muara Gembong ditetapkan sebagai kawasan hutan lindung dan hutan produksi terbatas. Namun kenyataan di lapangan bahwa wilayah Kecamatan Muara Gembong sebagian besar merupakan lahan tambak dan sawah. Hasil klasifikasi citra juga demikian, kondisi vegetasi yang semakin lama semakin berkurang akibat adanya pengalihfungsian lahan oleh masyarakat sekitar tanpa sepengetahuan pemerintah. Dengan kondisi pesisir yang cenderung mengalami abrasi, dapat mengancam keberadaan sumberdaya di wilayah pesisir.

#### 4.5.2 Kondisi Mangrove

Potensi mangrove di wilayah Kecamatan Muara Gembong cukup tinggi.

Maka dari itu wilayah ini ditetapkan sebagai kawasan hutan lindung oleh Pemprov Jawa Barat. Data komposisi mangrove yang terdapat di Kecamatan Muara Gembong dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Komposisi Mangrove Kecamatan Muara Gembong

Nomor	Tipe	Spesies	Nama Lokal
1	Mayor	<i>Avicennia marina</i>	Api-api
2		<i>Avicennia officinalis</i>	Api-api
3		<i>Avicennia alba</i>	Api-api
4		<i>Sonneratia alba</i>	Bogem/Pidada
5		<i>Sonneratia caseolaris</i>	Bogem/Pidada
6		<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakau
7		<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau
8		<i>Brugiera gymnorhiza</i>	Lindur
9		<i>Nypa fruticans</i>	Nipah
10	Minor	<i>Xylocarpus granatum</i>	Nyirih
11		<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Waru
12		<i>Excoecaria agallocha</i>	Buta-but
13		<i>Acrostichm aureum</i>	Paku Laut
14		<i>Scaevola taccada</i>	Gegabusan
15		<i>Acanthus ilicifolius</i>	Jeruju
16		<i>Calotropis gigantea</i>	Widuri
17		<i>Carbera manghas</i>	Bintaro
18		<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Sesepi
19		<i>Terminalia catappa</i>	Ketapang
20		<i>Pandanus tectorius</i>	Pandan Laut
21		<i>Derris trifoliata</i>	Kambingan
22		<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	
23		<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Kangkung Laut

Sumber: IKAMaT, 2017

Saat ini kondisi vegetasi mangrove cukup baik, namun di beberapa lokasi mengalami kerusakan. Kerusakan disebabkan oleh kuatnya hempasan gelombang dan perusakan oleh masyarakat setempat untuk dimanfaatkan.

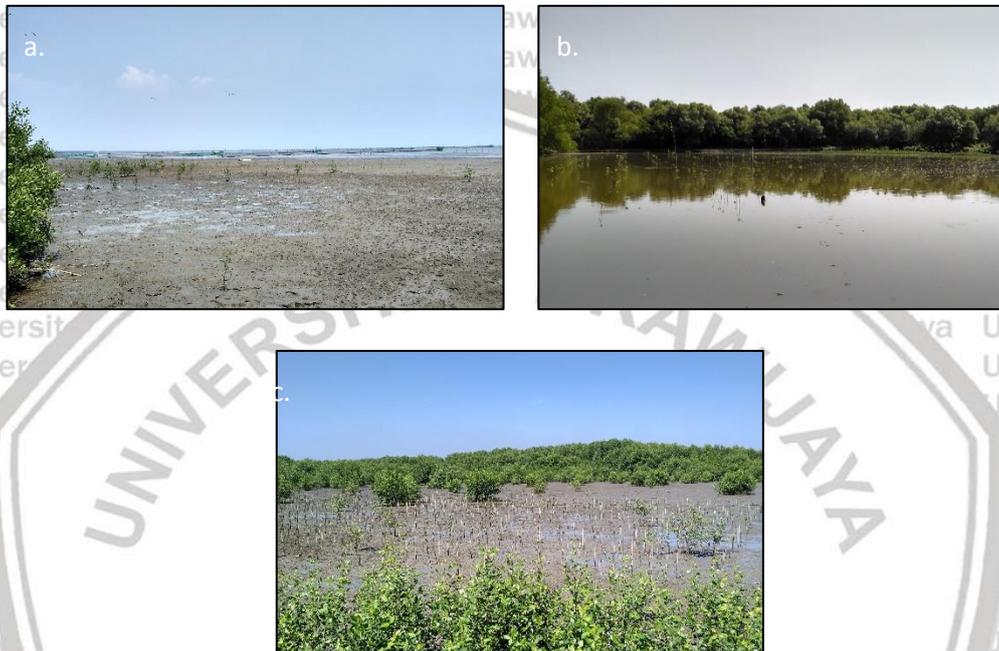
Padahal seluruh mangrove yang berada di wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong termasuk ke dalam kawasan hutan lindung. Adanya perubahan lahan ini tentunya menyebabkan dampak yang tidak terduga kepada masyarakat sekitar. Salah satunya adalah hilangnya lahan tambak di kawasan Pantai Muara Beting. Potensi pesisir yang begitu besar apabila tidak dijaga dan dimanfaatkan secara bijak akan percuma. Selain itu di wilayah hutan mangrove ini, terdapat spesies Lutung Jawa yang statusnya saat ini sedang terancam punah. Maka dari itu perlu adanya pengelolaan yang lebih serius terhadap kelestarian ekosistem mangrove di wilayah ini.



Gambar 24. Kondisi Pesisir di Kecamatan Muara Gembong, (a). Rusaknya Mangrove di Kawasan Pantai Muara Beting; (b). Sisa Lahan Tambak yang Hilang

Kondisi tanah atau sedimen yang terdapat di pesisir Kecamatan Muara Gembong juga berpengaruh terhadap abrasi yang terjadi. Kecamatan Muara Gembong merupakan wilayah yang terbentuk dari tanah hasil endapan. Zona 4 yang merupakan daerah yang mengalami abrasi paling besar merupakan daratan yang terbentuk dari hasil endapan rawa. Material sedimen dapat mengendap karena adanya akar-akar mangrove yang memiliki kemampuan untuk memerangkap material sedimen. Aktivitas perubahan fungsi lahan mangrove menjadi lahan tambak menyebabkan menurunnya kemampuan mangrove yang masih bertahan dalam memerangkap sedimen tersebut. Gelombang laut yang menerjang wilayah yang sudah kehilangan pelindungnya membawa serta sedimen yang ada di sana sehingga abrasi dapat terjadi.

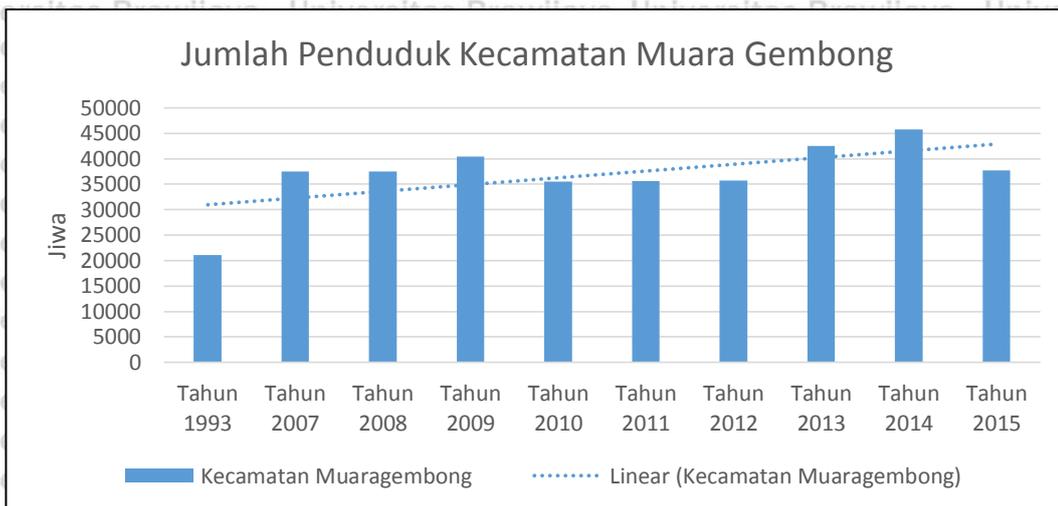
Beberapa wilayah di pesisir Kecamatan Muara Gembong mulai melakukan kegiatan penanaman mangrove dengan tujuan agar kelestarian ekosistem mangrove di kawasan ini dapat terjaga. Terlebih wilayah ini merupakan daerah konservasi dan hutan lindung sehingga ekosistem yang ada di wilayah ini harus dilindungi, dijaga, dan dilestarikan.



Gambar 25. Lokasi Kegiatan Penanaman Mangrove, (a). Barat Desa Pantai Bahagia; (b). Muara Sungai Citarum; (c). Kawasan Pantai Muara Beting

#### 4.5.3 Jumlah Penduduk

Perubahan penutupan lahan di kawasan pesisir juga dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah penduduk di sekitar kawasan tersebut. Banyaknya penduduk yang datang menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan pemanfaatan dan penggunaan ruang/lahan sehingga terjadilah pengalihfungsian lahan. Lahan yang digunakan atau dimanfaatkan menjadi berbeda dengan fungsi/pemanfaatan lahan sebelumnya. Berikut adalah data jumlah penduduk yang didapatkan dari BPS Kabupaten Bekasi sejak tahun 1993 – 2015.



Sumber: Badan Pusat Statistik Kab. Bekasi, 2017

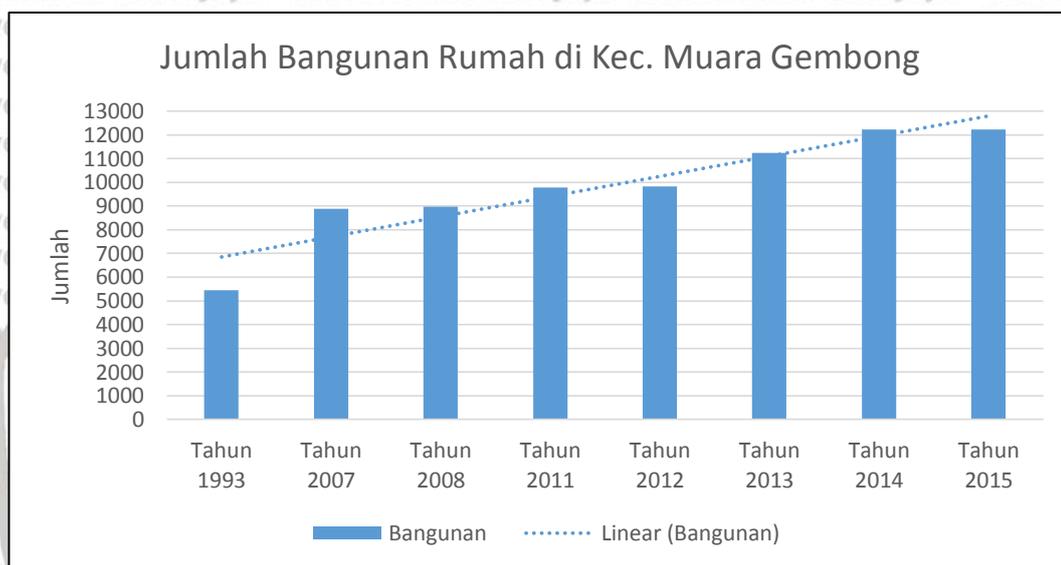
Gambar 26. Grafik Jumlah Penduduk Kecamatan Muara Gembong

Wilayah Kecamatan Muara Gembong mengalami pertambahan jumlah penduduk. Berdasarkan data dari BPS, pada tahun 1993 jumlah desa di Kecamatan Muara Gembong berjumlah 5 desa. Kemudian wilayah desa Pantai Harapan Jaya mengalami pemekaran sehingga muncul desa baru yang bernama desa Jayasakti. Pertambahan jumlah penduduk ini juga dirasakan oleh beberapa masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi pengamatan. Para pendatang tersebut umumnya berasal dari daerah Cirebon, Indramayu, dan daerah Jawa Tengah. Saat ini penduduknya telah mencapai 37.738 jiwa.

Meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan peningkatan akan kebutuhan ruang dan tempat untuk kehidupan sehari-hari khususnya lahan tempat tinggal maupun lahan usaha. Sumberdaya lahan yang semakin terbatas serta kebutuhan akan lahan yang dimanfaatkan semakin tinggi menyebabkan adanya kegiatan perubahan fungsi lahan. Dampak dari perubahan fungsi lahan ini akan dirasakan juga oleh lingkungan sekitar khususnya masyarakat di kawasan pesisir.

#### 4.5.4 Jumlah Bangunan Permukiman

Sehubungan dengan bertambahnya jumlah penduduk, diikuti pula dengan bertambahnya lahan permukiman. Dalam upaya pembangunan pemukiman ini disertai dengan penggunaan lahan dan pengalihfungsian lahan. Berdasarkan data dari BPS, kondisi bangunan rumah di wilayah Kecamatan Muara Gembong dijabarkan sebagai berikut.



Sumber: Badan Pusat Statistik Kab. Bekasi, 2017

Gambar 27. Grafik Jumlah Bangunan Rumah di Kecamatan Muara Gembong

Bangunan permukiman di wilayah Kecamatan Muara Gembong terus mengalami peningkatan. Data terbaru menyebutkan bahwa jumlah bangunan permukiman/rumah di Kecamatan Muara Gembong telah mencapai 12.229 rumah. Namun saat pengamatan di lapangan terdapat beberapa rumah yang sudah ditinggalkan oleh pemiliknya. Beberapa karena rusak akibat terjangran banjir rob (banjir pasang air laut) sehingga rumah tersebut rusak dan ditinggalkan oleh pemiliknya. Kemudian mereka membangun lagi rumah di kawasan yang lebih aman dari terjangran gelombang pasang.



Gambar 28. Bangunan Rumah yang Hancur dan Ditinggalkan

Hasil pengukuran pasut yang didapat dari Badan Informasi Geospasial, menunjukkan bahwa kondisi gelombang pasang surut di Kecamatan Muara Gembong termasuk ke dalam mikrotidal karena memiliki ketinggian pasut sekitar 0-2 m. Kondisi gelombang pasut yang tidak terlalu tinggi namun dapat menyebabkan banjir rob dan abrasi pesisir. Moediarta *et al.*, (2007) memperkirakan bahwa adanya aktivitas kenaikan muka air laut dan turunnya tanah yang terus berlanjut di wilayah pesisir dapat menyebabkan enam lokasi terendam secara permanen, yakni: tiga di Jakarta – Kosambi, Penjaringan dan Cilincing; dan tiga di Bekasi – Muaragembong, Babelan dan Tarumajaya. Pentingnya ekosistem pesisir (mangrove) sebagai pelindung pantai mulai dirasakan oleh masyarakat setempat. Mulai banyak gerakan dari berbagai kalangan masyarakat dalam upaya pelestarian mangrove di kawasan pesisir Kecamatan Muara Gembong.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka kesimpulan yang dapat penulis sampaikan adalah:

1. Wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong sebagian besar mengalami abrasi dan mundurnya garis pantai selama 20 tahun terakhir. Hanya zona 3 yang mengalami penambahan daratan dikarenakan wilayahnya yang berada di muara sungai Citarum. Kecamatan Muara Gembong telah kehilangan luas daratannya sekitar 13,38 km<sup>2</sup> dan mundurnya garis pantai rata-rata 105,29 m sejak tahun 1997 sampai tahun 2017.
2. Lahan di Kecamatan Muara Gembong selama 20 tahun didominasi oleh lahan tambak dan wilayah perairan. Lahan yang mengalami penurunan luasan adalah permukiman, sawah, dan badan air. Lahan yang mengalami peningkatan luasan adalah tambak, hutan, dan tanah kosong.
3. Faktor yang mempengaruhi perubahan lahan dan garis pantai diantaranya adalah penerapan Rencana Tata Ruang Wilayah, kondisi ekosistem pesisir (*mangrove*), pertambahan jumlah penduduk, dan pertambahan bangunan permukiman. Adanya perubahan lahan di sekitar kawasan pesisir maka akan berdampak kepada kondisi kawasan pesisir tersebut (garis pantai).

## 5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis berdasarkan penelitian di atas

adalah:

1. Penelitian yang dilakukan di luar daerah asal universitas diperlukan izin dari pemerintah setempat dengan melalui Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol). Prosesnya cukup dengan membuat surat pengantar dari Bakesbangpol Provinsi asal universitas yang ditujukan kepada Bakesbangpol Provinsi lokasi penelitian. Bakesbangpol Provinsi lokasi penelitian akan membuat surat rekomendasi penelitian yang ditujukan kepada Bakesbangpol Kabupaten/Kota lokasi penelitian. Dilengkapi dengan berkas-berkas yang dibutuhkan seperti surat pengantar dari kampus/fakultas/universitas, fotokopi proposal penelitian, dan fotokopi KTP/KTM. Tujuannya agar mempermudah kegiatan penelitian bagi lokasi-lokasi yang memerlukan izin pemerintah, selain itu juga memudahkan dalam memperoleh data dari instansi pemerintahan.
2. Penelitian lanjutan sangat diperlukan terutama untuk mengetahui keragaman jenis mangrove (identifikasi mangrove), tingkat kepadatan, distribusi sedimen (sedimentasi), pola arus, batimetri, serta prediksi dan laju perubahan garis pantai di wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong.
3. Penelitian serupa dapat dilakukan dengan memakai bahan citra satelit yang berbeda maupun dengan metode yang berbeda pula khususnya dalam algoritma yang digunakan untuk pengklasifikasian lahan seperti dengan *Maksimum Likelihood*, *Minimum Distance*, *Decision Tree*, dsb.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, T.D., Yang, I., 2015. Exploring Landsat 8. *Int. J. IT Eng. Appl. Sci. Res* 4, 4–10.
- Addamani, S., S., Rahmi, Venkat, S., Ravikiran, 2014. Spectral Angle Mapper Algorithm for Remote Sensing Image Classification. *IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology* 1, 201–205.
- Adibrata, S., 2007. Analisis Pasang Surut Di Pulau Karampuang, Provinsi Sulawesi Barat. *Akuatik - Jurnal Sumberdaya Perairan* 1, 1–6.
- Arifin, A.Z., Kurniati, W.D.S., 2002. Penggunaan Analisa Faktor untuk Klasifikasi Citra Penginderaan Jauh Multispektral. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi* 1, 12–19.
- Bird, E.C.F., 2008. *Coastal Geomorphology: An Introduction*, 2nd ed. ed. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England.
- BSNI, 2010. *Klasifikasi Penutup Lahan*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia, SNI 7645:2010 1–32.
- Ernawati, A., 2016. Analisis Potensi Pantai Muara Beting Bekasi Menjadi Kawasan Wisata Mangrove. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI* 1, 1–8.
- Hariyoni, Sisingih, D., Marsudi, S., 2013. Studi Perencanaan Bangunan Pengendalian Akresi Dan Abrasi Di Pantai Tanjungwangi Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Teknik Pengairan* 4, 20–29.
- Hindersah, H., Asyiwati, Y., Akliyah, L.S., 2016. Identification of Status and Value of Mangrove Ecosystem for Muaragembong Sustainable Development. *MIMBAR* 32, 17–23.
- Horning, N., 2004. Selecting The Appropriate Band Combination for an RGB Image Using Landsat Imagery. *American Museum of Natural History, Center for Biodiversity and Conservation* 1, 1–14.
- IHO, 2006. *A Manual on Technical Aspects of The United Nations Convention on The Law of The Sea - 1982*, in: 51. Presented at the Advisory Board on Law of the Sea (ABLOS), International Hydrographic Bureau, Monaco, p. 215.
- Janssen, L.L.F., Huurneman, G.C. (Eds.), 2001. *Principles of Remote Sensing*, 2nd Edition. ed, ITC Educational Textbook Series. ITC, Netherlands.
- Kasim, F., 2012. Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG. *Jurnal Ilmiah Agropolitan* 5, 620–635.
- Lasabuda, R., 2013. Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan Dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax* 1, 92–101.



Moediarta, R., Stalker, P., UNDP (Indonesia), 2007. Sisi Lain Perubahan Iklim: Mengapa Indonesia Harus Beradaptasi untuk Melindungi Rakyat Miskinnya. UNDP Indonesia, Jakarta.

Nugroho, S.D., Soetoto, Utami, P., 2003. Interpretasi Kontrol Struktur dan Komponen-Komponen Panas Bumi Gunung Ungaran, Jawa Tengah Berdasarkan Citra Landsat Thematic Mapper, in: Proceedings of Joint Convention. Presented at the The 32nd IAGI and The 28nd HAGI Annual Convention and Exhibition, Universitas Gajahmada, Jakarta, pp. 1–8.

Oyedotun, T.D., 2014. Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis. British Society for Geomorphology, Geomorphological Techniques.

Peraturan Daerah Kabupaten Bekasi Nomor 3 Tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kabupaten Bekasi Tahun 2005 – 2015

Peraturan Daerah Kabupaten Bekasi Nomor 12 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bekasi Tahun 2011 – 2031

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 3 tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan Dan Pengolahan Data Geospasial *Mangrove*.

Powell, A., 2013. Coastal Management Plan. Department of Environment and Heritage Protection, Queensland.

Prasita, V.D., 2015. Determination of Shoreline Changes from 2002 to 2014 in the Mangrove Conservation Areas of Pamurbaya Using GIS. *Procedia Earth and Planetary Science* 14, 25–32.

Prayogi, H., Wijayanto, D., Raysina, N., 2016. Kajian Valuasi Ekonomi Hutan Mangrove Di Desa Pantai Mekar, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi. *Jurnal IKAMAT* 1, 1–6.

Priyono, A., 2010. Panduan Praktis Teknik Rehabilitasi Mangrove Di Kawasan Pesisir Indonesia. KeSEMaT, Semarang.

Purba, M., Jaya, I., 2004. Analisis Perubahan Garis Pantai dan Penutupan Lahan antara Way Penet dan Way Sekampung, Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia* 11, 109–121.

Reddy, M.A., 2008. Textbook of Remote Sensing and Geographical Information Systems, 3rd ed. BS Publications, Hyderabad, India.

Rwanga, S.S., Ndambuki, J.M., 2017. Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences* 08, 611–622. <https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84033>

Saripin, I., 2003. Identifikasi Menggunakan Lahan Dengan Menggunakan Citra Landsat Thematic Mapper. *Buletin Teknik Pertanian* 8, 49–54.

Setiawan, N., 2005. Diklat Metodologi Penelitian Sosial - Teknik Sampling. Universitas Padjajaran 1–10.

Shafri, H.Z.M., Suhaili, A., Mansor, S., 2007. The Performance of Maximum Likelihood, Spectral Angle Mapper, Neural Network and Decision Tree Classifiers in Hyperspectral Image Analysis. *Journal of Computer Science* 3, 419–423.

Surni, Baja, S., Arsyad, U., 2015. Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan, Penutupan Lahan Terhadap Hilangnya Biodiversitas di DAS Tallo, Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat & Biodiversitas Indonesia* 1, 1050–1055. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010515>

Suwargana, N., 2013. Resolusi Spasial, Temporal dan Spektral pada Citra Satelit Landsat, Spot dan Ikonos. *Jurnal Ilmiah Widya* 1, 167–174.

Suwargana, N., 2008. Analisis Perubahan Hutan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh* 5, 64–74.

Tempfli, K., Kerle, N., Huurneman, G.C., Janssen, L.L.F. (Eds.), 2001. *Principles of Remote Sensing*, 4th Edition. ed, ITC Educational Textbook Series. ITC, Netherlands.

Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., Ergul, A., 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change. *U.S. Geological Survey Open-File Report* 1, 79.

Tuheteru, F.D., Mahfudz, 2012. *Ekologi, manfaat & rehabilitasi hutan pantai Indonesia*, Cetakan pertama. ed. Balai Penelitian Kehutanan Manado, Manado.

Valentin, H., 1952. *Die K"usten der Erde*. Petermanns Geographische Mitteilungen 246.

van der Meera, F., de Jong, S., 2003. Spectral Mapping Methods: Many Problems, Some Solutions. *EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy* 1, 146–162.

Widayanti, R., 2010. Formulasi Model Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Angkutan Kota Di Kota Depok. *Penelitian Dosen Muda Universitas Gunadarma, Jakarta* 1, 1–10.

Wilder, B.T., 2007. *Raster and Vector Map Images* (Master's Paper for the degree of Master of Science in Library Science). University of North Carolina, Chapel Hill.

Winarso, G., Joko, H., Arifin, S., 2009. Kajian Penggunaan Data Inderaja Untuk Pemetaan Garis Pantai (Studi Kasus Pantai Utara Jakarta). *Jurnal Penginderaan Jauh* 6, 65–72.

Zhao, B., Guo, H., Yan, Y., Wang, Q., Li, B., 2008. A Simple Waterline Approach for Tidelands Using Multi-Temporal Satellite Images: A Case Study in The Yangtze Delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77, 134–142.

