



Pemerintah Kabupaten Cirebon
Badan Perencanaan Pembangunan,
Penelitian dan Pengembangan Daerah
Kabupaten Cirebon



LAPORAN AKHIR

Kajian Pembentukan Kawasan Konservasi Mangrove dan
Proyeksi Laju Pembentukan Akresi dan Abrasi di Pesisir
Kabupaten Cirebon
2021



Daftar Isi

Daftar Isi	i
Daftar Gambar	iii
Daftar Tabel	vi
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Sasaran	2
1.4. Dasar Perjanjian Kerja sama	2
1.5. Capaian Kegiatan	4
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Daerah Kajian	5
2.2. Mangrove.....	6
2.3. Perubahan Garis Pantai	8
2.4. Referensi Kebijakan	11
2.4.1. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Kabupaten Cirebon Tahun 2005-2025	11
2.4.2. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Cirebon Tahun 2019-2024	13
2.4.3. Peraturan Daerah Kabupaten Cirebon Nomor 7 Tahun 2018 Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Cirebon Tahun 2018-2038.....	14
BAB III	
METODOLOGI.....	16
3.1. Analisis Citra Satelit	16
3.1.1. Identifikasi Vegetasi dan Garis Pantai	16
3.1.2. Perhitungan Tren dan Proyeksi Perubahan Garis Pantai	19
3.2. Survei Pemetaan Foto Udara	21
3.2.1. Konfigurasi Misi Terbang.....	21
3.3. Simulasi Numerik Arus dan Gelombang	24
3.3.1. Konfigurasi Simulasi Numerik	24
3.3.2. Survei Hidrodinamika.....	26

3.4.	Survei Mangrove.....	27
3.4.1.	Menghitung Kerapatan Mangrove	27
3.4.2.	Menentukan Tutupan Mangrove.....	31
BAB IV		
HASIL.....		33
4.1.	Analisis Penginderaan Jarak Jauh (<i>Remote Sensing</i>).....	33
4.1.1.	Identifikasi Vegetasi berdasarkan Citra Satelit.....	33
4.1.2.	Identifikasi Vegetasi berdasarkan <i>Drone</i>	34
4.1.3.	Perbandingan Foto Udara	38
4.1.4.	Perubahan Garis Pantai	46
4.2.	Pengukuran Arus dan Gelombang	53
4.3.	Simulasi Numerik Hidrodinamika	56
4.3.1.	Verifikasi Model	56
4.3.2.	Simulasi Domain Area Kabupaten Cirebon.....	57
4.3.3.	Simulasi Domain Area Losari.....	66
4.4.	Mangrove.....	73
4.4.1.	Kajian Kerapatan, Tutupan, dan Indeks Nilai Penting	73
4.4.2.	Indeks Kesesuaian Konservasi.....	76
4.5.	Kualitas Air Laut	78
BAB V		
PENUTUP.....		86
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN.....		93

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Sketsa Persamaan Kontinuitas Pasir (Sumber: Esen, 2007)	9
Gambar 3.1	Ilustrasi nilai statistik SCE, NSM dan EPR	20
Gambar 3.2	Ilustrasi nilai statistik LRR	20
Gambar 3.3	Area misi terbang drone untuk daerah Gunung Jati (GJ), Ambulu (AB), Kalisari (KS), dan Kalirahayu (TS) di Kecamatan Losari	22
Gambar 3.4	Skema gambaran akurasi pemetaan drone	23
Gambar 3.5	Domain simulasi area besar yang mencakup sebagian pesisir laut utara Jawa (D1), domain simulasi menengah yang mencakup area Cirebon (D2), dan domain simulasi area kecil yang mencakup area Losari (D3)	25
Gambar 3.6	Instrumen ADCP (kiri) dan prinsip kerja ADCP (kanan)	26
Gambar 3.7	Lokasi ADCP	27
Gambar 3.8	Desain plot untuk survei mangrove	28
Gambar 3.9	Metode penentuan diameter pohon setinggi dada (sumber: Kepmen KLHK Nomor 201 Tahun 2004)	29
Gambar 3.10	Ilustrasi metode hemispherical photography (Korhonen et al, 2008) (kiri), Hasil pemotretan dengan lensa fisheye secara vertikal (kanan)	31
Gambar 4.1	Hasil analisis pemetaan vegetasi pesisir menggunakan algoritma NDVI berdasarkan data Landsat 25 Maret 2021	33
Gambar 4.2	Foto udara di pesisir Ambulu	36
Gambar 4.3	Foto udara di sepanjang sungai Ambulu	37
Gambar 4.4	Foto udara di pesisir Kalirahayu	38
Gambar 4.5	Perbandingan tutupan mangrove di pesisir Ambulu dan Kalisari	39
Gambar 4.6	Perbandingan tutupan mangrove di sepanjang sungai Ambulu	40
Gambar 4.7	Perbandingan tutupan mangrove di pesisir Kalirahayu	41
Gambar 4.8	Validasi garis pantai berdasarkan jarak horizontal garis pantai terhadap baseline	42
Gambar 4.9	Perbandingan garis pantai di pesisir Gunungjati	44
Gambar 4.10	Perbandingan garis pantai di pesisir Ambulu dan Kalisari	44
Gambar 4.11	Perbandingan garis pantai di pesisir Kalirahayu	45
Gambar 4.12	Perbandingan tutupan mangrove di pesisir Mundu tahun 2017 dan 2021	46
Gambar 4.13	Tren Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Cirebon tahun 1996-2021	47

Gambar 4.14	Prediksi statistik perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2021-2031	50
Gambar 4.15	Perubahan 10 tahunan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 1996-2041	51
Gambar 4.16	Grafik kecepatan arus ADCP	54
Gambar 4.17	Grafik arah arus ADCP	54
Gambar 4.18	Pengukuran tinggi gelombang ADCP	55
Gambar 4.19	Diagram mawar untuk gelombang	55
Gambar 4.20	Perbandingan data muka air laut antara hasil model dengan data observasi pasut dari stasiun pengukuran BIG di Kejawan, Cirebon	56
Gambar 4.21	Perbandingan data muka air laut antara hasil model dengan data observasi pasut dari pengukuran ADCP di Losari, Cirebon	57
Gambar 4.22	Perbandingan data kecepatan arus antara hasil model dengan data kecepatan arus dari pengukuran ADCP di Losari, Cirebon	57
Gambar 4.23	Perbandingan data arah arus antara hasil model dengan data kecepatan arus dari pengukuran ADCP di Losari, Cirebon	57
Gambar 4.24	Elevasi dan arus permukaan ketika menuju surut	58
Gambar 4.25	Elevasi dan arus permukaan ketika surut terendah	59
Gambar 4.26	Elevasi dan arus permukaan ketika menuju pasang	59
Gambar 4.27	Elevasi dan arus permukaan ketika pasang tertinggi	60
Gambar 4.28	Pola suhu dan arus permukaan rata-rata Bulan Januari	60
Gambar 4.29	Pola sedimen kohesif dan arus permukaan rata-rata Bulan Januari	62
Gambar 4.30	Ketebalan sedimen dasar pada minggu awal	62
Gambar 4.31	Ketebalan sedimen dasar setelah 2 minggu	63
Gambar 4.32	Ketebalan sedimen dasar setelah 4 minggu	63
Gambar 4.33	Arah dan tinggi gelombang signifikan rata-Rata Bulan Januari	64
Gambar 4.34	Arah dan tinggi gelombang signifikan ketika pasang tertinggi	65
Gambar 4.35	Arah dan tinggi gelombang signifikan ketika surut terendah	65
Gambar 4.36	Elevasi dan arus permukaan ketika menuju surut	67
Gambar 4.37	Elevasi dan arus permukaan ketika surut terendah	67
Gambar 4.38	Elevasi dan arus permukaan ketika menuju pasang	68
Gambar 4.39	Elevasi dan arus permukaan ketika pasang tertinggi	68
Gambar 4.40	Suhu permukaan laut rata-rata musim barat	69
Gambar 4.41	Suhu permukaan laut rata-rata musim timur	70

Gambar 4.42	Pola sedimen kohesif dan arus permukaan musim barat	71
Gambar 4.43	Pola sedimen Kohesif dan Arus Permukaan musim timur	71
Gambar 4.44	Arah dan tinggi gelombang signifikan rata-rata musim barat	72
Gambar 4.45	Arah dan tinggi gelombang signifikan rata-rata musim timur.....	73
Gambar 4.46	Peta rekomendasi Zona Konservasi Mangrove, Kecamatan Losari	78
Gambar 4.47	Titik pengukuran data KAL di Losari.....	79
Gambar 4.48	Distribusi suhu permukaan	80
Gambar 4.49	Distribusi salinitas permukaan	81
Gambar 4.50	Distribusi oksigen terlarut permukaan	82
Gambar 4.51	Distribusi pH di permukaan	83
Gambar 4.52	Distribusi konsentrasi fosfat di permukaan	83
Gambar 4.53	Distribusi nitrat di permukaan	84
Gambar 4.54	Distribusi TSS di permukaan	85
Gambar L.1	Tren perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 1996-2000	93
Gambar L.2	Tren perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2000-2010	93
Gambar L.3	Tren perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2010-2021	94
Gambar L.4	Prediksi statistik perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2021-2041	94
Gambar L.5	Perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 1996-2000 (atas); tahun 2000-2010 (tengah); dan tahun 2010-2021 (bawah)	95
Gambar L.6	Proyeksi perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2021-2031 (atas) dan tahun 2031-2041 (bawah)	96
Gambar L.7	Foto udara secara keseluruhan kegiatan kajian	96
Gambar L.8	Pengambilan sampel air untuk analisis laboratorium	96

Daftar Tabel

Tabel 3.1	Interpretasi NDVI	18
Tabel 3.2	Data input simulasi numerik	24
Tabel 3.3	Desain model simulasi numerik	25
Tabel 3.4	Informasi survei hidrodinamika	27
Tabel 3.5	Matriks kesesuaian wisata pantai kategori konservasi mangrove	31
Tabel 3.6	Kriteria baku kerusakan mangrove	32
Tabel 4.1	Rekapitulasi pengolahan data hasil pemetaan foto udara	35
Tabel 4.2	Luas tutupan mangrove berdasarkan hasil <i>drone</i> dan NDVI.....	41
Tabel 4.3	Perubahan luas pantai Kab. Cirebon tahun 1996-2000, 2000-2010, dan 2010-2021	52
Tabel 4.4	Proyeksi perubahan luas pantai Kab. Cirebon tahun 2021-2031 dan 2031-2041	52
Tabel 4.5	Pengelompokan kategori INP berdasarkan jenis di tiap lokasi survey	74
Tabel 4.6	Kerapatan relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), Dominansi Relatif (DR), Indeks Nilai Penting (INP), serta kategori INP berdasarkan hasil pengukuran lapangan	74
Tabel 4.7	Kerapatan mangrove di area kajian	75
Tabel 4.8	Kondisi mangrove di wilayah kajian	75
Tabel 4.9	Hasil analisis kesesuaian lahan konservasi mangrove	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Wilayah pesisir sebagai daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut memiliki keragaman potensi sumber daya alam yang dapat memberikan manfaat bagi kehidupan masyarakat pesisir dan berbagai kepentingan pengembangan. Kegiatan pemanfaatan ruang yang tidak terkendali, selain dapat menimbulkan konflik juga berpotensi menimbulkan dampak degradasi lingkungan ekosistem pesisir seperti rusaknya kawasan hutan mangrove, abrasi pantai, pencemaran lingkungan, pemanfaatan tanah timbul serta menurunnya jumlah habitat perikanan lainnya. Tindakan konservasi dan pelestarian terhadap sumberdaya perikanan antara lain dengan melakukan upaya pembangunan dan rehabilitasi kawasan pesisir sebagai bahan perlindungan terhadap ekosistem pantai.

Kabupaten Cirebon merupakan salah satu Wilayah Provinsi Jawa Barat yang mempunyai garis pantai 77,79 km dengan karakteristik pantai berlumpur dan sebagian berpasir. Wilayah pesisir Kabupaten Cirebon seperti pada umumnya di wilayah Indonesia secara umum adalah daerah yang banyak mengalami tekanan fisik seperti abrasi dan akresi atau tanah timbul. Untuk itu diperlukan upaya untuk menjaga kelestarian sumberdaya kelautan dan perikanan yang melibatkan peran serta masyarakat sehingga masyarakat lebih peduli dalam pemanfaatan sumberdaya kelautan dan perikanan secara bertanggung jawab dan berkelanjutan, salah satunya adalah kegiatan rehabilitasi ekosistem pesisir yang ada di Kabupaten Cirebon.

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem utama pendukung kehidupan di wilayah pesisir. Di Kabupaten Cirebon yang menjadi fokus kegiatan pada tahun 2019 yaitu di wilayah Losari, Gunung Jati, dan Mundu. Kawasan tersebut memiliki potensi yang cukup memadai untuk dijadikan kawasan konservasi dan ekowisata mangrove bagi masyarakat sekitar khususnya.

Potensi mangrove yang telah tercipta menjadi suatu ekosistem pantai, dapat dimanfaatkan selain menjadi *mangrove center* juga bisa menjadi ekowisata bahari seperti sarana pendidikan sebagai pusat informasi dan penelitian. Atas dasar pemikiran tersebut, bekerjasama dengan Institut Teknologi Bandung, Bappelitbangda Kabupaten Cirebon melakukan penelitian atau kajian awal penetapan kawasan konservasi dan proyeksi laju akresi (tanah timbul) dan abrasi di pesisir Kabupaten Cirebon. Pada pelaksanaannya, Pusat

Penelitian Kerjasama Teknologi Kelautan (PPKTK) juga akan berkontribusi sebagai bagian dari kerjasama antara Kemenkomarves, ITB, dan Kementerian Kelautan dan Perikanan Korea Selatan. Dari hasil kajian tersebut, diharapkan dapat terwujud konsep dasar pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan khususnya di Kabupaten Cirebon.

1.2. Tujuan

Tujuan dilakukan Kegiatan ini antara lain:

- Mengidentifikasi letak potensi erosi dan sedimentasi di sepanjang garis pantai Kabupaten Cirebon.
- Melakukan pemetaan potensi pembentukan tanah timbul di Kabupaten Cirebon
- Melakukan simulasi tren laju pembentukan potensi erosi dan sedimentasi di Kabupaten Cirebon
- Membuat Kajian Ilmiah mengenai pembentukan kawasan konservasi mangrove di Kecamatan Losari.
- Merumuskan rekomendasi kebijakan pemanfaatan tanah timbul dan kawasan konservasi mangrove di Kabupaten Cirebon.

1.3. Sasaran

Tersedianya bahan/rekomendasi kebijakan, data dan informasi mengenai kawasan konservasi mangrove dan pemanfaatan tanah timbul berdasarkan kajian ilmiah.

1.4. Dasar Perjanjian Kerja sama

Penyusunan kajian kegiatan berdasarkan pada perjanjian kerja sama Nomor 073/Pks.10/Bappelitbangda/2021. Dasar Perjanjian Kerja Sama ini adalah sebagai berikut:

- a. Undang-Undang Nomor 28 Tahun 1999 tentang Penyelenggaraan Negara yang Bersih dan Bebas dari Korupsi, Kolusi dan Nepotisme (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 75, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3851);
- b. Undang-Undang Nomor 25 Tahun 2004 tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 104, Tambahan Lembaga Negara Republik Indonesia Nomor 4421);

- c. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan (Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5234);
- d. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5587) sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2015 tentang Perubahan Kedua Atas Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 58, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5679);
- e. Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2005 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4578);
- f. Peraturan Pemerintah Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pedoman Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2008;
- g. Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2007 tentang Tata Cara Pelaksanaan Kerja Sama Daerah;
- h. Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2008 tentang Tahapan, Tata Cara Penyusunan, Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 21, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4817);
- i. Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2018 tentang Kerja Sama Daerah;
- j. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 87 Tahun 2014 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 199);
- k. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang / Jasa Pemerintah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 33);
- l. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 13 Tahun 2006 tentang Pedoman Pengelolaan Keuangan Daerah sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan {peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 21 Tahun 2011 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 13 Tahun 2006 tentang Pedoman Pengelolaan Keuangan Daerah (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 310);

- m. Peraturan Menteri dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah;
- n. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 22 Tahun 2009 tentang Petunjuk Teknis Tata Cara Kerja Sama Daerah;
- o. Peraturan Menteri Dalam Negeri nomor 22 Tahun 2020 tentang Tata Cara Kerja Sama Daerah dengan Daerah Lain dan Kerja Sama Daerah dengan Pihak Ketiga;
- p. Peraturan Daerah Kabupaten Cirebon Nomor 7 Tahun 2018 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Cirebon 2018-2038;
- q. Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Perencanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah;
- r. Pengaturan Pelaksanaan (IA) antara Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi (Kemenkomarves) Republik Indonesia dan Kementerian Samudera dan Perikanan Republik Korea tentang Pendirian dan Pengoperasian Pusat Penelitian Kerja Sama Teknologi Kelautan (PPKTK) yang ditandatangani pada tanggal 9 Mei 2018; dan
- s. IA Pengaturan Pelaksanaan antara Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi (Kemenko Marves), Institut Sains dan Teknologi Kelautan Korea (KIOST) atas nama Kementerian Samudera dan Perikanan Korea (KSP), Institut Teknologi Bandung (ITB), dan Pusat Penelitian Kerja Sama Teknologi Kelautan (PPKTK) Tahun 2020 tentang bantuan Pembangunan Resmi (ODA) dengan Proyek “Survei Dasar (Untuk) Laut dan Pesisir dan Peningkatan Kapasitas di Cirebon, Indonesia” yang ditandatangani pada tanggal 19 Agustus 2020.

1.5. Capaian Kegiatan

Capaian yang diharapkan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut.

1. Data pesisir Kabupaten Cirebon sebagai hasil survei.
2. Proyeksi kawasan konservasi wilayah pesisir.
3. Rekomendasi kebijakan kawasan konservasi mangrove dan pemanfaatan tanah timbul.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Kajian

Daerah kajian untuk *Kajian Pembentukan Kawasan Konservasi Mangrove dan Proyeksi Laju Pembentukan Akresi dan Abrasi di Pesisir Kabupaten Cirebon* mencakup wilayah pesisir Kabupaten Cirebon. Kabupaten Cirebon merupakan salah satu daerah di utara pesisir Laut Jawa, secara geografis terletak pada $6,5^{\circ} - 7^{\circ}\text{LS}$ dan $108,6^{\circ} - 108,8^{\circ}\text{BT}$. Wilayah pesisir dan laut diprioritaskan untuk pengembangan industri, agrobisnis, permukiman, agroindustri, transportasi, dan pelabuhan (Astjario, 2006). Pesisir di Cirebon dibedakan menjadi 3 tipe yaitu endapan lumpur, berpasir, dan berhutan bakau. Selain itu, pantai di Cirebon dengan tipe pesisir yang menyebabkan sedimentasi tinggi sehingga perubahan garis pantai di terutama di kawasan pantai timur Cirebon cukup besar (Astjario dan Harkins 2005).

Kawasan pantai Kecamatan Mundu hingga Losari merupakan kawasan berlumpur. Hal ini disebabkan terdapat dua aliran sungai dengan bermuatan sedimen cukup besar bermuara di kawasan pantai timur. Lumpur berwarna hitam kecoklatan dan terdapat cangkang kerang. Pantai yang terbentuk sangat landai dengan kemiringan 2° hingga 4° . Geometri pantai membentuk teluk - teluk dan pada muara - muara sungai yang menjorok ke arah laut membentuk tanjung akibat material sedimen yang termuat pada sungai - sungai terendapkan di mulut muara. Kondisi tersebut terlihat dalam citra satelit *landsat 7 ETM+* Kabupaten Cirebon (Astjario, 1995).

Losari adalah kecamatan di Kabupaten Cirebon yang langsung berbatasan dengan Jawa Tengah. Kondisi hutan bakau pada 8 kecamatan di pesisir Kabupaten Cirebon mengalami kerusakan 75% (Raharjo dkk., 2014). Sebaran hutan mangrove di kecamatan Losari sepanjang 2.9 km. Ekosistem mangrove di pantai Losari, Kabupaten Cirebon, hadir di lingkungan delta Cisanggarung yang masih berkembang (Setyawan et al. 2006). Meskipun demikian, mangrove di kawasan tersebut tidak dapat berkembang dengan baik karena mengalami tekanan oleh aktivitas pengembangan tambak yang terus berekspansi mengikuti perkembangan garis pantai (Setyawan et al., 2006).

Pembobotan indeks kerentanan pesisir berdasarkan karakteristik gelombang dari hasil pemodelan di area Cirebon pernah dianalisis oleh Rohman (2012). Hasilnya di beberapa kecamatan di area ini termasuk ke dalam area yang rentan akan gelombang.

2.2. Mangrove

Mangrove merupakan tanaman pepohonan atau komunitas tanaman yang hidup di lokasi transisi antara laut dan daratan yang masih dipengaruhi oleh kondisi pasang dan surut (Romimohtarto dan Juwana, 2001). Indonesia termasuk kawasan ekosistem mangrove terluas di dunia. Ekosistem ini memiliki peranan ekologi, sosial-ekonomi, dan, sosial-budaya yang sangat penting; misalnya menjaga stabilitas pantai dari abrasi, sumber ikan, udang dan keanekaragaman hayati lainnya, sumber kayu bakar dan kayu bangunan, serta memiliki fungsi konservasi, pendidikan, ekoturisme dan identitas budaya (Setyawan, 2006).

Wilayah mangrove dicirikan oleh tumbuh-tumbuhan khas mangrove, terutama jenis-jenis *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Avicennia*, *Xylocarpus* dan *Acrostichum* (Soerianegara, 1993). Selain itu juga ditemukan jenis-jenis *Lumnitzera*, *Aegiceras*, *Scyphyphora* dan *Nypa* (Nybakken, 1986; Soerianegara, 1993). Berdasarkan zonasi (Bengen, 2002 dalam Fachrul, 2007), kawasan mangrove dapat dibagi menjadi beberapa kawasan sebagai berikut:

- a. Daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir, sering ditumbuhi oleh *Avicennia sp.* Pada zona ini biasa berasosiasi dengan *Sonneratia sp.* yang dominan tumbuh pada lumpur dalam yang kaya bahan organik.
- b. Lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora sp.* Pada zona ini juga dijumpai *Bruguiera sp.* dan *Xylocarpus sp.*
- c. Zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera sp.*
- d. Zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah biasa ditumbuhi nipah (*Nypa fruticans*) dan beberapa spesies palem lainnya.

Penanaman bibit pohon mangrove sampai saat ini masih dianggap sebagai salah satu cara yang cukup efektif untuk mengurangi dampak negatif dari abrasi. Banyaknya aktivitas penanaman mangrove di berbagai daerah di Indonesia seperti yang banyak dikabarkan oleh berbagai media massa memberikan gambaran bahwa pentingnya kehadiran ekosistem mangrove di kawasan pesisir sebagai sumberdaya alam yang perlu dijaga eksistensinya dan sebagai sistem pertahanan pantai tampaknya telah disadari oleh banyak kalangan di Indonesia. Namun, kesadaran tersebut belum diimbangi dengan peningkatan pemahaman tentang karakteristik tumbuhan mangrove, terutama berkaitan persyaratan kondisi lingkungan tempat tumbuhnya. Akibat dari kurangnya pemahaman tersebut, banyak kegiatan

penanaman mangrove yang gagal seperti diberitakan media massa dari beberapa daerah (Susilo, 2009 dan Wibisono, 2011 dalam Setyawan, 2010).

Rehabilitasi ekosistem mangrove sering mendapat berbagai tantangan terkait efektifitas dan efisiensi dalam penanaman, gagal tumbuh akibat hanyut terbawa arus, jarak penanaman pohon yang tidak sesuai, penggunaan berbagai penyangga dalam penanaman, dan diperlukan berbagai alat pemecah ombak. Oleh karena itu, penanaman mangrove sebaiknya dilakukan secara terpadu dan terencana (Widiawaty, 2019). Berdasarkan Mangrove Action Project Indonesia (2007), setidaknya terdapat lima langkah dalam restorasi mangrove, yakni sebagai berikut:

- a. Memahami autekologi (sifat ekologi) masing-masing spesies mangrove, khususnya pola reproduksi, distribusi bibit serta keberhasilan pembentukan bibit,
- b. Memahami pola hidrologis yang mengatur distribusi dan keberhasilan pembentukan serta pertumbuhan spesies mangrove yang ditargetkan,
- c. Memperkirakan perubahan lingkungan mangrove asli yang menghalangi pertumbuhan alami mangrove,
- d. Desain program rehabilitasi dan restorasi untuk memperbaiki kondisi hidrologis,
- e. Melakukan tahap penanaman mangrove.

Kawasan pesisir kabupaten Cirebon memiliki potensi sumberdaya hayati dan non hayati yang sangat besar dengan terdapatnya kawasan mangrove. Namun, kawasan mangrove di daerah ini terindikasi telah mengalami kerusakan sampai pada tingkat yang memerlukan perhatian serius dari pemerintah (Fitriah et al., 2013). Menurut data dari Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Cirebon, tahun 2017 hutan mangrove di Kabupaten Cirebon yang terletak di Desa Mundu Pesisir memiliki luas 7 Ha. Lahan mangrove Desa Mundu Pesisir membentang dari utara yaitu perbatasan Kota Cirebon di Kalijaga hingga Selatan di Desa Bandengan. Jenis mangrove yang ditanam yaitu *Rhizophora* sp., *Avicennia* sp., *Bruguiera gymnorhiza*, dan *Acanthus ilicifolius*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Amelia (2021), pada 4 tahun terakhir lokasi hutan mangrove di Desa Mundu Pesisir sudah beralih fungsi menjadi lahan tambak dan sebaran mangrove pada tahun 2013 sudah berkurang sebesar 2,4 km dibandingkan dengan tahun 2004. Ekosistem mangrove memiliki berbagai fungsi baik secara ekologis, maupun sosial dan ekonomi sehingga berbagai pihak perlu

memberi perhatian lebih untuk mengembalikan fungsi ekosistem ini melalui kegiatan restorasi (Setiadi dan Usman, 2008).

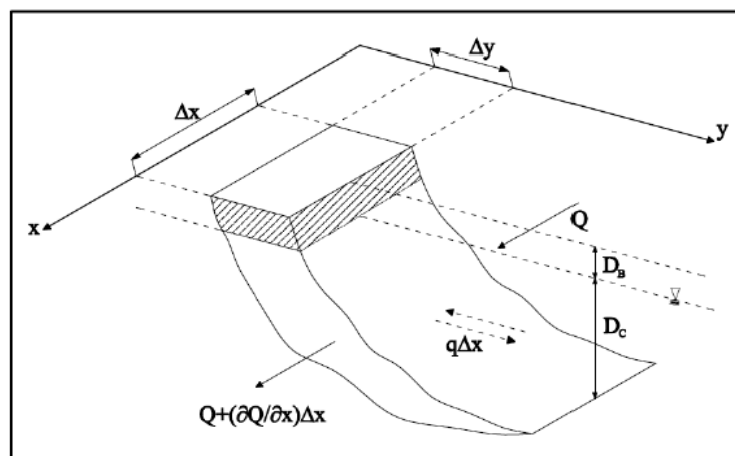
Konservasi mangrove sempat dilakukan di Kabupaten Cirebon dengan melakukan penanaman mangrove jenis *rhizophora mucronata* sebanyak 5000 propagul di Desa Grogol dan 1500 propagul di Desa Gebangmekar. Mangrove ini diperoleh dari desa talangsari yang merupakan daerah rekomendasi warga setempat (Oktavianita et al., 2020). Begitu pula di daerah lain seperti Desa Muara Kecamatan Suranenggala, yang notabene sebagai daerah pesisir namun belum ada yang melakukan penanaman bibit mangrove, dengan melibatkan warga sekitar untuk turut andil dalam kegiatan konservasi mangrove (Putri et al, 2021). Sejak tahun 2016 telah didirikan Sekolah Mangrove Losari yang berfokus pada penanaman bibit - bibit mangrove di kawasan pesisir Kabupaten Cirebon. Selain itu, sejumlah penggiat lingkungan di Kabupaten Cirebon juga menanam mangrove di daerah pesisir Gunung Jati karena terdapat banyak sampah dan untuk mencegah abrasi. Sebelum pandemi covid-19 kegiatan penanaman mangrove dilakukan setiap tiga bulan sekali dengan mengajak para siswa dan dinas terkait untuk ikut serta dalam kegiatan tersebut. Selain itu, telah dikembangkan kawasan ekowisata mangrove Caplok Barong di Desa Ambulu, Kecamatan Losari. Pengembangan kawasan mangrove sebagai ekowisata merupakan pemanfaatan yang sangat rasional untuk diterapkan di kawasan pesisir karena memberi manfaat ekonomis dan lingkungan tanpa mengeksploitasi mangrove (Karlina, 2015).

2.3. Perubahan Garis Pantai

Garis pantai merupakan bagian dari ekosistem pesisir yang selalu dalam keadaan dinamis sebagai respon dari pengaruh proses fisis dan antropogenik. Hal ini menjadi krusial sebagai manajemen pesisir untuk secara kontinu memantau garis pantai sebagai tugas penting dalam pembangunan yang berkelanjutan dan perlindungan lingkungan (Kalther dan Itaya, 2020). Dalam menganalisis garis perubahan pantai, data garis pantai diperlukan. Garis pantai idealnya merupakan batas fisis antara air dan darat. Identifikasi garis pantai adalah hal yang sulit karena indikatornya beragam dan dapat berubah dari waktu ke waktu. Setidaknya terdapat 45 indikator garis pantai yang dapat digunakan (Boak dan Turner, 2005), yang kemudian dapat dikelompokkan menjadi 7 kelompok, yaitu (1) morfologi, (2) batas vegetasi, (3) ketinggian pasang surut dan batas basah, (4) acuan pasang surut, (5) garis referensi virtual, (6) kontur pantai, dan (7) garis badai.

Erosi dan akresi adalah proses yang dapat mengubah morfologi pantai. Keduanya dapat diterangkan dengan konsep *Sediment Budget*. Konsep ini diaplikasikan untuk daerah dengan karakteristik pantai berpasir atau lumpur. *Sediment Budget* merupakan keseimbangan antara sedimen yang ditambahkan dan yang dikeluarkan pada sebuah sistem pantai. Pada kondisi dengan lebih banyak penambahan sedimen daripada yang dikeluarkan, maka terjadi kelebihan sedimen pada sistem pantai, sehingga pantai maju ke arah laut. Sebaliknya, pada kondisi dengan sedimen yang dikeluarkan lebih banyak dibandingkan yang ditambahkan, maka terjadi kekurangan sedimen pada sistem pantai dan pantai mundur ke arah darat (Morton, 2003).

Majunya garis pantai ke arah laut disebut dengan akresi dan mundurnya garis pantai ke arah darat disebut dengan erosi. Kedua fenomena tersebut dapat dimodelkan dengan model garis pantai. Model garis pantai merupakan prediksi numerik berdasarkan persamaan kontinuitas tegak lurus garis pantai dan persamaan laju transpor sedimen sepanjang pantai. Model ini bertujuan untuk memprediksi perubahan posisi pantai dengan satu garis yang dimaksud adalah garis pantai. Terdapat juga model dua garis atau banyak garis yang dikembangkan dari model satu garis untuk menghitung pergerakan pada kontur-kontur kedalaman yang dipilih (Chiang dan Hsiao, 2011), namun tidak digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.1 Sketsa Persamaan Kontinuitas Pasir (Sumber: Esen, 2007)

Fenomena perubahan garis pantai juga terjadi di pesisir Kabupaten Cirebon. Hampir sebagian besar area pesisir Kabupaten Cirebon rawan terhadap perubahan morfologi pesisir. Proses bertambahnya daratan, perubahan garis pantai, dan tanah timbul dapat terjadi akibat pola arus sejajar garis pantai (*Longshore current*) dan pola arus laut (*offshore current*) (Astjario dan Harkins, 2005).

Secara spesifik, perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon dan sekitarnya, yang meliputi Kabupaten Indramayu dan Kabupaten Brebes, juga dikaji dalam Strategi Rehabilitasi Pantura Jawa Berdasarkan Dinamika Wilayah Pesisir (Solihuddin dkk., 2019). Sepanjang pesisir Provinsi Jawa Barat, perubahan garis pantai mencolok di antaranya terkonsentrasi di daerah Delta Cimanuk, Kabupaten Indramayu dan Delta Cisanggarung, Kabupaten Cirebon dengan laju pertumbuhan garis pantai di delta tersebut dalam dua dekade terakhir masing-masing sebesar 50 dan 60 m/tahun. Sementara proses abrasi juga terjadi cukup signifikan di Sindang, Kabupaten Indramayu dan Kapetakan, Kabupaten Cirebon dengan laju kemunduran garis pantai 61 dan 44 m/tahun. Kondisi Delta Cimanuk, Indramayu dan Delta Astanajapura, Kabupaten Cirebon memiliki keterkaitan karena karakteristik pantai keduanya didominasi oleh pantai berpasir dan berlumpur serta terdapat mangrove pada beberapa lokasi. Sedimen dari kedua lokasi tersebut utamanya berasal dari Sungai Cimanuk, Sumasirengga, dan Tumaritis dengan arah perpindahan cenderung ke timur menuju Delta Astanajapura, Kabupaten Cirebon. Di sekitar perbatasan Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Brebes terdapat Delta Cisanggarung, Kabupaten Cirebon dan Delta Muara Pemali Brebes. Pada area ini, sumber sedimen berasal dari Sungai Cisanggarung dan Sungai Pemali dengan arah perpindahan sedimen cenderung ke timur menuju Delta Pemali.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Harahap dkk. (2019) dan Nurkhasanah dkk. (2019), Kabupaten Cirebon secara umum rawan terhadap erosi dan akresi. Erosi terjadi di sekitar kecamatan Kapetakan wilayah barat, Cirebon utara, Pangenan wilayah timur, dan Losari wilayah timur (terbesar) sedangkan akresi terjadi di kecamatan Kapetakan wilayah timur, Kejaksan, Lemahwungkuk, Mundu, Astanajapura, dan Pangenan (terbesar). Wilayah pesisir barat cenderung lebih stabil dibandingkan wilayah timur (Heriati dan Husrin, 2017). Pesisir Kabupaten Cirebon didominasi oleh pantai berlumpur. Adanya pengaruh dari beberapa sungai, seperti Sungai Condong, Kalijaga, Kanci, Ciberes, Karanganyar, Cimanis, dan Losari, menyebabkan terjadinya akresi. Di samping itu, terjadi alih fungsi lahan mangrove menjadi tambak di Pangenan dan Losari. Penutupan sungai di pantai Losari mengakibatkan terjadinya abrasi hingga 120,7 m (Kenedi, 2017). Oleh karena itu, kajian terkait perubahan garis pantai di pesisir Kabupaten Cirebon diperlukan, baik kajian tren historis maupun proyeksi terhadap perubahan di masa mendatang.

2.4. Referensi Kebijakan

Referensi kebijakan yang digunakan dalam proyek ini mengacu pada 3 peraturan yang berlaku yaitu Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Kabupaten Cirebon (RPJPD), Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD), dan Peraturan Daerah Kabupaten Cirebon No.7 Tahun 2018 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Cirebon.

2.4.1. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Kabupaten Cirebon Tahun 2005-2025

Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah atau disingkat RPJPD Kabupaten Cirebon adalah dokumen perencanaan pembangunan daerah yang merupakan penjabaran dari Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2005 – 2025 dan Peraturan Daerah Jawa Barat nomor 9 Tahun 2008 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Provinsi Jawa Barat Tahun 2005 – 2025, yang memuat visi, misi, dan pembangunan jangka panjang daerah untuk periode 20 (dua puluh) tahun sejak Tahun 2005 sampai dengan 2025.

Proyek ini mengacu pada beberapa poin misi pembangunan yang tertera dalam RPJPD diantaranya sebagai berikut;

1. Terwujudnya Lingkungan Hidup yang lestari adalah mengelola sumber daya alam dan lingkungan hidup secara berkelanjutan, menjaga fungsi dan daya dukung lingkungan, serta menjaga keseimbangan pemanfaatan ruang yang serasi antara kawasan lindung dan budi daya dan antara kawasan perkotaan dan perdesaan.
2. Terwujudnya perekonomian yang kuat adalah mengembangkan potensi usaha melalui pembinaan, pendidikan, pelatihan dan pemberian bantuan bagi usaha mikro, kecil dan menengah.

Selanjutnya, untuk memberikan arah yang jelas bagi pelaksanaan pembangunan jangka panjang daerah maka diharapkan terdapat tujuan dalam pelaksanaan misi pembangunan tersebut yaitu;

1. Terwujudnya lingkungan hidup yang lestari yang ditandai oleh hal – hal berikut:
 - a. Rendahnya tingkat pencemaran dan kerusakan lingkungan;

- b. Terpeliharanya kekayaan keragaman jenis dan kekhasan sumber daya alam untuk mewujudkan nilai tambah, daya saing, serta modal pembangunan daerah;
 - c. Meningkatnya kesadaran, sikap mental, dan perilaku masyarakat dalam pengelolaan sumber daya alam dan pelestarian fungsi lingkungan hidup untuk menjaga kenyamanan dan kualitas kehidupan.
2. Terwujudnya perekonomian yang kuat, dapat ditandai dengan;
- a. Meningkatnya optimasi ketersediaan ruang untuk aktivitas ekonomi;
 - b. Meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi, pemerataan pendapatan, penyerapan tenaga kerja, dan investasi di daerah;
 - c. Tersedianya penunjang perkembangan ekonomi.

Arah pembangunan yang hendak dicapai dari misi yang telah dijelaskan di atas yaitu untuk mewujudkan lingkungan hidup yang lestari. Sehingga pembangunan lingkungan hidup diarahkan pada penataan lingkungan yang diatur dalam RT/RW, pembangunan kawasan hijau, serta peningkatan kesadaran masyarakat dalam pemanfaatan lingkungan. Selain itu, arah pembangunan lainnya yang dapat dicapai yaitu untuk mewujudkan perekonomian yang kuat dengan pembangunan di bidang pertanian yang diarahkan pada pengembangan penunjang sistem yang berfungsi mengatur dan memandu sistem pertanian dan bisnis kelautan, serta adanya peningkatan wawasan dan budaya bahari melalui pendidikan dan penyadaran masyarakat tentang kelautan, pelestarian nilai – nilai budaya dan restorasi dan konservasi budaya bawah air.

Selain itu, arah pembangunan yang dituju yaitu untuk mewujudkan perekonomian yang kuat di bidang pertanian yang diarahkan pada beberapa aspek sebagai berikut;

- a. Pengembangan penunjang sistem yang berfungsi mengatur dan memandu sistem pertanian dan bisnis kelautan;
- b. Peningkatan wawasan dan budaya bahari melalui pendidikan dan penyadaran masyarakat tentang kelautan, pelestarian nilai – nilai budaya, dan restorasi serta konservasi budaya bawah air.

Sedangkan pembangunan di bidang industri dan perdagangan diarahkan pada;

- a. Peningkatan nilai tambah dan produktivitas melalui diversifikasi produk hasil penelitian dan pengembangan, pendalaman struktur, penguatan

hubungan kemitraan antar industri dan pendukung infrastruktur industri;

- b. Pembangunan industri yang berkelanjutan, dengan memperhatikan aspek lingkungan, pengembangan industri ramah lingkungan serta pengembangan industri berbahan baku yang terbarukan.

Pemanfaatan sumber daya alam diarahkan pada pemanfaatan yang ramah lingkungan dengan memperhatikan keseimbangan lingkungan agar terhindar dari bencana alam yang diakibatkan oleh ulah manusia. Pembangunan di bidang pariwisata diarahkan pada pengembangan potensi objek pariwisata yang terdapat di Kabupaten Cirebon. Pengembangan tersebut diharapkan dapat mendorong kegiatan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal.

2.4.2. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Cirebon Tahun 2019-2024

Beberapa misi yang tercantum dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Cirebon yaitu meningkatkan lingkungan hidup yang lestari dan meningkatkan perekonomian yang kuat. Kedua misi ini sangat berhubungan dengan kegiatan / proyek yang akan dilakukan di pesisir Kabupaten Cirebon. Dalam upaya peningkatan lingkungan hidup yang lestari dapat mencakup beberapa bidang yaitu sebagai berikut;

- a. Bidang Lingkungan Hidup

Pembangunan diprioritaskan pada peningkatan kualitas lingkungan melalui peningkatan pelaksanaan program pengendalian pencemaran pencemaran dan perusakan lingkungan hidup berbasis teknologi ramah lingkungan; partisipasi dan kemitraan masyarakat dalam perlindungan dan pemulihan pencemaran dan kerusakan sumber daya alam, konsistensi dalam penegakan hukum, efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya alam, konservasi dan pemulihan kualitas lingkungan, sistem mitigasi dan penanggulangan bencana alam yang handal, memantapkan daya dukung lingkungan, mendorong perilaku dan budaya ramah lingkungan di masyarakat, dan tertatanya kawasan rawan bencana.

- b. Bidang Penataan Ruang

Pembangunan diprioritaskan pada peningkatan pemanfaatan dan pengendalian pemanfaatan ruang sesuai RTRW, rencana kawasan

strategis dan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) melalui peran serta masyarakat, pemantapan sistem pengendalian dan koordinasi dalam pengaturan pembinaan, pelaksanaan serta pengawasan penataan ruang. terpeliharanya alokasi ruang kawasan lindung dan lahan sawah, optimalisasi kawasan budidaya untuk tumbuh dan berkembang tanpa mengganggu kelestarian fungsi lingkungan hidup, dan infrastruktur data dan informasi spasial telah dapat digunakan dengan mantap dalam mendukung pelaksanaan penataan ruang.

c. Bidang Kehutanan

Pembangunan di bidang kehutanan diprioritaskan pada pengamanan dan pencegahan perusakan kawasan hutan melalui rehabilitasi hutan dan lahan, dan rehabilitasi hutan dan lahan.

Misi untuk meningkatkan perekonomian yang kuat dapat diwujudkan dalam beberapa bidang diantara lain sebagai berikut;

a. Bidang Pariwisata

Pembangunan bidang pariwisata diprioritaskan pada peningkatan keunggulan daya tarik wisata di Kabupaten Cirebon melalui pengembangan produk wisata yang unik, tradisional dan mencerminkan jati diri masyarakat Kabupaten Cirebon, peningkatan industri pariwisata melalui pengelolaan pariwisata yang lebih profesional, dan menciptakan masyarakat sadar wisata.

b. Bidang Pekerjaan Umum

Pada bidang ini dalam upaya peningkatan pencegahan dan pengendalian banjir.

2.4.3. Peraturan Daerah Kabupaten Cirebon Nomor 7 Tahun 2018 Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Cirebon Tahun 2018-2038

Landasan hukum yang berkaitan dengan kegiatan yang akan dilakukan juga mengacu pada Peraturan Daerah Kabupaten Cirebon No. 7 Tahun 2018 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah di Kabupaten Cirebon yang tercantum pada beberapa pasal diantaranya;

1. Pasal 4 ayat 1 berkaitan dengan adanya pengembangan kawasan dan kawasan budidaya sesuai dengan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.
2. Pasal 4 ayat 2 berkaitan dengan adanya pengembangan kawasan lindung dan kawasan budidaya sesuai dengan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup dengan beberapa hal yang meliputi;
 - a. Mengembalikan dan meningkatkan fungsi kawasan lindung yang telah menurun akibat pengembangan kegiatan budidaya;
 - b. Mengembangkan kegiatan budidaya unggulan beserta prasarana untuk mendorong pengembangan perekonomian kawasan dan wilayah sekitarnya; dan
 - c. Mengendalikan perkembangan kegiatan budidaya di kawasan rawan bencana untuk meminimalkan potensi kerugian akibat bencana.
3. Pasal 27 ayat 1 berkaitan dengan kawasan lindung yang terdiri atas;
 - a) Kawasan perlindungan setempat;
 - b) Kawasan suaka alam, pelestarian alam, dan cagar budaya; dan
 - c) Kawasan rawan bencana alam.
4. Pasal 30 ayat 2 berkaitan dengan sempadan pantai yang salah satunya meliputi Kecamatan Losari.
5. Pasal 31 ayat 1 berkaitan dengan kawasan suaka alam, pelestarian alam, dan cagar budaya yang salah satunya terdiri atas kawasan hutan bakau.
6. Pasal 31 ayat 4 berkaitan dengan hutan bakau yang salah satu wilayahnya adalah Kecamatan Losari.
7. Pasal 32 ayat 1 tentang kawasan rawan bencana alam yang terdiri atas;
 - a. Kawasan rawan gelombang pasang;
 - b. Kawasan rawan banjir;
8. Pasal 32 ayat 3 berisi tentang kawasan rawan gelombang pasang dengan salah satunya adalah Kecamatan Losari
9. Pasal 32 ayat 4 berkaitan dengan kawasan rawan banjir dengan salah satunya yaitu Desa Kalirahayu dan Desa Ambulu, Kecamatan Losari

BAB III METODOLOGI

Kajian Pembentukan Kawasan Konservasi Mangrove dan Proyeksi Laju Pembentukan Akresi dan Abrasi di Pesisir Kabupaten Cirebon terdiri dari sub kajian (1) Pemetaan dan analisis kondisi kawasan konservasi mangrove, (2) analisis tren dan proyeksi perubahan garis pantai, dan (3) hidrodinamika perairan menggunakan simulasi numerik. Ketiga sub kajian dilakukan dengan berdasarkan metodologi yang secara umum terbagi ke dalam 4 bagian, yaitu sebagai berikut:

3.1. Analisis Citra Satelit

3.1.1. Identifikasi Vegetasi dan Garis Pantai

Analisis tren dan proyeksi perubahan garis pantai memerlukan data garis pantai dalam periode yang panjang. Dalam mendapatkan data garis pantai tersebut, terdapat berbagai pilihan metode yang dapat digunakan antara lain survei GPS (*Global Positioning System*), pemanfaatan peta pesisir, pemanfaatan foto udara, dan termasuk penggunaan data citra satelit. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Sebagai contoh, survei GPS dapat memberikan data yang detail namun memerlukan tenaga dan biaya yang cukup banyak. Peta pesisir dan foto udara dapat memberikan data yang cukup baik, namun terbatas pada area dan waktu. Sementara, penggunaan data citra satelit dipertimbangkan sebagai salah satu metode yang efektif karena menggunakan waktu dan biaya yang sedikit, serta dapat mencakup area yang luas. Namun demikian, dalam pengolahannya masih perlu dikembangkan agar mendapatkan hasil yang maksimal. Di sisi lain, data citra satelit juga memiliki resolusi data yang relatif rendah. Walaupun demikian penggunaan data citra satelit telah digunakan di berbagai penelitian dan tempat (Aryastana dkk., 2018, Elnabwy dkk., 2020, Sutikno dkk., 2016).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menunjukkan bagaimana penggunaan data citra satelit dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan data garis pantai, khususnya data Landsat dan Sentinel yang dapat diakses online dan tersedia secara gratis (Del Rio dan Benavente, 2013). Secara lebih spesifik, penggunaan data citra satelit Landsat untuk menganalisis perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon pun telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Harahap dkk. (2019) mendapatkan garis pantai menggunakan data Landsat 7 dalam rentang 1994 sampai dengan 2014. Suhendra dkk. (2018) meneliti hubungan antara laju perubahan garis pantai terhadap karakteristik

sedimen dan kemiringan pantai menggunakan data Landsat 7 tahun 1991, 1999, dan 2017. Identifikasi perubahan garis pantai menggunakan data citra Landsat 2016, 2008, 1996, dan 1978 juga telah dilakukan oleh Kenedi (2017). Namun demikian, masih terdapat sedikit perbedaan pada kesimpulan yang didapat. Hal ini dikarenakan penggunaan metode yang berbeda dan juga fokus area yang berbeda. Dalam kajian ini, penelitian yang telah dilakukan sebelumnya akan dikembangkan dengan metode yang lebih baik dan juga analisis yang lebih komprehensif.

Identifikasi garis pantai di Pesisir Kabupaten Cirebon akan dilakukan dengan penggunaan seluruh data citra satelit Landsat yang tersedia dengan rentang waktu antar data minimal 1 tahun. Sementara untuk mengidentifikasi vegetasi pesisir akan digunakan data citra satelit Landsat dan Sentinel sebagai pembandingan dan hanya dilakukan untuk kondisi aktual (kondisi terbaru).

Dalam situs resminya dijelaskan bahwa Landsat merupakan program terlama yang mengakuisisi data citra satelit bumi. Program ini merupakan kerjasama antara NASA dan USGS yang peluncuran satelit pertamanya dilakukan pada tahun 1972 dan peluncuran satelit terbarunya dilakukan pada tahun 2013. Sampai saat ini Landsat telah memiliki 8 generasi. Diantaranya adalah Landsat 5 yang memiliki 7 band dengan resolusi 30 meter, Landsat 7 yang memiliki 8 band dengan resolusi 30 meter dan 15 meter (untuk pankromatik), dan Landsat 8 yang memiliki 11 band dengan resolusi 30 meter dan 15 meter (untuk pankromatik). Sementara, Sentinel merupakan salah satu satelit terbaru yang dikembangkan oleh ESA (*European Space Agency*) dan memiliki kemampuan untuk merekam 13 band spektral berresolusi 10-60 m.

Data Landsat dan Sentinel akan diolah menggunakan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), baik untuk mengidentifikasi garis pantai maupun mengidentifikasi vegetasi pesisir. Algoritma NDVI merupakan algoritma yang cukup umum digunakan dalam penelitian analisis garis pantai dan mangrove, serta memiliki akurasi yang cukup baik (Taufik, dkk., 2016, Wiemker dkk., 1998). Nilai NDVI dari suatu data citra satelit dihitung dengan rumus sebagai berikut;

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

dengan

NDVI : nilai NDVI

NIR : nilai band infrared pada data citra satelit

Red : nilai band merah pada data citra satelit

Nilai NDVI akan dibagi kedalam beberapa kelas yang dapat menunjukkan kondisi dari permukaan bumi yang mencakupnya. Sebagai contoh, nilai NDVI yang tinggi (0,3-0,8) akan menunjukkan area yang memiliki tutupan vegetasi yang padat, sementara nilai negatif menunjukkan area dengan awan dan salju. Telah banyak penelitian memberikan acuan rentang nilai dan hasil interpretasinya terhadap penggunaan algoritma NDVI, dalam penelitian ini acuan yang digunakan adalah berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rizvi dkk. (2009), yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.1 Interpretasi NDVI

Hasil Interpretasi	Rentang Nilai NDVI
Air	-0,41379 sampai dengan -0,10401
Pasir	-0,10402 sampai dengan 0,055727
Tanah Terbuka	0,055728 sampai dengan 0,20579
Tanaman, rumput	0,2058 sampai dengan 0,37035
Agroforestri	0,37306 sampai dengan 0,51703
Hutan	0,51074 sampai dengan 0,82051

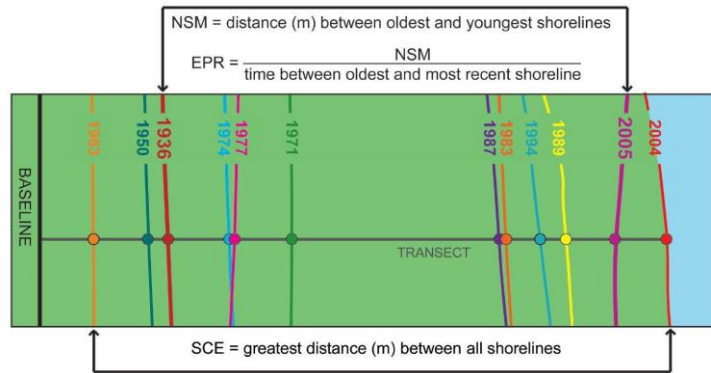
Setelah mendapatkan hasil interpretasi dari nilai NDVI data citra satelit, garis pantai akan diekstraksi sebagai batas antara perairan dan non perairan. Kemudian, data garis pantai dari beberapa waktu yang berbeda dikumpulkan sebagai set data garis pantai historis yang akan dianalisis lebih lanjut. Sementara, vegetasi pesisir didefinisikan sebagai hasil interpretasi Tanaman, rumput, Agroforestri, dan Hutan dalam bentuk area. Area yang telah didapatkan kemudian dipotong berdasarkan jarak tertentu dari pantai, dekat dengan muara sungai, dan dipastikan kembali melalui perbandingan dengan data citra satelit serta foto udara sebagai vegetasi pesisir. Area vegetasi pesisir kemudian dapat diplot ke dalam peta untuk melihat bagaimana distribusinya secara spasial serta dapat dihitung juga luasannya.

3.1.2. Perhitungan Tren dan Proyeksi Perubahan Garis Pantai

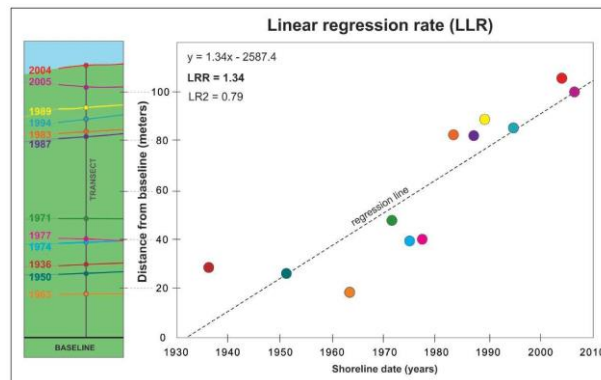
Garis pantai yang telah didapatkan kemudian dibandingkan dalam suatu periode tertentu untuk dianalisis, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis secara kualitatif dilakukan dengan cara menampilkan garis pantai yang telah didapatkan ke dalam suatu peta disertai dengan hasil perhitungan tren perubahan garis pantainya. Sementara, analisis secara kuantitatif dilakukan dengan cara mengkuantifikasi perubahan garis pantai dengan metode Digital Shoreline Analysis System, yang merupakan toolbox dalam aplikasi ArcGIS. Metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) dikembangkan oleh *United States Geological Survey* (USGS) dan secara umum digunakan dalam berbagai studi perubahan garis pantai (Raharjo dan Novico, 2012, Suhendra dkk., 2018).

Metode DSAS dimulai dengan membuat *baseline* yang relatif sejajar terhadap seluruh garis pantai yang dianalisis. *Baseline* kemudian digunakan sebagai titik awal transek yang arahnya tegak lurus terhadap *baseline* dengan panjang yang dapat berpotongan dengan seluruh garis pantai. Jarak antara titik awal sampai dengan titik perpotongan garis pantai pada transek kemudian digunakan untuk menghitung perubahan garis pantai. Pada masing-masing transek kemudian akan dihitung nilai statistik perubahan garis pantai yang meliputi:

1. *Shoreline Change Envelope* (SCE), yaitu jarak antara garis pantai yang paling dekat dan yang paling jauh terhadap *baseline*, dinyatakan dalam satuan meter
2. *Net Shoreline Movement* (NSM), yaitu jarak antara garis pantai yang paling awal dan yang paling akhir terhadap waktu, dinyatakan dalam satuan meter
3. *End Point Rate* (EPR), yaitu jarak antara garis pantai yang paling awal dan yang paling akhir terhadap waktu dibagi dengan rentang waktu keduanya, dinyatakan dalam satuan meter per tahun
4. *Linear Regression Rate* (LRR), yaitu nilai linear perubahan garis pantai yang memperhitungkan seluruh garis pantai, dinyatakan dalam satuan meter per tahun



Gambar 3.1 Ilustrasi nilai statistik SCE, NSM dan EPR



Gambar 3.2 Ilustrasi nilai statistik LRR

Masing-masing nilai statistik tersebut kemudian digunakan untuk menganalisis tren perubahan garis pantai. Sementara itu, proyeksi perubahan garis pantai dihitung dan ditentukan berdasarkan nilai tren perubahan garis pantai yang telah dihitung sebelumnya. Dalam toolbox DSAS versi 5 terdapat fitur tambahan untuk proyeksi perubahan garis pantai *Beta Shoreline Forecasting*. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk dapat memproyeksikan garis pantai untuk 10 dan 20 tahun yang akan datang berdasarkan data historis posisi garis pantai. Proyeksi ini dilakukan berdasarkan filter Karman (Kalman, 1960 dalam Himmelstoss dkk. (2018)) untuk menggabungkan posisi garis pantai yang diamati dengan posisi garis pantai yang diturunkan dari model untuk memperkirakan posisi garis pantai di masa depan seperti yang dikembangkan oleh Long dan Plant (2012) dalam Himmelstoss dkk. (2018).

Pada toolbox DSAS juga terdapat fitur perhitungan ketidakpastian yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi kesalahan akibat pemilihan garis pantai yang digunakan. Hal ini dikarenakan dalam memilih garis pantai yang digunakan dalam analisis dapat terjadi kesalahan akibat proses identifikasi garis pantai yang tidak sempurna (algoritma

yang masih dikembangkan dan resolusi data yang rendah), proses fisis pesisir yang dinamis (pengaruh arus, gelombang, dan pasang surut), dan sebagainya.

Dalam kajian ini, garis pantai dikumpulkan dari data Landsat 5 dan 7 dalam rentang periode 1996-2021, kemudian dibagi ke dalam 3 periode berbeda yaitu 25 tahun (1996-2021), 15 tahun (1996-2010), dan 10 tahun (2010-2021). Jarak antara transek yang digunakan adalah 50 meter dengan nilai ketidakpastian posisi garis pantai sebesar 30 meter yang merupakan resolusi dari data Landsat. Nilai statistik perubahan garis pantai utama yang digunakan adalah LRR yang diasumsikan lebih merepresentasikan perubahan garis pantai yang terjadi.

3.2. Survei Pemetaan Foto Udara

3.2.1. Konfigurasi Misi Terbang

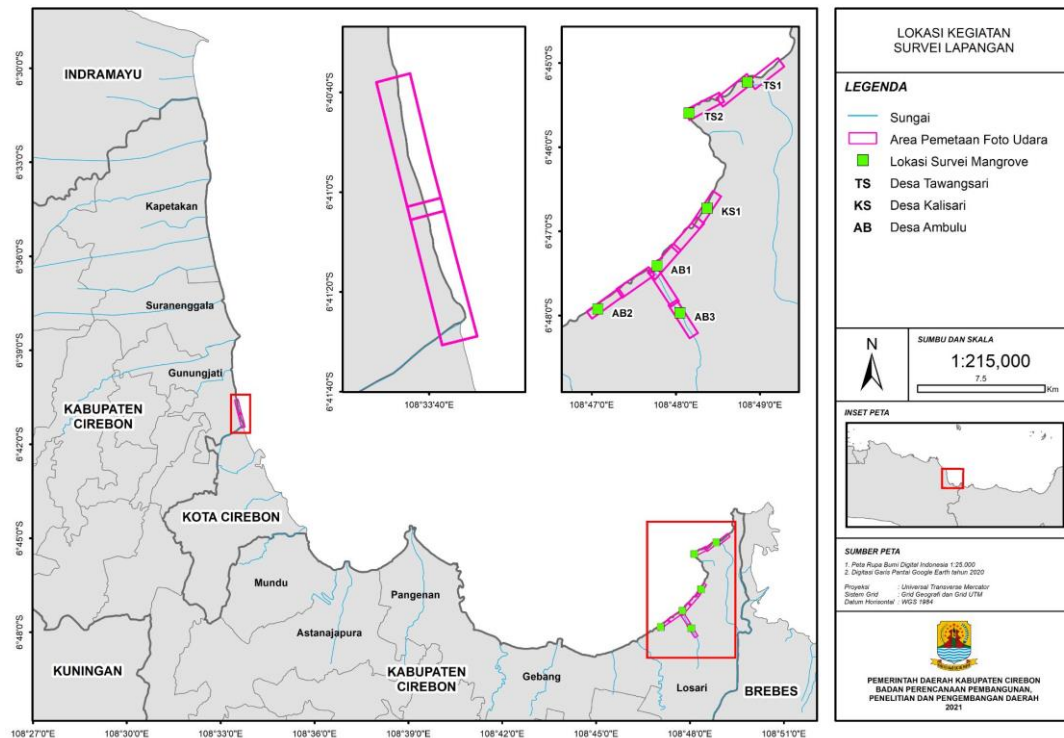
Penggunaan drone untuk mendapatkan foto udara telah banyak dimanfaatkan dalam beberapa tahun terakhir, seperti untuk pemetaan lingkungan pesisir (Casella dkk., 2020, Karang dkk., 2019), perubahan garis pantai (Casella dkk., 2016), dan pemetaan mangrove (Salim dkk., 2020). Salah satu hal utama yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan drone dalam mendapatkan foto udara suatu area adalah konfigurasi misi terbang. Dalam penelitian ini konfigurasi masing-masing misi terbang yang dipilih secara umum meliputi:

1. Luas area : $\pm 250 \text{ m} \times 800 \text{ m}$
2. Overlap : 80%
3. Sudut kamera : 90 derajat
4. Ketinggian : 80-100 meter
5. Durasi misi : ± 18 menit

Dengan pemilihan konfigurasi misi terbang tersebut, maka dimungkinkan untuk mendapatkan data foto udara dengan resolusi (atau GSD) sebesar 2,73 cm/pixel. Sementara, akurasi yang diperoleh dari penggunaan drone perlu ditingkatkan dengan cara memberikan titik koreksi posisi foto udara. Titik koreksi foto udara diperoleh dengan cara menempatkan GCP (*Ground Control Point*) di dalam area misi terbang, kemudian GCP diukur posisinya dengan GPS berakurasi tinggi, yaitu dengan metode *Real Time Kinematic Global Navigation Satellite System* (RTK GNSS).

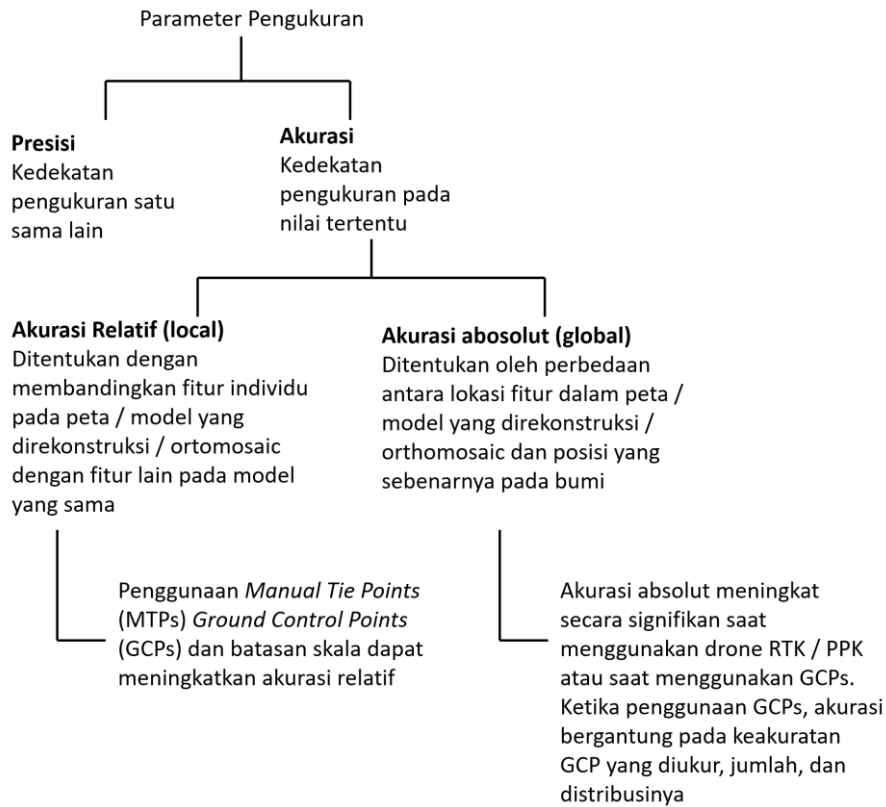
Misi terbang disebar ke dalam 3 area utama yaitu Desa Ambulu, Desa Kalisari dan Desa Kalirahayu. Masing-masing area utama meliputi 3-6 misi terbang sehingga

dapat mencakup garis pantai yang dianggap merepresentasikan wilayah serta mencakup suatu luasan area kawasan konservasi mangrove. Penempatan masing-masing misi terbang ditampilkan dalam peta berikut ini.



Gambar 3.3 Area misi terbang drone untuk daerah Gunung Jati (GJ), Ambulu (AB), Kalisari (KS), dan Kalirahayu (TS) di Kecamatan Losari

Pada masing-masing area misi terbang, seperti yang telah disebutkan sebelumnya, ditempatkan sejumlah GCP untuk mengoreksi foto udara yang didapat. Dalam menentukan penempatan GCP, terdapat 2 hal penting yang harus diperhatikan, yaitu ketelitian dan keakuratan. Keduanya penting dalam pengukuran apapun, termasuk pengukuran posisi GCP dalam pemetaan suatu area menggunakan drone. Secara umum gambaran ketelitian dan akurasi dalam pemetaan dengan menggunakan drone dijelaskan dalam skema berikut.



Gambar 3.4 Skema gambaran akurasi pemetaan *drone*

Pada masing-masing area terbang ditempatkan beberapa GCP dan didistribusikan posisinya dengan merata. GCP yang ditempatkan dalam area misi terbang kemudian diukur posisinya menggunakan RTK GNSS. Pengukuran dengan menggunakan GPS tersebut dapat memiliki nilai ketelitian hingga ± 5 cm. Titik-titik hasil pengukuran ini kemudian akan digunakan dalam proses pengolahan drone untuk koreksi posisi, sehingga didapatkan foto udara yang memiliki akurasi mencapai 30 cm.

Dalam survei pemetaan foto udara, digunakan beberapa peralatan survei sebagai berikut:

1. Satu set drone DJI Phantom 4 Pro V2.0
2. Satu set drone DJI Mavic Air 2
3. Satu set (base dan rover) RTK GNSS Leica GS 18T
4. Delapan unit GCP
5. Satu set patok untuk GCP

3.3. Simulasi Numerik Arus dan Gelombang

3.3.1. Konfigurasi Simulasi Numerik

Thom (1984) menyebutkan ada tiga komponen esensial setting lingkungan bagi kehadiran mangrove, yaitu latar belakang kondisi geofisika, yang meliputi faktor-faktor seperti sejarah posisi muka laut relatif, kondisi iklim dan kondisi pasang surut. Komponen kedua adalah kondisi geomorfologi, yang meliputi karakter sedimentasi (seperti: sedimentasi karbonat, terrigen), proses-proses tertentu yang dominan (seperti: gelombang atau sungai, pasang surut atau sungai, erosi atau sedimentasi); dan mikrotopografi atau ekspresi topografi atau komposisi bentang alam tertentu. Sedangkan komponen ketiga adalah faktor biologi yang mengekspresikan faktor ekologi (Setyawan, 2010). Dengan kata lain, kajian parameter fisik kelautan berperan dalam penentuan dan/atau evaluasi titik konservasi mangrove.

Kajian hidrodinamika pada perairan Cirebon, terutama Losari, dapat diamati dengan menggunakan pendekatan simulasi numerik. Model hidrodinamika diharapkan mampu memberikan gambaran terkait pola pergerakan arus, ombak, dan sedimen yang dapat berhubungan dengan perkembangan mangrove di sekitar area kajian. Model numerik dibuat berdasarkan berbagai input data yang tersedia dan dibandingkan dengan data lapangan yang akan diambil di area kajian. Input yang akan digunakan pada model numerik dapat dilihat di Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 sedangkan area pemodelan dapat dilihat pada Gambar 3.5.

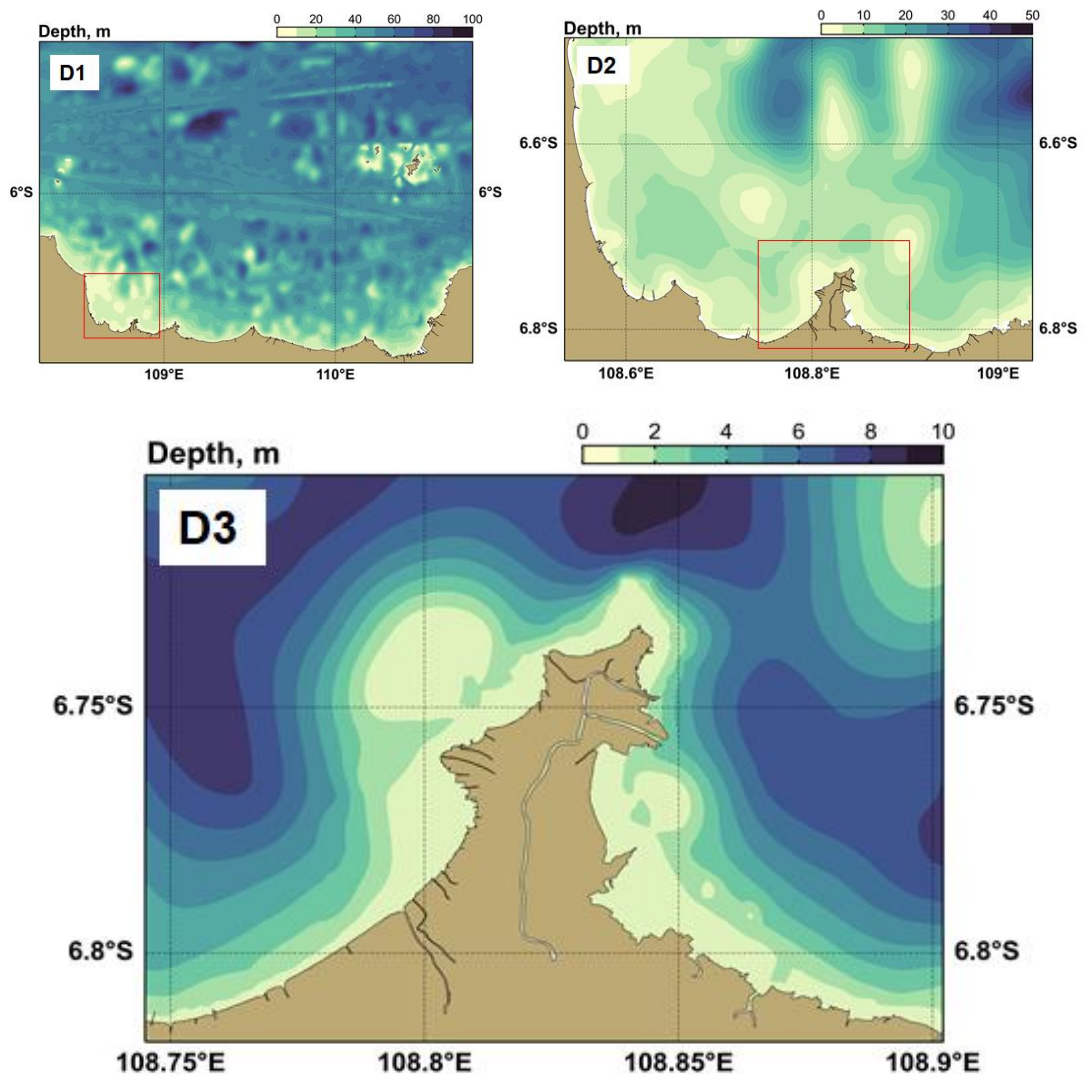
Dalam pengerjaan model hidrodinamika, fasilitas komputer dan server akan digunakan untuk menjalankan simulasi numerik pada periode tertentu, terutama selama musim barat dan musim timur. Perwakilan masing masing musim diharapkan mampu memberikan gambaran pola pergerakan laut di area kajian secara general.

Tabel 3.2 Data input simulasi numerik

Data	Sumber	Resolusi data
Batimetri	Batimetri Nasional (BATNAS) Badan Informasi Geospasial (BIG)	6 arc-second (~150 m)
Syarat batas dan awal	HYCOM	1/12 degree
Atmosfer & permukaan	ECMWF ERA5	1/8 degree
Pasang surut	TPX08-Atlas	1/30 degree

Tabel 3.3 Desain model simulasi numerik

Parameter	Model D1	Model D2	Model D3
Ukuran grid model	280 x 374	260 x 372	430 x 580
Jumlah lapisan vertikal	16	10	10
Resolusi	750 m	150 m	30 m
Langkah waktu	30 s	< D1	< D2
Mode	Baroklinik 3D		
Periode simulasi	musim barat dan musim timur		

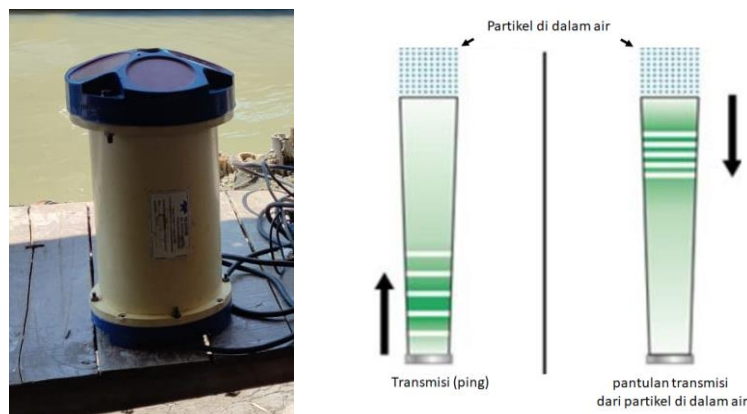


Gambar 3.5 Domain simulasi area besar yang mencakup sebagian pesisir laut utara Jawa (D1), domain simulasi menengah yang mencakup area Cirebon (D2), dan domain simulasi area kecil yang mencakup area Losari (D3)

3.3.2. Survei Hidrodinamika

Kualitas model hidrodinamika akan ditunjang oleh data dari hasil pengamatan arus yang akan diambil di perairan sekitar kajian. Pengamatan arus menggunakan instrumen oseanografi, yakni ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). ADCP merupakan salah satu alat pengukur kecepatan arus berteknologi tinggi dengan menggunakan gelombang suara (sonar) sebagai alat pendeteksinya. Informasi yang diambil berupa besar dan arah arus dengan maksimum kedalaman pengukuran tergantung pada frekuensi yang digunakan (Edikusmanto et al., 1996).

Pada prinsipnya, ADCP bekerja dengan mentransmisikan gelombang suara dengan pola tertentu ke kolom air dan menerima pantulan yang diakibatkan oleh partikel partikel yang ada di dalam air. Selanjutnya, informasi yang didapat akan dianalisis secara otomatis dengan menerapkan teori Doppler. Hasil akhir berupa data yang dikonversi ke dalam bentuk komponen kecepatan arus. Di samping itu, dengan mengatur frekuensi tertentu pada instrumen, data gelombang juga dapat didapatkan.

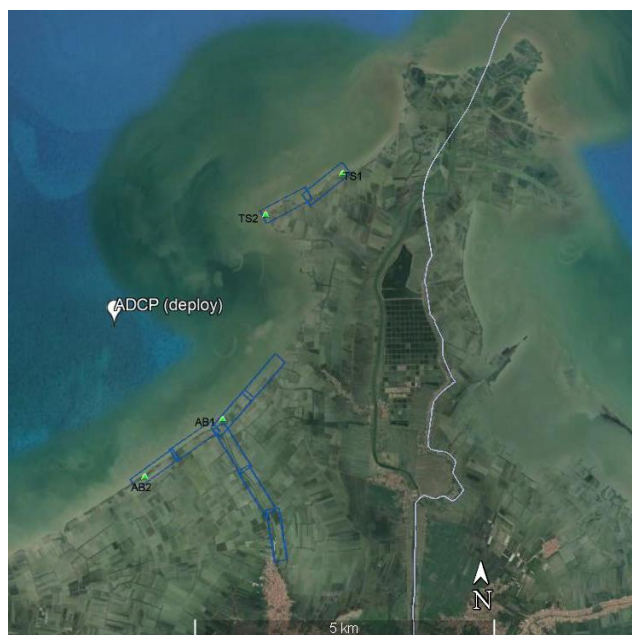


Gambar 3.6 Instrumen ADCP (kiri) dan prinsip kerja ADCP (kanan)

Pada kegiatan survei di area Losari, pengamatan arus akan dilakukan di sekitar perairan Losari, tepatnya di koordinat $6,776615^{\circ}$ LS dan $108,780034^{\circ}$ BT selama dua hari. Berdasarkan data BATNAS, titik tersebut memiliki kedalaman sekitar 3-5 m dengan kondisi yang sebagian besar berlumpur. Namun setelah dilakukan pengecekan, kedalaman di lokasi sekitar 4 m. Untuk memasang instrumen ADCP, diperlukan penyelam agar instrumen dapat ditempatkan sesuai titik yang diinginkan dan terlaksana dengan aman. Di samping itu, area penempatan ADCP harus aman dari jalur pelayaran atau padatnya aktivitas kelautan.

Tabel 3.4 Informasi survei hidrodinamika

Instrumen	Lokasi	Kedalaman	Periode pengukuran
ADCP	6,782° LS - 108,780° BT	3-5 m	3 x 24 jam



Gambar 3.7 Lokasi ADCP

3.4. Survei Mangrove

3.4.1. Menghitung Kerapatan Mangrove

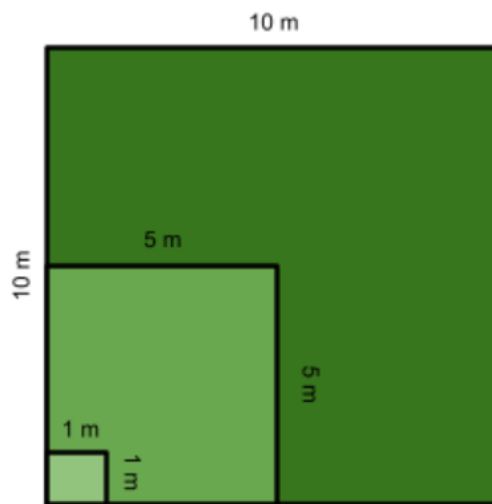
Metodologi survei mangrove disusun mengikuti Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Metode yang digunakan yaitu transek garis dan petak contoh (*Transect Line Plot*) yang merupakan metode pencuplikan contoh populasi suatu ekosistem menggunakan pendekatan petak contoh yang berada pada garis yang ditarik melewati wilayah ekosistem tersebut. Peralatan yang digunakan untuk observasi kondisi mangrove yaitu sebagai berikut:

1. Peta lokasi pengamatan
2. buku / referensi identifikasi mangrove
3. *Global Positioning System (GPS)*
4. Meteran jahit
5. Kamera
6. Tali transek

7. Kertas tahan air dan pensil
8. *Water Quality Checker*

Mekanisme pengukuran pada survei mangrove dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut:

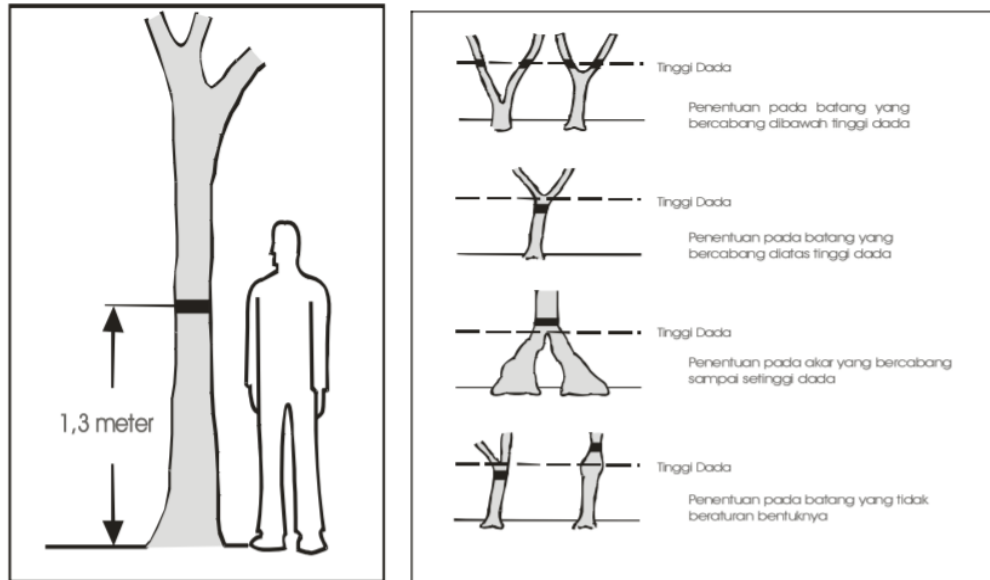
1. Mengidentifikasi wilayah kajian yang mewakili setiap zona mangrove di wilayah kajian.
2. Menentukan stasiun pengamatan yang mewakili daerah kajian
3. Pada setiap stasiun ditentukan transek garis dari arah laut ke arah darat (tegak lurus dengan garis pantai).
4. Pada transek garis, ditentukan petak contoh (plot) dengan ukuran 10 m x 10 m sebanyak 3 plot. Kemudian setiap plot 10 m x 10 m dibagi menjadi kotak ukuran 5 x 5 m dan dibagi lagi menjadi ukuran 1 x 1 m.



Gambar 3.8 Desain plot untuk survei mangrove

5. Dilakukan pengamatan pengamatan berkaitan dengan jenis, jumlah, dan diameter untuk :
 - a. pohon (diameter > 10 cm) pada plot 10 x 10 m;
 - b. pancang (diameter 2 - 10 cm) pada plot 5 m x 5 m; dan
 - c. identifikasi semai (diameter < 2 cm dengan tinggi $\leq 1,5$ m) pada plot ukuran 1 m x 1 m.

Pengukuran diameter pohon dilakukan pada ketinggian 1,3 m seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Metode penentuan diameter pohon setinggi dada (sumber: Kepmen KLHK Nomor 201 Tahun 2004)

Ketika pengukuran mangrove di lapangan selesai dilakukan, selanjutnya adalah perhitungan kerapatan tutupan mangrove dengan menggunakan beberapa persamaan yang tertera di bawah ini. Nilai kerapatan yang sudah dihitung selanjutnya digunakan untuk menghitung indeks nilai penting (INP) pada mangrove.

$$\text{Kerapatan Mutlak (KM)} = \frac{\Sigma \text{individu suatu jenis}}{\text{Luas plot contoh}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan mutlak suatu jenis}}{\Sigma \text{Total kerapatan mutlak jenis}} \times 100\% \text{ Frekuensi}$$

$$\text{Frekuensi Mutlak (FM)} = \frac{\Sigma \text{Plot yang ditempati suatu jenis}}{\Sigma \text{Seluruh plot contoh}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi total seluruh jenis}} \times 100\% \text{ Dominasi}$$

$$\text{Dominasi Mutlak (DM)} = \frac{\text{Luas basal area suatu jenis } \left(\frac{1}{4}\pi d^2\right)}{\text{Luas area penelitian}}$$

$$\text{Dominasi Relatif (DR)} = \frac{\Sigma \text{Dominansi suatu jenis}}{\Sigma \text{Dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{INP Pohon} \quad \text{INP} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR}$$

$$\text{INP Pancang dan semai} \quad \text{INP} = \text{KR} + \text{FR}$$

Untuk analisis lebih lanjut, indeks nilai penting dapat dibagi dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah. Menurut Sofian dkk (2012), analisis INP menggambarkan

pengaruh suatu jenis dalam komunitas mangrove yang dapat disebabkan oleh kerapatan, frekuensi atau besar kecilnya dominansi vegetasi mangrove. Dalam Suryawan (2007) dijelaskan bahwa jenis-jenis yang memperoleh INP tinggi berarti lebih menguasai habitatnya. Penentuan kategori INP dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$I_z = \frac{INP \text{ jenis tertinggi}}{3 (\text{kategori})}$$

Dimana

Kategori tinggi : $INP \geq 2I_z$

Kategori rendah : $I_z < INP < 2I_z$

Kategori tinggi : $INP \leq I_z$

Selain tinjauan indeks nilai penting, dilakukan juga analisis indeks kesesuaian lahan konservasi mangrove. Indeks Kesesuaian Kawasan Konservasi (IKK). IKK diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yakni sangat sesuai (S3), sesuai (S2), sesuai dengan catatan (S1), dan tidak sesuai (N) sebagaimana yang dilakukan oleh Widiyawati dkk (2018) dengan modifikasi. Matriks kesesuaian konservasi mangrove dapat dilihat pada Tabel 3.5. Indeks kesesuaian wisata (IKW) dihitung menggunakan formulasi berikut :

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

Keterangan :

IKK = indeks kesesuaian lahan konservasi

N_i = nilai parameter ke-i (bobot x skor)

N_{max} = nilai maksimum, dengan N_{max} untuk Tabel 3.6 adalah 285

Tabel 3.5 Matriks kesesuaian wisata pantai kategori konservasi mangrove

No.	Parameter	Bobot	Skor			
			3	2	1	0
1	Ketebalan Mangrove (m)	20	> 500	> 200 - 500	50 - 200	< 50
2	Kerapatan Mangrove (100 m ²)	20	> 15 - 25	> 10 - 15 ; > 25	10 - 15	< 10
3	Jenis Mangrove	10	> 5	3 - 5	2 - 1	0
4	Pasang Surut (m)	5	0 - 1	> 1 - 2	> 2 - 5	> 5
5	Biota	10	Ikan, kepiting, moluska, reptil, burung, satwa khas	ikan, udang, kepiting, moluska	ikan, moluska	salah satu biota air
6	Substrat Dasar	10	Lumpur berpasir	Pasir berlumpur	Pasir	Berbatu
7	Kemiringan (%)	5	<10	<10-25	>25-45	>45
8	Jarak dari Sungai (m)	5	<0,5	0,5-1	>1-2	>2
9	Kealamiahannya obyek biota	10	Alami	Alami dengan tambahan	Lahan rehabilitasi	Buatan
10	Kecepatan Arus (m/dt)	5	<0,3	0,3-0,4	>0,4-0,5	>0,5

3.4.2. Menentukan Tutupan Mangrove

Penentuan tutupan mangrove menggunakan metode hemisphere photography yaitu metode perhitungan persentase tutupan mangrove menggunakan kamera dengan lensa *fish eye* pada satu titik pengambilan foto (Jenning et. al., 1999; Korhonen, et. al., 2008). Teknis pelaksanaan survei untuk menentukan tutupan mangrove dapat dilakukan dengan beberapa tahap yaitu;

1. Membuat plot 10 m x 10 m dengan dibagi menjadi 4 plot kecil berukuran 5 m x 5 m.
2. Pengambilan foto ditempatkan pada sekitar pusat plot kecil yaitu berada diantara pohon, kemudian hindari pemotretan di samping batang satu pohon.
3. Dalam setiap jalur transek/ stasiun, dilakukan pengambilan foto minimal 4 titik pada setiap plot 10 m x 10 m.
4. Posisi kamera disejajarkan dengan tinggi dada pengambil foto, serta tegak lurus atau menghadap ke arah langit.
5. Mencatat nomor foto agar mempermudah dan mempercepat analisis data.
6. Hindari pengambilan foto ganda pada setiap titik untuk mencegah kebingungan dalam analisis data.



Gambar 3.10 Ilustrasi metode hemispherical photography (Korhonen et. al., 2008) (kiri), Hasil pemotretan dengan lensa fisheye secara vertikal (kanan)

Analisis persentase tutupan mangrove menggunakan pemisahan pixel antara langit dan tutupan vegetasi, persentase jumlah pixel tutupan vegetasi mangrove dihitung dalam analisis gambar biner menggunakan software ImageJ. Persentase tutupan mangrove yang sudah dihitung menggunakan software ImageJ, selanjutnya dapat ditentukan kriteria tutupan mangrove sesuai yang terdapat pada tabel di bawah.

Tabel 3.6 Kriteria baku kerusakan mangrove

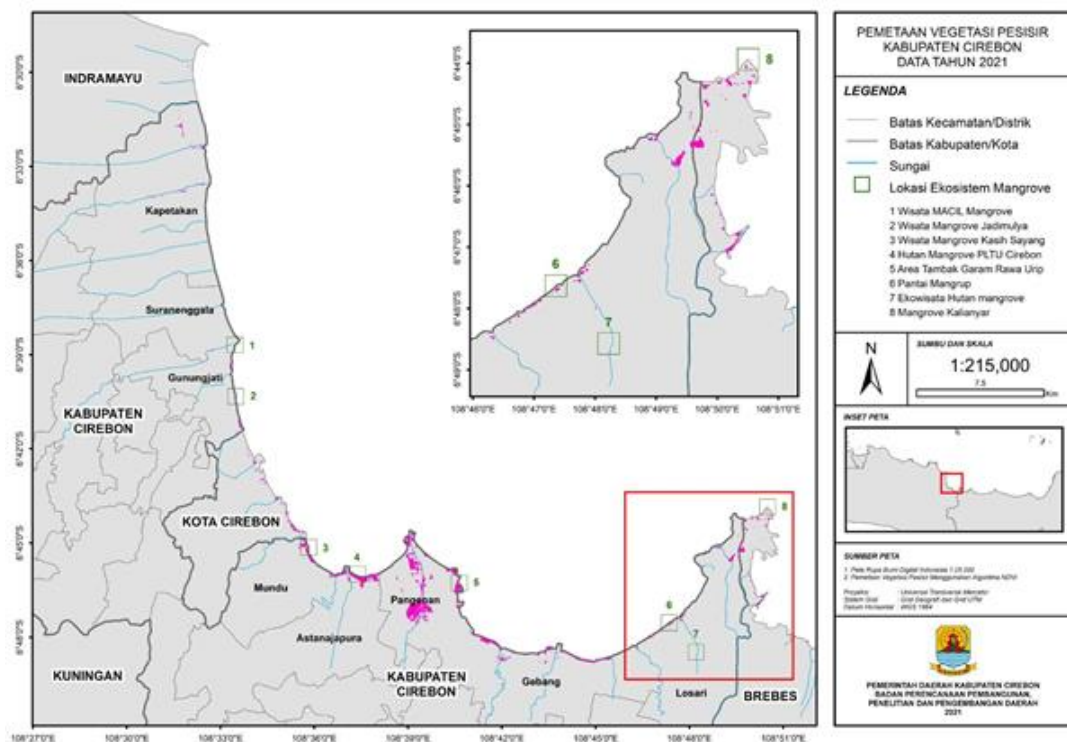
Kriteria		Penutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)
Baik	Sangat padat	≥ 75	≥ 1500
	Sedang	$\geq 50 - < 75$	$\geq 1000 - < 1500$
Rusak	Jarang	< 50	< 1000

BAB IV HASIL

4.1. Analisis Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*)

4.1.1. Identifikasi Vegetasi berdasarkan Citra Satelit

Pemetaan vegetasi pesisir di area Kabupaten Cirebon yang dilakukan dengan menggunakan data citra satelit Landsat dan pemanfaatan algoritma NDVI dapat dilihat pada Gambar 4.1. Algoritma NDVI pada umumnya dimanfaatkan untuk mengidentifikasi tingkat kesehatan suatu ekosistem vegetasi. Pada kajian ini, algoritma tersebut dimanfaatkan untuk memetakan keberadaan vegetasi pesisir yang terdapat di Kabupaten Cirebon. Vegetasi yang teridentifikasi dengan algoritma ini kemudian dipisahkan antara wilayah pesisir dan bukan wilayah pesisir berdasarkan jarak tertentu dan pertimbangan keberadaan sungai. Hal ini dikarenakan adanya keberadaan sungai dapat mengakibatkan penyebaran vegetasi pesisir dapat mencapai jarak yang cukup jauh dari garis pantai.



Gambar 4.1 Hasil analisis pemetaan vegetasi pesisir menggunakan algoritma NDVI berdasarkan data Landsat 25 Maret 2021

Berdasarkan hasil pemetaan vegetasi pesisir dapat diamati adanya vegetasi pesisir yang cukup banyak muncul di daerah Pangenan, pada sekitar garis pantai dan

cukup jauh sampai dengan daratan akibat adanya sungai. Kecamatan Pangenan merupakan wilayah pesisir yang memiliki tambak garam yang cukup luas. Hal ini memungkinkan mangrove untuk menyebar lebih jauh ke arah darat. Terdapat juga jumlah vegetasi pesisir yang banyak di dekat garis pantai yang ditanam di sekitar struktur pantai pemecah gelombang yang dapat meningkatkan stabilitas daratan di sekitarnya.

Pada daerah lain, yaitu Kecamatan Gunungjati, Mundu dan Gebang, terlihat adanya sejumlah vegetasi pesisir yang keberadaannya di dekat garis pantai. Hal ini bersesuaian dengan adanya objek wisata mangrove yaitu Wisata MACIL Mangrove, Wisata Mangrove Jadimulya, Wisata Mangrove Kasih Sayang, dan Hutan Bakau Gebang. Selain itu, terdapat juga vegetasi pesisir dengan jumlah yang cukup banyak di Kecamatan Astanajapura yang merupakan objek Hutan Mangrove yang dikelola oleh PLTU Cirebon.

Kecamatan Losari yang merupakan area kajian utama dari Pembentukan Kawasan Konservasi Mangrove tidak menunjukkan vegetasi sebanyak daerah Gunungjati, Mundu, Astanajapura, dan Pangenan. Beberapa vegetasi teramati di pesisir namun memiliki luasan yang kecil dan tersebar. Padahal Kecamatan Losari merupakan bagian dari objek wisata Pantai Mangrup yang berlokasi di pesisir Desa Ambulu. Begitupun dengan objek wisata Ekosistem Hutan Mangrove di Desa Ambulu tidak dapat teridentifikasi dengan menggunakan pendekatan algoritma NDVI. Hal ini dapat disebabkan oleh vegetasi pesisir yang terdapat di Kecamatan Losari memiliki luasan yang kecil namun tersebar. Data citra satelit Landsat yang memiliki resolusi 30 meter akan sulit mendeteksi vegetasi pesisir yang luasnya kurang dari 900 meter persegi. Dalam menyelesaikan permasalahan ini, maka salah satunya dapat dilakukan pemetaan secara langsung untuk memetakan keberadaan vegetasi pesisir. Hasil dari pemetaan secara langsung dapat digunakan sebagai data pembandingan dan kemudian dapat digunakan untuk mengkalibrasi algoritma NDVI sehingga akan menunjukkan hasil yang lebih baik.

4.1.2. Identifikasi Vegetasi berdasarkan *Drone*

Teknologi pemetaan drone dimanfaatkan untuk memetakan area pesisir di Kabupaten Cirebon sebagai fokus kajian. Area pesisir tersebut terdapat di Kecamatan Losari, yang meliputi pesisir Ambulu, Kalisari, dan Kalirahayu, serta di Kecamatan Gunungjati. Masing-masing area pesisir terdiri dari 2 *flight mission* kecuali sungai

Ambulu yang meliputi 3 *flight mission*, sehingga total didapatkan 11 *flight mission* untuk seluruh area fokus kajian. Output dari pemetaan drone berupa orthophoto yang kemudian diolah lebih lanjut sehingga didapatkan hasil akhir berupa orthomosaic. Dalam meningkatkan akurasi orthomosaic, pada 58 masing-masing area pemetaan disertai juga dengan penempatan *Ground Control Point* (GCP) dan pengukuran posisinya, yang kemudian digunakan untuk mengkalibrasi posisi orthomosaic. Posisi GCP perlu diukur dengan akurasi yang tinggi, sehingga digunakan RTK-GNSS dalam kajian ini.

Hasil akhir ini kemudian dimanfaatkan untuk mengidentifikasi garis pantai sebagai data validasi terhadap analisis citra satelit. Selain itu, terdapat juga hasil akhir berupa data *Digital Surface Model* (DSM) yang menunjukkan elevasi permukaan yang terpetakan oleh drone. Data ini, dengan analisis lebih lanjut, dapat dimanfaatkan untuk menentukan luas tutupan dan tinggi vegetasi mangrove pada masing-masing area fokus kajian. Hasil pengolahan data hasil pemetaan foto udara kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai data pendukung hasil pemetaan foto udara.

Tabel 4.1 Rekapitulasi pengolahan data hasil pemetaan foto udara

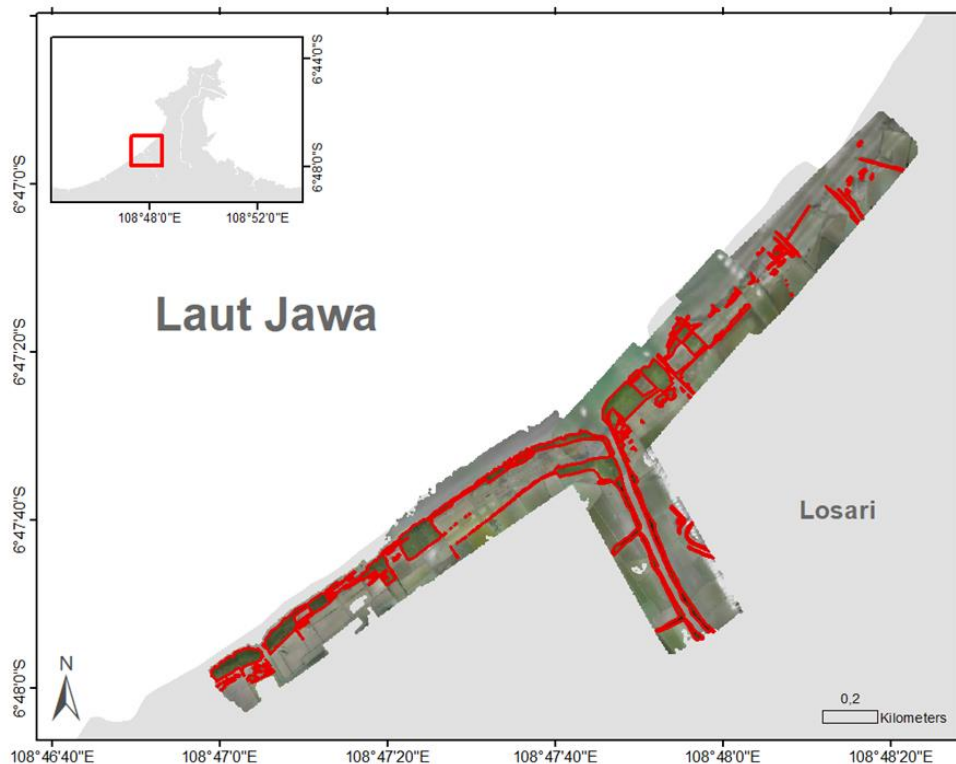
Lokasi	Tanggal	Waktu	Durasi (menit)	Jumlah Foto	Resolusi (cm/px)	Akurasi (m)
Ambulu Pantai	30-Agu-21	10:47	0:16	392	2.21	0.032
Ambulu Pantai	30-Agu-21	11:31	0:15	393	2.25	0.001
Kalisari	31-Agu-21	11:11	0:15	385	2.17	0.09
Kalisari	31-Agu-21	12:21	0:15	385	2.28	0.019
Kalirahayu	1-Sep-21	10:14	0:18	448	2.18	0.002
Kalirahayu	1-Sep-21	10:45	0:17	450	2.19	0.003
Ambulu Sungai	2-Sep-21	10:09	0:15	385	2.11	0.001
Ambulu Sungai	2-Sep-21	10:55	0:16	392	2.14	0.03
Ambulu Sungai	2-Sep-21	11:45	0:13	322	2.16	0.134
Total			2:20	3552	-	-
Rata-rata			0:15	395	2.19	0.03

Berdasarkan rekapitulasi pengolahan data hasil pemetaan foto udara (Tabel 4.1), rata-rata resolusi orthomosaic yang didapatkan adalah sebesar 2,20 cm untuk setiap pixel pada citra. Dalam mengidentifikasi objek garis pantai ataupun vegetasi mangrove pada orthomosaic, resolusi ini dinilai cukup efektif sehingga akan memberikan data yang baik untuk analisis lebih lanjut. Begitupun dengan nilai rata-rata akurasi, yaitu 0,09 m, yang juga cukup tinggi untuk mengidentifikasi objek berdasarkan kondisi

sebenarnya. Berdasarkan kedua hal tersebut, hasil pemetaan foto udara yang diperoleh dalam kajian ini akan digunakan 59 untuk analisis lebih lanjut, yaitu sebagai data pembandingan analisis citra satelit dan data tambahan pada analisis vegetasi mangrove di pesisir.

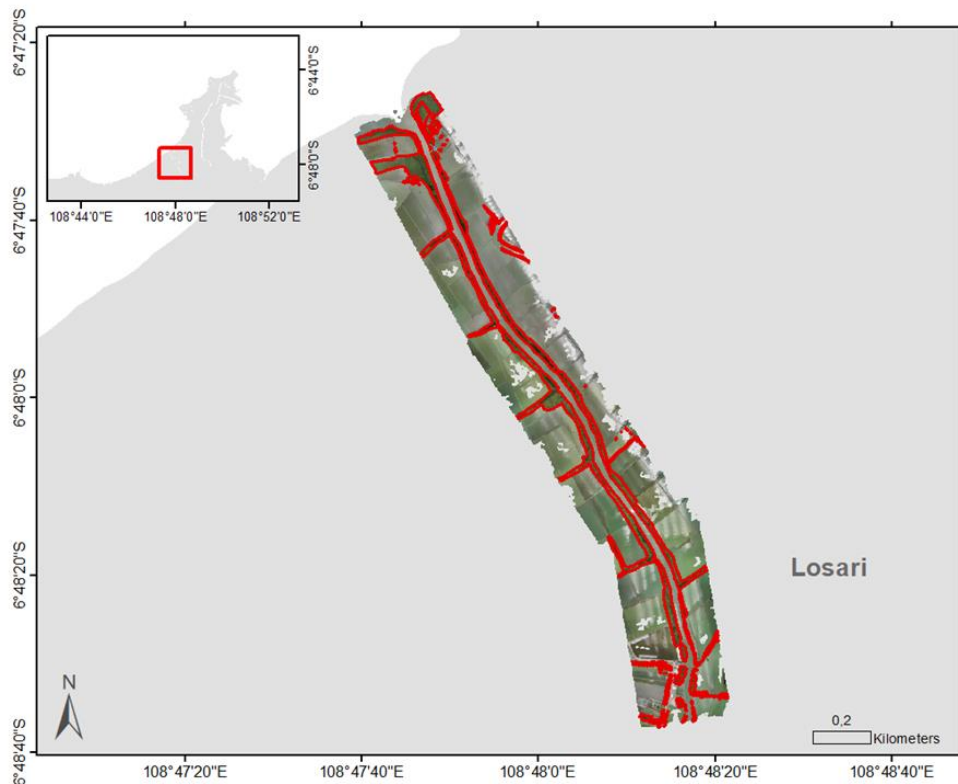
Dalam orthomosaic, vegetasi mangrove teramati dengan warna hijau gelap dan terlihat lebat dibandingkan dengan area sekitarnya. Untuk memudahkan, identifikasi vegetasi mangrove dilakukan dengan cara mendigitasi masing-masing vegetasi mangrove dan ditandai dengan poligon merah pada orthomosaic.

Pada pesisir Ambulu sampai dengan Kalisari (Gambar 4.2), dalam arah sejajar garis pantai dapat teridentifikasi mangrove pada hampir seluruh garis pantai kecuali pada beberapa area yang merupakan muara sungai. Vegetasi mangrove di sepanjang garis pantai pesisir Ambulu memiliki ketebalan yang berbeda-beda. Ketebalan vegetasi mangrove ini terlihat bersesuaian dengan keberadaan tambak-tambak di sepanjang pesisir Ambulu-Kalisari. Dari hasil identifikasi vegetasi mangrove juga terlihat memiliki variabilitas spasial yaitu semakin sedikit ke arah timur. Selain itu, pada area muara sungai vegetasi mangrove terlihat cukup banyak dibandingkan dengan area lainnya.



Gambar 4.2 Foto udara di pesisir Ambulu

Pada sungai Ambulu (Gambar 4.3), mangrove teramati menutupi hampir seluruh pinggir sungai. Vegetasi mangrove tersebut membentang dari ujung dermaga hingga muara sungai. Walaupun hampir menutupi seluruh pinggir sungai, ketebalan vegetasi mangrove (arah tegak lurus aliran sungai) hanya memiliki lebar sekitar 8-20 m. Terdapat juga beberapa vegetasi mangrove yang mengikuti alur cabang sungai yang masuk ke area tambak.

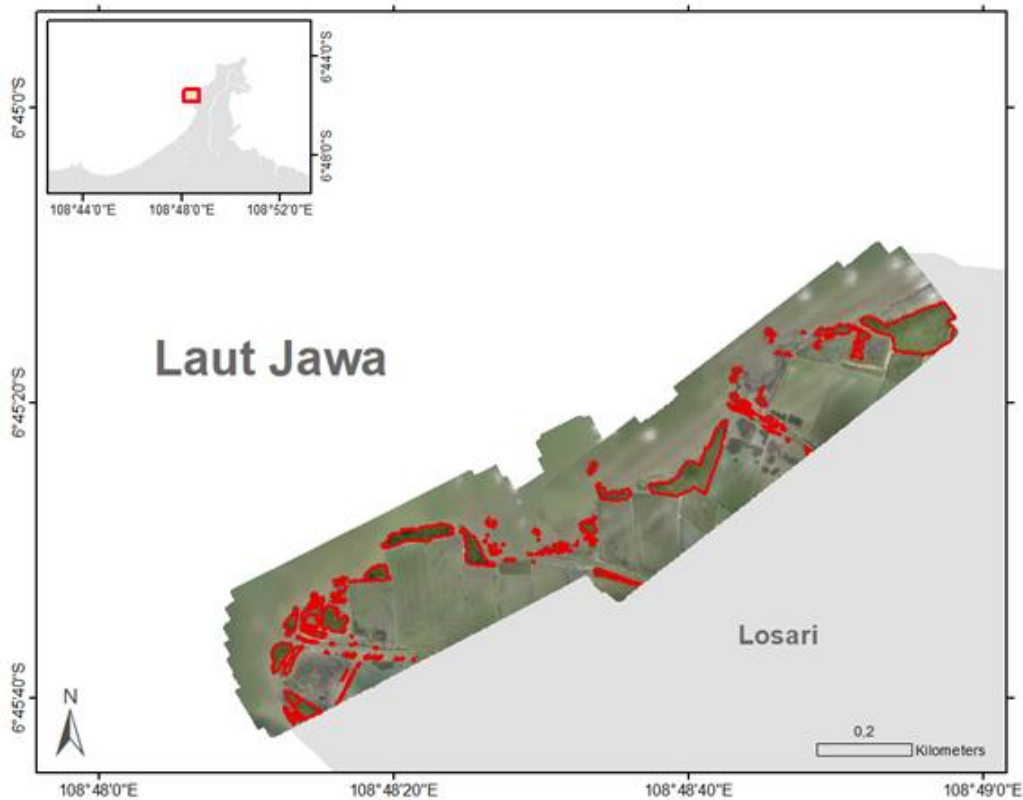


Gambar 4.3 Foto udara di sepanjang sungai Ambulu

Pada pesisir Kalirahayu (Gambar 4.4) terlihat vegetasi mangrove terdapat cukup menyebar apabila dibandingkan dengan area pesisir Ambulu-Kalisari dan sungai Ambulu. Pada area ini, terdapat cukup banyak area yang tidak memiliki vegetasi mangrove di garis pantainya. Area yang terdapat vegetasi mangrovenya pun terlihat kurang lebar apabila dibandingkan dengan kedua area sebelumnya. Perbedaan yang cukup signifikan antara area ini dan dua area sebelumnya adalah tambak yang terlihat lebih besar dan dapat mempengaruhi keberadaan vegetasi mangrove.

Berdasarkan analisis citra satelit jangka panjang, yang telah dijelaskan sebelumnya, area pesisir Losari khususnya Kalirahayu mengalami perubahan yang cukup signifikan dan 61 dinamis apabila dibandingkan dengan area fokus kajian lainnya. Pada rentang periode 2000 - 2010, pesisir Losari mengalami erosi yang besar

mencapai sekitar 300 hektar perubahan luas pantai, khususnya area Kalirahayu. Perubahan ini menjadi perubahan luas pantai terbesar selama 25 tahun terakhir di antara kecamatan-kecamatan yang ada di Kabupaten Cirebon. Namun demikian, pada periode 2010 - 2021, Kecamatan Losari telah mengalami pengurangan nilai erosi hingga mencapai sekitar 30 hektar perubahan luas pantai dalam 10 tahun terakhir. Kondisi historis inilah yang dinilai bersesuaian dengan keberadaan vegetasi mangrove yang sedikit pada area pesisir Kalirahayu.



Gambar 4.4 Foto udara di pesisir Kalirahayu

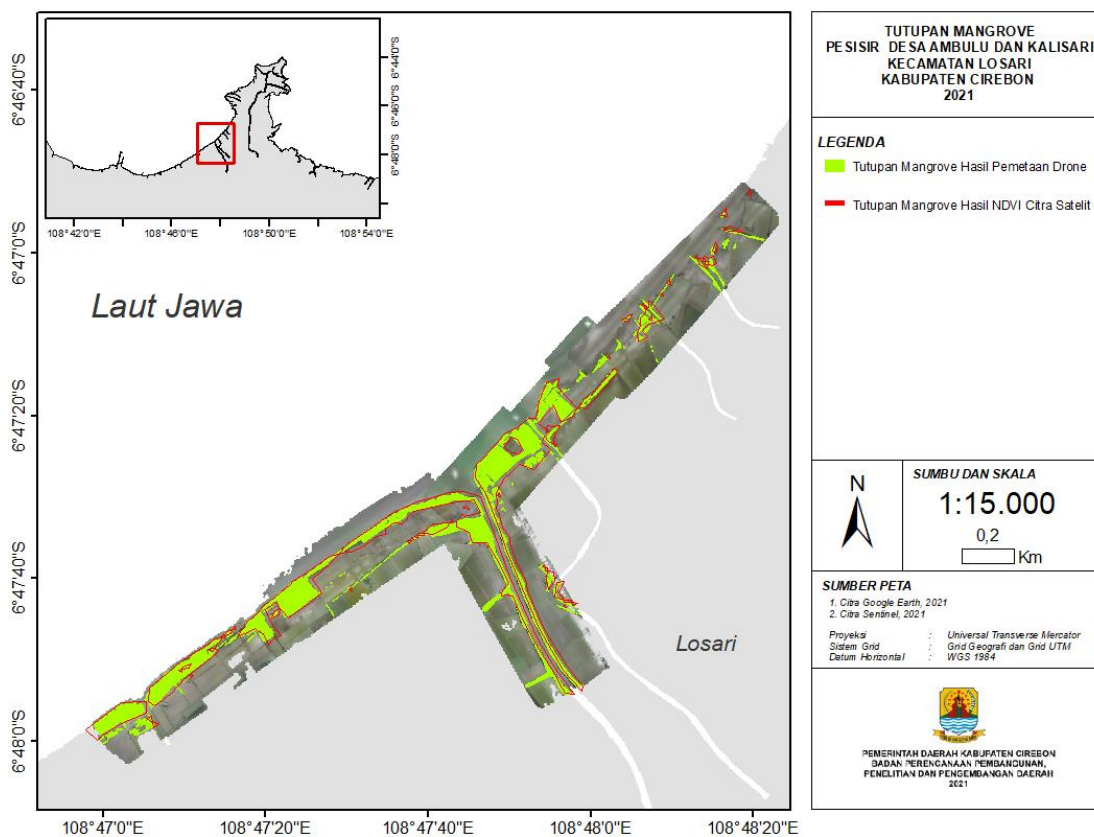
4.1.3. Perbandingan Foto Udara

Foto udara berdasarkan hasil citra satelit memiliki kelebihan di cakupannya yang luas dengan ketersediaan waktu yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan hasil foto udara *drone*. Namun, meskipun hasil dari drone memiliki keterbatasan pada area yang dapat diambil, tingkat keakuratan dan resolusinya lebih tinggi sehingga dapat menggambarkan kondisi yang lebih faktual dibandingkan citra satelit. Dengan mengetahui perbandingan antara hasil drone dan citra satelit, maka analisis luas vegetasi di daerah lain dapat ditentukan. Perbandingan tutupan mangrove berdasarkan hasil pemetaan Drone dan NDVI citra satelit dapat diamati di masing-masing daerah kajian pada Gambar 4.6 - 4.7. Tutupan vegetasi hasil drone ditunjukkan oleh daerah

dengan area berwarna hijau sedangkan tutupan vegetasi hasil citra satelit diwakili oleh area di dalam garis warna merah.

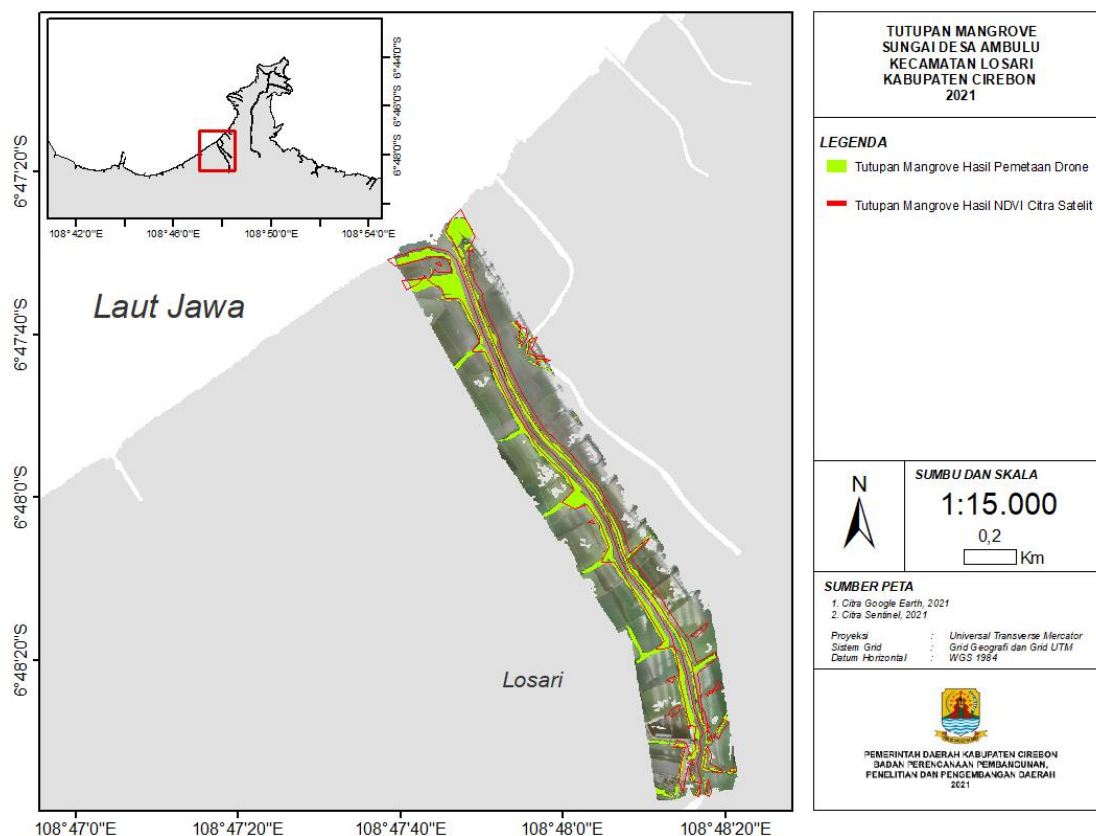
Pada pesisir Ambulu hingga Kalisari, Gambar 4.5, area vegetasi yang ditangkap oleh satelit ternyata memiliki pola yang sudah menyerupai dengan area mangrove yang ditangkap oleh drone. Pada area sebelah barat dari sungai Ambulu dan sekitar estuari Ambulu, terdapat area-area mangrove yang lebih tebal dibandingkan daerah bagian timur. Dapat teramati bahwa area berwarna merah memiliki area yang lebih melebar (luas) dibandingkan dengan area hijau. Namun, di area timur, di mana vegetasi tampak jarang di area ini, beberapa lokasi terdeteksi sebagai vegetasi pada hasil tangkapan satelit. Pada area sungai, hasil dari satelit seolah melebar beberapa pixel (1 pixel = 10 m) ke arah timur sungai. Selain itu, satelit tidak mampu menangkap vegetasi yang muncul di cabang-cabang sungai Ambulu dan sekitar jalan setapak antar tambak.

Secara keseluruhan Gambar 4.5, area drone menangkap mangrove sekitar 15,355 ha sedangkan citra satelit menangkap vegetasi sekitar 20,37 ha atau 4,985 ha lebih luas. Dengan kata lain, cakupan mangrove di area ini sekitar 75% dari hasil satelit.



Gambar 4.5 Perbandingan tutupan mangrove di pesisir Ambulu dan Kalisari

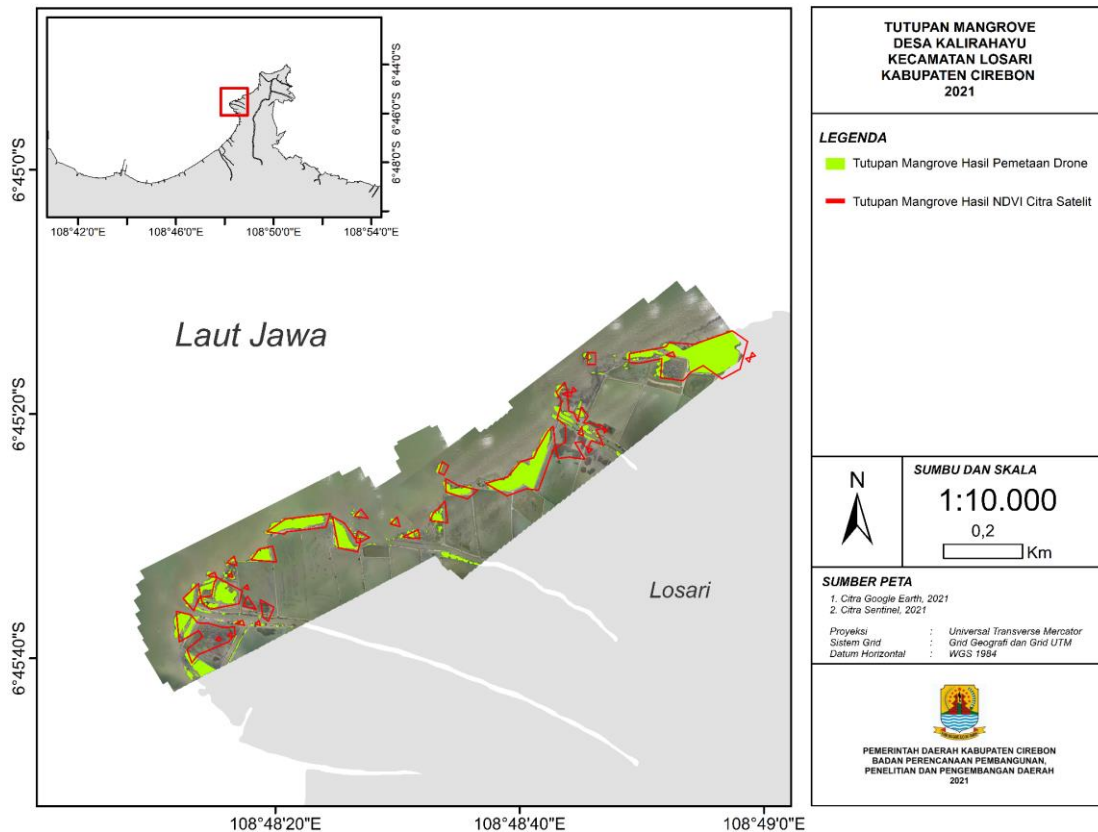
Gambar 4.6 menunjukkan hasil tutupan mangrove di sepanjang sungai Ambulu. Hasil sebaran vegetasi di sungai sama seperti pada gambar sebelumnya dimana hasil vegetasi lebih melebar di bagian kanan masing-masing sisi sungai. Citra satelit menangkap sekitar 15,47 ha sedangkan drone menangkap 11,579 ha pada area ini. Cakupan mangrove berkisar 75% dari hasil identifikasi vegetasi oleh satelit. Pada area kajian bagian selatan, satelit merekam lebih banyak vegetasi dibandingkan drone. Satelit kesulitan menangkap vegetasi di cabang sungai sisi barat sungai Ambulu, namun dapat menangkap vegetasi lebih banyak di sisi sebelah timur sungai. Tidak semua titik vegetasi yang teridentifikasi di cabang sungai oleh satelit merupakan mangrove.



Gambar 4.6 Perbandingan tutupan mangrove di sepanjang sungai Ambulu

Perbandingan hasil tutupan mangrove antar kedua foto udara untuk daerah Kalirahayu dapat diamati pada Gambar 4.7. Daerah Kalirahayu memiliki mangrove yang jarang, termasuk apabila diamati secara kasar melalui satelit. Namun berdasarkan hasil analisis citra, terdapat area sebaran vegetasi terutama di ujung-ujung pesisir atau tambak. Hal ini dibuktikan pula oleh hasil drone dimana mangrove yang terdeteksi memiliki posisi yang sedikit dan tersebar. Drone menangkap sebaran mangrove dengan

luas sekitar 4,427 ha sedangkan satelit mendeteksi sekitar 7,38 ha. Mangrove yang terhitung sekitar 60% dari hasil identifikasi vegetasi oleh citra satelit.

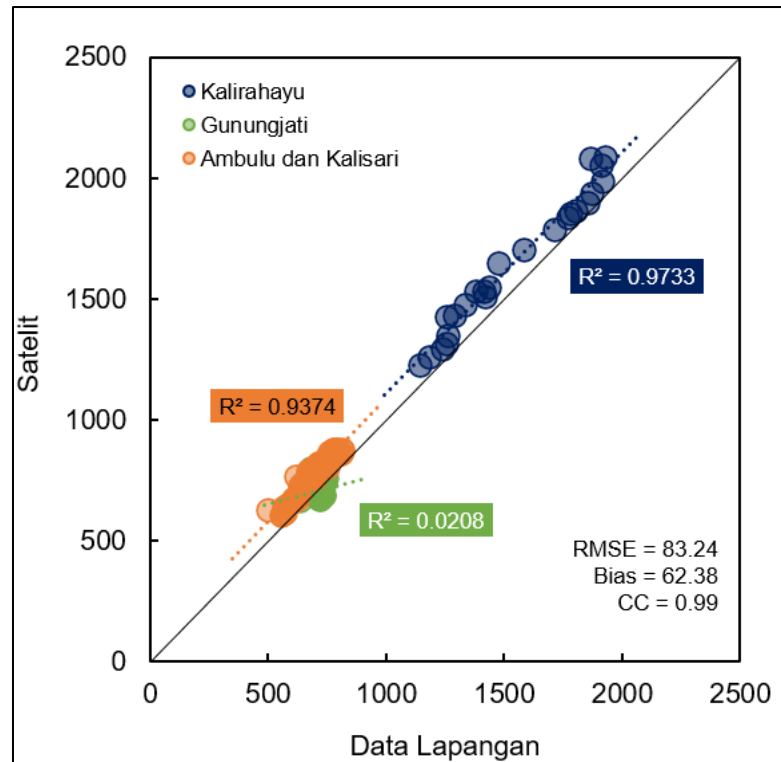


Gambar 4.7 Perbandingan tutupan mangrove di pesisir Kalirahayu

Perbandingan luas tutupan mangrove untuk masing-masing daerah kajian dapat dirangkum melalui Tabel 4.2. Mangrove yang terdeteksi berkisar antara 42%-75% dari hasil identifikasi vegetasi oleh citra satelit. Dengan kata lain, tutupan mangrove pada kondisi faktual mungkin memiliki nilai yang lebih rendah atau sekitar 60% dari hasil analisis citra satelit.

Tabel 4.2 Luas tutupan mangrove berdasarkan hasil drone dan NDVI

Daerah	Luas Tutupan Drone (Ha)	Luas Tutupan Hasil NDVI (Ha)
Ambulu dan Kalisari	15,355	20,37
Sungai Ambulu	11,579	15,47
Kalirahayu	4,427	7,38
Bias	4.760	
RMSE	5.014	



Gambar 4.8 Validasi garis pantai berdasarkan jarak horizontal garis pantai terhadap baseline

Analisis validasi garis pantai, dengan cara membandingkan garis pantai berdasarkan data satelit dan garis pantai berdasarkan data lapangan hasil pemetaan drone, dilakukan dengan membandingkan jarak garis pantai keduanya terhadap acuan atau baseline. Teknik ini telah diterapkan juga pada perhitungan tren perubahan garis pantai. Jarak antar titik uji pun diatur sama seperti perhitungan tren perubahan garis pantai, yaitu 50 m. Dengan pengaturan jarak antar titik uji ini, didapatkan sebanyak 130 titik uji untuk seluruh area yang dianalisis (yang dipetakan dengan drone). Jarak horizontal garis pantai terhadap acuan kemudian diplot ke dalam scatter plot untuk memvisualisasikan hasil validasi atau perbandingannya. Pada analisis validasi ini, masing-masing area dibedakan untuk melihat pengaruh spasial terhadap keakuratan garis pantai yang dianalisis. Sementara, hasil akhir berupa ukuran statistik seperti RMSE, *Bias*, dan *Cross Correlation* (CC) dihitung untuk seluruh area.

Berdasarkan hasil analisis validasi, terlihat bahwa hampir seluruh titik uji menunjukkan overestimate atau hasil satelit menunjukkan garis pantai lebih jauh terhadap baseline dibandingkan dengan garis pantai sebenarnya. Hal ini dapat disebabkan oleh penggunaan algoritma NDVI yang mendeteksi garis pantai sebagai perairan dengan konsentrasi sedimen yang tinggi. Sementara, garis pantai sebenarnya

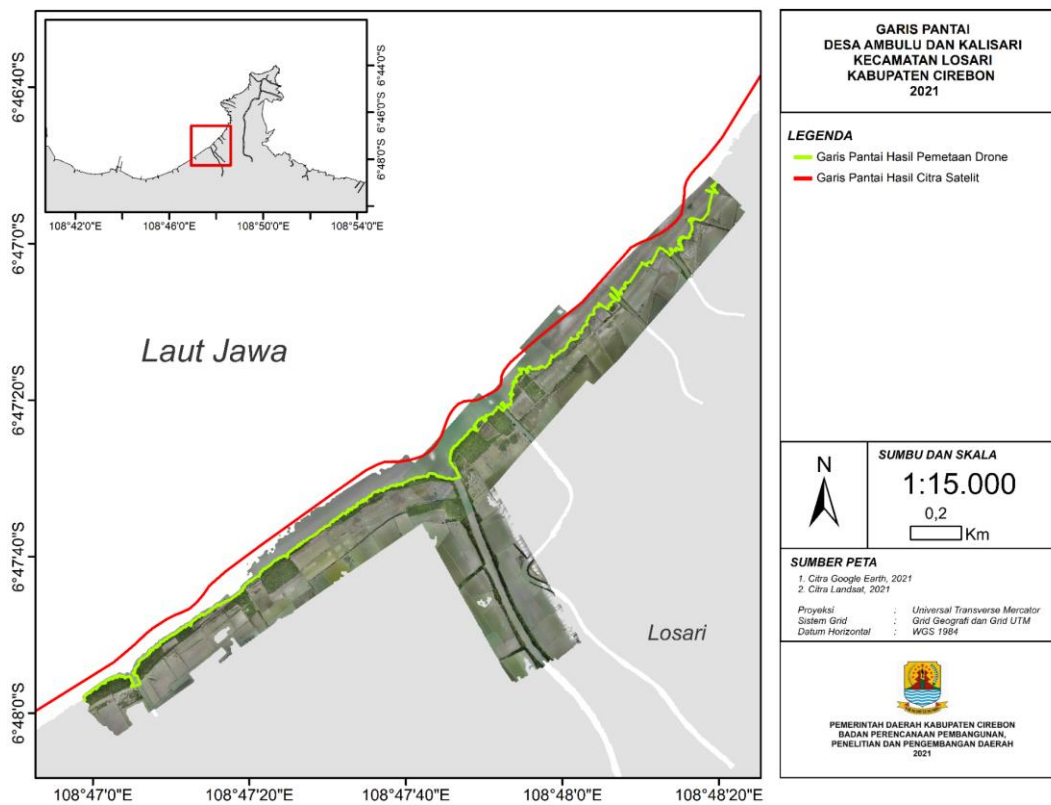
mungkin berada di darat dan teridentifikasi dengan mudah berdasarkan hasil pemetaan foto udara. Ini merupakan salah satu kelemahan penggunaan algoritma NDVI yang seringkali terjadi pada analisis yang sama. Namun demikian kelemahan ini masih dipertimbangkan sebagai hal yang wajar, berdasarkan nilai resolusi satelit Landsat yang rendah, yaitu 30 meter.

Area Kalirahayu, Ambulu, dan Kalisari menunjukkan kesamaan yaitu nilai overestimate namun dengan nilai Koefisien Determinasi yang mendekati satu, yaitu masing-masing 0,97 dan 0,93. Nilai koefisien determinasi yang tinggi ini menunjukkan kekonsistenan yang cukup baik dari data citra satelit yang merepresentasikan data pemetaan foto udara drone. Sementara pada area Gunungjati, nilai Koefisien Determinasi lebih rendah, yaitu sebesar 0,02. Nilai ini tidak menunjukkan kekonsistenan yang baik. Hal ini dikarenakan pada area Gunungjati terdapat beberapa area spesifik yang data garis pantai berdasarkan satelit berada di area darat dan berada di area laut, sehingga inilah yang menyebabkan nilai koefisien determinasi yang rendah pada area Gunungjati.

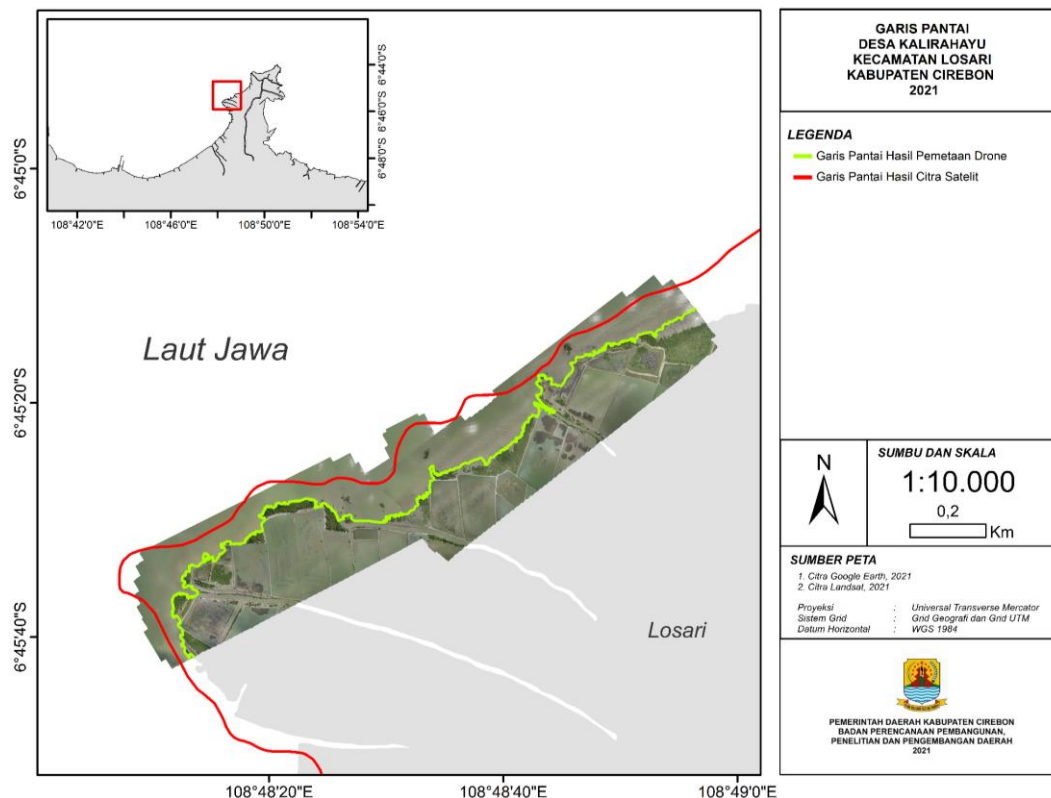
Nilai ukuran statistik untuk seluruh area menunjukkan keefektifan citra satelit dalam mengidentifikasi garis pantai sesuai dengan kondisi sebenarnya. Hal ini ditunjukkan dengan nilai CC yang sangat tinggi, yaitu 0,99. Nilai Bias dan RMSE nya pun walaupun cukup tinggi (62 dan 83 meter) masih dipertimbangkan dalam nilai yang wajar berdasarkan penggunaan data Landsat beresolusi rendah dan kelemahan algoritma NDVI yang mengidentifikasi air dengan konsentrasi sedimen yang tinggi sebagai garis pantai. Berdasarkan hal ini, identifikasi garis pantai berdasarkan data citra satelit Landsat dan algoritma NDVI, termasuk analisis tren perubahan garis pantai yang dilakukan dalam kajian ini, dinilai memberikan hasil yang cukup baik dalam merepresentasikan garis pantai sebenarnya.



Gambar 4.9 Perbandingan garis pantai di pesisir Gunungjati



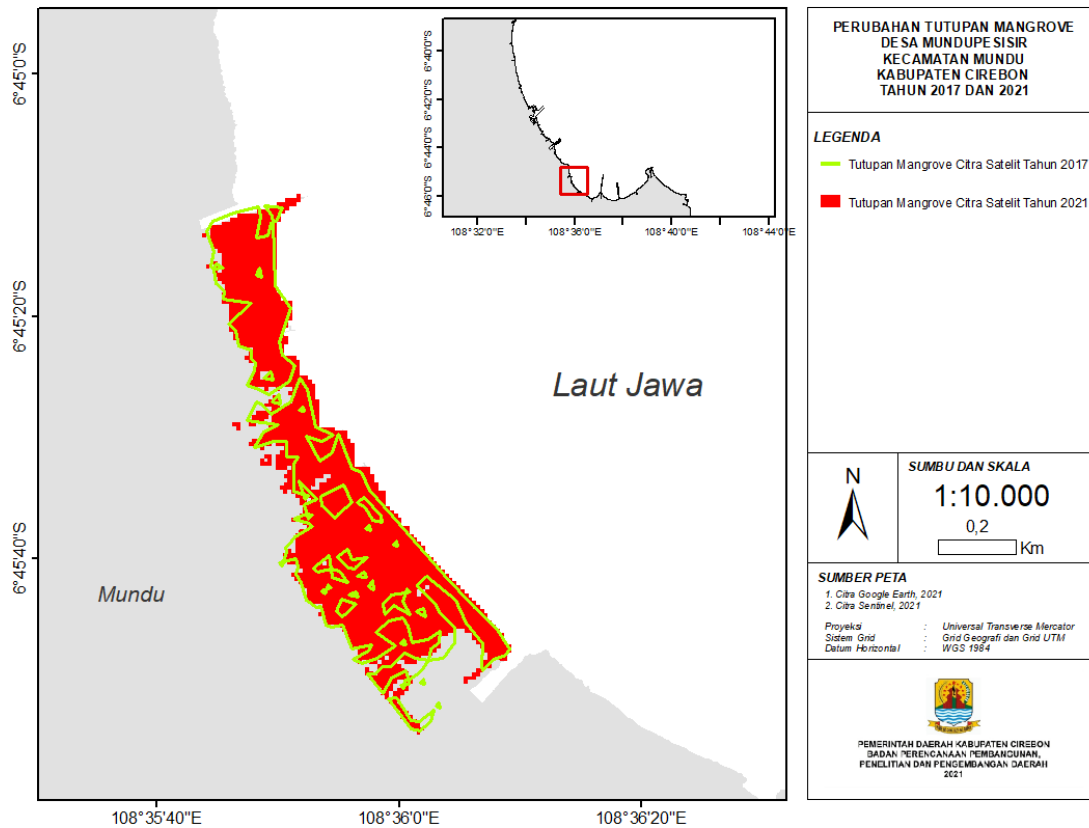
Gambar 4.10 Perbandingan garis pantai di pesisir Ambulu dan Kalisari



Gambar 4.11 Perbandingan garis pantai di pesisir Kalirahayu

Luas vegetasi di daerah Mundu diamati menggunakan data satelit. Namun, sesuai analisis pada penjelasan sebelumnya, hasil identifikasi vegetasi menggunakan satelit memberikan hasil yang lebih banyak (*over-estimate*) dari hasil pengamatan udara resolusi lebih tinggi secara faktual. Kondisi faktual diperkirakan 60% dari pengamatan citra satelit.

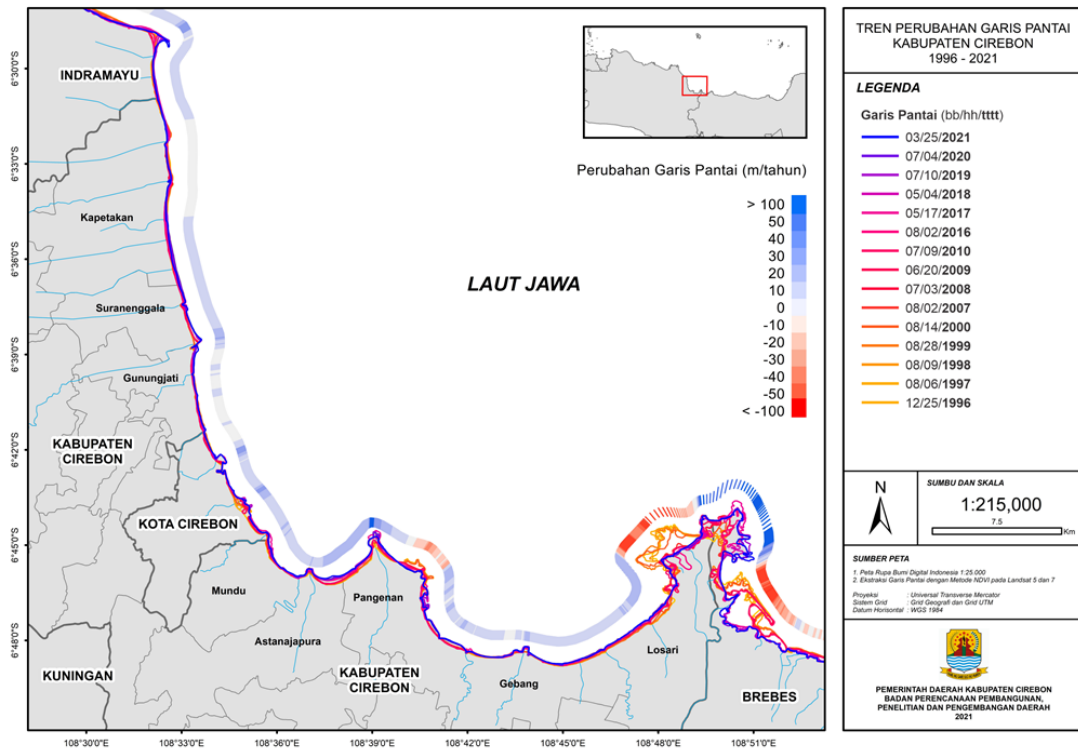
Kecamatan Mundu memiliki kawasan mangrove yang sudah dibina sejak beberapa tahun silam. Kawasan ini diamati juga melalui citra satelit dan diamati perubahannya dari tahun ke tahun. Secara umum lokasi mangrove tidak mengalami ekspansi, baik ke arah barat maupun timur dari lokasi semula. Namun bagian pesisir mengalami penambahan beberapa meter ke arah laut. Di samping itu, lahan lahan semula yang tidak teridentifikasi sebagai mangrove di tahun 2017, ternyata sudah terisi oleh tutupan mangrove di tahun 2021. Masih ada beberapa titik di tengah tutupan yang belum menjadi area mangrove, namun area Mundu memiliki potensi ke depan dimana seluruh area dapat tertutupi vegetasi apabila diambil berdasarkan citra satelit.



Gambar 4.12 Perbandingan tutupan mangrove di pesisir Mundu tahun 2017 dan 2021

4.1.4. Perubahan Garis Pantai

Tren perubahan garis pantai dilakukan dengan mengkaji perubahan garis pantai secara historis sampai dengan 25 tahun terakhir. Tren perubahan garis pantai dianalisis berdasarkan data citra satelit untuk wilayah Kabupaten Cirebon dan kemudian dibagi ke dalam beberapa periode, yaitu 25 tahun (1996-2021), 5 tahun (1996-2000), dan 10 tahun (2000-2010 dan 2010-2021). Pada Gambar 4.13 - Gambar 4.15, garis pantai dari tahun ke tahun ditunjukkan dengan garis yang sejajar pantai dan warna yang berbeda untuk menunjukkan waktu yang berbeda-beda. Selain itu, tren perubahan garis pantai ditunjukkan oleh grafik batang yang ditempatkan dalam arah lepas pantai dalam arah sejajar garis pantai dengan disertai variasi warna biru dan merah. Variasi warna biru dan merah menunjukkan besarnya laju perubahan garis pantai, dengan biru menunjukkan akresi atau penambahan garis pantai ke arah laut dan merah menunjukkan erosi atau pengurangan garis pantai ke arah darat. Semakin biru grafik tersebut maka menunjukkan akresi yang semakin besar dan semakin merah grafik tersebut maka menunjukkan erosi yang semakin besar.



Gambar 4.13 Tren Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Cirebon tahun 1996-2021

Pada periode 1996-2021, terlihat bahwa Kabupaten Cirebon di bagian barat (Kabupaten Indramayu hingga Kecamatan Pangenan) didominasi oleh akresi. Hal yang sama terjadi di Kecamatan Gebang dan bagian paling timur Kecamatan Losari. Dapat dilihat bahwa daerah yang menyerupai tanjung (Astanajapura dan Gebang), terjadi akresi yang dapat disebabkan adanya aktivitas sungai dan kondisi hidrodinamika di laut. Erosi terjadi di daerah Pangenan bagian timur dan daerah yang cukup signifikan berubah akibat erosi adalah Losari. Daerah di bagian barat Kabupaten Cirebon seperti Kapetakan juga mengalami erosi namun perubahannya kecil (di bawah 10 m/tahun). Pada periode 1996-2021 terjadi perubahan signifikan pada Kecamatan Losari yaitu mengalami erosi yang cukup besar. Dalam memahami perubahan garis pantai, analisis periode 25 tahun (1996-2021) perlu dibagi ke dalam 3 periode berbeda, yaitu periode 5 tahun awal (1996-2000), periode 10 tahun tengah (2000-2010) dan periode 10 tahun akhir (2010-2021). Hal ini bertujuan untuk memahami perubahan yang terjadi pada periode awal dan perubahan aktual yang terjadi.

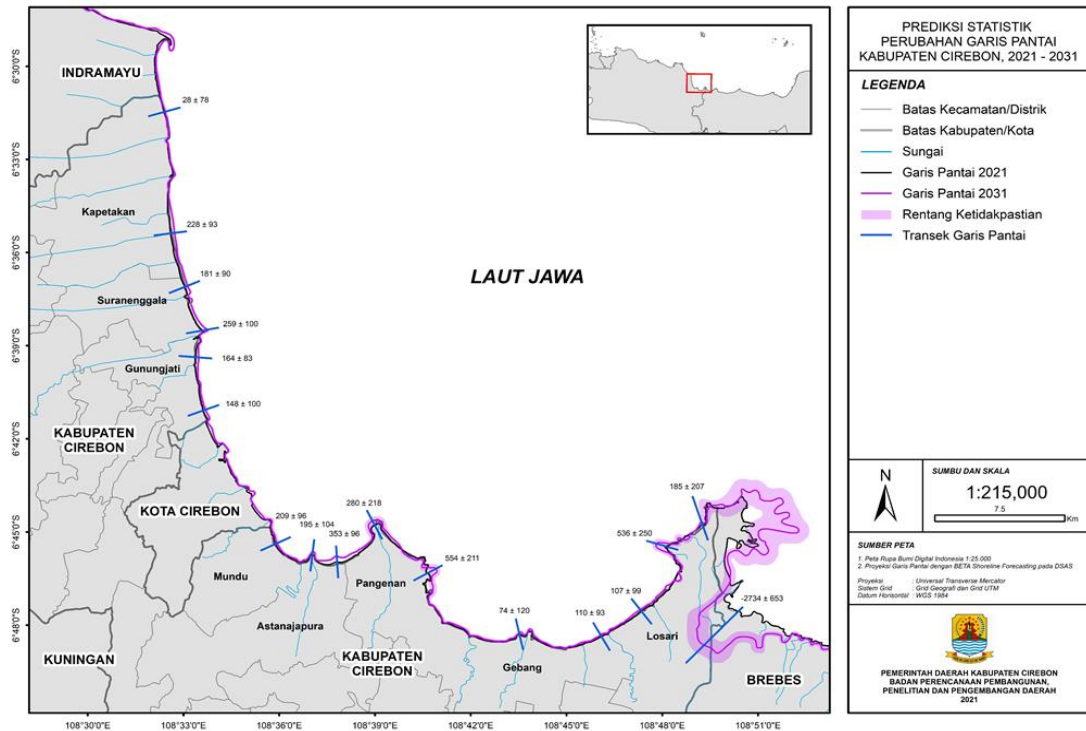
Terdapat perbedaan tren perubahan garis pantai pada periode 1996–2000, 2000-2010 dan 2010-2021 (Lampiran L.2 – L.4). Namun, terdapat pola yang masih sama, seperti daerah menyerupai tanjung yang masih didominasi oleh akresi sedangkan area

seperti Pangenan dan 52 Losari masih didominasi erosi dengan magnitudo yang berbeda. Terlihat bahwa adanya erosi yang muncul di beberapa area spesifik pada tahun 2000–2010 dan berkurang bahkan berubah menjadi akresi pada tahun 2010–2021. Pada pesisir Kapetakan dan Gunungjati misalnya, area yang mengalami erosi berubah menjadi akresi pada 10 tahun terakhir. Hal ini salah satunya dapat terjadi karena adanya aktivitas penanaman mangrove yang dilakukan di Kecamatan Gunungjati yang dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Selain itu, di Kecamatan Pangenan pada periode 2000–2010 terjadi erosi yang cukup besar dan area di sebelah timurnya terjadi perubahan garis pantai yang kecil sampai dengan Kecamatan Gebang. Sementara, pada periode 2010–2021 nilai erosinya terlihat berkurang, begitupun dengan area di sebelah timurnya yang berubah menjadi akresi. Sementara itu, berbeda dengan daerah Di Kecamatan Pangenan, perubahan ini dapat terjadi akibat adanya pembangunan struktur pantai pemecah gelombang yang dilakukan pada tahun 2014–2015. Pembangunan struktur pantai pemecah gelombang dapat mengakibatkan penambahan garis pantai secara langsung dan juga meningkatkan stabilitas daratan yang terbentuk secara tidak langsung. Kecamatan Losari yang perubahan garis pantainya terlihat berubah secara signifikan dalam setiap periode tidak disebabkan oleh adanya pembangunan struktur pantai. Hal ini dikarenakan tidak adanya struktur pantai yang terdeteksi dari data citra satelit. Begitupun dengan aktivitas penanaman mangrove yang terlihat cukup signifikan untuk merubah tren perubahan garis pantai di Kecamatan Losari. Salah satu hal yang dapat menyebabkan hal ini adalah adanya pembangkitan pergerakan sedimen akibat proses hidrodinamika yang terjadi di sekitar area Kecamatan Losari. Hal ini didasarkan pada adanya perubahan garis pantai berupa akresi yang cukup besar di sebelah timur Kecamatan Losari. Apabila ditinjau dari kedekatan antar wilayahnya maka perubahan garis pantai yang terjadi di keduanya dapat memiliki keterkaitan satu sama lain. Namun hal ini perlu diperkuat dengan analisis proses hidrodinamika di sekitar area Kecamatan Losari.

Pada periode 1996-2021, terlihat bahwa wilayah barat Kabupaten Cirebon sampai dengan Kecamatan Pangenan lebih didominasi oleh akresi. Sementara pada wilayah timur, yaitu Kecamatan Pangenan sampai dengan Kecamatan Losari, juga didominasi oleh akresi dengan terdapat beberapa area yang mengalami erosi cukup besar, khususnya Kecamatan Losari dan Pangenan. Terdapat beberapa perubahan garis pantai yang terjadi cukup signifikan di wilayah Kabupaten Cirebon. Pada area Kecamatan Suranenggala yang dekat dengan Kecamatan Gunungjati, terjadi akresi

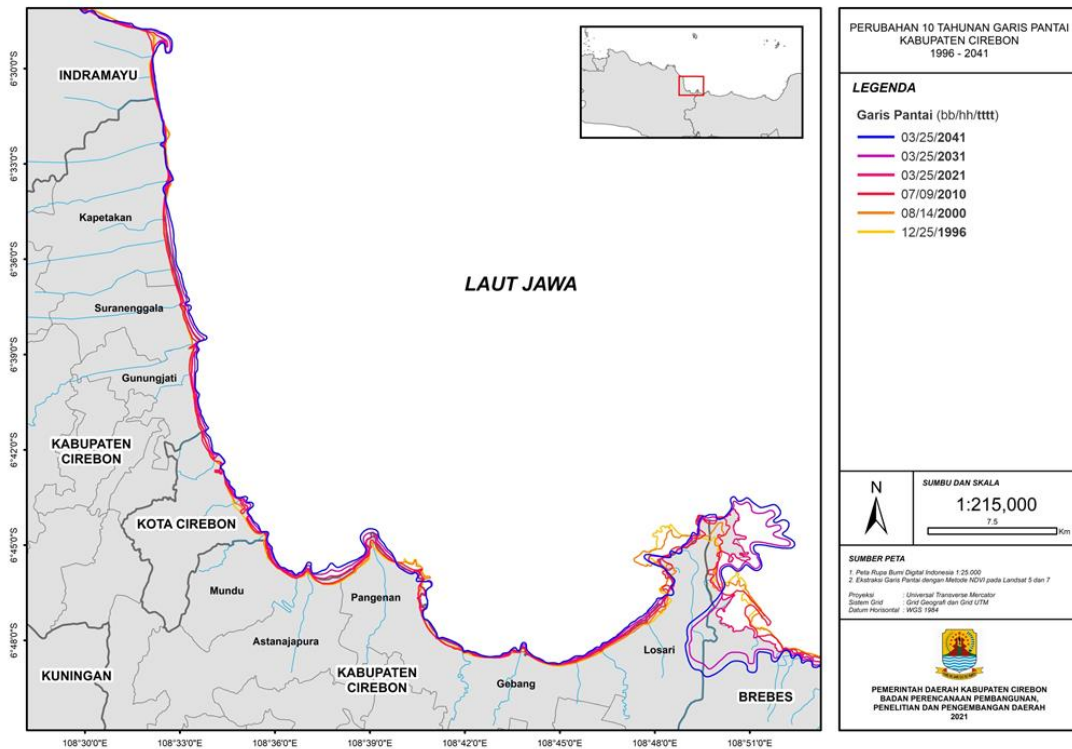
mencapai sekitar 20 m/tahun. Pada area Kecamatan Astanajapura sebagian wilayahnya mengalami akresi sampai dengan 20 m/tahun dan terus membesar ke arah Kecamatan Pangenan. Di area Kecamatan Pangenan sendiri, terjadi akresi 53 yang besar mencapai 60 m/tahun, kemudian ke arah timur, nilai perubahan garis pantainya semakin mengecil, bahkan mengalami erosi dengan nilai mencapai -30 m/tahun. Nilai tersebut kemudian kembali bertambah ke arah timur dan kembali terjadi akresi dan mencapai nilai 20 m/tahun. Di Kecamatan Gebang terjadi akresi dengan nilai berkisar antara 0-10 m/tahun dan terdapat akresi pada sebagian kecil area yang mencapai 20 m/tahun. Sementara itu, Kecamatan Losari terjadi erosi yang cukup besar dan mencapai -85 m/tahun. Tepat di sebelah timur Kecamatan Losari, terjadi akresi yang sangat besar mencapai 100 m/tahun, kemudian di sebelah timurnya juga terjadi erosi yang mencapai -110 m/tahun. Terjadinya akresi atau bertambahnya garis pantai di area Kabupaten Brebes ini, dapat berasal dari berkurangnya garis pantai di Kecamatan Losari dan juga di Kabupaten Brebes. Namun, keterkaitan antara berkurangnya garis pantai di Kecamatan Losari dan bertambahnya garis pantai di Kabupaten Brebes perlu dianalisis lebih lanjut, salah satunya dapat dilakukan menggunakan simulasi hidrodinamika untuk melihat arah pembangkit pergerakan sedimen di sekitar dua lokasi tersebut. Perubahan yang cukup signifikan di Kecamatan Losari ini terjadi dalam periode 2000-2010 yang terlihat baik dari peta maupun dari diagram garis perubahan garis pantai.

Dari analisis diagram perubahan garis pantai pada periode berbeda-beda, dapat dipahami bahwa adanya perubahan tren perubahan garis pantai dengan nilai yang bertambah (kecenderungan untuk mengalami akresi), pada wilayah yang pada periode awal baik mengalami erosi maupun akresi menjadi erosi dengan besaran yang mengecil, bahkan menjadi akresi pada beberapa area spesifik. Setelah mendapatkan tren secara historis, nilai tren tersebut digunakan dalam perhitungan proyeksi beberapa tahun selanjutnya. Berikut merupakan hasil proyeksi garis pantai satu dekade ke depan berdasarkan data prediksi statistik.



Gambar 4.14 Prediksi statistik perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2021-2031

Berdasarkan peta prediksi statistik tahun 2021-2031 (Gambar 4.14), dapat diamati perubahan garis pantai akibat adanya erosi dan akresi. Perubahan dapat dilihat melalui garis ungu yang dihitung dari peta dasar kabupaten Cirebon. Prediksi mampu melakukan proyeksi beberapa tahun ke depan, namun secara umum prediksi hanya sebuah pendekatan dengan berbagai metode dimana masing-masing metode akan memberikan hasil yang berbeda-beda. Oleh karena itu, pada prediksi yang telah dibuat terdapat rentang ketidakpastian yang dihasilkan dari perhitungan prediksi secara statistik. Perubahan garis pantai dan ketidakpastian dihitung untuk masing-masing wilayah dan dipetakan pada peta. Nilai perubahan secara detail untuk masing-masing kecamatan akan dijelaskan di bagian berikutnya.



Gambar 4.15 Perubahan 10 tahunan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 1996-2041

Untuk mengamati perubahan baik secara historis dan proyeksi, maka disajikan peta perubahan 10 tahunan yang dapat diamati pada Gambar 4.15. Garis-garis dengan warna berbeda mewakili perubahan garis pantai untuk masing-masing periode. Beberapa area pesisir di masing masing kecamatan diproyeksikan berubah, namun perubahannya masih mengikuti garis pantai di tahun tahun sebelumnya. Daerah Losari dan perbatasan Cirebon-Brebes mengalami perubahan yang signifikan. Perubahan yang besar ini sudah terekam oleh satelit semenjak 1996-2021, terutama di bagian utara Losari. Memasuki area Dapat teramati bahwa pesisir Losari mengalami perpindahan sedimen yang bisa dipengaruhi oleh kondisi hidrografi sekitar. Kecamatan Pangenan di bagian timur dan utara juga mengalami perubahan dari dua dekade silam. Pada area barat Pangenan, akresi dapat menyebabkan pertambahan luas pantai hingga perbatasan daerah Mundu. Beberapa lokasi yang memiliki tanjung berpotensi untuk mengalami pertambahan garis pantai, seperti di perbatasan Indramayu-Cirebon, Suranenggala, Gunungjati, Pangenan, dan Gebang.

Tabel 4.3 Perubahan luas pantai Kab. Cirebon tahun 1996-2000, 2000-2010, dan 2010-2021

Perubahan Luas Pantai (ha)									
Distribusi per Wilayah	1996 - 2000			2000 - 2010			2010 - 2021		
	Akresi	Erosi	Net	Akresi	Erosi	Net	Akresi	Erosi	Net
Cirebon - Keseluruhan	238.6	-140.1	98.4	230.4	-478.1	-247.7	549.9	-89.0	460.9
Indramayu - Cirebon	14.5	-31.3	-16.8	3.5	-101.7	-98.1	73.2	-10.0	63.2
Kapetakan	11.8	-16.0	-4.1	3.6	-47.4	-43.7	47.6	-20.9	26.7
Suranenggala	7.7	-1.4	6.3	10.0	-11.5	-1.5	51.6	-0.4	51.1
Gunungjati	8.4	-4.9	3.5	4.6	-38.9	-34.3	52.2	-1.5	50.7
Kota Cirebon	39.6	-11.1	28.6	33.4	-21.3	12.0	72.2	0.0	72.2
Mundu	7.0	0.0	7.0	7.3	-1.2	6.1	24.8	0.0	24.8
Astanajapura	11.1	-0.2	10.9	11.6	-1.2	10.4	52.5	0.0	52.5
Panganan	37.4	-17.5	19.8	25.0	-65.6	-40.5	161.8	-27.7	134.1
Gebang	18.5	-1.5	16.9	35.8	-9.8	26.0	37.0	0.0	37.0
Losari	136.6	-98.6	38.0	132.5	-302.5	-170.0	122.5	-38.5	84.0
Cirebon - Brebes	238.3	-89.9	148.4	287.8	-272.6	15.2	429.6	-443.4	-13.8

Tabel 4.4 Proyeksi perubahan luas pantai Kab. Cirebon tahun 2021-2031 dan 2031-2041

Perubahan Luas Pantai (ha)								
Distribusi per Wilayah	2021 - 2031				2031 - 2041			
	Akresi	Erosi	Net	Ketidakpastian	Akresi	Erosi	Net	Ketidakpastian
Cirebon - Keseluruhan	619.8	-295.4	324.4	949.9	438.4	-143.6	294.8	1373.9
Indramayu - Cirebon	88.8	-5.2	83.6	141.1	0.2	-38.8	-38.6	180.1
Kapetakan	117.4	-3.8	113.6	108.5	76.0	-21.9	54.1	151.1
Suranenggala	65.5	0.0	65.5	41.1	49.0	0.0	49.0	65.4
Gunungjati	58.3	0.0	58.3	48.4	48.4	0.0	48.4	71.0
Kota Cirebon	63.4	0.0	63.4	86.0	56.2	0.0	56.2	114.8
Mundu	22.0	0.0	22.0	29.7	16.5	0.0	16.5	38.0
Astanajapura	50.0	0.0	50.0	30.8	48.1	0.0	48.1	51.0
Panganan	155.2	-23.4	131.7	198.2	85.4	-3.6	81.8	248.1
Gebang	52.7	0.0	52.7	86.3	29.6	-1.6	28.0	99.2
Losari	98.8	-268.1	-169.4	407.0	85.4	-116.4	-31.1	650.0
Cirebon - Brebes	806.9	-723.5	83.4	1271.7	402.4	-275.6	126.8	1754.5

Perubahan luas pantai secara historis dan proyeksi dapat diamati pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4. Nilai akresi dan erosi yang signifikan diwakili oleh ketebalan sel warna pada tabel. Nilai Net merupakan selisih dari akresi dan erosi yang dihitung di wilayah pesisir masing masing kecamatan di sepanjang Kabupaten Cirebon. Dalam melakukan proyeksi beberapa dekade ke depan, nilai net dari akresi dan erosi memiliki nilai ketidakpastian yang didapat dari perhitungan proyeksi perubahan garis pantai.

Pada tahun 1996-2000, akresi dan erosi sudah terjadi di masing-masing kecamatan di Kabupaten Cirebon. Selama periode ini, akresi mendominasi dengan penambahan hingga 238 ha sedangkan erosi terjadi sebesar 140 ha apabila diamati di wilayah Cirebon saja. Dapat dikatakan bahwa pada 5 tahun awal, wilayah Cirebon bertambah hampir 100 ha akibat adanya akresi. Perbatasan antara Cirebon dan Brebes memang mengalami akresi yang signifikan, namun area tersebut di luar area kajian. Area Losari pun memiliki nilai akresi dan erosi yang lebih tinggi dibandingkan pesisir di kecamatan lainnya. Berbeda dengan batas di area timur, perbatasan antara Indramayu

dan Cirebon justru mengalami erosi yang lebih banyak sehingga 57 nilai net nya menjadi negatif. Hanya daerah Kapetakan, dimana dekat dengan perbatasan Indramayu, yang berkurang sebanyak 4 ha sedangkan kecamatan lain bertambah.

Perubahan signifikan terjadi pada periode 2000-2010 dimana erosi yang lebih banyak dibanding akresi terjadi di sepanjang wilayah Kabupaten Cirebon. Luas area yang terjadi erosi dua kali lebih luas dibanding akresi yang terjadi. Meski terjadi akresi, area Losari berkurang hingga 170 ha. Area lainnya yang berkurang secara signifikan adalah Kapetakan dan Pangenan dimana keduanya kehilangan area dengan kisaran 40 ha. Kecamatan Mundu, Astanajapura, dan Gebang tidak mengalami perubahan karena ketiganya masih mengalami akresi seperti pada tahun 1996-2000.

Pada dekade berikutnya (2010-2021), luas area yang mengalami erosi berkurang, bahkan pertambahan area nya menjadi yang paling besar dibandingkan dengan periode-periode sebelumnya. Pada tahun-tahun ini, aktivitas penanaman mangrove cukup banyak dilakukan. Kecamatan Mundu, Astanajapura, Gebang, bahkan Kota Cirebon sudah tidak mengalami erosi. Hampir semua pesisir di masing-masing kecamatan setidaknya bertambah seluas 20 ha.

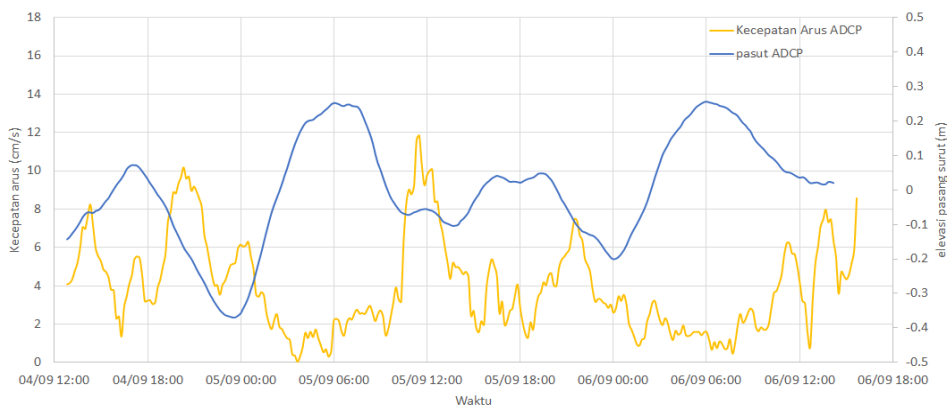
Perubahan luas pantai juga dihitung pada proyeksi di periode 2021-2031 dan 2031- 2041. Diproyeksikan bahwa akresi akan dominan di wilayah Kabupaten Cirebon. Namun perlu diperhatikan bahwa tetap adanya potensi erosi yang cukup besar di area Losari dengan potensi kehilangan lahan seluas hampir 170 ha. Perbatasan Cirebon dan Brebes berpotensi mengalami erosi yang besar juga, namun masih akan diimbangi oleh pertambahan lahan di area tersebut. Pola perubahan luas pantai yang sama terjadi untuk periode 2031-2041, namun nilai perubahannya relatif berkurang dibanding dengan periode 2021-2031. Dapat diamati di tabel bahwa akresi atau pertambahan lahan tidak akan sebanyak dekade sebelumnya. Di samping itu, erosi di area Losari pun berpotensi berkurang, meskipun potensi pengurangan sekitar 30 ha tetap terjadi.

4.2. Pengukuran Arus dan Gelombang

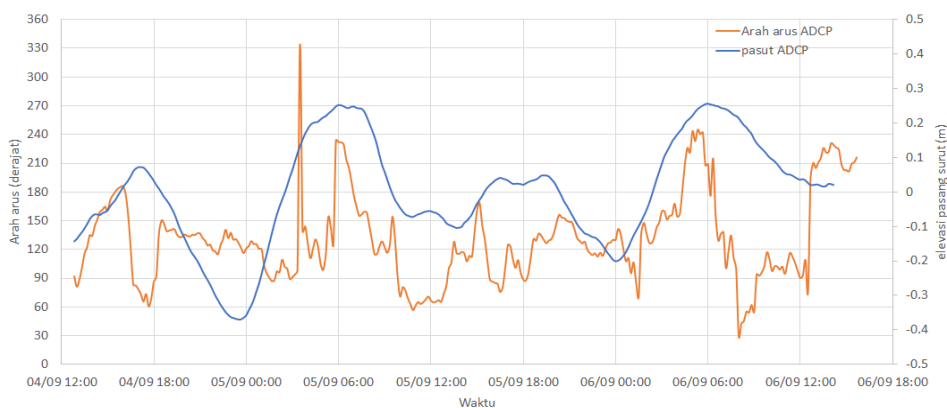
Arus dan gelombang di area kajian diukur menggunakan instrumen ADCP yang diletakan (*deploy*) dengan kedalaman 4 m. Agar posisi instrumen tetap stabil di dasar yang berlumpur dan tetap dapat mengukur secara vertikal, instrumen dibantu oleh rangka dengan ketinggian 1,68 m sehingga pengukuran arus dan gelombang dimulai dari dasar ditambah dengan ketinggian rangka instrumen. ADCP mengeluarkan sinyal dan mengukur kecepatan

dan arah dari parameter arus dan gelombang yang mewakili satu badan air di titik pengukuran karena kedalamannya relatif dangkal. Instrumen mengukur parameter laut setiap detik kemudian menghasilkan data perata-rataan per 10 menit selama 2 x 24 jam. Siklus pasang surut tetap terekam selama pengukuran.

Hasil pengukuran arus di titik ADCP dapat diamati pada grafik kecepatan dan arah arus pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17. Kecepatan arus yang terukur di kedalaman 2,5 m berfluktuasi pada rentang 0,02 - 11,8 cm/s dengan rata-rata berkisar 3,94 cm/s. Hasil pengamatan arus kemudian disandingkan pula dengan data elevasi yang ikut terekam oleh instrumen. Arus memiliki pola yang mirip seperti kondisi pasang surut dimana terjadi perubahan arah arus atau setidaknya perubahan kecepatan arus pada kondisi pasang dan surut. Arus memiliki nilai kecepatan yang tinggi pada kondisi pasang menuju surut dan kondisi surut menuju pasang. Arus bergerak relatif lambat pada saat kondisi air laut sedang pasang. Hal ini dapat diamati pada kondisi pagi hari (pukul 5.00 - 7.00) dimana kondisi laut relatif tenang dengan arus yang tidak terlalu dinamis (2-4 cm/s). Arus rata-rata bergerak ke arah tenggara

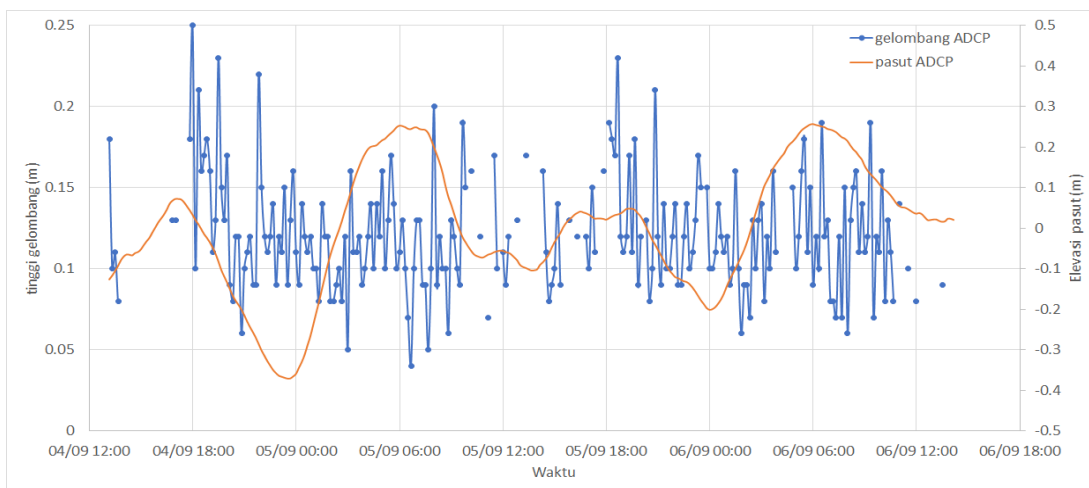


Gambar 4.16 Grafik kecepatan arus ADCP

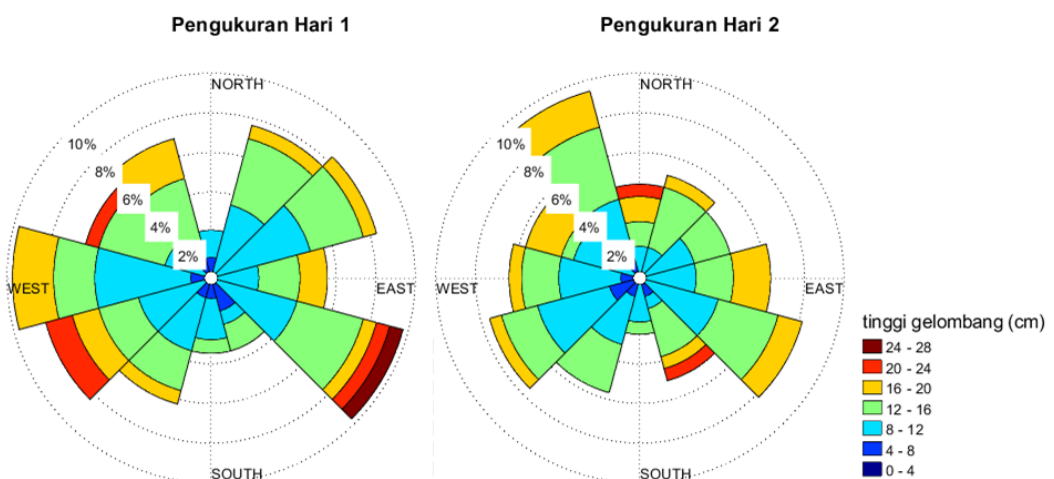


Gambar 4.17 Grafik arah arus ADCP

Gelombang secara deret waktu digambarkan melalui Gambar 4.18. Tinggi gelombang signifikan umum digunakan untuk menentukan keadaan gelombang di suatu perairan. Gelombang dengan tinggi 12 cm dominan selama pengukuran. Namun gelombang terkadang dapat mencapai 25 cm. Nilai yang sangat kecil atau mendekati nol menunjukkan kondisi laut yang tenang atau tidak terekamnya gelombang di waktu pengukuran. Pola gelombang tidak mengikuti pola pasang surut setelah dibandingkan dengan hasil elevasi ADCP. Hal ini menunjukkan bahwa gelombang dipengaruhi oleh kondisi angin. Gelombang di area pengukuran digambarkan juga melalui diagram mawar (Gambar 4.19). Arah gelombang sangat bervariasi selama dilakukan pengukuran. Hal ini dimungkinkan karena adanya pengaruh angin dan pantulan gelombang dari lokasi pertanian kerang yang cukup banyak di sekitar area laut Ambulu. Di samping itu, pengaruh angin pun memiliki peran dalam merubah arah pergerakan gelombang.



Gambar 4.18 Pengukuran tinggi gelombang ADCP

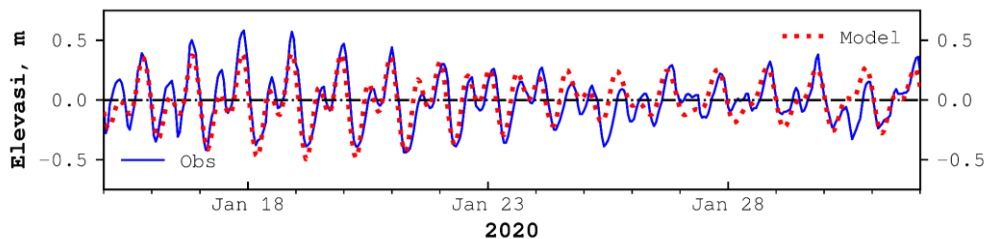


Gambar 4.19 Diagram mawar untuk gelombang

4.3. Simulasi Numerik Hidrodinamika

4.3.1. Verifikasi Model

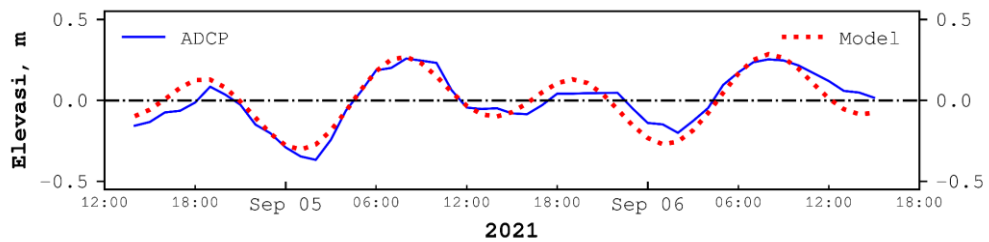
Hasil model diverifikasi dengan membandingkan data pasang surut yang dihasilkan oleh model dan data pengamatan lapangan yang diambil dari data BIG pada tahun 2020. BIG melakukan pengukuran pasang surut secara otomatis di banyak tempat di Indonesia, salah satunya di stasiun pasut Cirebon yang berada di koordinat $108,585^{\circ}\text{BT}$ dan $6,7339^{\circ}\text{LS}$. Pada hasil perbandingan (Gambar 4.20) dapat diamati bahwa garis elevasi dan pola yang dihasilkan oleh model (garis merah putus-putus) sudah mengikuti data lapangan (garis biru). Nilai keakuratan model dapat diamati secara statistik melalui perhitungan nilai RMSE (*root mean square error*) dan korelasi. Untuk titik di stasiun Cirebon, model memiliki nilai RMSE sebesar 11,99 cm dan korelasi sebesar 0,81. Mengacu pada nilai tersebut, nilai RMSE yang semakin kecil menunjukkan bahwa model semakin semakin dekat dengan pengamatan karena memiliki nilai kesalahan (*error*) yang lebih kecil. Tingkat korelasi digunakan untuk melihat sejauh mana kemiripan pola antara kedua data tersebut. Semakin dekat suatu nilai korelasi pada angka 1, maka semakin mirip pola pasang surut yang dihasilkan model terhadap pola pasang surut di lapangan.



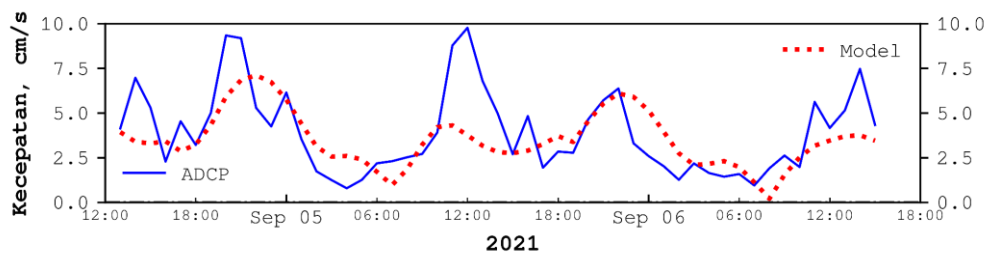
Gambar 4.20 Perbandingan data muka air laut antara hasil model dengan data observasi pasut dari stasiun pengukuran BIG di Kejawan, Cirebon

Pada domain area kajian Losari, model diverifikasi dengan menggunakan data elevasi pasang surut dan arus yang didapat dari instrumen ADCP. Hasil perbandingan antara data lapangan dan hasil model dapat dilihat pada Gambar 4.21 - 4.23. Grafik elevasi pada model memiliki pola yang hampir sesuai dengan data lapangan. Korelasi keduanya memiliki nilai 0,9 dengan nilai kesalahan rata-rata sebesar 6,7 cm. Pola kecepatan dan arah arus yang dihasilkan model pun sudah menunjukkan pola yang cukup mengikuti data yang dihasilkan ADCP. Meskipun nilai verifikasi tidak sebesar pasang surut, namun nilai korelasi kecepatan arus bernilai 0,58 dengan nilai kesalahan rata-rata sebesar 1,9 cm/s sehingga model dianggap cukup dalam mewakili kondisi

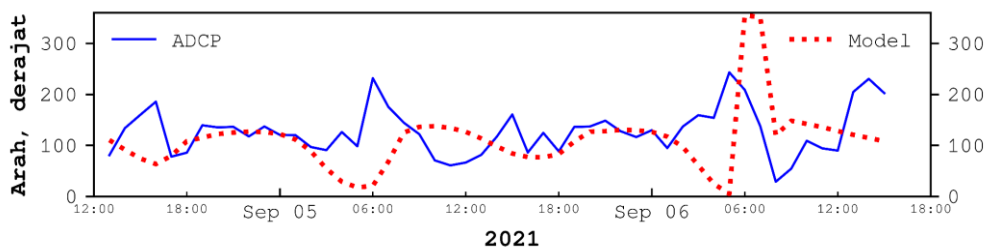
lapang. Arah arus sedikit berbeda pada waktu-waktu dimana kecepatan arus memiliki nilai terendah, seperti pada pagi hari (06.00) atau pasang tertinggi. Pada kondisi tenang atau tidak ada arus, perubahan arah memang relatif tidak stabil.



Gambar 4.21 Perbandingan data muka air laut antara hasil model dengan data observasi pasut dari pengukuran ADCP di Losari, Cirebon



Gambar 4.22 Perbandingan data kecepatan arus antara hasil model dengan data kecepatan arus dari pengukuran ADCP di Losari, Cirebon



Gambar 4.23 Perbandingan data arah arus antara hasil model dengan data kecepatan arus dari pengukuran ADCP di Losari, Cirebon

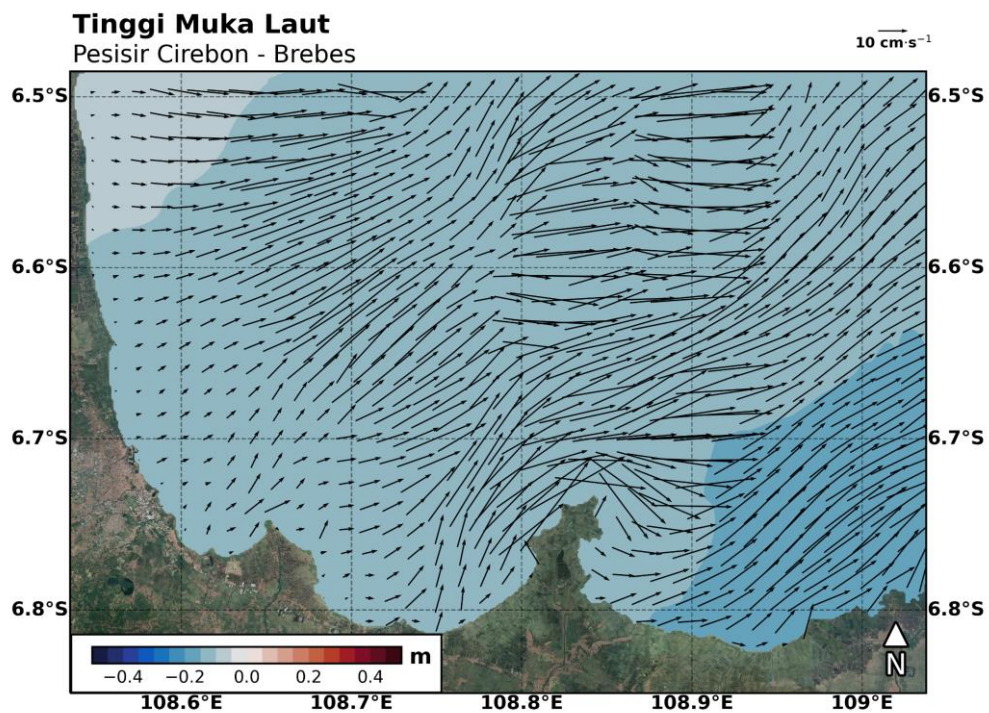
4.3.2. Simulasi Domain Area Kabupaten Cirebon

Perairan di area Kabupaten Cirebon memiliki pola yang berbeda-beda pada masing-masing kondisi pasang surut. Hasil simulasi elevasi permukaan air dan arus

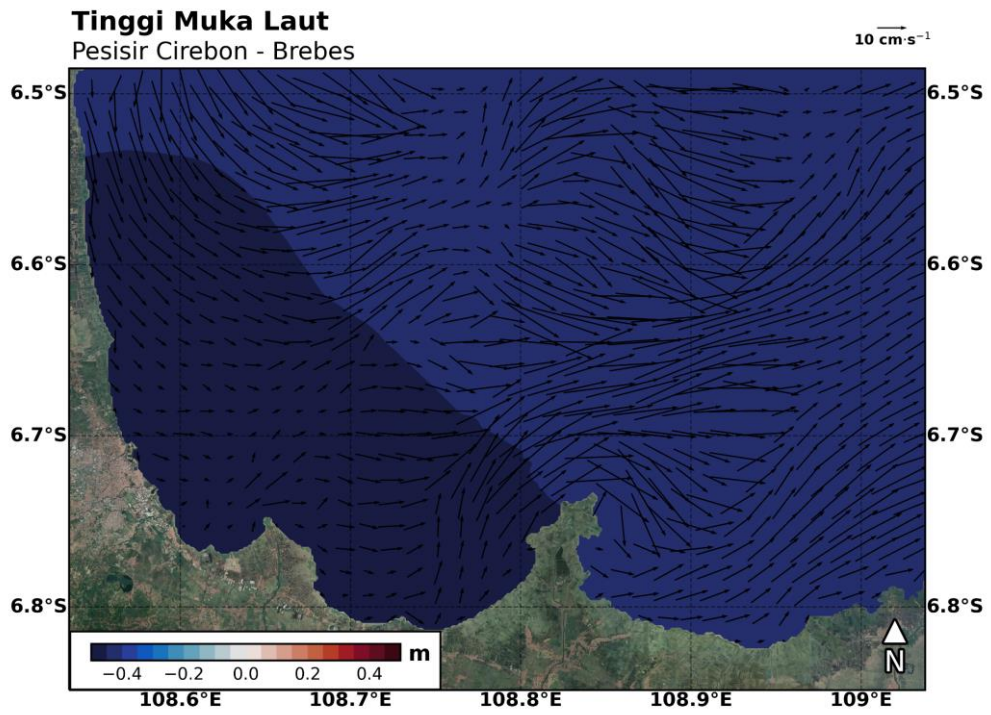
permukaan dapat diamati pada Gambar 4.24 - 4.27 yang diwakili oleh kondisi menuju surut, saat surut terendah, kondisi menuju pasang, dan saat pasang tertinggi.

Pada saat kondisi menuju surut, elevasi di area kajian memiliki ketinggian 0,2 m di bawah rata-rata dan massa air bergerak menuju arah timur. Di pesisir kabupaten Cirebon, seperti dari daerah Kapetakan hingga Gebang, umumnya memiliki kecepatan di bawah 10 cm/s. Pada kondisi surut, kecepatan masih bergerak ke arah timur dengan kecepatan hingga 40 cm/s. Elevasi turun hingga 40 cm pada kondisi ini.

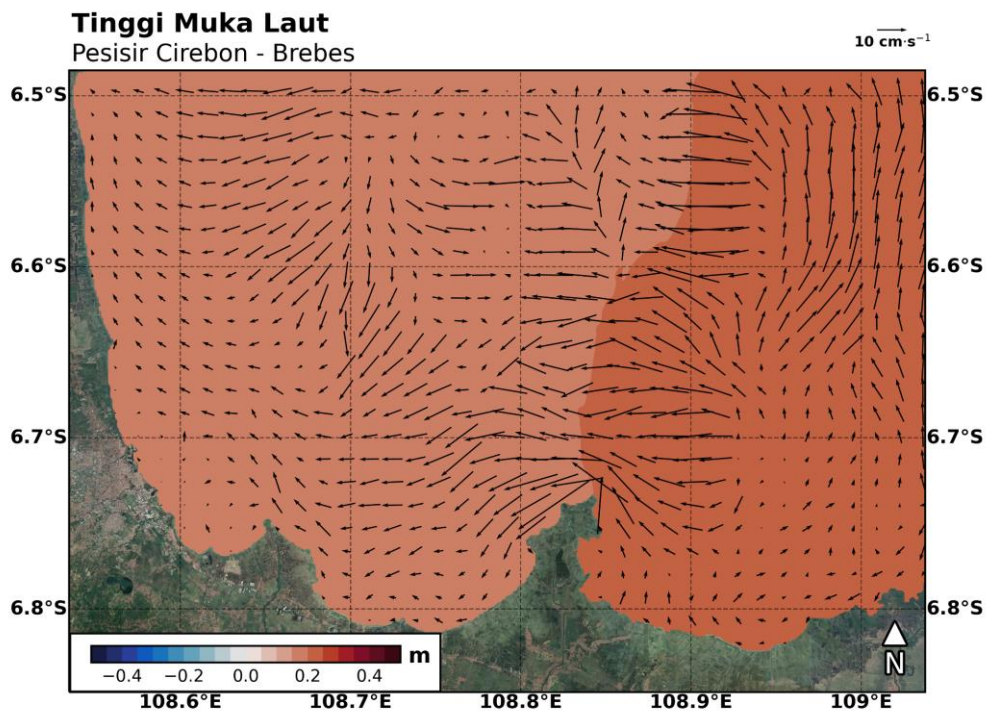
Berbeda dengan kondisi ketika massa air bergerak menuju pasang dan pasang tertinggi. Massa air bergerak berlawanan dengan kondisi sebelumnya dimana arus mulai bergerak ke arah barat di bagian timur domain dan ke arah utara di bagian barat domain. Pada saat kondisi menuju pasang, elevasi mulai meningkat hingga 0,2 m di atas rata-rata muka air. Di area pesisir Kabupaten Cirebon memiliki nilai di bawah 10 cm/s. Muka air akan terus meningkat hingga mencapai titik di kondisi pasang tertinggi dengan tinggi berkisar 40 cm di atas rata-rata muka laut. Pola arah arus masih mirip dengan kondisi menuju pasang, namun kecepatannya sudah mulai berkurang hingga 20 cm/s karena akan berganti arah saat memasuki kondisi pasang menuju surut.



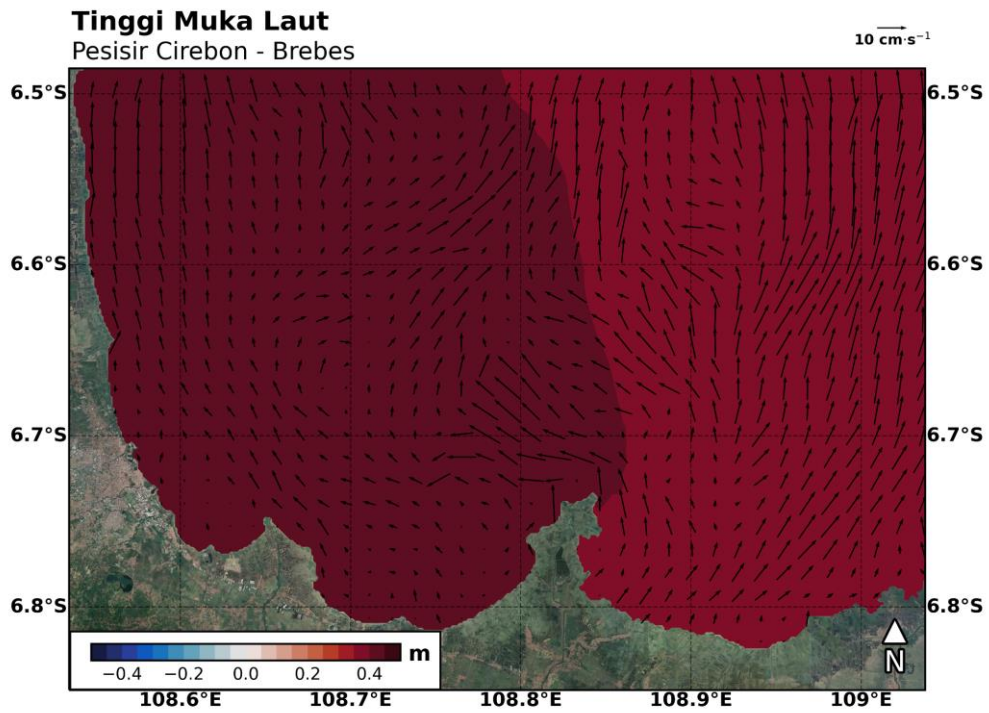
Gambar 4.24 Elevasi dan arus permukaan ketika menuju surut



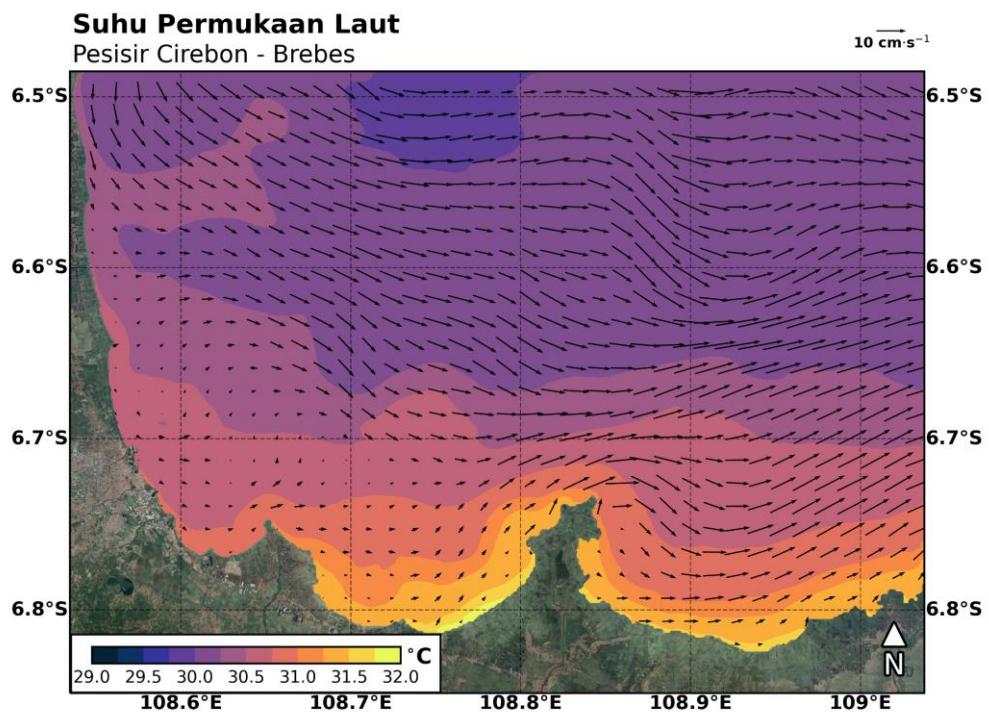
Gambar 4.25 Elevasi dan arus permukaan ketika surut terendah



Gambar 4.26 Elevasi dan arus permukaan ketika menuju pasang



Gambar 4.27 Elevasi dan arus permukaan ketika pasang tertinggi



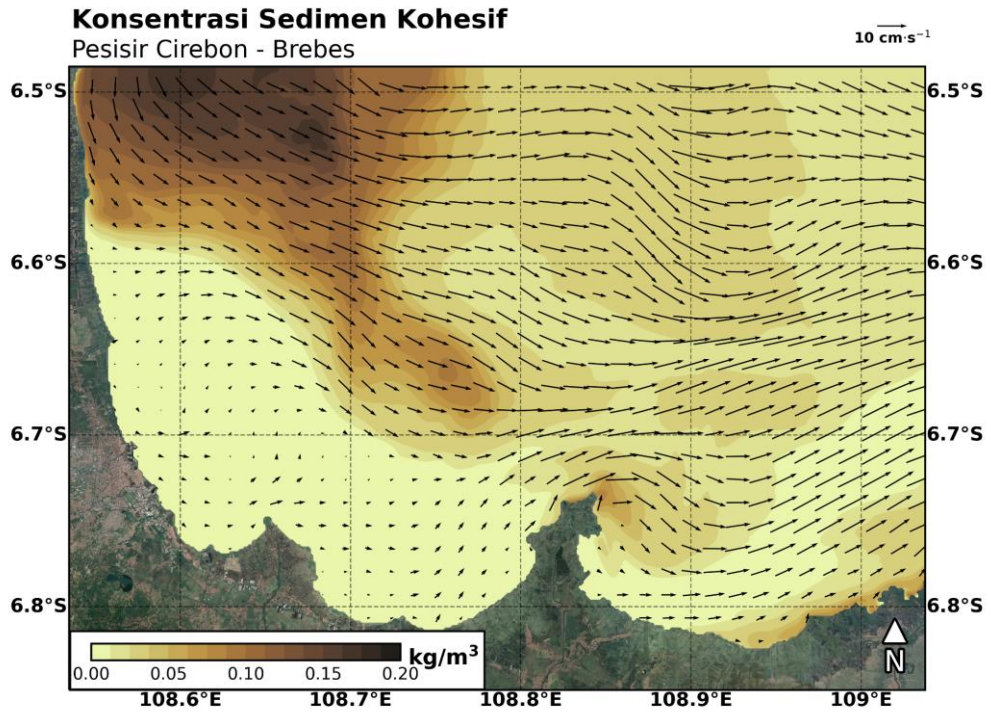
Gambar 4.28 Pola Suhu dan arus permukaan rata-rata Bulan Januari

Untuk pola arus dan suhu permukaan laut rata-rata pada bulan Januari dapat dilihat pada Gambar 4.28. Dari gambar tersebut dapat terlihat bahwa kecepatan arus dapat mencapai sekitar 17 cm/s di bagian perairan yang lebih dalam dengan arus

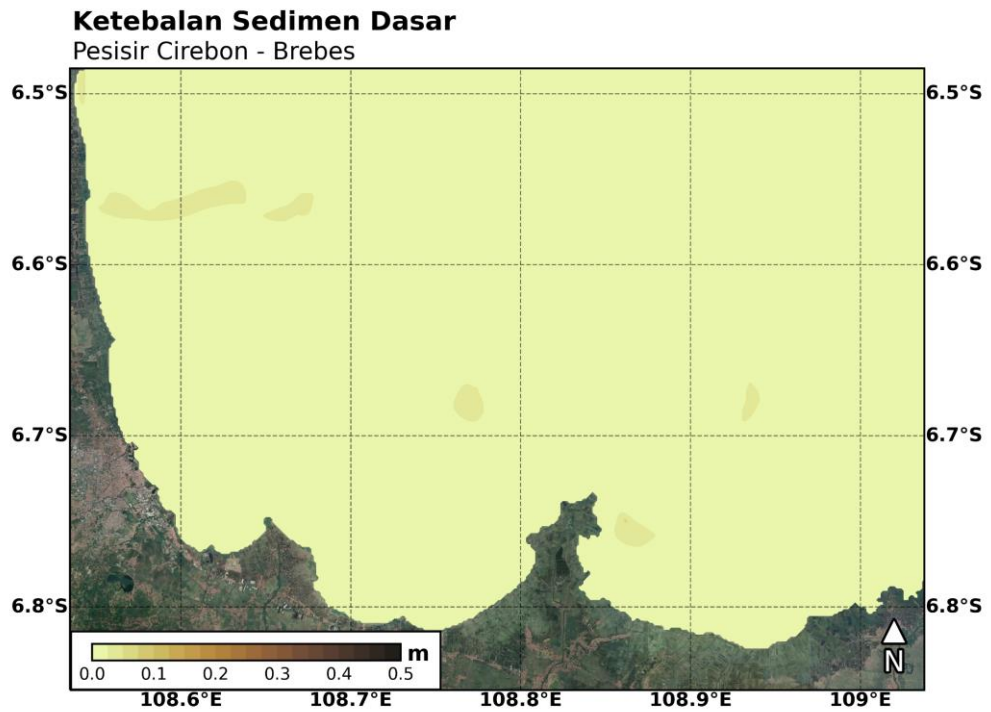
permukaan secara umum terlihat bergerak ke arah ke timur. Adapun untuk pola suhu permukaan laut di pesisir Cirebon selama bulan Januari diketahui berkisar antara 29,5 °C hingga 32 °C. Secara keseluruhan pada bulan tersebut menunjukkan bahwa area pesisir memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi dibandingkan area laut lepas, terutama di area pesisir lebih selatan yang memiliki suhu permukaan laut tertinggi.

Simulasi pergerakan sedimen untuk wilayah perairan Cirebon dilakukan dengan menggunakan suatu skenario dimana digunakan sedimen dengan tipe kohesif yang ketika di awal waktu simulasi memiliki konsentrasi sebesar 0,1 kg/m³ untuk seluruh kolom air pada setiap grid dari domain model D2. Hasil simulasi ini kemudian dapat dilihat pada Gambar 4.29, yang menunjukkan konsentrasi sedimen kohesif di permukaan yang telah dirata-ratakan untuk bulan Januari. Dapat terlihat bahwa konsentrasi sedimen di perairan Cirebon berada pada kisaran 0 – 0,2 kg/m³, dengan konsentrasi tertinggi terdapat di bagian barat laut pada domain model D2.

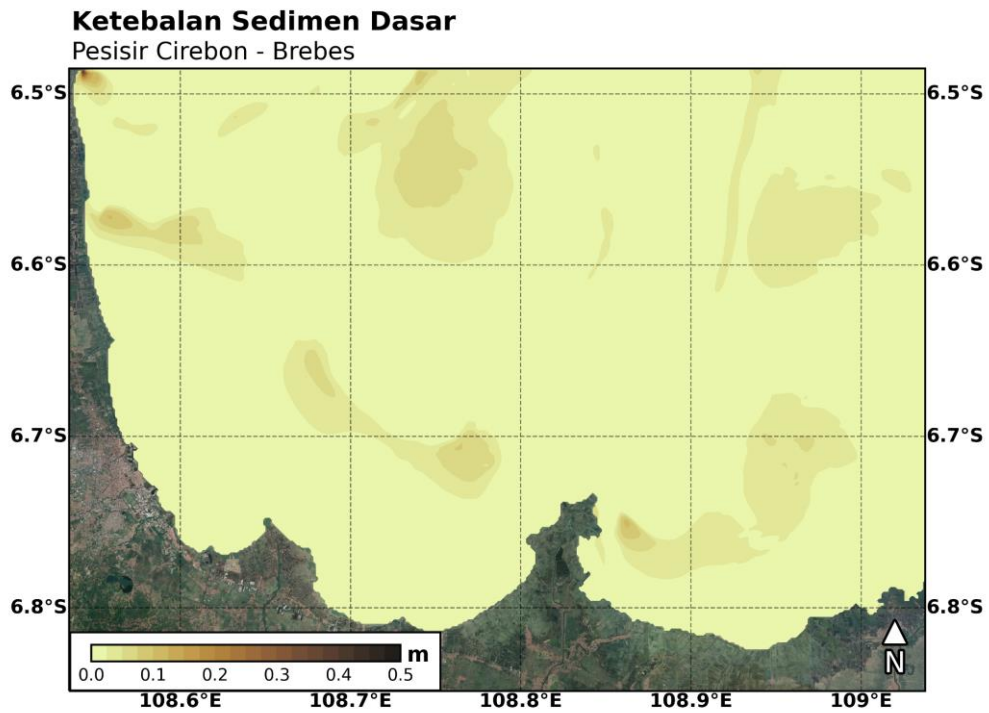
Selain konsentrasi sedimen, hasil simulasi juga dapat menunjukkan ketebalan sedimen dasar di seluruh domain model seperti yang terlihat pada Gambar 4.30 – 4.32. Dalam skenarionya ditentukan bahwa di awal simulasi, di seluruh domain memiliki ketebalan sedimen dasar sebesar 0,01 m yang nantinya dapat berubah-ubah nilainya seiring berjalannya simulasi karena adanya berbagai faktor. Untuk Gambar 4.30 memperlihatkan sedimen dasar pada awal bulan Januari yang memiliki ketebalan berkisar dari 0 hingga 0,05 m yang menunjukkan mulai terjadinya proses erosi maupun deposisi di seluruh wilayah domain model. Hal yang cukup berbeda kemudian ditunjukkan pada Gambar 4.31 yang memperlihatkan adanya perubahan ketebalan sedimen dasar pada pertengahan bulan Januari. Pada waktu ini diketahui bahwa semakin banyak area yang mengalami proses deposisi sedimen di wilayah domain model. Proses dinamis dari sedimen dasar ini selanjutnya juga masih dapat teramati pada waktu sekitar dua minggu setelahnya (Gambar 4.32) dimana perairan yang menjadi area deposisi sedimen tidak jauh berbeda dengan periode sebelumnya dengan ketebalan sedimen yang berkisar antara 0 – 0,4 m.



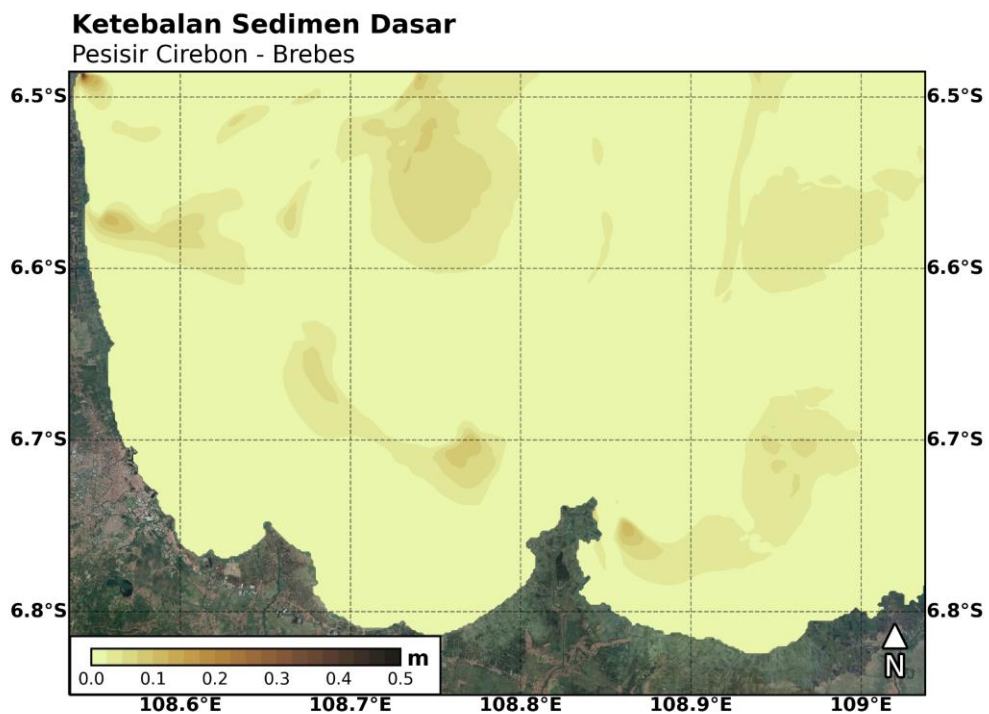
Gambar 4.29 Pola sedimen kohesif dan arus permukaan rata-rata Bulan Januari



Gambar 4.30 Ketebalan sedimen dasar pada minggu awal



Gambar 4.31 Ketebalan sedimen dasar setelah 2 minggu

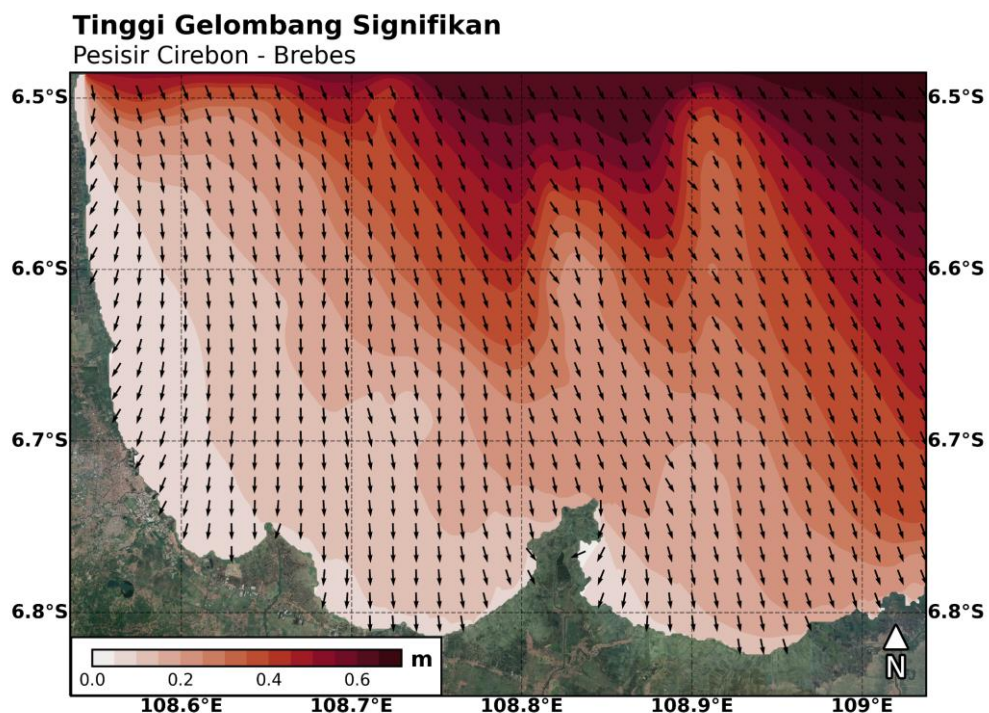


Gambar 4.32 Ketebalan sedimen dasar setelah 4 minggu

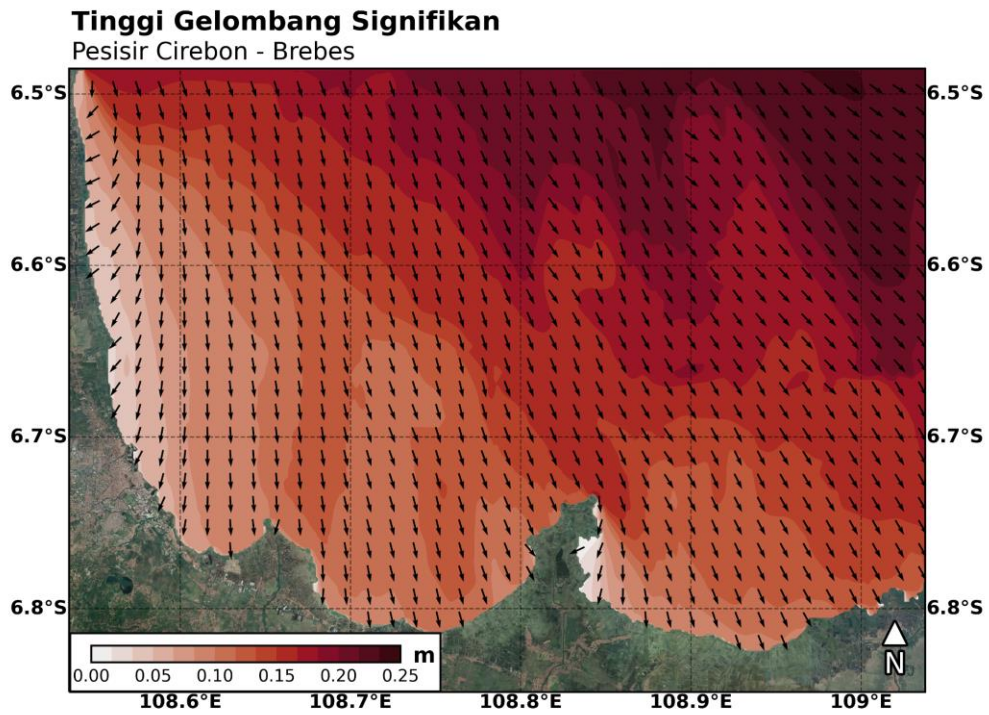
Gelombang secara spasial di daerah laut Kabupaten Cirebon dapat diamati pada Gambar 4.33 - 4.35. Selama Bulan Januari atau musim barat, gelombang bergerak menuju arah selatan dan tenggara. Hal ini dikarenakan angin sebagai penggerak utama

gelombang berhembus dari arah barat Indonesia sehingga menyebabkan gelombang bergerak ke arah timur. Apabila mengamati perairan yang lebih luas (Laut Jawa), maka gelombang yang bergerak menuju arah timur akan lebih terlihat. Pergerakan gelombang yang menuju selatan dan tenggara ini dikarenakan adanya refraksi atau pembelokan gelombang karena adanya perubahan morfologi dan kedalaman suatu perairan. Hal ini dapat diamati pula di area Losari bagian barat yang sudah memasuki wilayah Brebes. Gelombang yang semula bergerak ke arah selatan berbelok menuju barat daya.

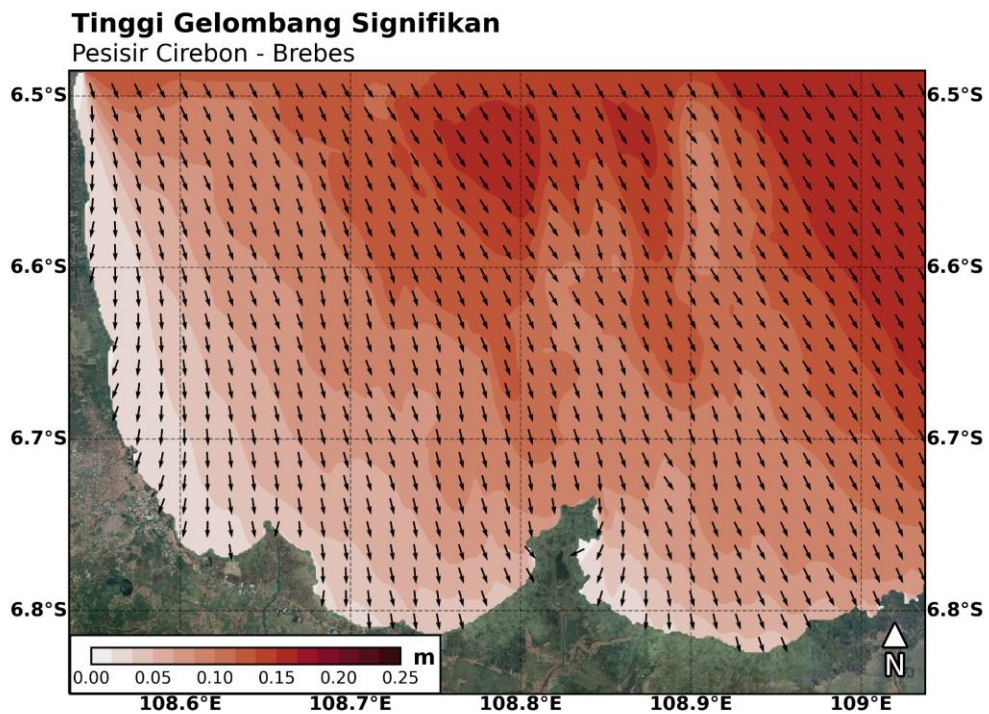
Gelombang pada bulan Januari dapat mencapai 60 cm di tengah laut dan ketinggiannya kian berkurang ketika mendekati pesisir. Di area sepanjang pesisir Kabupaten Cirebon, tinggi gelombang hanya berkisar 5-10 cm. Namun, di area Losari tinggi gelombang dapat mencapai 10-15 cm. Pola gelombang diamati pula pada kondisi pasang tertinggi dan surut terendah. Arah gelombang secara umum masih memiliki arah yang mirip yakni menuju arah selatan dan tenggara. Pada saat kondisi surut, gelombang di bagian laut lepas (bagian atas dan kanan atas model) memiliki gelombang yang lebih tinggi dibandingkan dengan gelombang di kondisi pasang tertinggi, meski perbedaannya hanya 5-10 cm saja. Di samping itu, pada saat kondisi pasang, tinggi gelombang di dekat pesisir meningkat 5 cm. Hal ini dikarenakan pada saat kondisi pasang, massa air bergerak ke arah pesisir sehingga muka air lebih tinggi dan gelombang pun menjadi lebih tinggi.



Gambar 4.33 Arah dan tinggi gelombang signifikan rata-rata Bulan Januari



Gambar 4.34 Arah dan tinggi gelombang signifikan ketika pasang tertinggi

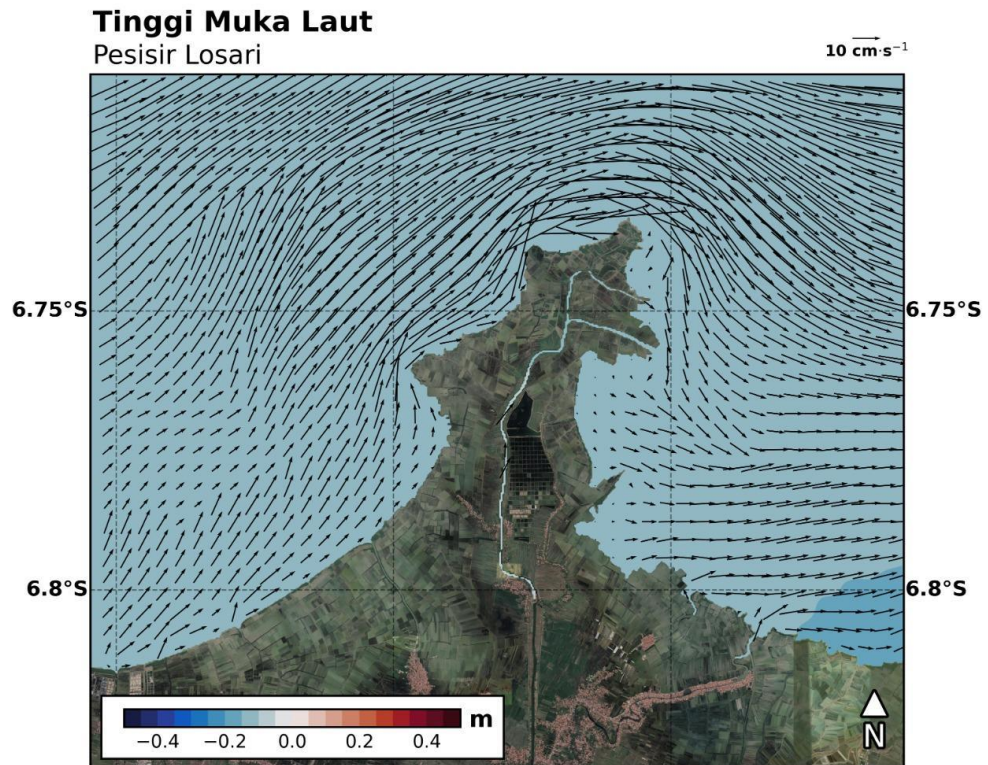


Gambar 4.35 Arah dan tinggi gelombang signifikan ketika surut terendah

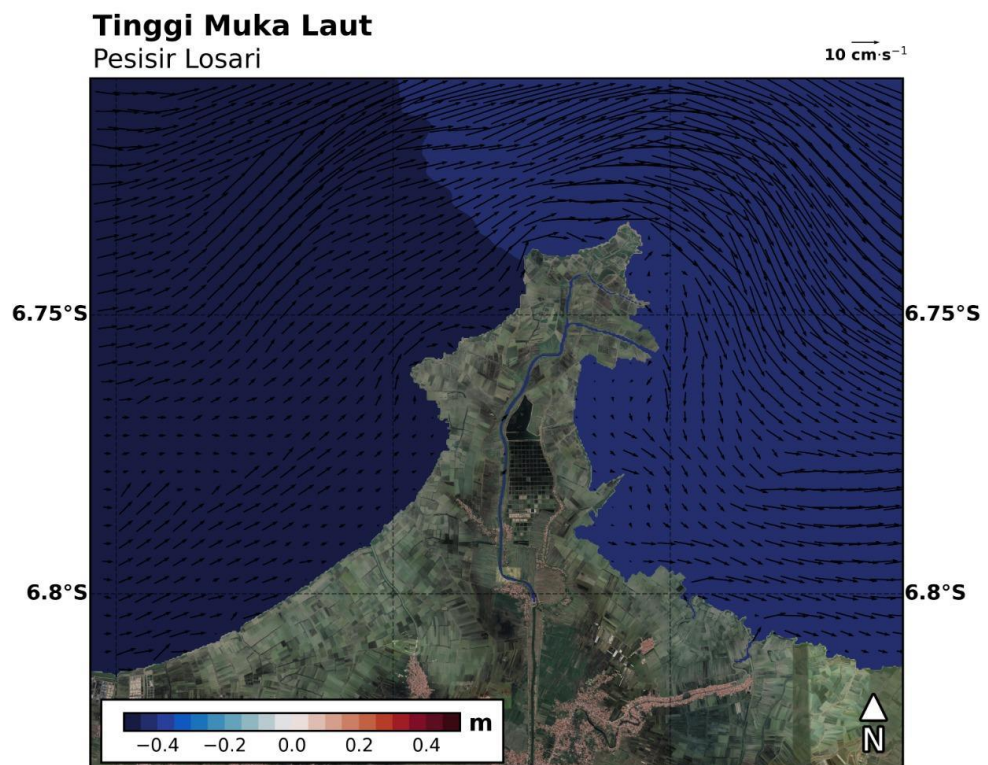
4.3.3. Simulasi Domain Area Losari

Hasil simulasi dengan daerah kajian Losari dapat diamati pada Gambar 4.36 - 4.39. Pola elevasi dan arus di daerah ini tidak berbeda dengan hasil model domain Kabupaten Cirebon. Hal ini dikarenakan pengaturan pada model antara area Kabupaten Cirebon dan model Losari sudah diintegrasikan sehingga hasilnya sesuai namun dengan tingkat resolusi yang berbeda.

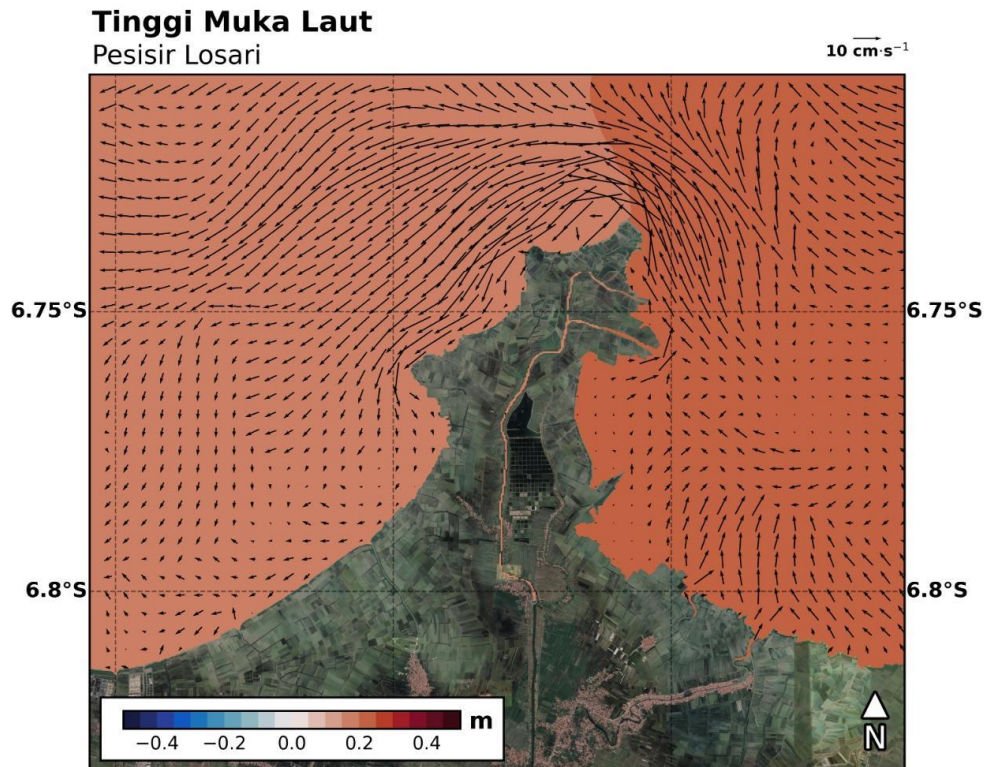
Pada saat kondisi menuju surut, elevasi di area kajian memiliki ketinggian 0,2 m dan massa air bergerak menuju arah timur. Di area lepas pantai Losari, arus bergerak lebih cepat dibandingkan dengan area lain di Kabupaten Cirebon. Kecepatannya dapat mencapai 30-40 cm/s. Di area dekat pesisir Losari, kecepatan arus umumnya di bawah 10 cm/s. Pada kondisi surut, kecepatan masih bergerak ke arah timur dengan kecepatan hingga 40 cm/s. Elevasi turun hingga 0,4 m di bawah rata-rata muka laut pada kondisi ini. Pada kondisi menuju pasang dan pasang tertinggi, massa air bergerak berlawanan. Arus mulai bergerak ke arah barat yang dapat diamati di sekeliling daratan Losari. Pada saat kondisi menuju pasang, elevasi mulai meningkat hingga 0,2 m di atas rata-rata muka air. Pada area di bagian ujung utara Losari tampak arus dengan kecepatan yang relatif tinggi dibandingkan dengan area sekitarnya. Kecepatan tersebut dapat mencapai 30 cm/s. Muka air akan terus meningkat hingga mencapai titik di kondisi pasang tertinggi dengan tinggi berkisar 40 cm di atas rata-rata muka laut, tetapi kecepatannya sudah mulai berkurang dan tampak terjadi perubahan arah di beberapa titik karena akan berganti arah saat memasuki kondisi pasang menuju surut.



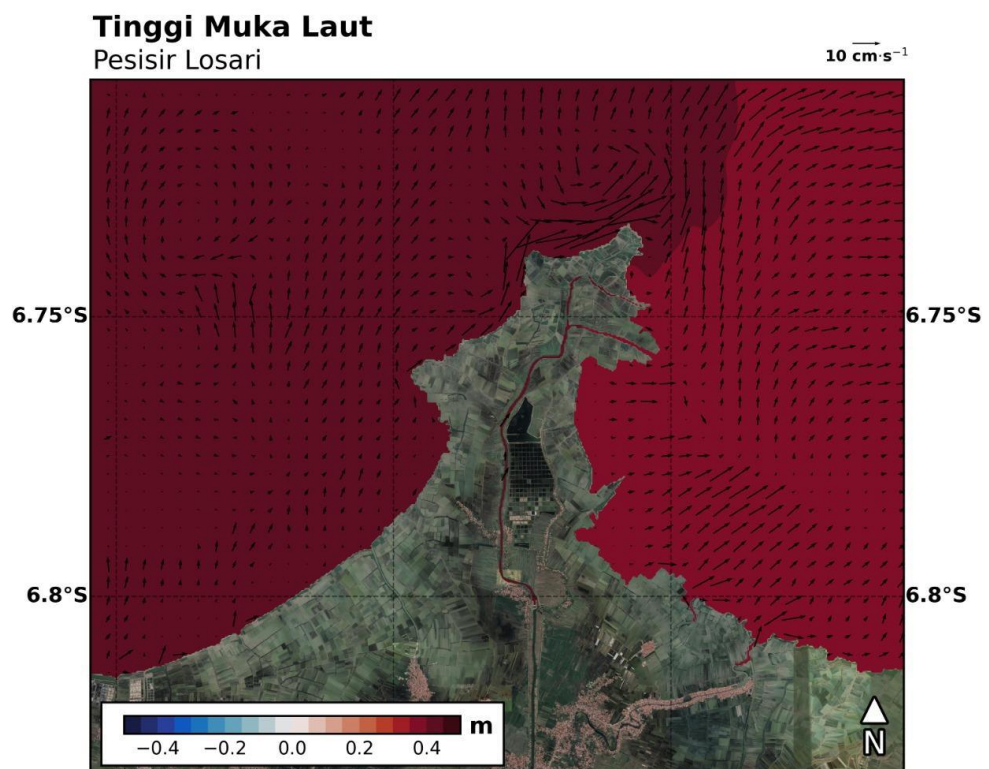
Gambar 4.36 Elevasi dan arus permukaan ketika menuju surut



Gambar 4.37 Elevasi dan arus permukaan ketika surut terendah



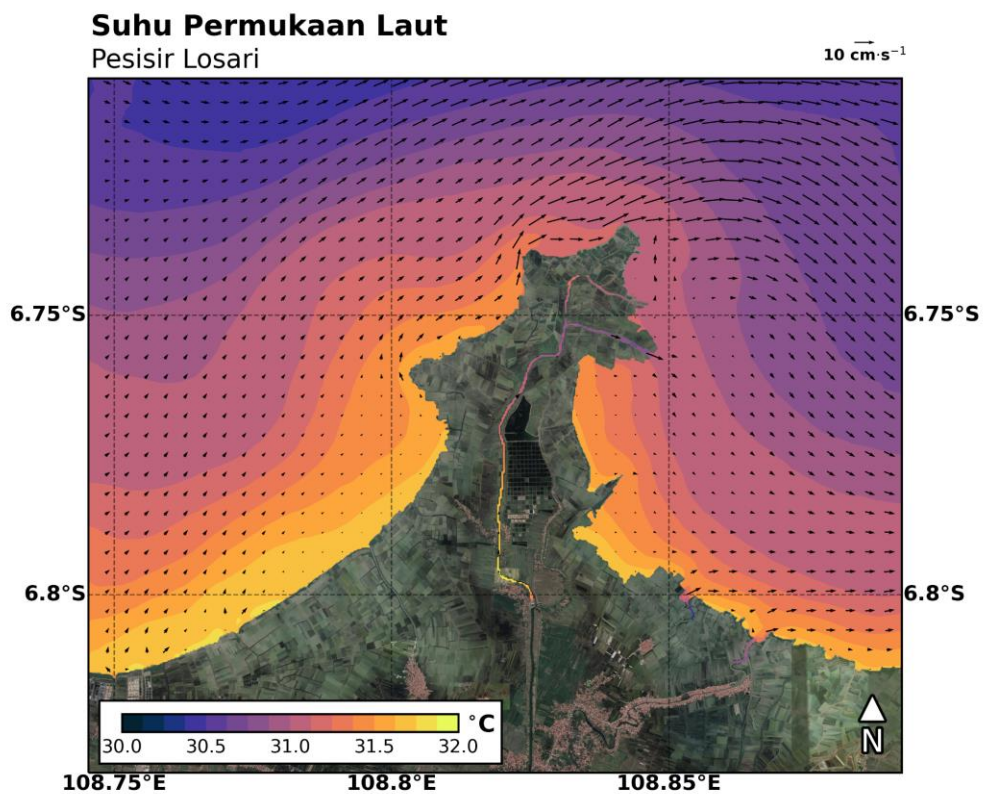
Gambar 4.38 Elevasi dan arus permukaan ketika menuju pasang



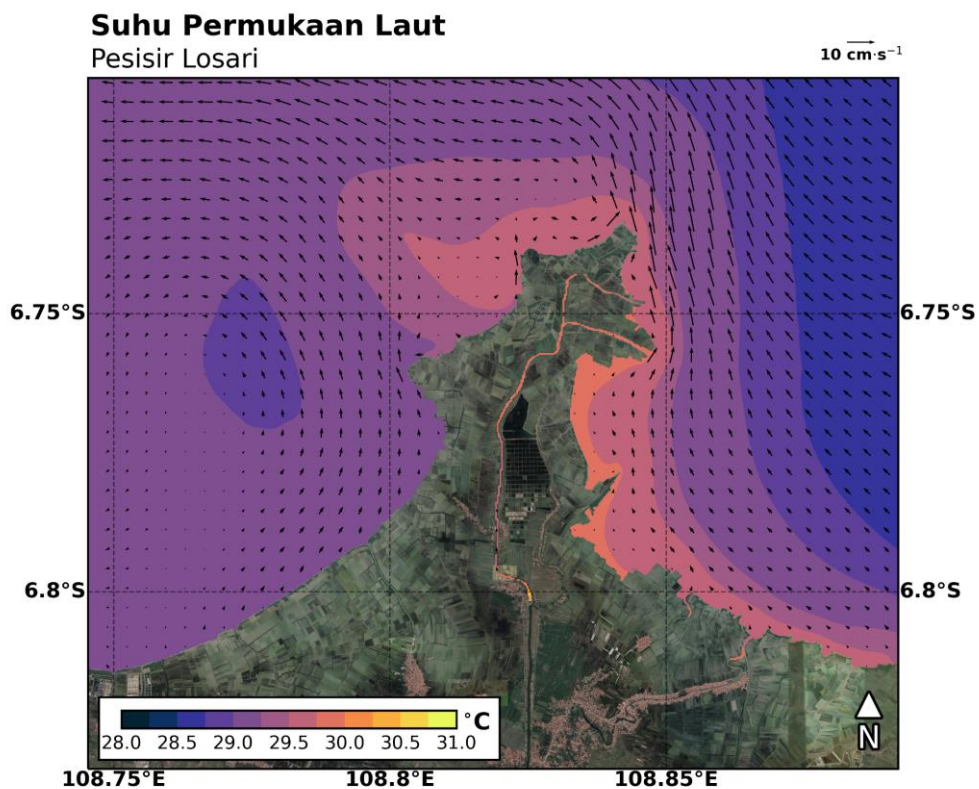
Gambar 4.39 Elevasi dan arus permukaan ketika pasang tertinggi

Pola suhu permukaan pada musim barat dan musim timur menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan seperti yang terlihat pada Gambar 4.40 dan 4.41. Suhu permukaan air laut di musim barat lebih tinggi dibandingkan dengan musim timur. Pada musim barat, suhu muka laut di pesisir dapat mencapai 31,7 °C. Suhu terlihat merata di sepanjang pesisir Losari hingga daerah Brebes dengan gradasi pengurangan suhu menuju laut lepas. Pada musim timur, rata-rata suhu turun hingga 29° - 29,75 °C. Tampak suhu yang lebih hangat berada di pesisir bagian Brebes dibandingkan dengan pesisir Losari, meskipun perbedaannya hanya sedikit (0,5 °C).

Hangatnya air laut mengindikasikan lebih mudahnya terjadi evaporasi sehingga memiliki probabilitas untuk terjadi hujan. Hal ini sesuai dengan kondisi seharusnya dimana musim barat merupakan musim basah sedangkan musim timur sebagai musim kering. Penurunan suhu permukaan laut ketika musim timur ini juga disebabkan karena adanya massa air yang lebih dingin yang berasal dari fenomena upwelling yang terjadi di Laut Banda dan kemudian bergerak ke Laut Jawa sehingga mendorong massa air yang lebih hangat menuju lebih jauh ke arah barat.

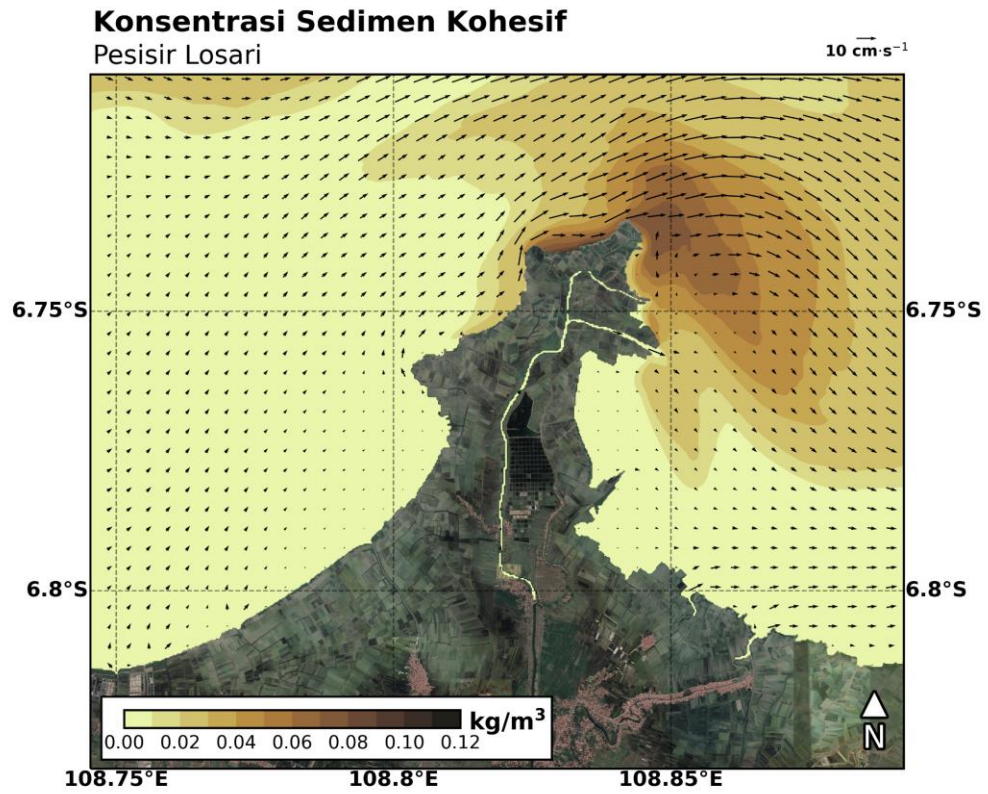


Gambar 4.40 Suhu permukaan laut rata-rata musim barat

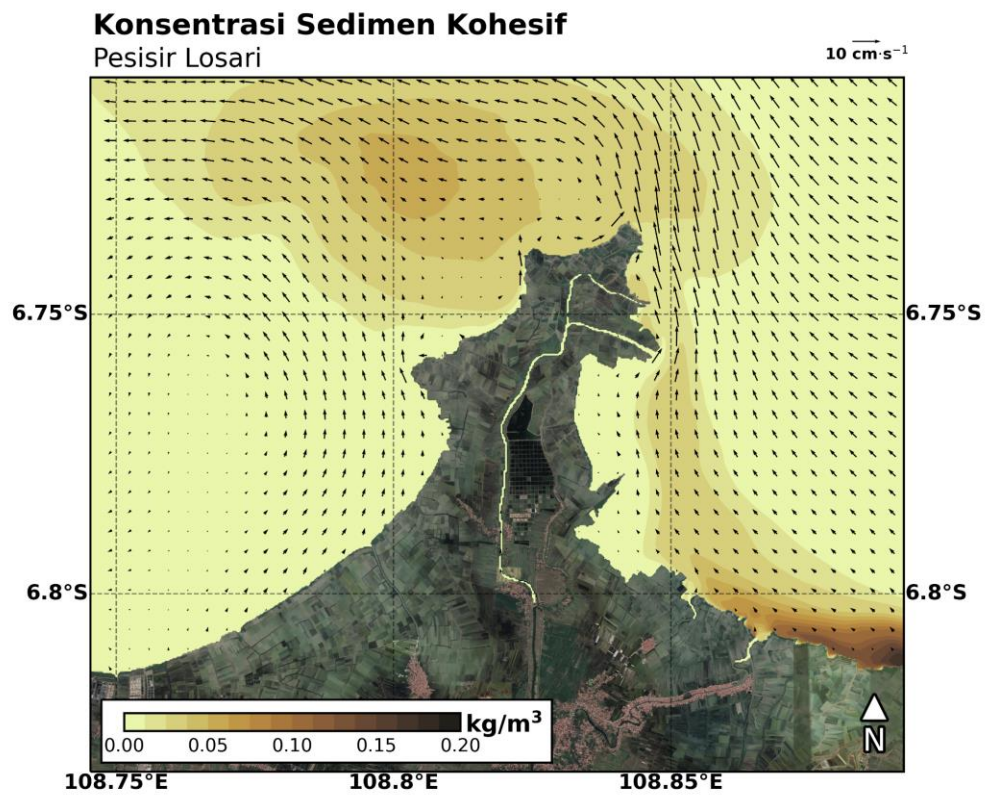


Gambar 4.41 Suhu Permukaan Laut Rata-Rata musim timur

Pola musiman konsentrasi sedimen kohesif di perairan Losari dapat meninjau Gambar 4.42 untuk musim barat dan Gambar 4.43 untuk musim timur. Input sungai hanya diwakili oleh dua sungai di area Losari, satu sungai di bagian utara, dan dua sungai besar yang berada di area perbatasan Losari dan Brebes. Pergerakan sedimen pada dasarnya mengikuti arah gerak massa air atau arus. Pada musim barat, tampak rata-rata pergerakan sedimen menuju arah timur dengan konsentrasi hingga $0,1 \text{ kg/m}^3$ di daratan paling utara atau perbatasan Losari-Brebes. Di sisi lain, musim timur menunjukkan rata-rata konsentrasi yang lebih rendah dengan nilai hingga $0,05 \text{ kg/m}^3$ di bagian utara Losari. Tidak teramati konsentrasi sedimen yang signifikan selain area paling timur domain kajian (wilayah Brebes) yang dapat mencapai $0,2 \text{ kg/m}^3$. Pada musim timur, arus relatif bergerak ke utara dan barat.

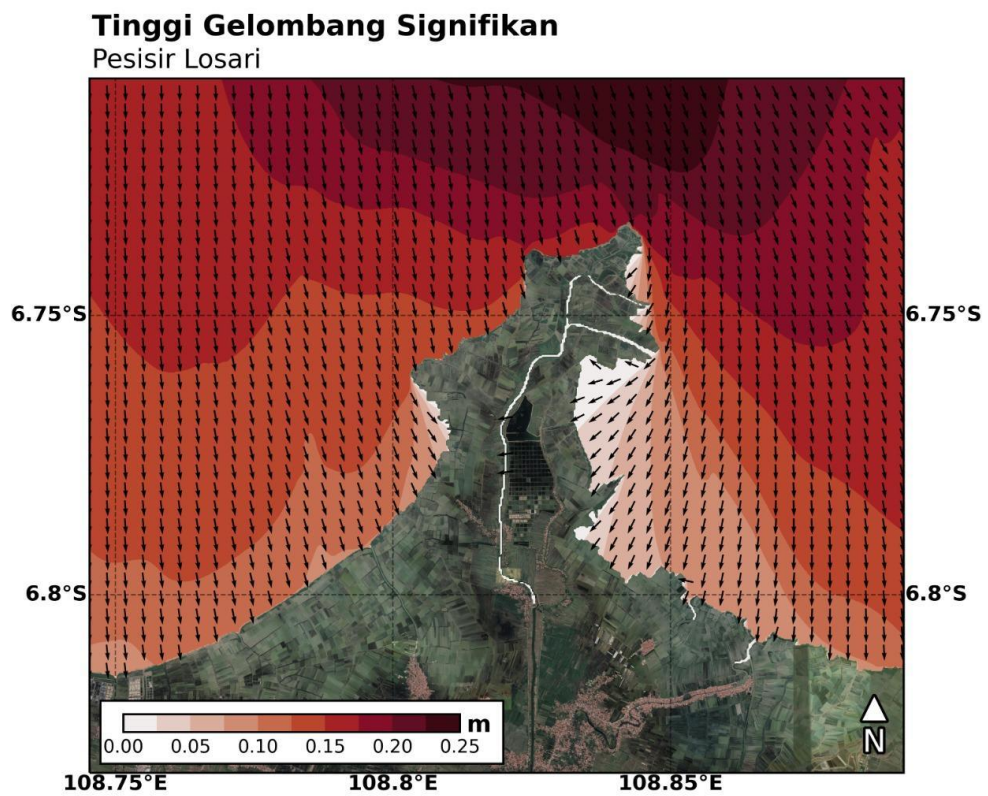


Gambar 4.42 Pola sedimen kohesif dan arus permukaan musim barat



Gambar 4.43 Pola sedimen kohesif dan arus permukaan musim timur

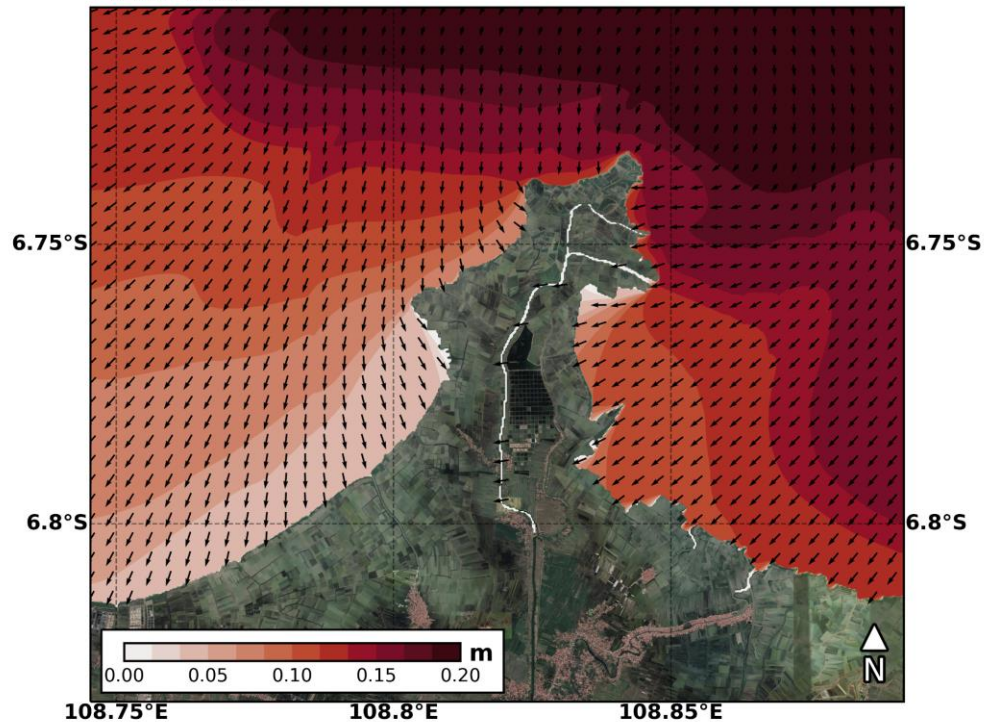
Gelombang musiman secara spasial di daerah Losari dapat diamati pada Gambar 4.44 - 4.45. Baik pada musim barat dan musim timur, arah gelombang relatif bergerak mendekati area pesisir (arah selatan). Namun pada musim timur dimana angin berhembus dari arah timur mengakibatkan pola gelombang di perbatasan bagian timur Losari hingga Brebes, gelombang bergerak ke arah barat daya. Pada musim barat, rata-rata gelombang mencapai tinggi 25 cm sedangkan pada musim timur gelombang paling tinggi mencapai 20 cm atau lebih rendah 5 cm. Dapat teramati secara jelas bahwa di area pesisir Losari, gelombang menjadi lebih rendah di musim timur.



Gambar 4.44 Arah dan tinggi gelombang signifikan rata-rata musim barat

Tinggi Gelombang Signifikan

Pesisir Losari



Gambar 4.45 Arah dan tinggi gelombang signifikan rata-rata musim timur

4.4. Mangrove

4.4.1. Kajian Kerapatan, Tutupan, dan Indeks Nilai Penting

Kajian kawasan mangrove dilaksanakan di kecamatan Losari, Kabupaten Cirebon. Penentuan lokasi transek didahului dengan menentukan titik pengamatan berdasarkan gambaran pada google earth. Lokasi yang terlihat cukup representatif di google earth nyatanya tidak selau berkesesuaian dengan keadaan di lapangan. Beberapa lokasi ternyata tidak dapat dijadikan sebagai daerah transek karena luasannya tidak mencapai 100 m^2 . Berdasarkan data yang dihimpun, dilakukan perhitungan kerapatan mangrove yang kemudian diolah untuk mendapatkan Indeks Nilai Penting (INP). Pengkategorian INP dihitung menggunakan perumusan yang tertera pada subbab 3.4 dan hasilnya dirangkum pada Tabel 4.5. Sedangkan untuk perhitungan kerapatan mangrove dan INP dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Pengelompokan kategori INP berdasarkan jenis di tiap lokasi survei

Desa Ambulu				
Jenis	I_z	Tinggi	Sedang	Rendah
Pohon	100	$INP \geq 200$	$100 < INP < 200$	$INP \leq 100$
Pancang	66.67	$INP \geq 133,33$	$66,67 < INP < 133,33$	$INP \leq 66,67$
Semai	33.33	$INP \geq 66,67$	$33,33 < INP < 66,67$	$INP \leq 33,33$

Desa Kalirahayu				
Jenis	I_z	Tinggi	Sedang	Rendah
Pohon	100	$INP \geq 200$	$100 < INP < 200$	$INP \leq 100$
Pancang	24.17	$INP \geq 48,33$	$24,17 < INP < 48,33$	$INP \leq 24,17$
Semai	48.33	$INP \geq 96,67$	$48,33 < INP < 96,67$	$INP \leq 48,33$

Tabel 4.6 Kerapatan relatif (KR), Frekuensi relatif (FR), Dominansi relatif (DR), Indeks Nilai Penting (INP), serta Kategori INP berdasarkan hasil pengukuran lapangan

Desa Ambulu						
Tingkat	Jenis	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP	Kategori INP
Pohon	<i>Avicennia</i> sp.	100	100	100	300	Tinggi
	<i>Rhizophora</i> sp.	0	0			
Pancang	<i>Avicennia</i> sp.	100	100		200	Tinggi
	<i>Rhizophora</i> sp.	0	0			

Desa Kalirahayu						
Tingkat	Jenis	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP	Kategori INP
Pohon	<i>Avicennia</i> sp.	100	100	100	300	Tinggi
	<i>Rhizophora</i> sp.	0	0			
Pancang	<i>Avicennia</i> sp.	97.5	75		72,5	Tinggi
	<i>Rhizophora</i> sp.	2.5	25			
Semai	<i>Avicennia</i> sp.	70	75		145	Tinggi
	<i>Rhizophora</i> sp.	30	25			

Kondisi hutan mangrove di lokasi kajian memiliki vegetasi dari jenis api-api (*Avicennia* sp.) dan bakau (*Rhizophora* sp.). Pada lokasi kajian di Desa Ambulu (stasiun 1 dan 2) didapati bahwa komunitas mangrove sangat didominasi oleh mangrove jenis *Avicennia* sp. dengan dominansi relatif bernilai 100% baik pada tingkat pohon, pancang, maupun semai. Pada lokasi kajian di Desa Kalirahayu (stasiun 3 dan 4), mangrove jenis *Avicennia* sp. masih mendominasi komunitas mangrove. Namun, pada tingkat pancang dan semai terdapat mangrove jenis *Rhizophora* sp. yang juga hidup dalam komunitas tersebut. Pertumbuhan *Avicennia* sp yang lebih cepat dan cenderung

memiliki kanopi yang luas membuat pertumbuhan mangrove jenis lainnya, dalam hal ini *Rhizophora* sp., menjadi terhambat.

Mengacu pada kepmen KLHK no 201 tahun 2004, kriteria kawasan mangrove yang baik memiliki kerapatan ≥ 1000 pohon per hektar. Berdasarkan kriteria tersebut, kawasan mangrove di Desa Ambulu dikategorikan baik atau sangat padat, sedangkan di Kalirahayu masuk kategori rusak atau jarang (Tabel 3.2). Meskipun demikian, kerapatan pada tingkat pancang maupun semai di Desa Kalirahayu lebih tinggi dari pada di Desa Ambulu. Spesies mangrove di Kalirahayu juga lebih bervariasi daripada di Ambulu, sehingga kawasan mangrove di desa Kalirahayu masih sangat potensial untuk menjadi kawasan mangrove berkriteria baik. Hal ini juga tergambar pada Tabel 4.5 dimana INP jenis pancang dan semai di Kalirahayu memiliki kategori sedang hingga tinggi. Menurut Sofian dkk (2012), analisis INP menggambarkan pengaruh suatu jenis dalam komunitas mangrove yang dapat disebabkan oleh kerapatan, frekuensi atau besar kecilnya dominansi vegetasi mangrove. Dalam Suryawan (2007) dijelaskan bahwa jenis-jenis yang memperoleh INP tinggi berarti lebih menguasai habitatnya.

Masih berdasarkan kriteria baku kerusakan mangrove pada Tabel 3.2, dinyatakan bahwa kawasan mangrove dengan tutupan ≥ 75 % dikategorikan sebagai kawasan yang sangat padat. Berdasarkan hasil analisis tutupan menggunakan metode *hemispherical photography*, didapati bahwa tutupan mangrove di lokasi kajian lebih dari 80% sehingga masuk kategori sangat padat. Hasil ini berbeda jika dibandingkan dengan parameter kerapatan dimana wilayah Kalirahayu dikategorikan sebagai wilayah dengan mangrove yang jarang. Hal ini bisa terjadi karena mangrove dominan, yakni *Avicennia* sp., memiliki kanopi lebar sehingga meskipun jumlah individu (kerapatan) tidak banyak, namun kanopi tersebut dapat menutupi lahan vegetasi tersebut dari sinar matahari.

Tabel 4.7 Kerapatan mangrove di area kajian

Tingkat	Jenis	Kerapatan	
		Ambulu	Kalirahayu
Pohon	<i>Avicennia</i> sp.	1,750	550
	<i>Rhizophora</i> sp.	-	-
Pancang	<i>Avicennia</i> sp.	2,900	5,750
	<i>Rhizophora</i> sp.	-	50
Semai	<i>Avicennia</i> sp.	200	900
	<i>Rhizophora</i> sp.	-	150

Tabel 4.8 Kondisi mangrove di wilayah kajian

Lokasi	Tutupan (%)		Kerapatan (pohon/ha)	
Ambulu	84,16	Sangat Padat	1.750	Sangat Padat
Kalirahayu	81,46	Sangat Padat	550	Jarang

4.4.2. Indeks Kesesuaian Konservasi

Selain peninjauan indeks nilai penting, dilakukan juga analisis kesesuaian lahan konservasi mangrove. Indeks kesesuaian berikutnya yang dikaji adalah Indeks Kesesuaian Kawasan Konservasi (IKK). Berbeda dengan IKW, IKK diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yakni sangat sesuai (S3), sesuai (S2), sesuai dengan catatan (S1), dan tidak sesuai (N) sebagaimana yang dilakukan oleh Widyawati dkk. (2018). Hasil analisis kesesuaian konservasi pantai mangrove dapat dilihat pada Tabel 4.10 dimana parameter ketebalan mangrove, mayoritas stasiun memiliki ketebalan antara 50 - 100 m sehingga memiliki skor 5. Namun pada stasiun 3, ketebalan mangrove hanya mencapai 28 m sehingga skor untuk parameter tersebut adalah nol. Pembobotan tiap parameter dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Kemudian pada parameter kerapatan mangrove, dapat kita lihat bahwa stasiun di Desa Ambulu memiliki skor lebih tinggi daripada Desa Kalirahayu. Kerapatan pohon di Desa Kalirahayu sebagaimana pada Tabel 4.6 memang lebih rendah. Namun untuk kerapatan pancang dan semai di Desa Kalirahayu nilainya lebih tinggi daripada Desa Ambulu. Pada parameter jenis mangrove, nilai di semua stasiun seragam karena jenis mangrove yang ditemui sama. Begitu pula pada parameter pasang surut dan biota. Biota yang ditemui pada lokasi kajian diantaranya adalah kadal, laba-laba, ikan tembakul, kelomang, kepiting, burung kuntul, dan burung trinil pantai.

Berdasarkan analisis diketahui bahwa semua stasiun dapat dikategorikan sebagai wilayah yang sesuai untuk konservasi mangrove meskipun dengan tingkat kesesuaian yang berbeda-beda. Stasiun dengan indeks paling sesuai (S1) berada di stasiun 1, indeks S2 berada di stasiun 2 dan 4, sedangkan stasiun 4 dikategorikan sesuai bersyarat (S3). Meskipun IKK di beberapa stasiun sudah dapat dikategorikan sebagai lokasi yang sesuai, namun masih memerlukan perbaikan. Berdasarkan Kepmen KLHK nomer 201 tahun 2004 dijelaskan bahwa sempadan mangrove adalah kawasan tertentu sepanjang pantai atau sungai yang ditumbuhi mangrove. Pada kondisi pantai yang berlumpur, sempadan mangrove adalah 100 meter dari garis pasang tertinggi, sedangkan pada daerah sungai adalah 50 meter ke arah kiri dan kanan dari kondisi

pasang. Kawasan sempadan mangrove ini mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian ekosistem. Berdasarkan survei lapangan yang telah dilakukan, sulit ditemui daerah sempadan sepenuhnya bebas dari pemanfaatan oleh masyarakat sebagai tambak.

Tabel 4.9 Hasil analisis kesesuaian lahan konservasi mangrove

No.	Parameter	Ambulu		Kalirahayu	
		ST. 1	ST. 2	ST. 3	ST. 4
1	Ketebalan Mangrove (m)	20	20	0	20
2	Kerapatan Mangrove (100 m ²)	60	40	0	20
3	Jenis Mangrove	10	10	10	10
4	Pasang Surut (m)	15	15	15	15
5	Biota	30	30	20	20
6	Substrat Dasar	30	30	20	30
7	Kemiringan (%)	15	15	15	15
8	Jarak dari Sungai (m)	0	0	0	0
9	Kealamiahn obyek biota	20	20	20	20
10	Kecepatan Arus (m/dt)	15	15	15	15
Total		215	195	115	165
IKK (%)		75,44	68,42	40,35	57,89
Tingkat Kesesuaian		S1	S2	S3	S2

Keterangan :

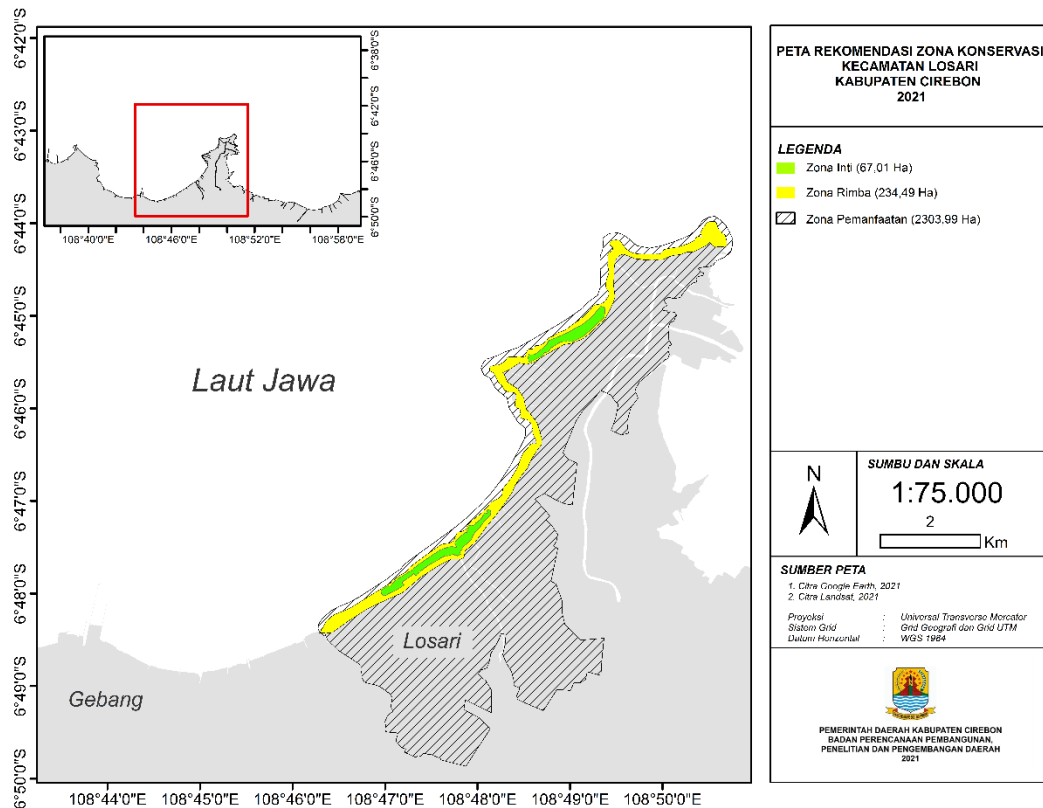
- Sangat sesuai (S1) : $IKK > 75,3 \%$
- Sesuai (S2) : $50,3 \% \leq IKK \leq 75,3 \%$
- Sesuai bersyarat (S3) : $25,3 \% \leq IKK \leq 50,3 \%$
- Tidak sesuai (N) : $IKK < 25,3 \%$

4.4.3. Kawasan Konservasi

Pengelompokan zona konservasi tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.76 tahun 2015. Dalam peraturan tersebut, pengelolaan zona konservasi terdiri dari (a) zona inti, (b) zona rimba, (c) zona pemanfaatan, dan/atau (d) zona lainnya sesuai dengan keperluan. Sedangkan dalam permen KP no. 23 tahun 2016, Kawasan Konservasi Pesisir dan Pulau-pulau Kecil (KKP3K) dijabarkan dalam tiga zona, yakni (a) zona inti, (b) zona pemanfaatan terbatas, dan (c) zona lainnya sesuai dengan peruntukan kawasan.

Berdasarkan hasil analisis citra satelit, drone, dan juga transek mangrove yang telah dilakukan, tim peneliti merekomendasikan zona inti kawasan konservasi mangrove di Kecamatan Losari dipusatkan di Desa Ambulu (38,11 hektar) dan sebagian Desa Kalirahayu (28,9 hektar) mengingat terdapat konsentrasi komunitas

vegetasi mangrove yang padat di daerah tersebut dan memiliki nilai indeks kesesuaian kawasan konservasi yang bagus. Zona berikutnya adalah zona rimba seluas 234,5 hektar yang mengelilingi zona inti. Zona ini memanjang di sepanjang pantai Kecamatan Losari dan masih ditemukan mangrove yang cukup, namun tidak terkonsentrasi. Pada saat survey, tim menjumpai pula beberapa telur burung dan sarang di zona ini. Zona terluar adalah zona pemanfaatan seluas 2304 hektar yang mengelilingi zona rimba dan zona inti. Luas total kawasan konservasi yang direkomendasikan adalah 2605 hektar.

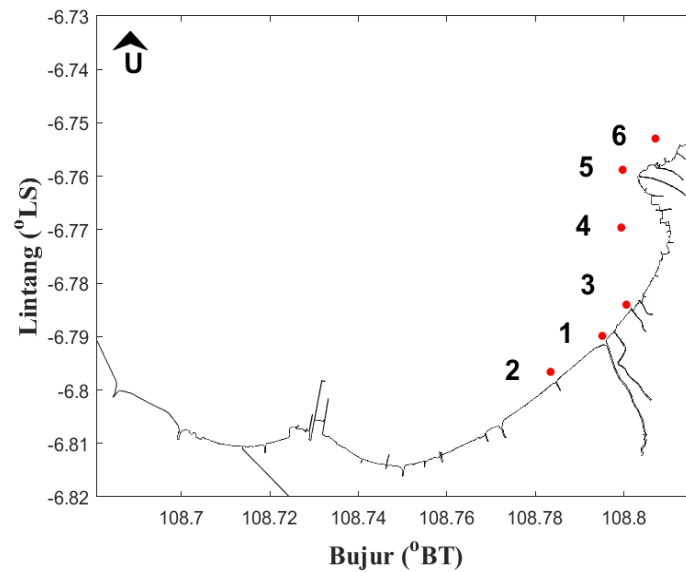


Gambar 4.46 Peta Rekomendasi Zona Konservasi Mangrove, Kecamatan Losari

4.5. Kualitas Air Laut

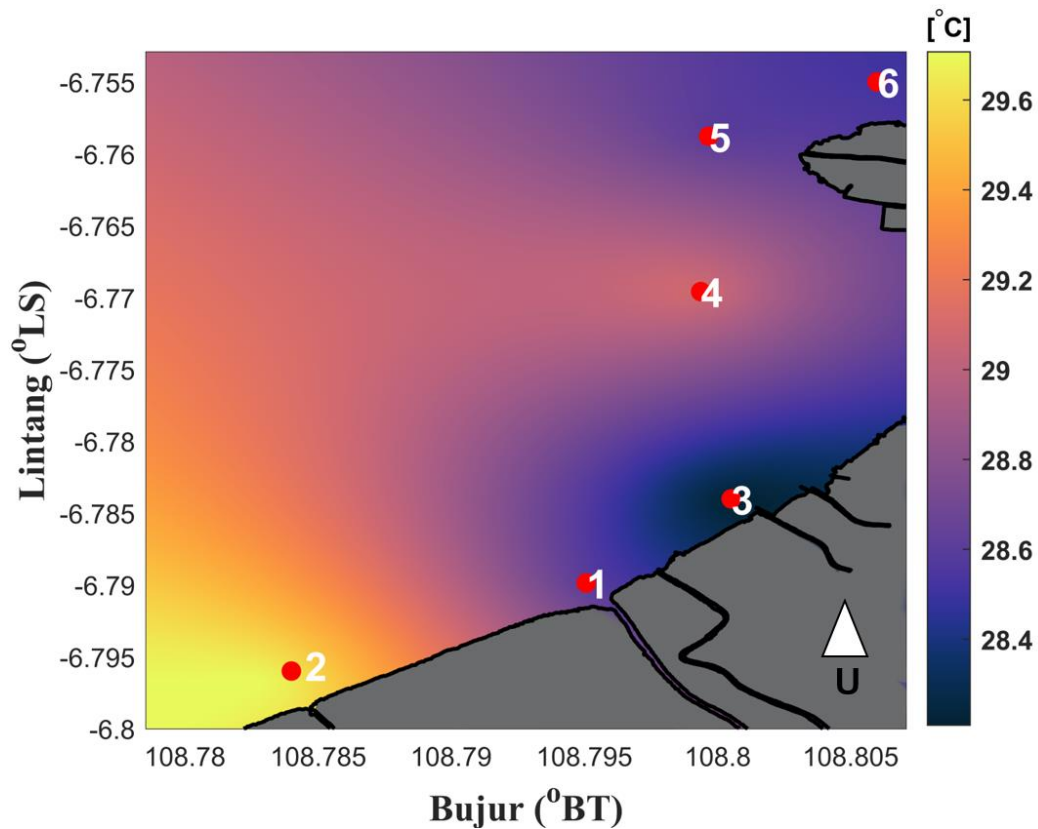
Pengukuran kualitas air laut dilakukan di Kecamatan Losari terutama di Desa Ambulu, Desa Kalisari, dan Desa Kalirahayu pada tanggal 2 September 2021. Pengukuran dilakukan pada 6 titik yang ditunjukkan pada Gambar 4.47. Metode pengukuran dilakukan secara insitu dan ex-situ. Pengukuran in-situ merupakan pengukuran kualitas air laut yang langsung dilakukan menggunakan alat *Water Quality Checker* (WQC) setelah sampel air diambil dari laut. Parameter yang diukur secara insitu seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, pH, dan TDS (*Total Dissolved Solid*). Sedangkan pengukuran ex-situ adalah pengukuran kualitas air laut dengan mengambil sampel air kemudian dimasukkan ke dalam sebuah botol dan disimpan dalam lemari

pendingin atau *cool box* setelah itu dilakukan analisis meliputi konsentrasi nitrat, fosfat, dan TSS (*Total Suspended Solid*).



Gambar 4.47 Titik pengukuran data KAL di Losari

Gambar 4.48 menunjukkan distribusi suhu permukaan di Kecamatan Losari yang berkisar 28,5 - 29,7 °C. Nilai temperatur paling tinggi terletak di titik 2 sedangkan nilai temperatur paling rendah terletak di titik 3. Distribusi temperatur pada Gambar 4.48 menunjukkan nilai temperatur di Desa Ambulu lebih tinggi jika dibandingkan Desa Kalisari dan Desa Kalirahayu. Gambar 4.49 menunjukkan distribusi salinitas permukaan yang berkisar 28 - 32 ‰. Distribusi nilai salinitas paling tinggi berdasarkan data pengukuran terletak di Desa Kalirahayu yang diwakili oleh titik 5 dan 6 dengan nilai masing - masing 30,1 ‰ dan 32 ‰. Nilai 32 ‰ relatif tinggi jika dibandingkan dengan nilai salinitas di Desa Ambulu dan Desa Kalisari.

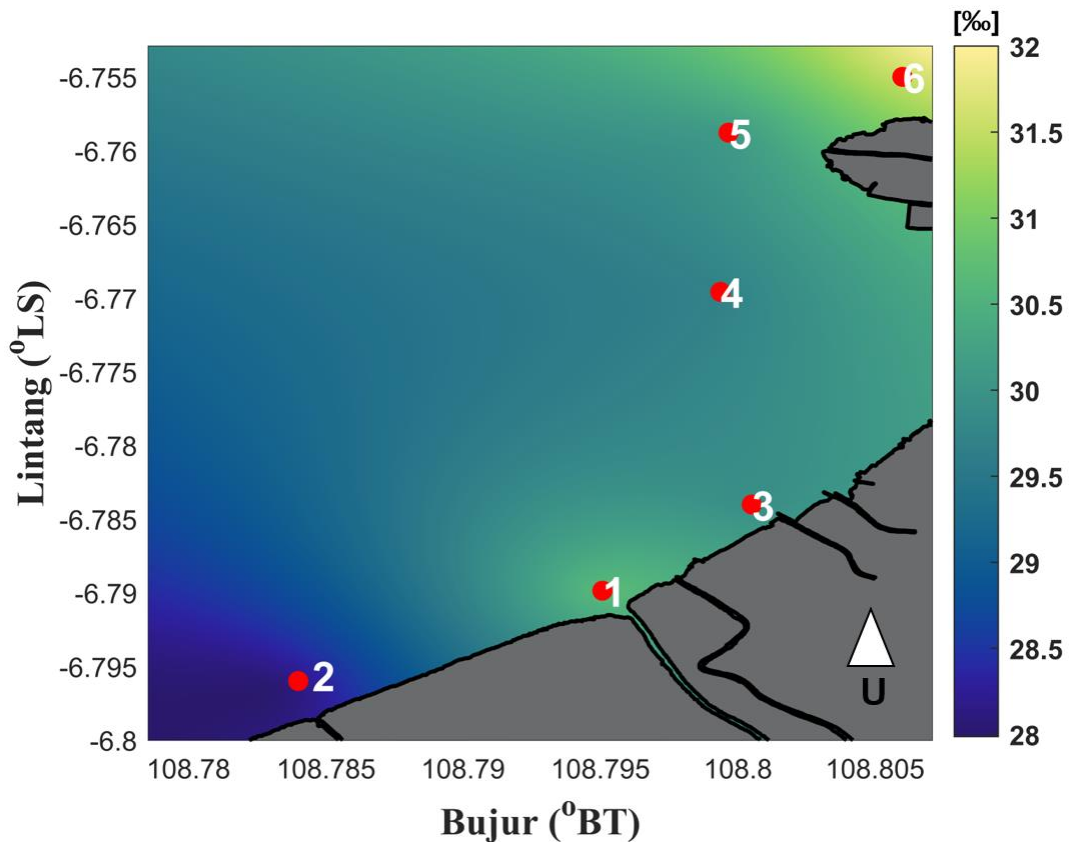


Gambar 4.48 Distribusi suhu permukaan

Perbedaan nilai temperatur tinggi dan nilai salinitas rendah di Desa Ambulu jika dibandingkan dengan Desa Kalirahayu dan Kalisari yang menunjukkan nilai berlawanan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti adanya aliran air tawar yang berasal dari muara beberapa sungai. Jika dilihat secara geografis, sungai di Desa Ambulu lebih besar dibandingkan Desa Kalisari dan Kalirahayu. Selain itu faktor lain yang dapat mempengaruhi adalah pipa atau aliran yang menghubungkan tambak dengan laut atau sungai. Namun untuk menganalisis kebenaran apakah faktor tersebut mempengaruhi perbedaan nilai temperatur dan salinitas di ketiga desa tersebut, perlu dilakukan pengukuran dan analisis kualitas air laut di sekitar tambak.

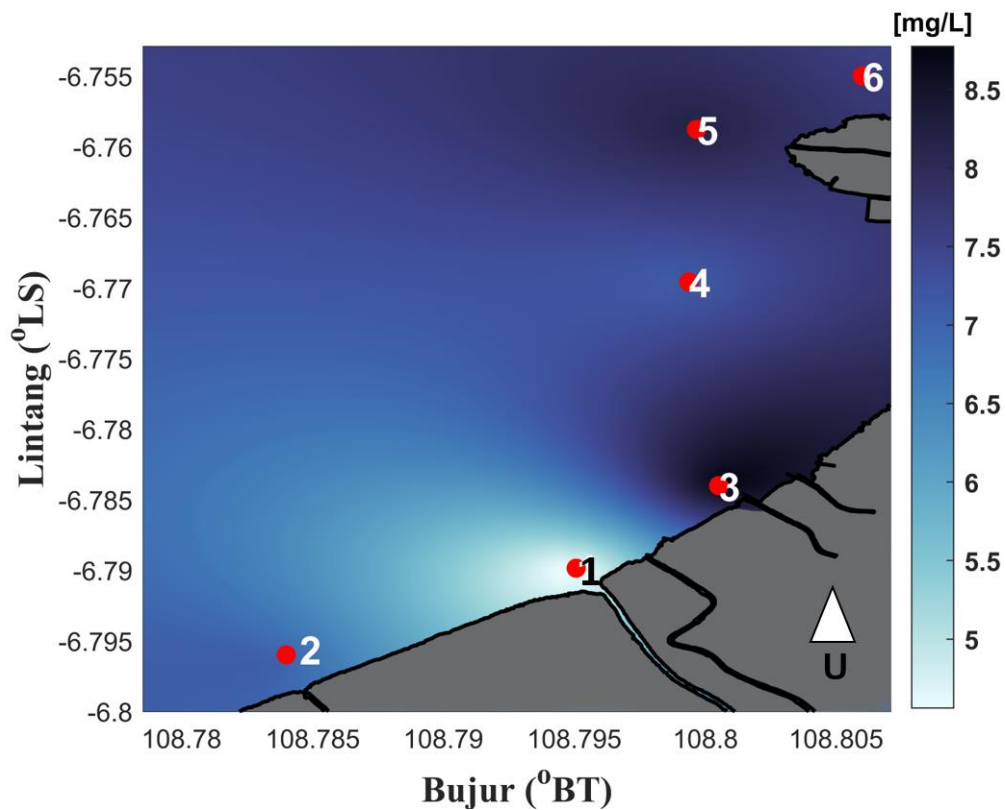
Berdasarkan baku mutu kualitas air laut yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri KLHK No. 51 tahun 2004 menunjukkan untuk parameter temperatur dan salinitas tidak memiliki rentang khusus untuk menentukan kesehatan air laut. Sedangkan baku mutu temperatur dan salinitas untuk budidaya mangrove menurut Keputusan Menteri KLHK No. 51 tahun 2004 masing - masing memiliki ambang batas 28 - 32 °C dan nilai maksimum 34 ‰. Jika ditinjau dari distribusi temperatur dan salinitas permukaan yang ditunjukkan pada

Gambar 4.48 dan Gambar 4.49, Desa Ambulu, Desa Kalisari, dan Desa Kalirahayu masih memenuhi baku mutu untuk dilakukan budidaya atau penanaman mangrove di sekitar pesisir.



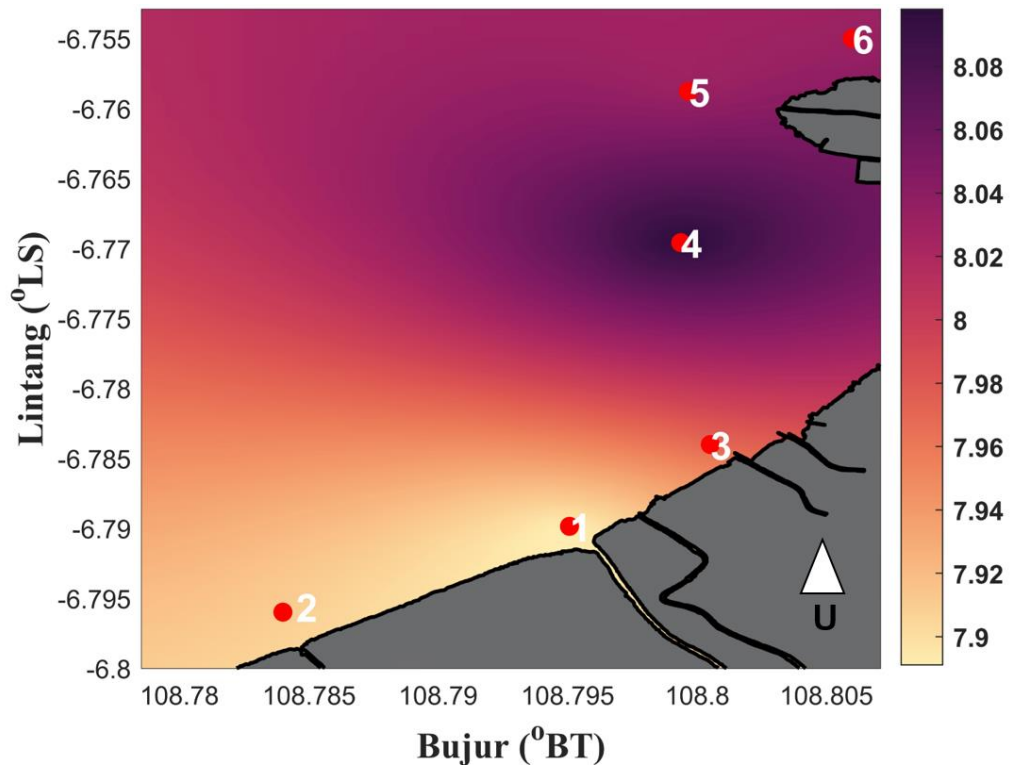
Gambar 4.49 Distribusi salinitas permukaan

Gambar 4.50 menunjukkan distribusi oksigen terlarut di permukaan. Nilai oksigen terlarut berdasarkan hasil pengukuran pada 6 titik tersebut memiliki rentang 4,4 - 7,5 mg/L. Nilai oksigen terendah berada di titik 1 atau terletak di Desa Ambulu. Berdasarkan Keputusan Menteri KLHK No. 51 tahun 2004 menunjukkan ambang batas untuk nilai oksigen terlarut dalam suatu perairan adalah lebih dari 5 mg/L. Hal ini menunjukkan pada titik 1, memiliki nilai oksigen terlarut dibawah ambang batas tersebut. Sedangkan oksigen terlarut pada kelima titik lainnya menunjukkan nilai berkisar 7,1 - 8,8 mg/L atau melebihi ambang batas yang telah ditetapkan kepmen KLHK. Rendahnya nilai oksigen terlarut di titik 1 yang merupakan daerah muara dari sungai di Desa Ambulu dapat dipengaruhi oleh adanya inputan limbah peternakan, bahan bakar atau limbah kapal nelayan, maupun tambak yang berasal dari sungai. Namun, untuk memastikan asumsi penyebab rendahnya nilai oksigen terlarut tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan pengukuran kualitas air laut di sekitar dermaga kapal, tempat pembuangan limbah peternakan, dan daerah tambak.

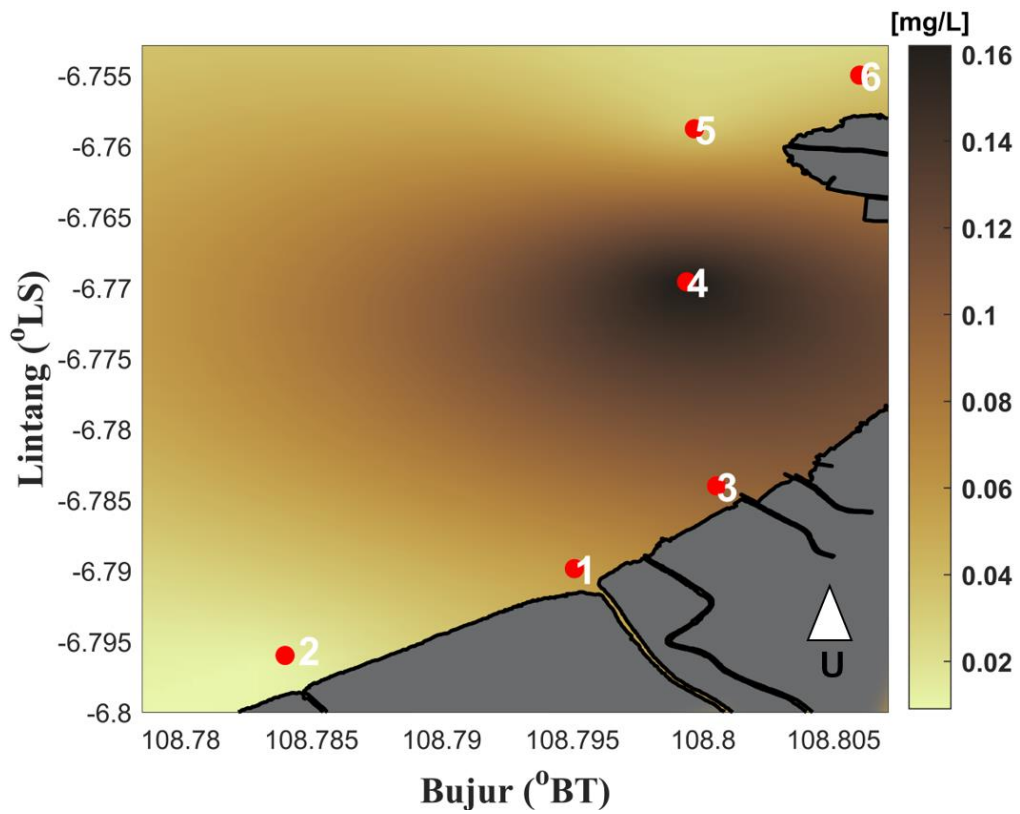


Gambar 4.50 Distribusi oksigen terlarut permukaan

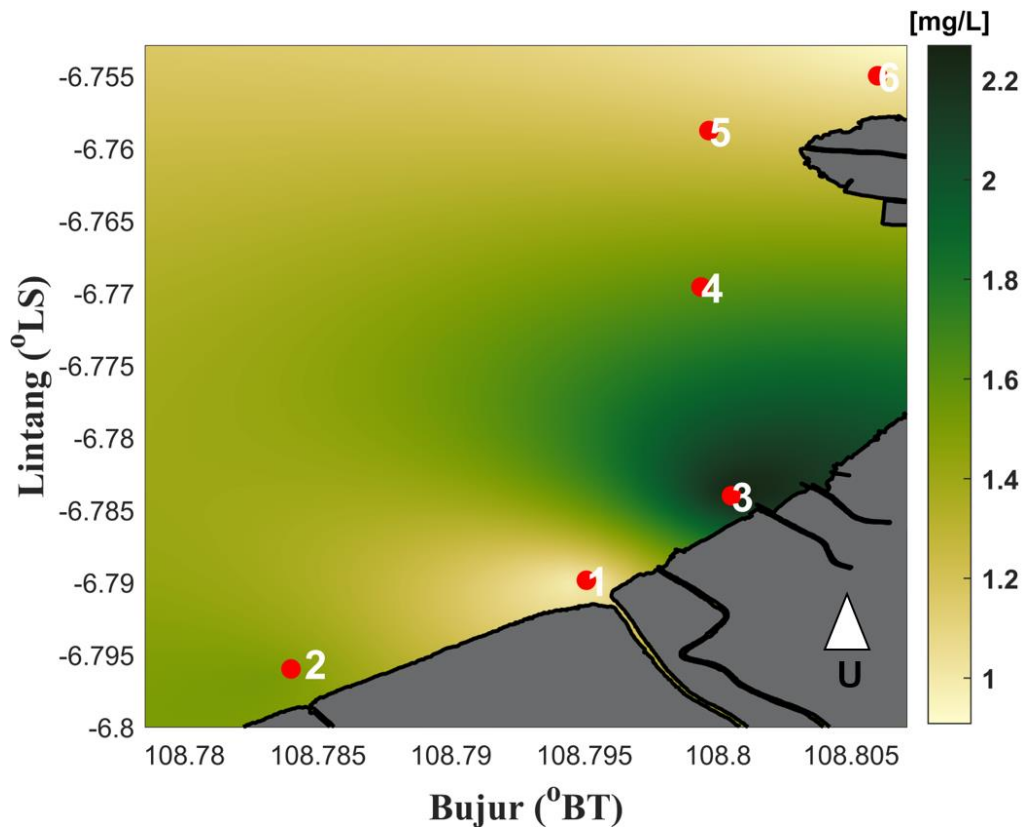
Distribusi nilai pH permukaan ditunjukkan pada Gambar 4.51 yang berkisar 7,89 - 8,09. Gambar 4.51 menunjukkan nilai pH paling tinggi berada di sekitar titik 4 atau di Desa Kalisari. Sedangkan nilai pH di Desa Ambulu paling rendah diantara kedua desa lainnya yaitu berkisar 7,89 - 7,98. Nilai ambang batas untuk parameter pH pada suatu perairan berdasarkan Keputusan Menteri KLHK No.51 Tahun 2004 dalam rentang 7 - 8,5. Sehingga distribusi nilai pH permukaan di Kecamatan Losari yang diwakilkan oleh 6 titik pengukuran tersebut menunjukkan nilai yang baik atau masih dalam rentang ambang batas untuk kesehatan air laut maupun budidaya penanaman mangrove.



Gambar 4.51 Distribusi pH di permukaan



Gambar 4.52 Distribusi konsentrasi fosfat di permukaan

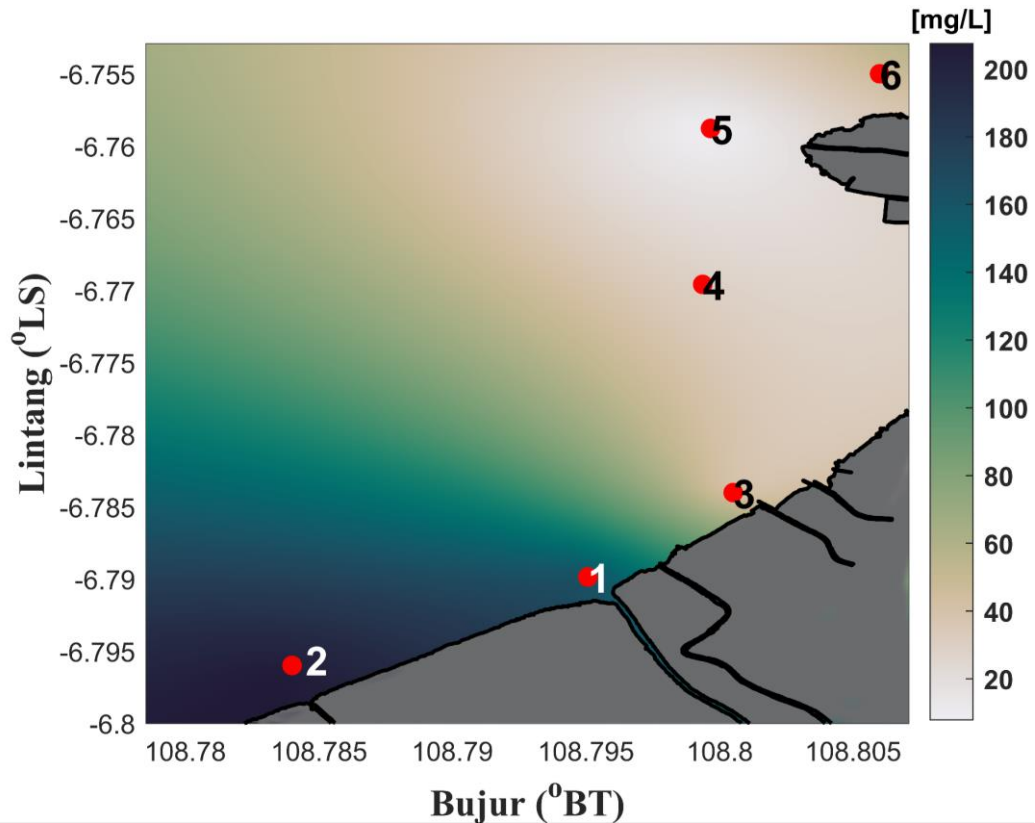


Gambar 4.53 Distribusi nitrat di permukaan

Parameter kualitas air laut yang diukur dengan metode ex-situ pada Gambar 4.52 menunjukkan distribusi fosfat permukaan di Kecamatan Losari yang diwakilkan dengan 6 titik pengukuran tersebut. Distribusi fosfat permukaan berkisar 0.01 - 0.16 mg/L. Konsentrasi fosfat di Desa Kalisari paling tinggi terutama di titik 4 dibandingkan di Desa Ambulu dan Desa Kalirahayu. Baku mutu nilai fosfat untuk biota laut berdasarkan Keputusan Menteri KLHK No. 51 tahun 2004 bernilai 0,015 mg/L. Hal ini menunjukkan nilai konsentrasi orthofosfat di sekitar Desa Ambulu terutama pada titik 2 di bawah ambang batas aman untuk habitat biota laut. Sedangkan konsentrasi nitrat permukaan pada Gambar 4.53 dalam rentang 0,45 - 2,28 mg/L. Nilai konsentrasi nitrat di Desa Kalisari paling tinggi jika dibandingkan dengan kedua desa lainnya. Berdasarkan Keputusan Menteri KLHK No. 51 tahun 2004 batas ambang parameter nitrat untuk biota laut dalam suatu perairan adalah 0,008 mg/L. Sehingga nilai konsentrasi nitrat di perairan sekitar Desa Ambulu, Desa Kalisari, dan Desa Kalirahayu masih dalam kondisi yang baik.

Konsentrasi fosfat dan nitrat merupakan parameter kimia yang sangat penting untuk sebagai zat pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton dalam suatu perairan. Semakin tinggi konsentrasi fosfat dan nitrat dalam suatu perairan maka akan mempengaruhi

kelimpahan fitoplankton, yang secara otomatis juga akan mempengaruhi kelimpahan zooplankton sebagai zat makananan alami ikan. Selain itu, konsentrasi fosfat dan nitrat juga merupakan nutrisi utama yang menentukan kestabilan pertumbuhan vegetasi seperti mangrove.



Gambar 4.54 Distribusi TSS di permukaan

Distribusi konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) permukaan pada Gambar 4.54 berkisar kurang dari 7 hingga 207 mg/L. *Total Suspended Solid* atau total padatan tersuspensi merupakan padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik. Distribusi TSS tertinggi berada di sekitar Desa Ambulu berkisar 163 - 207 mg/L. Sedangkan distribusi TSS di Desa Kalisari dan Desa Kalirahayu nilainya dibawah 60 mg/L. Nilai ambang batas untuk TSS berdasarkan Keputusan Menteri KLHK No. 51 adalah 20 mg/L, sehingga dari titik-titik pengukuran tersebut hanya nilai TSS pada titik 5 atau di Desa Kalirahayu yang memenuhi batas ambang tersebut.

BAB V

PENUTUP

Laporan Akhir Kegiatan merangkum latar belakang, studi pustaka, metodologi, dan hasil terkait kegiatan survei dan pelaksanaan survei di Kecamatan Losari dan Gunungjati. Fokus utama dari laporan ini adalah hasil dari kegiatan yang telah dilakukan dalam melakukan kajian. Selain itu, dalam Laporan Akhir juga memberikan beberapa hasil lanjutan yang merupakan pengembangan dari hasil dari Laporan Pendahuluan dan Laporan Antara yang telah dikerjakan sebelumnya.

Berdasarkan hasil akhir *Kajian Pembentukan Kawasan Konservasi Mangrove dan Proyeksi Laju Pembentukan Akresi dan Abrasi di Pesisir Kabupaten Cirebon*, dapat dirangkum beberapa hal sebagai berikut.

Dalam kajian ini, diperoleh hasil orthomosaic pada beberapa area fokus kajian sebagai hasil dari pemetaan foto udara. Orthomosaic yang dihasilkan memiliki resolusi (2,20 cm/pixel) dan akurasi (0,09 m) yang sangat baik. Secara garis besar, vegetasi terindikasi di sepanjang pesisir Ambulu, Kalisari, Gunungjati, terindikasi menyebar di Kalirahayu dan terindikasi mengikuti jalur sepanjang sungai Ambulu. Luas tutupan mangrove dihitung melalui citra satelit setelah dilakukan perbandingan dengan hasil orthomosaic foto udara. Luas tutupan mangrove pada kondisi faktual berkisar antara 42%-75% (rata-rata 60%) dari hasil luas tutupan berdasarkan citra satelit. Pesisir Gunungjati, Kalirahayu, Ambulu dan Kalisari mengalami perubahan area vegetasi secara fluktuatif selama 5 tahun terakhir. Mangrove di pesisir Gunungjati bertambah sekitar 2,5 ha dan di Ambulu-Kalisari bertambah 2 ha, tetapi daerah Kalirahayu justru kehilangan area mangrove sekitar 3 ha. Daerah lain seperti kawasan mangrove di daerah Mundu bertambah hingga 3,5 ha dari tahun 2017 hingga 2021.

Hasil analisis data citra satelit dan pemanfaatan algoritma NDVI menunjukkan adanya variabilitas spasial dan temporal garis pantai di pesisir Kabupaten Cirebon dalam 25 tahun terakhir (1996-2021). Secara umum Kabupaten Cirebon didominasi oleh proses akresi atau penambahan garis pantai dengan rentang 0-10 m/tahun. Terdapat erosi yang cukup signifikan pada area Pangenan dan Losari yang dapat mencapai -30 m/tahun dan -50 m/tahun. Seluruh area pesisir Kabupaten Cirebon mengalami erosi yang besar (-10 m/tahun) pada periode 2000-2010 dan mengalami akresi yang besar (10 m/tahun) pada 2010-2021. Sementara dalam 25 tahun terakhir, tren perubahan garis pantai cenderung mengalami pertambahan dari waktu ke waktu, baik sebagai nilai akresi yang semakin membesar, maupun sebagai nilai erosi yang mengecil bahkan berubah menjadi akresi pada beberapa area. Hal ini bersesuaian juga dengan

hasil proyeksi garis pantai untuk 10 dan 20 tahun ke depan. Area pesisir Kabupaten Cirebon, secara keseluruhan, berpotensi mengalami akresi, dengan bertambahnya luas pantai sekitar 300 ha untuk setiap 10 tahunnya. Namun area Losari berpotensi kehilangan lahan seluas 170 ha.

Model numerik yang digunakan cukup mewakili kondisi pasang surut, suhu permukaan air laut, perubahan sedimen, dan kondisi gelombang di sepanjang pesisir Kabupaten Cirebon berdasarkan nilai verifikasi di stasiun pasang surut Cirebon dan perbandingan hasil pengukuran ADCP. Elevasi pada area kajian memiliki rentang -0,4 m hingga 0,4 m dengan tunggang pasang surut kurang lebih 1 m. Kecepatan arus dapat mencapai 30-40 cm/s sedangkan di area pesisir Kabupaten Cirebon masih memiliki nilai di bawah 10 cm/s. Pada domain Losari, suhu permukaan laut selama musim barat berkisar antara 29,5°C hingga 32°C sedangkan pada musim timur suhu permukaan turun dengan rentang 29°C hingga 29,75 °C. Hasil simulasi sedimen menunjukkan adanya perubahan sedimen selama rentang waktu satu bulan dimana semakin banyak wilayah perairan yang menjadi area deposisi sedimen dengan ketebalan sedimen yang semakin bertambah hingga dapat mencapai 0,4 m. Baik pada musim barat dan musim timur, arah gelombang relatif bergerak ke arah selatan dengan rata-rata gelombang mencapai tinggi 25 cm sedangkan pada musim timur gelombang paling tinggi mencapai 20 cm.

Kondisi hutan mangrove di lokasi kajian memiliki vegetasi dari jenis api-api (*Avicennia* sp.) dan bakau (*Rhizophora* sp.). Pada lokasi kajian di pesisir Desa Ambulu didapati bahwa komunitas mangrove didominasi oleh mangrove jenis *Avicennia* sp. sedangkan di pesisir Desa Kalirahayu, mangrove jenis *Avicennia* sp. masih mendominasi komunitas mangrove dengan mangrove jenis *Rhizophora* sp. yang juga hidup dalam komunitas tersebut. Mengacu pada kepmen KLHK no 201 tahun 2004, kawasan mangrove di pesisir Desa Ambulu dikategorikan baik atau sangat padat, sedangkan di pesisir Desa Kalirahayu masuk kategori rusak atau jarang. Meskipun demikian, kerapatan pada tingkat pancang maupun semai dan variasi mangrove di pesisir Desa Kalirahayu lebih tinggi daripada di Desa Ambulu sehingga Kalirahayu berpotensi untuk menjadi kawasan mangrove ber kriteria baik. Berdasarkan Indeks Kesesuaian Wisata mangrove, pesisir Desa Ambulu masuk kategori sesuai dan pesisir Desa Kalirahayu belum sesuai sedangkan menurut Indeks Kesesuaian Kawasan Konservasi, dua lokasi pengamatan di pesisir Desa Ambulu masuk kategori sesuai, satu lokasi dengan kategori sesuai bersyarat dan satu kategori tidak sesuai berada di pesisir Desa Kalirahayu. Berdasarkan survei lapangan yang telah dilakukan, sulit ditemui daerah sempadan sepenuhnya bebas dari pemanfaatan oleh masyarakat sebagai tambak.

Pengambilan sampel air diambil di titik-titik yang merepresentasikan kualitas perairan di Desa Ambulu, Kalisari, dan Kalirahayu. Nilai pengukuran pH berada di rentang 7,89 - 8,09.

Nilai temperatur pada keenam stasiun memiliki nilai yang hampir sama, berkisar antara 28,5 - 29,7 °C. Salinitas hasil pengukuran berkisar antara 28 - 32 ‰. Hasil pengukuran terhadap parameter TDS sebagai indikator jumlah partikel baik organik maupun anorganik yang terlarut dalam air berkisar antara 3.140 dan 3.360 ppm. Parameter *dissolved oxygen* (DO) hasil pengukuran berkisar antara 4,4 - 7,5 mg/L. Konsentrasi fosfat dan nitrat yang sangat penting untuk sebagai zat pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton dalam suatu perairan berada pada rentang 0,01 - 0,16 mg/L dan 0,45-2,28 mg/L. Hampir semua titik pengamatan memiliki nilai yang berada dalam rentang baku mutu sesuai Keputusan Menteri No. 51 Tahun 2004.

Dengan adanya laporan akhir ini diharapkan dapat memenuhi tujuan dan sasaran awal dari kegiatan survei mengenai Kajian Pembentukan Kawasan Konservasi Mangrove dan Proyeksi Laju Pembentukan Akresi dan Abrasi di Pesisir Kabupaten Cirebon. Laporan Akhir Kegiatan dilengkapi oleh executive summary dan foto album peta yang disusun secara terpisah.

DAFTAR PUSTAKA

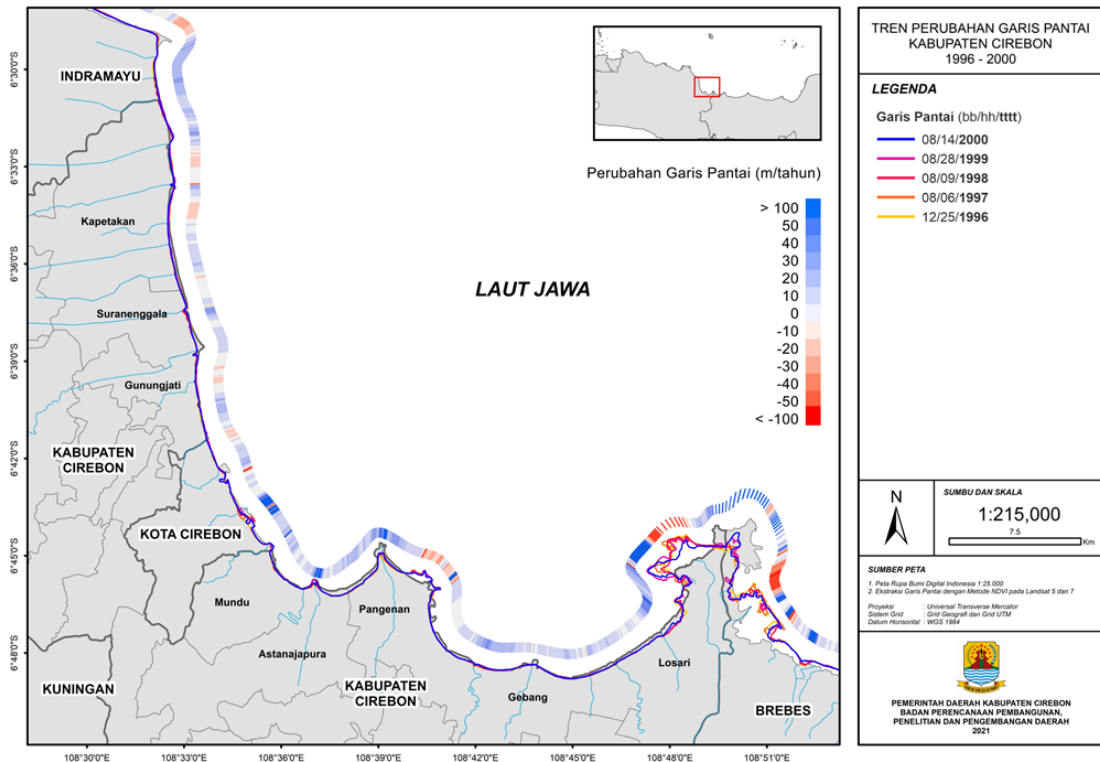
- Aryastana, P., Ardantha, I. M., & Candrayana, K. W. (2018). Coastline change analysis and erosion prediction using satellite images. *MATEC Web of Conferences*, 197.
- Astjario P, Harkins FX. (2005). Penelitian lingkungan pantai wilayah pesisir kabupaten Cirebon, Jawa Barat. 3 (2).
- Astjario, P., & Prabowo, H. (2016). Penelitian Lingkungan Pantai Wilayah Pesisir Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. *Jurnal Geologi Kelautan*, 3(2).
- Boak, E.H. and Turner, I.L., 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 688–703.
- Casella, E., Drechsel, J., Winter, C., Benninghoff, M., & Rovere, A. (2020). Accuracy of sand beach topography surveying by drones and photogrammetry. *Geo-Marine Letters*, 40(2), 255–268.
- Casella, E., Rovere, A., Pedroncini, A., Stark, C. P., Casella, M., Ferrari, M., & Firpo, M. (2016). Drones as tools for monitoring beach topography changes in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Geo-Marine Letters*, 36(2), 151–163.
- Chiang, Y. and S. Hsiao, 2011, Coastal Morphological Modeling, *Sediment Transport in Aquatic Environment*, **10**: 203-231.
- Del Río, L., Gracia, F. J., & Benavente, J. (2013). Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. *Geomorphology*, 196, 252–266. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.027>
- Edikusmanto, Ersan, B.N., Arief, D. (1996). Mengenal Direct Reading Acoustic Doppler Current Profiler. *Oseana*, Volume XXI, Nomor 3, 1996 : 1 – 11
- Esen, M., 2007, *An Implicit One-Line Numerical Model on Longshore Sediment Transport*, Thesis, Master of Science in Civil Engineering, Middle East Technical University.
- Fitriah, E., Maryuningsih, Y., Chandra, E., & Mulyani, A. (2013). Studi analisis pengelolaan hutan mangrove Kabupaten Cirebon. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 2(2), 73-92.
- Harahap, S. A., Purba, N. P., & Syamsuddin, M. L. (2019). Trend of coastline change for twenty years (1994-2014) in Cirebon, Indonesia. *World Scientific News*, 138(2), 79-92.
- Heriati, A. and Husrin, S., 2017, Perubahan garis Pantai di Pesisir Cirebon berdasarkan Analisis Spasial, Reka *Geomatika*, 2017(2): 52-60.

- Himmelstoss, E.A., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., and Farris, A. S. (2018). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018–1179.
- Kalther, J. and Itaya, A., 2020. Coastline changes and their effects on land use and cover in Subang, Indonesia, *Journal of Coastal Conservation*, 24(16): 1-9.
- Karang, I. W. G. A., Nagendra, I. W. M. D., Astaman, I. D. M. K. P., & Hendrawan, I. G. (2019). Pemetaan Habitat Perairan Dangkal Di Kawasan Padat Wisata Tanjung Benoa Bali Menggunakan Data Remote Sensing. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 13(2), 227.
- Kenedi, B.M., 2017. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Landsat di Pesisir Cirebon. Bogor, Indonesia: Institut Pertanian Bogor, Undergraduate's thesis, 45p.
- Kenedi. (2017). *Analisis Perubahan Garis Pantai menggunakan Citra Satelit Landsat di Pesisir Cirebon*. IPB undergraduate thesis program
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove
- Mangrove Action Project Indonesia. (2007). "Restorasi Hutan Bakau Berwawasan Ekologi". *Artikel Petunjuk Umum Restorasi Habitat Bakau*, hlm. 1–10.
- Morton, R.A., 2003, *An Overview of Coastal Land Loss: With Emphasis on The Southeastern United States*, Center for Coastal and Watershed Studies, U.S.G.S, St Petersburg, FL.
- Muhsoni, F. (2020). 14 Metode Survei Mangrove dan Menghitung Kerapatan, Frekuensi, Dominansi dan INP (Part 1). <https://www.youtube.com/watch?v=7cTsrcMEWWU> [diakses pada Mei 2021]
- Nugroho TS, Fahrudin A, Yulianda F, Bengen DG. 2019. Analisis kesesuaian lahan dan daya dukung ekowisata mangrove di Kawasan Mangrove Muara Kubu, Kalimantan Barat. *JPSL* 9(2): 483-497. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.9.2.483-497>
- Nurkhasanah, D., Ambariyanto, Suprijanto, J., Pusparini, N., & Prasetyo, B. (2019). The sediment distribution based on types of grain size in the Cirebon and Demak waters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 246(1).
- Nurkhasanah, D., Suprijanto, J., Pusparini, N., & Prasetyo, B. (2019, March). The sediment distribution based on types of grain size in the Cirebon and Demak waters. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 246, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.

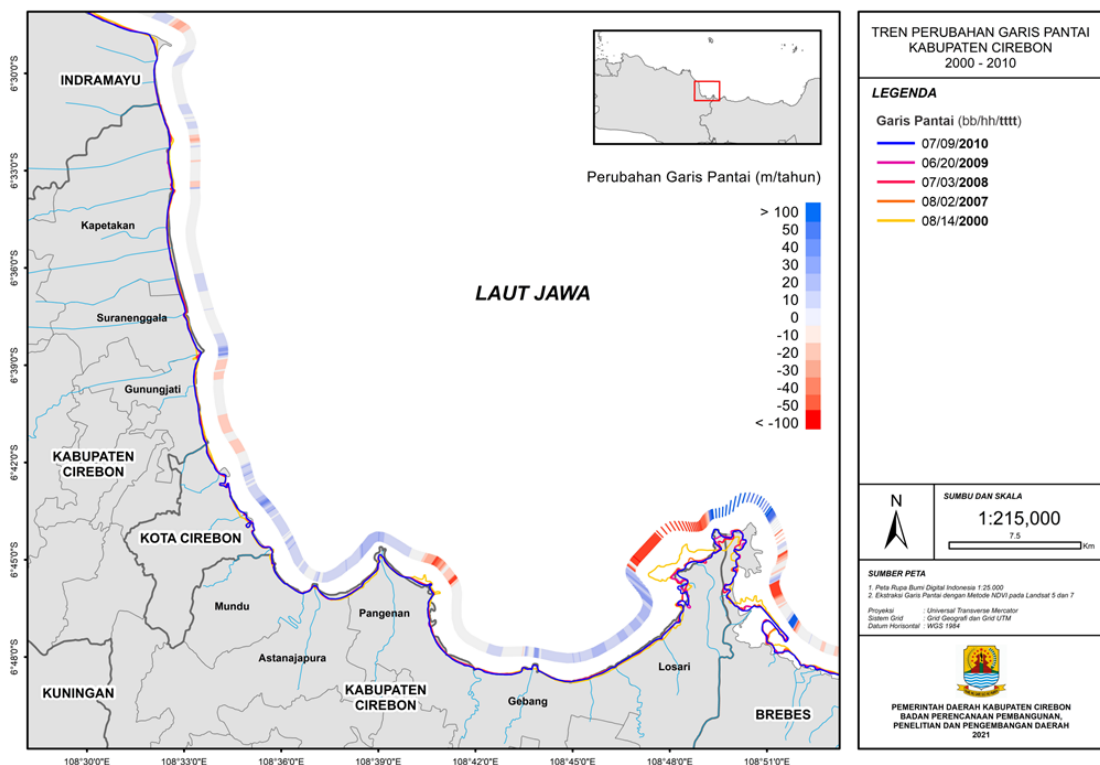
- Nybakken, J. W. (1986). *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*. Diterjemahkan oleh: M. Eidman, Koesobiono, D. G. Bengen, Malikusworo, dan Sukristrijono. Cetakan Pertama. PT. Gramedia Jakarta
- Oktavianita, B., & Putri, F. A. (2020). Konservasi Mangrove sebagai Implementasi Program Desa Tangguh Bencana (DESTANA) dalam mengatasi Banjir Rob di Kabupaten Cirebon. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat (PIM)*, 2(3), 478-483.
- Putri, V. D., Tapsila, T., & Septimia, L. (2021). Pemberdayaan Bibit Mangrove Sebagai Alternatif Edukasi Pengembangan Wisata Di Desa Muara Kecamatan Suranenggala Kabupaten Cirebon. *Etos: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 71-79.
- Raharjo, P., Setiady, D., Zallesa, S., and Putri, E., 2015. Identification Coastal Damage Due to the Mangrove Forest Conversion into Farms Land in a Coastal Area of Cirebon District. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(1): 9-24.
- Rohman, I A. (2012). Pemetaan gelombang laut dengan metode pemodelan numeric dan pemanfaatannya untuk mengidentifikasi kerentanan wilayah pesisir terhadap abrasi (wilayah studi: Kabupaten dan Kota Cirebon). [Skripsi]. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung
- Salim, H. L., Adi, S., Kepel, T. L., & Ati, R. N. A. (2020). Estimating mangrove biomass using drone in Karimunjawa Islands Estimating mangrove biomass using drone in Karimunjawa Islands. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 561(012054), 1–10.
- Setiady, D dan Usman, E. (2008). Majunya Garis Pantai yang Diakibatkan oleh Proses Sedimentasi di Sepanjang Pantai Perairan Kabupaten Rembang. *Jurnal Geologi Kelautan*. Vol. 6 (3), hlm. 146–153.
- Setyawan, A.W. (2006). The direct exploitation in the mangrove ecosystem in Central Java and the land use in its surrounding; degradation and its restoration effort, *Biodiversitas* 7 (3): 282-291.
- Setyawan, W. B. (2010). Pengamatan Terhadap Mangrove yang Ditanam di Pesisir Utara, Pulau Jawa Bagian Barat. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 15(2), 91-102.
- Setyawan, W.B., Hasanudin, M., Kusmanto, E., Winardi, Hasanudin, M. dan Ismail, M.F.A., (2006). Studi Geomorfologi Pesisir untuk Pengelolaan dan Pengembangan Wilayah Pesisir Utara Pulau Jawa Bagian Tengah: wilayah pesisir Cirebon, Tanjung Ujungtua-Losari, Laporan Akhir Penelitian, Program Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Hidup Tahun Anggaran 2006, Pusat Penelitian Oseanografi - LIPI, Jakarta.

- Sofian, A., Harahab, N. dan Marsoedi, 2012. Kondisi dan Manfaat Langsung Ekosistem Hutan Mangrove Desa Penunggul Kecamatan Nguling Kabupaten Pasuruan
- Suhendra, Amron, A., and Hilmi, E., 2018. The pattern of coastline change based on the characteristics of sediment and coastal slope in Pangenan Coast of Cirebon, West Java. *E3S Web Conferences 47, SCiFiMaS 2018*.
- Suryawan, 2007. Keanekaragaman Vegetasi Mangrove Pasca Tsunami di Kawasan Pesisir Pantai Timur Nangroe Aceh Darussalam. *BIODIVERSITAS*. ISSN:1412-033X Volume 8, Nomor 4 Oktober 2007. Halaman: 262-265
- Sutikno, S. (2016). Integrated Remote Sensing and GIS for Calculating Shoreline Change in Rokan Estuary. *KnE Engineering, 1*.
- Taufik, A., Sharifah Sakinah Syed Ahmad, & Asmala Ahmad. (2016). Classification of Landsat 8 Satellite Data Using NDVI Thresholds. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (Online)*, 8(4), 37–40.
- Widiawaty, M. A. (2019). Upaya Konservasi dan Rehabilitasi pada Kawasan Tanah Timbul (Aanslibbing): Studi Kasus Pesisir Utara Cirebon Timur.
- Widiyanti, S. E., Abubakar, S., dan Murhum, M. A., 2018. Penentuan Kesesuaian Lahan Konservasi Hutan Mangrove di Desa Gotowasi Kecamatan Maba Selatan Maluku Utara.
- Wiemker, R., Prinz, B., Meister, G., Franck, R. And Spitzer, H., 1998, Accuracy assessment of vegetation monitoring with high spatial resolution satellite imagery. In Proceedings of the ISPRS Commission VII Symposium, ECOBP'98 WG3, 1–4 September 1998, Budapest, pp. 285–295.
- Wulandari, N., Sunaryo, D. K., & M., A. Y. (2020). *Penggunaan Metode Ndvi (Normalized Difference Vegetation Index) Dan Savi (Soil Adjusted Vegetation Index) Untuk Mengetahui Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Oksigen (Studi Kasus : Kota Yogyakarta)* [Institut Teknologi Nasional Malang].

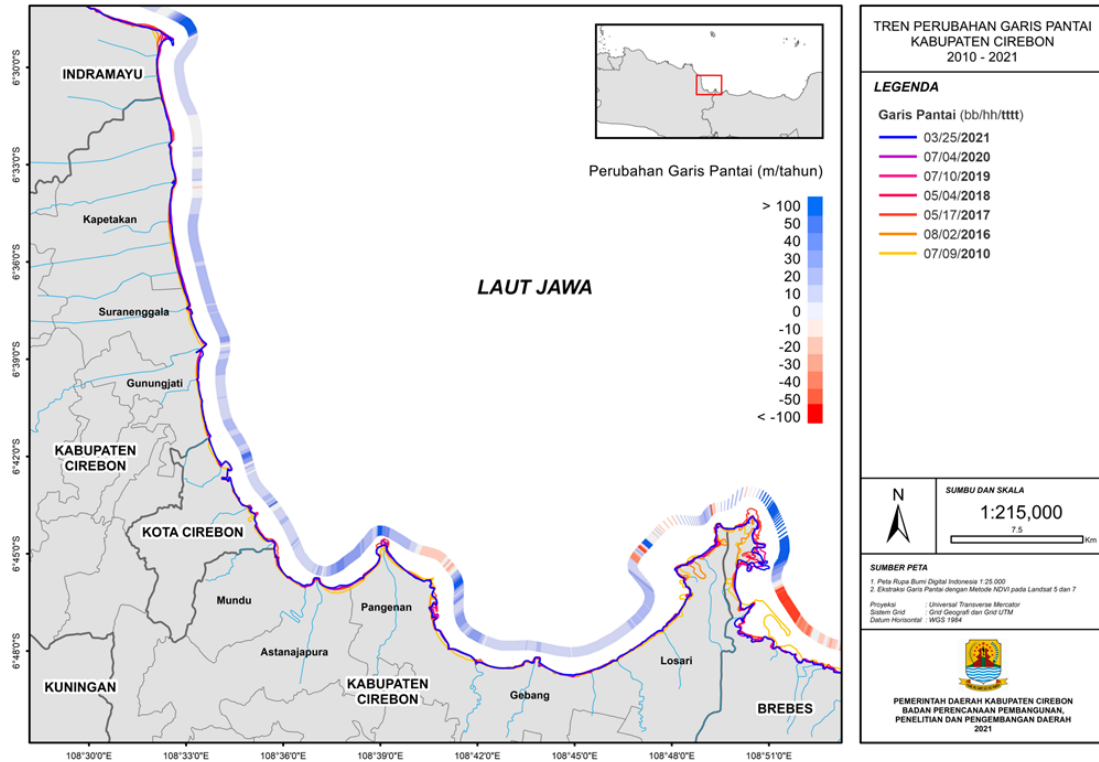
LAMPIRAN



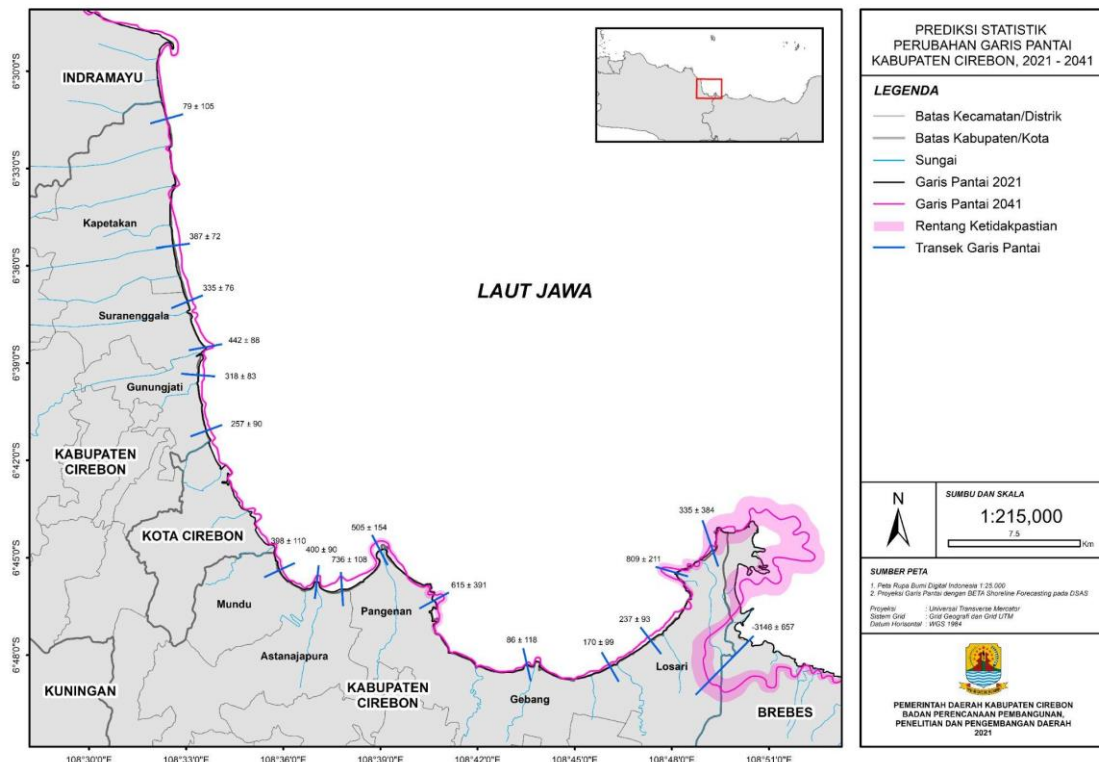
Gambar L.1 Tren perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 1996-2000



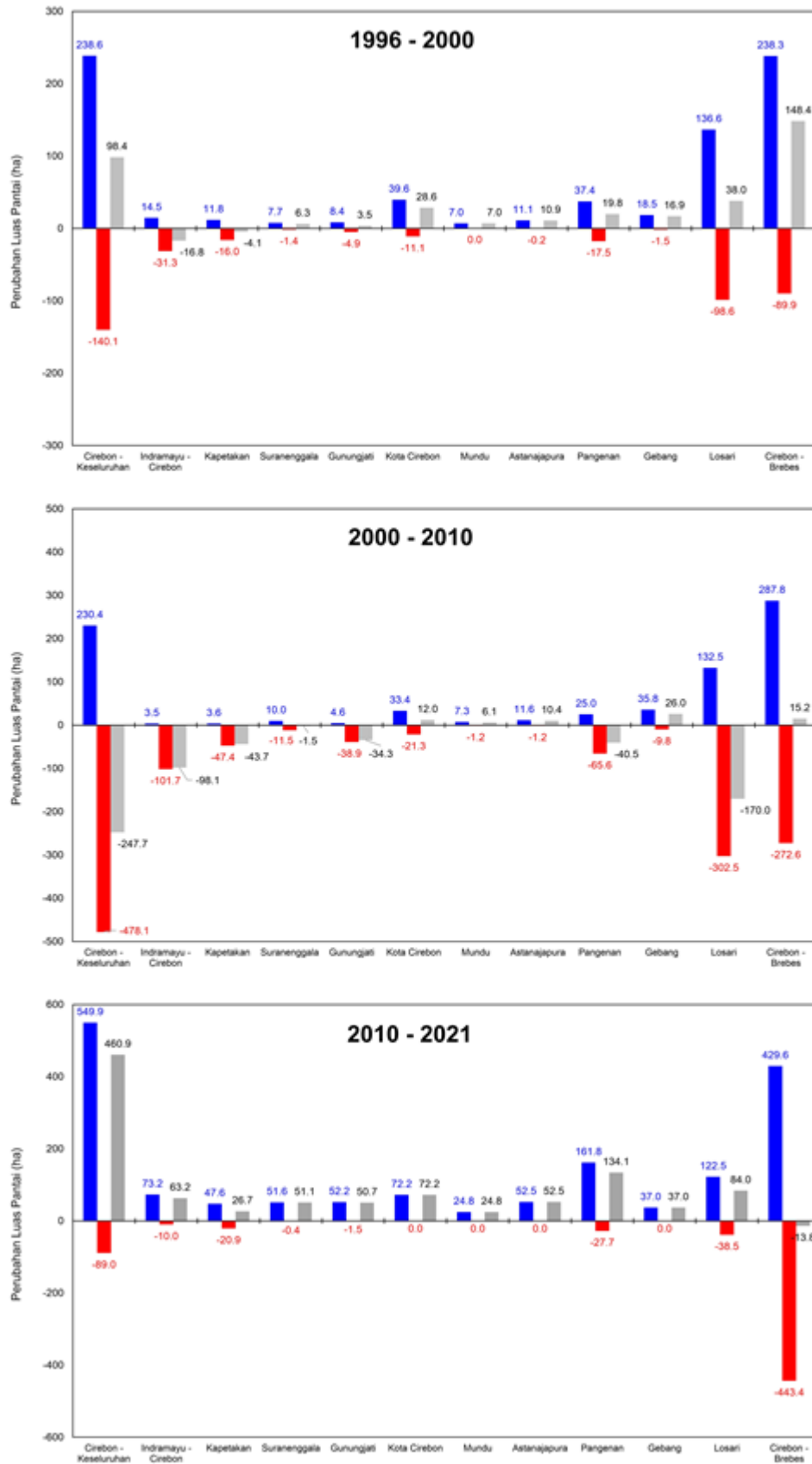
Gambar L.2 Tren perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2000-2010



Gambar L.3 Tren perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2010-2021

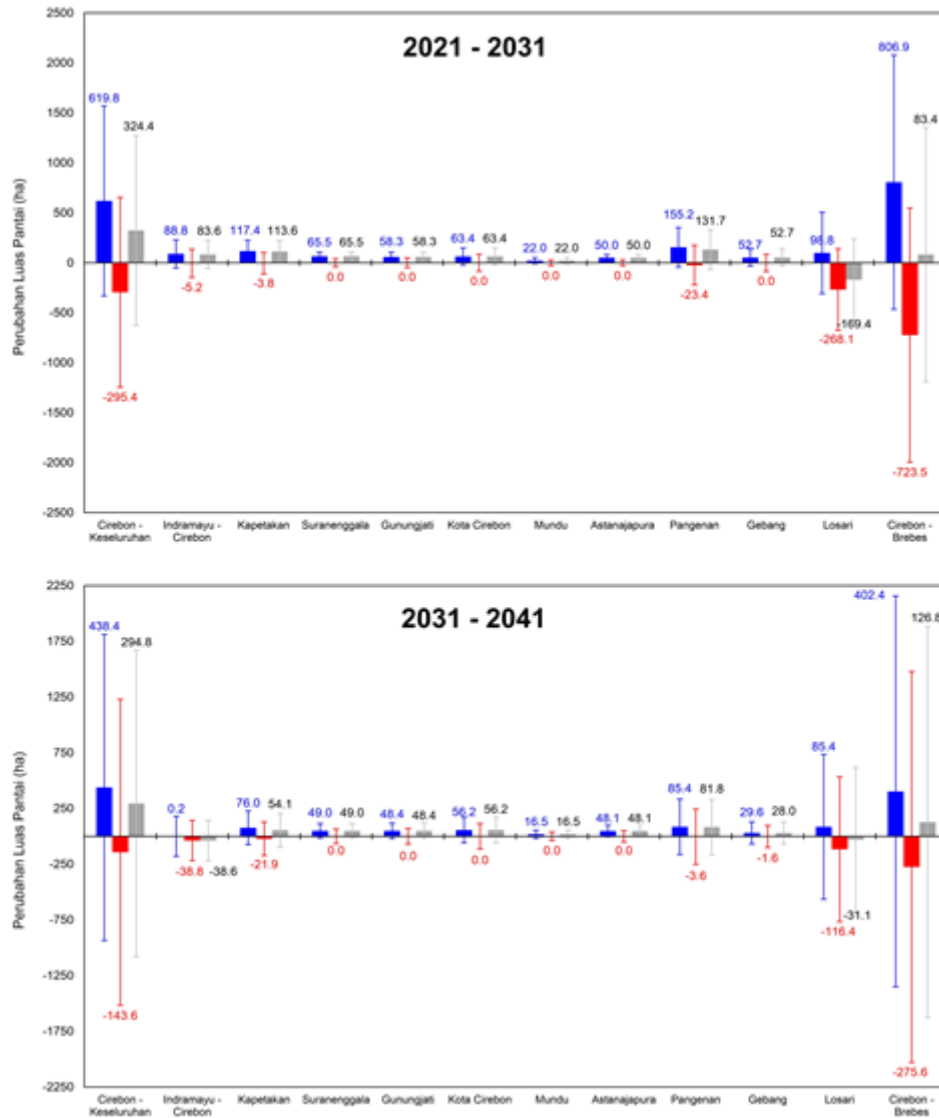


Gambar L.4 Prediksi statistik perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2021-2041

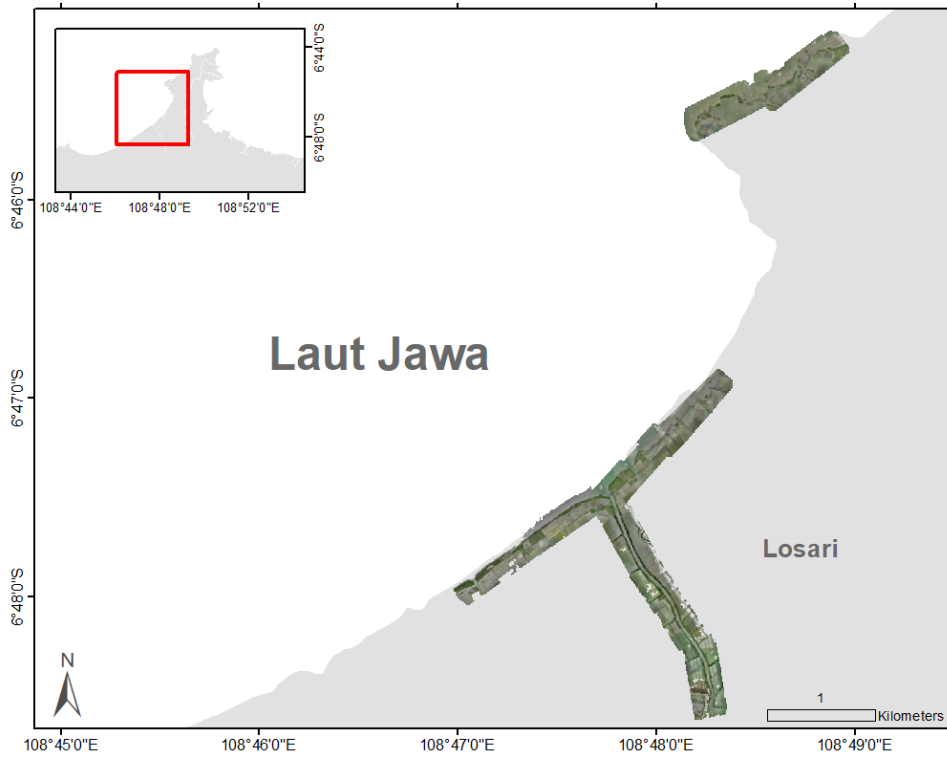


Gambar L.5

Perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 1996-2000 (atas); tahun 2000-2010 (tengah); dan tahun 2010-2021 (bawah).



Gambar L.6 Proyeksi perubahan garis pantai di Kabupaten Cirebon tahun 2021-2031 (atas) dan tahun 2031-2041 (bawah)



Gambar L.7 Foto udara secara keseluruhan kegiatan kajian



Gambar L.8 Pengambilan sampel air untuk analisis laboratorium