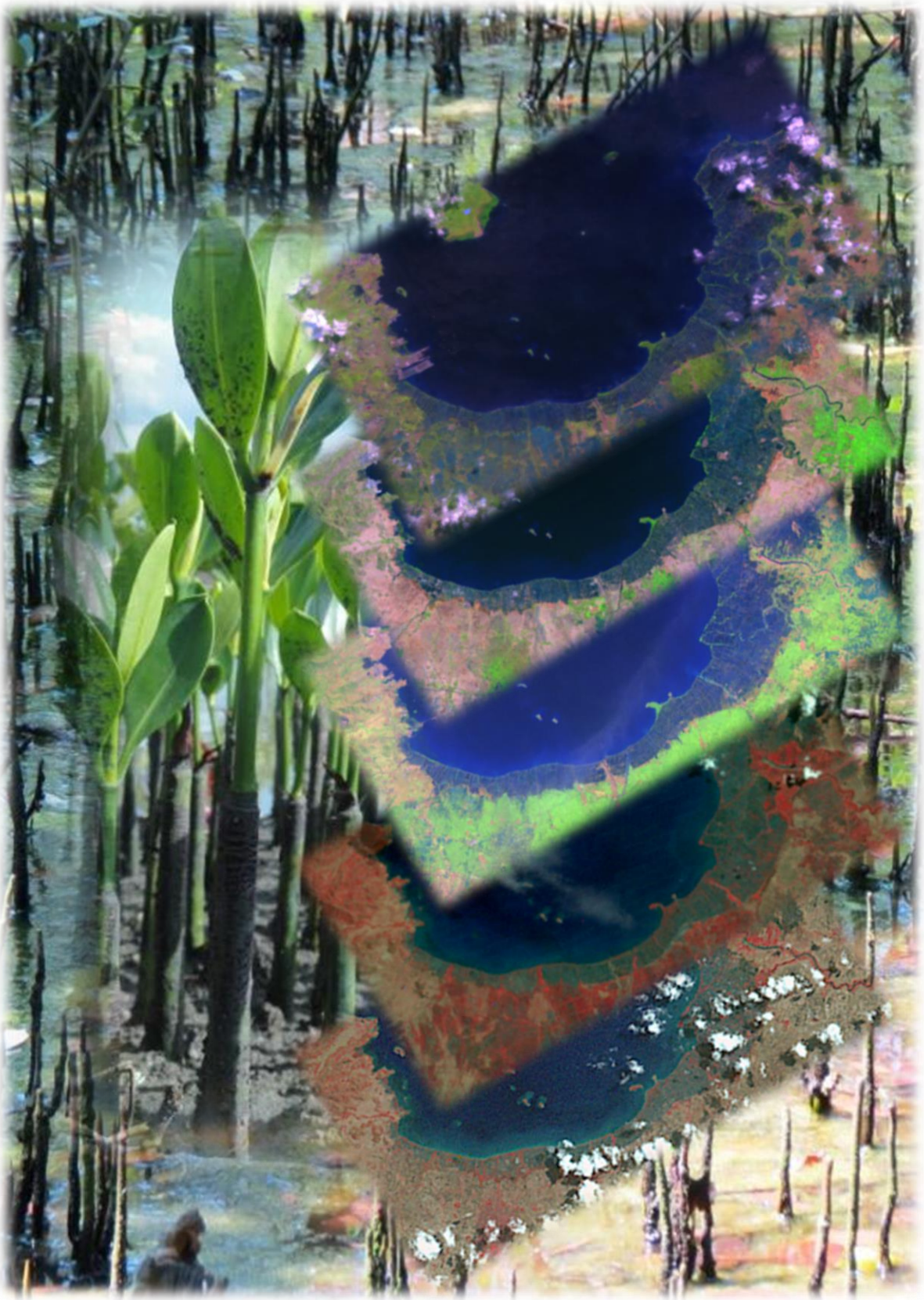
Kajian Dinamika Biofisik dan Perubahan Bentang Alam Pesisir Teluk Banten sebagai Dasar Implementasi *Hybrid Engineering* dalam Upaya Rehabilitasi dan Pengurangan Resiko Bencana

Aswin Rahadian



Kajian Dinamika Biofisik dan Perubahan Bentang Alam Pesisir Teluk Banten sebagai Dasar Implementasi *Hybrid Engineering* dalam Upaya Rehabilitasi dan Pengurangan Resiko Bencana

FINAL REPORT

Penyusun:

Aswin Rahadian

Januari, 2013

WETLANDS INTERNATIONAL
Indonesia Programme

PARTNERS for RESILIENCE

Kajian Dinamika Biofisik dan Perubahan Bentang Alam Pesisir Teluk Banten sebagai Dasar Implementasi *Hybrid Engineering* dalam Upaya Rehabilitasi untuk Pengurangan Resiko Bencana

© Wetlands International - Indonesia Programme, 2013

Author(s) : Aswin Rahadian

Design & Layout : Triana dan Aswin Rahadian

Cover photographs : Aswin Rahadian (Doc. WIIP)

Laporan ini tersedia di:

Wetlands International – Indonesia Programme
Jl. A. Yani No. 53 Bogor 16161
Tel. 0251 8312189
Facs. 0251 8325755
E-mail: admin@wetlands.or.id
http://www.wetlands.or.id

Saran Kutipan:

Rahadian, A. 2013*. Kajian Dinamika Biofisik dan Perubahan Bentang Alam Pesisir Teluk Banten sebagai Dasar Implementasi Hybrid Engineering dalam Upaya Rehabilitasi dan Pengurangan Resiko Bencana*. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.

KATA PENGANTAR

Laporan ini secara khusus memuat kajian dinamika biofisik dan perubahan bentang alam di Teluk Banten, yang merupakan penguatan informasi untuk menduga potensi perlakuan teknis terhadap suatu lahan di wilayah kajian, sebagai upaya rehabilitasi dan pengurangan resiko bencana dengan mengimplementasikan *Hybrid Engineering*. Berdasarkan pembelajaran lapangan dan integrasi dari berbagai kegiatan yang dilakukan, WIIP ingin menjadikan *Hybrid Engineering* sebagai konsep teknis yang relevan dalam upaya-upaya rehabilitasi yang bebasiskan masyarakat. Diharapkan laporan ini memiliki nilai lebih dalam hal ketersediaan data dinamika biofisik dan perubahan bentang alam secara temporal. Juga dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pihak-pihak terkait, baik voluntir maupun yang memiliki mandat dalam merencanakan dan menentukan langkah-langkah rehabilitasi dan mitigasi dalam konteks Pengurangan Resiko Bencana (PRB) di Teluk Banten.

Penulis menyadari bahwa data dan informasi yang terdapat dalam laporan ini jauh dari sempurna. Banyaknya kendala dan faktor pembatas di lapangan telah membatasi penulis dalam proses pengukuran dan pengambilan data di lapangan. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya kajian ini dan semoga laporan ini dapat memberikan manfaat yang optimal bagi pihak-pihak yang membutuhkannya.

Penulis

Bogor, Januari 2013

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL vi
DAFTAR GAMBAR vii
1. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Tujuan 2
2. METODE KAJIAN 4
2.1. Batasan Kajian 4
2.2. Alat dan Bahan 4
2.3. Teknik Pengumpulan Data 4
2.3.1. Data Biofisik 4
2.3.2. Data Spasial 5
2.4. Metode Analisis 8
2.4.1. Analisa Fisik Perairan Teluk Banten 8
2.4.2. Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8
2.4.3. Deteksi Perubahan Garis Pantai Teluk Banten Dengan Citra Satelit Landsat Multi Temporal 10
2.4.4. Analisa Abrasi dan Akresi 10
2.4.5. Analisa Genangan Dampak Dari Kenaikan Muka Air Laut 10
3. KONDISI UMUM WILAYAH KAJIAN 11
3.1. Teluk Banten 11
3.2. Cagar Alam Pulau Dua 11
3.3. Pulau Satu 12
4. HASIL DAN PEMBAHASAN 14
4.1. Iklim 14
4.1.1. Curah Hujan 14
4.1.2. Angin 16

4.2. Topografi 17
4.3. Geologi 17
4.4. Morfologi Pantai 18
4.4.1. Pantai Berlumpur 18
4.4.2. Pantai Berpasir 18
4.4.3. Pantai Berbatu 18
4.5. Hidrologi 18
4.6. Fisik Perairan Teluk Banten 19
4.6.1. Kualitas Air 19
4.6.2. Sedimen Dasar Perairan 21
4.6.3. Laju Sedimentasi 23
4.6.4. *Total Suspended Solid* (TSS) 24
4.6.5. Analisa Distribusi dan Dinamika Konsentrasi TSS Berdasarkan Citra Satelit Landsat 25
4.6.6. Analisa Distribusi TSS Berdasarkan Data Insitu 28
4.6.7. Hidro-Oceanografi 30
4.6.8. Kondisi Arus 32
4.7. Penutupan Lahan dan Vegetasi 37
4.7.1. Klasifikasi Penutupan Lahan Tahun 2001 38
4.7.2. Klasifikasi Penutupan Lahan Tahun 2011 39
4.7.3. Perubahan Penutupan Lahan 41
4.7.4. Vegetasi pada Berbagai Kelas Penutupan Lahan 42
4.8. Deteksi Perubahan Bentang Alam Pesisir Teluk Banten Dengan Citra Satelit Landsat Multitemporal 47
4.8.2. Teluk Banten Tahun 1979 51
4.8.3. Teluk Banten Tahun 1991 53
4.8.4. Teluk Banten Tahun 2001 55
4.8.5. Teluk Banten Tahun 2011-2012 57

4.9. Analisis Spasial Areal yang Terabrasi dan Potensi Genangan Dampak Dari Kenaikan Muka Air Laut di Teluk Banten 59
4.9.1. Analisa Abrasi dan Akresi 59
4.9.2. Analisa Genangan 68
4.10. Potensi Hybrid Engineering Di Pesisir Teluk Banten 73
4.10.1. Analisa Kuantitatif Potensi Luas Areal Hasil Skenario *Hybrid Engineering* 75
5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI 77
5.1. Kesimpulan 77
5.2. Rekomendasi 77
DAFTAR PUSTAKA 79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan dalam kajian. 4
Tabel 2. Sumber data spasial yang digunakan dalam kajian. 5
Tabel 3. Karakteristik Band/Kanal Citra Sateli Landsat TM dan ETM+. 7
Tabel 4. Rata-rata curah hujan, hari hujan dan evaporasi bulanan selama lima tahun (2006-2010) di Kota Serang. 14
Tabel 5. Nilai rata-rata kualitas air dibandingkan dengan nilai kualitas air baku di Teluk Banten. 19
Tabel 6. Nilai Kualitas Air pada Titik Pengamatan 19
Tabel 7.Data analisis besar butir sedimen dasar perairan Teluk Banten. 21
Tabel 8. Pembagian konsentrasi TSS perairan Teluk Banten. 25
Tabel 9. Hasil uji laboratorium kandungan TSS air laut perairan Teluk Banten. 28
Tabel 10. Luas Kelas Penutupan Tahun 2001. 39
Tabel 11. Luas kelas penutupan lahan di daratan Teluk Banten Tahun 2011. 40
Tabel 12. Perubahan penutupan lahan Tahun 2001-2011. 41
Tabel 13. Jenis-jenis mangrove di Pulau Dua dan Pulau Satu yang ditemukan pada saat pengamatan. 44
Tabel 14. Vegetasi di sekitar desa. 46
Tabel 15. Jarak jangkauan abrasi maksimun yang terjadi di Teluk Banten mulai dari Tahun 1972-2011. 60
Tabel 16. Luas areal yang terabrasi dan tersedimentasi di Teluk Banten. 64
Tabel 17. Luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang pada Tinggi Muka Air Laut 50 cm. 69
Tabel 18. Luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang pada Tinggi Muka Air Laut 100 cm 70
Tabel 19. Luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang pada Tinggi Muka Air Laut 1 50 cm. 71
Tabel 20. Luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang pada Tinggi Muka Air Laut 200 cm. 72
Tabel 21. Luas tanah timbul yang dapat dipertahankan pada setiap zona. 76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Landsat Timeline. 7
Gambar 2. Peta Lokasi Teluk Banten. 11
Gambar 3. Kondisi vegetasi di Cagar Alam Pulau Dua. 12
Gambar 4. Formasi terumbu karang mati yang telah puluhan tahun di daratan di Pulau Satu. 12
Gambar 5. Akumulasi Masa Pasir dan Serpihan Karang yang Terhempas Ombak ke Daratan (proses akresi)..... 12
Gambar 6. Kondisi vegetasi yang Didominasi oleh Semak Belukar di Pulau Satu. 13
Gambar 7. Kanal yang dibagun masyarakat untuk pengairan tambak 13
Gambar 8. Diagram dan grafik fluktuasi curah hujan, evaporasi dan hari hujan di lokasi kajian. 15
Gambar 9. Fluktuasi neraca antara curah hujan dan evaporasi harian di lokasi kajian..... 15
Gambar 10. Sebaran arah angin dominan di Kota Serang. 16
Gambar 11. Peta Geologi wilayah kajian. 17
Gambar 12. Peta Sebaran kualitas air perairan Teluk Banten..... 20
Gambar 13. Peta Lokasi Pengambilan Contoh Sedimen. 21
Gambar 14. Peta Sebaran Sedimen Dasar Perairan Teluk Banten. 23
Gambar 15.Material sedimen yang terangkut oleh arus sejajar pantai. 24
Gambar 16. Peta sebaran konsentrasi total padatan tersuspensi (mg/l) di perairan Teluk Banten dan sekitarnya diambil pada tanggal 20 Januari 1997 dengan Satelit Landsat TM 5 (Hoitink). 25
Gambar 17. Peta Distribusi TSS Citra Landsat 5 TM Tanggal Akusisi 18 Mei 1992. 26
Gambar 18. Peta Distribusi TSS Citra Landsat 7 ETM+ Tanggal Akusisi 7 Agustus 2001. 27
Gambar 19. Peta Titik Pengambilan Sampel Air Laut – TSS. 29
Gambar 20. Peta Sebaran Konsentrasi TSS Perairan Teluk Banten Hasil Interpolasi Data Lapangan. 30
Gambar 21. Visualisasi 3D Topografi Dasar Perairan Teluk Banten Tahun 2008. 31
Gambar 22. Peta Batimetri Perairan Teluk Banten. 31
Gambar 23. Pola arus permukaan yang dipengaruhi oleh musim pada musim barat (Desember-Februari), peralihan I (April), musim timur (Juni-Agustus)dan bulan musim peralihan II (Oktober). 32
Gambar 24. 6 tipe pola arus permukaan di perairan Teluk Banten (Modifikasi dari Hosoya and Muchari, 1986)..... 33
Gambar 25. Data masukan model, (a) Batimetri, (b) Angin dan (c) Pasang Surut..... 34
Gambar 26. Pola arus hasil modeling ketika muka laut menjelang pasang. 35
Gambar 27. Pola arus hasil modeling ketika muka laut berada di titik pasang. 35

Gambar 28. Pola arus hasil modeling ketika muka laut menjelang surut. 36
Gambar 29. Pola arus hasil modeling ketika muka laut di titik surut. 36
Gambar 30. Kondisi penutupan lahan tahun 1972. 37
Gambar 31. Kondisi penutupan lahan tahun 1979. 37
Gambar 32. Kondisi penutupan lahan tahun 1991. 37
Gambar 33. Kondisi penutupan lahan tahun 2001. 38
Gambar 34. Kondisi penutupan lahan tahun 2011 38
Gambar 35. Peta penutupan lahan Teluk Banten Tahun 2001. 39
Gambar 36. Peta penutupan lahan Teluk Banten Tahun 2011. 40
Gambar 37. Histogram Luas Kelas Penutupan Lahan antara Tahun 2001 dan 2011. 42
Gambar 38. Histogram Selisih dari Penambahan dan Pengurangan Luas Kelas Penutupan Lahan antara Tahun 2001 dan 2011. 42
Gambar 39. Histogram Perubahan Mangrove menjadi Kelas Penutupan Lahan Lain. 42
Gambar 40. Zonasi Vegetasi Mangrove di Cagar Alam Pulau Dua. 43
Gambar 41. Mangrove yang tumbuh di dalam badan air. 45
Gambar 42. Kondisi umum vegetasi di pematang tambak. 46
Gambar 43. Ilustrasi Kondisi Vegetasi Sebelum Terjadi Konversi Lahan. 48
Gambar 44. Ilustrasi Kondisi Vegetasi Setelah Terjadi Konversi Lahan. 48
Gambar 45. Kerusakan mangrove yang tersisa di Pesisir Teluk Banten. 48
Gambar 46. Visualisasi citra satelit 1 MSS Teluk Banten tanggal akusisi 1 Oktober 1972 (*Band Composite 7-5-4*) yang memperlihatkan keberadaan Cagar Alam Pulau Dua yang masih terpisah dengan Pulau Jawa. 50
Gambar 47. Visualisasi citra satelit Landsat 2 MSS Teluk Banten tanggal akusisi 10 Oktober 1979 (Band Composite 7-5-4) yang memperlihatkan keberadaan Cagar Alam Pulau Dua yang sudah menyatu dengan Pulau Jawa. 51
Gambar 48. Tanah timbul yang menyatukan Pulau Dua dengan Pulau Jawa yang sudah ditumbuhi vegetasi, Jawa teridentifikasi pada citra pada kurun waktu 1971-1979. 52
Gambar 49. Abrasi yang teridentifikasi dari overlay citra satelit (horizontal swipe) di Tanjung Pontang (Timur Teluk Banten) antara tahun 1971 dan 1979. 52
Gambar 50. Visualisasi Citra satelit Landsat 5 TM Teluk Banten tanggal akusisi 7 Oktober 1991 (Band Composite 5-4-3), Cagar Alam Pulau Dua yang mengalami perluasan area dan pengurangan vegetasi di selatannya serta di Sempadan Sungai Cikamayungan. 53

Gambar 51.Peningkatan luas tanah timbul dan vegetasi mangrove dan pantai di Pulau Dua serta penurunan luas vegetasi di selatan Pulau Dua yang berbatasan dengan areal tambak dari tahun 1979-1991. 53
Gambar 52. Pengurangan Luas Vegetasi Mangrove di sempadan Sungai Cikamayungan dari tahun 1979 – 1991. 54
Gambar 53. Abrasi yang teridentifikasi dari overlay citra satelit (horizontal swipe) di Tanjung Pontang (Timur Teluk Banten) antara tahun 1979 dan 1991. 54
Gambar 54. Visualisasi Citra satelit Landsat 7 ETM+ tanggal akusisi 7 Agustus 2001. 55
Gambar 56. Penurunan Luas Mangrove. 56
Gambar 57. Abrasi yang teridentifikasi dari overlay citra satelit (horizontal swipe) di Timur Teluk Banten antara tahun 1991-2001. 56
Gambar 58. Visualisasi Citra satelit Landsat 7 ETM+ Teluk Banten tanggal akusisi 13 April 2011 (Band Composite 5-4-3). 57
Gambar 59. Penurunan kerapatan di Cagar Alam Pulau Dua. 57
Gambar 60. Penambahan luas vegetasi mangrove di bagian barat Cagar Alam Pulau Dua. 58
Gambar 61. Abrasi yang terjadi di wilayah timur Teluk Banten, Perbandingan garis pantai pada tahun 2001-2011. 58
Gambar 62. Abrasi yang teridentifikasi dari overlay citra satelit di Timur Teluk Banten antara tahun 2001-2011. 58
Gambar 63. Grafik perubahan jangkauan abrasi di Teluk Banten dari Tahun 1972 – 2011. 61
Gambar 64. Peta Perubahan Garis Pantai Akibat Abrasi di Teluk Banten. 61
Gambar 65. Peta erosi dan akresi yang terjadi di Teluk Banten (Hoitink). 62
Gambar 66. Peta sebaran areal yang terabrasi dan sedimentasi di pesisir Teluk Banten periode Tahun 1972-1979. 62
Gambar 67. Peta sebaran areal yang terabrasi dan sedimentasi di pesisir Teluk Banten periode Tahun 1979-1991. 63
Gambar 68. Peta sebaran areal yang terabrasi dan sedimentasi di pesisir Teluk Banten periode Tahun 1991-2001. 63
Gambar 69. Peta sebaran areal yang terabrasi dan sedimentasi di pesisir Teluk Banten periode Tahun 2001-2011. 64
Gambar 70. Grafik Perubahan Luas Area yang Terabrasi, Sedimetasi/Tanah timbul, dan Urugan secara Temporal di Periode Waktu 1972 – 2011. 65
Gambar 71. Abrasi pantai yang terjadi di Desa Domas Peisisir Timur Teluk Banten (Foto: Aswin/WIIP). 65

Gambar 72. Tanah Timbul di sebelah timur CA Pulau Dua. 66
Gambar 73. Tanah timbul di sebelah timur di Pulau Satu. 66
Gambar 74. Visualisasi pesisir Teluk Banten bagian barat sebelum adanya pelabuhan penambangan pasir. 66
Gambar 75. Visualisasi pesisir Teluk Banten bagian barat setelah adanya pelabuhan penambangan pasir. 66
Gambar 76. Peta sebaran kuasa pertambangan pasir yang ada di Teluk Banten. 67
Gambar 77. Visualisasi 3D topografi dasar perairan Teluk Banten Tahun 1999. 67
Gambar 78. Visualisasi 3D topografi dasar perairan Teluk Banten Tahun 2008. 67
Gambar 79. Peta overlay genangan akibat kenaikan muka air laut untuk seluruh skenario. 68
Gambar 80. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut skenario tinggi muka air laut 50 cm. 69
Gambar 81. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut skenario tinggi muka air laut 100 cm. 70
Gambar 82. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut skenario tinggi muka air laut 150 cm. 71
Gambar 83. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut skenario tinggi muka air laut 200 cm. 72
Gambar 84. Tanah timbul yang ditumbuhi mangrove di sebelah timur Cagar Alam Pulau Dua. 74
Gambar 85. Implementasi Hybrid Engineering. 74
Gambar 86. Kondisi Setelah Rehabilitasi. 74
Gambar 87. Kondisi Tanah Timbul Pesisir Cagar Alam Pulau Dua 75
Gambar 88. Peta Zonasi Kesesuaian Penerapan Hybrid Engineering di Teluk Banten. 78

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permasalahan wilayah pesisir di Indonesia dewasa ini tidak terlepas dari permasalahan lingkungan yang serius, seperti menipisnya sumberdaya (*resources depletion)*, pencemaran (*pollution)*, keanekaragaman hayati (*biodiversity)*, bencana alam (*Natural Hazards),* meningkatnya permukaan air laut (*sea level rise)*, erosi pantai (*eroding shoreline)*, pemanfaatan lahan (*Lands use)*, bentang alam (*Landscape)*, intrusi air laut ke arah daratan, yang tidak dapat dipungkiri merupakan salah satu implikasi dari kegiatan dan aktifitas manusia yang memicu perubahan iklim. Wetlands International Indonesia Programme (WIIP) melalui program *Partner for Resilience* (PfR) mengembangkan suatu upaya pengurangan resiko bencana dan adaptasi terhadap perubahan iklim serta memperkuat ketahanan masyarakat yang rentan dalam mengatasi resiko bencana yang semakin tinggi, dampak dari perubahan iklim dan kerusakan lingkungan dengan menerapkan konsep rehabilitasi pesisir dengan penanaman mangrove.

Mangrove ditinjau dari aspek penataan ruang memiliki peran sebagai penguat stabilitas kawasan pesisir dalam upaya mengurangi berbagai ancaman bencana alam, khususnya bahaya tsunami dan abrasi. Berdasarkan hal tersebut sangat penting dibuat zona perlindungan wilayah pesisir dengan pembangunan hutan mangrove ataupun hutan pantai. Disamping itu pula hutan mangrove memiliki peran untuk melindungi maupun melestarikan komponen ekosistem wilayah pesisir dan laut.

Pada tahun 2009, Wetlands International Indonesia Programme (WIIP) bekerjasama dengan Yayasan Lahan Basah Indonesia (YLBI) dan Kelompok Pencinta Alam Pesisir Pulau Dua (KPAPPD) memulai program rehabilitasi pesisir di sekitar Cagar Alam Pulau Dua (CAPD), Kelurahan Sawah Luhur. Program ini dilakukan melalui penanaman mangrove pada pematang-pematang tambak di belakang CAPD dan pada zona penyangga (*buffer zone*) CAPD, dengan alasan : (1) Issue perubahan iklim (naiknya muka air laut dan abrasi) yang mengancam (diduga akan menghilangkan) habitat burung di CA Pulau Dua, sehingga perlu diantisipasi melalui pembentukan habitat baru bagi burung-burung (yaitu di lokasi rehabilitasi penanaman mangrove). (2) Melindungi pemukiman masyarakat Kelurahan Sawah Luhur dari ancaman banjir yang terjadi saat musim hujan dan saat air pasang dari laut. (3) Memberi percontohan pada nelayan/petambak bahwa dengan menghijaukan pematang-pematang tambak dengan mangrove (pendekatan sylvo-fishery) akan memperkuat bangunan tambak, memberikan keteduhan saat berjalan di pematang tambak, memperbaiki mata pencaharian mereka, membantu mitigasi dan sekaligus beradaptasi terhadap adanya dampak perubahan iklim. (4) Pola tambak Sylvo-fishery, dikemudian hari dapat dijadikan objek pendidikan lingkungan, sarana ekowisata dan sebagai penarik agar masyarakat tidak memasuki kawasan Cagar Alam Pulau Dua. (5) Kegiatan di atas dapat dijadikan suatu percontohan yang menggabungkan issue pengentasan kemiskinan, perbaikan lingkungan, pengurangan resiko bencana dan upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim.

Dalam melaksanakan kegiatan rehabilitasi, WIIP melibatkan kelompok masyarakat setempat, yaitu KPAPPD melalui suatu mekanisme dimana kelompok diberikan hak kelola atas tambak-tambaknya WIIP, yaitu masyarakat berhak melakukan upaya budidaya perikanan, menangkap udang dan ikan yang terdapat dalam tambak, atas modal usaha dari WIIP, tapi disisi lain KPAPPD wajib menanam dan merawat tanaman mangrove. Pendekatan ini memberi hasil yang baik, dimana hingga saat ini sekitar 200.000 tanaman mangrove telah tertanam pada ± 20 hektar hamparan tambak yang dahulu

terlantar dan kini masyarakat memperoleh hasil panen udang dan ikan yang memadai. Ke depan, WIIP merencanakan untuk mengembangkan Ekowisata pada Lahan tambak yang telah ditumbuhi mangrove.

Sejalan dengan kegiatan rehabilitasi, banyak pembelajaran yang dapat diambil dari lapangan, diantanya adalah WIIP mencoba upaya penangkapan lumpur pantai dengan menggunakan jaring bekas dan ranting tanaman. Selanjutnya di atas lumpur yang terperangkap ini diharapkan akan ditumbuhi mangrove secara alami (konsep *semi-hybrid engineering*) pada kawasan cagar alam dan penanaman di kawasan di luar cagar alam. Hal tersebut tidak terlepas dari upaya pencegahan abrasi di pesisir Cagar Alam Pulau Dua.

Hybrid Engineering dalam konteks rehabilitasi pesisir merupakan suatu teknik untuk mengembalikan kondisi alami stabilitas substrat, kondisi ekologi sedimen, dan hidrodinamika yang diperlukan untuk menghentikan proses erosif, merangsang pertambahan (akresi) lahan dan membalikkan tanah terlantar yang terdegradasi menjadi sistem produktif. Teknik ini dapat dilakukan dengan membangun material pelindung pantai sementara serta dipadukan dengan langkah-langkah praktis untuk rehabilitasi pesisir dan membuat rencana pengelolaan ekosistem berkelanjutan bersama-sama dengan para pemangku kepentingan. Kajian ini diharapkan akan memberikan informasi yang mendalam dalam konteks rehabilitasi, untuk mengetahui sebaran areal yang berpotensi untuk diterapkannya konsep *Hybrid Engineering* dalam rangka upaya rehabilitasi pesisir dan pengurangan risiko bencana di pesisir Teluk Banten.

1.2. Tujuan

Kajian Dinamika Biofisik dan Perubahan Bentang Alam Pesisir Teluk Banten sebagai Dasar Implementasi *Hybrid Engineering* dalam Upaya Rehabilitasi dan Pengurangan Resiko Bencana, bertujuan untuk :

1. Menilai kondisi biofisik Teluk Banten dalam kaitannya dengan potensi sedimen yang dapat terperangkap pada sedimen trap, dan sebagai pertimbangan dalam pengembangan konsep *Hybrid Engineering*, Lebih jauhnya sebagai alternatif pendukung sebagai langkah awal dalam konteks teknis dalam pengembangan kebijakan yang terkait dengan pesisir.
2. Mengidentifikasi areal yang terkena dampak dari dinamika biofisik yang terjadi di pesisir Teluk Banten
3. Mengidentifikasi ancaman dan potensi bencana yang ada di pesisir Teluk Banten.
4. Mengidentifikasi sebaran areal dan tingkat kesesuaian areal untuk diterapkannya konsep *Hybrid Engineering*, yang direpresentasikan dengan zonasi areal (berdasarkan tingkat kerusakan dan dinamika biofisik) di Teluk Banten.

1.3. Manfaat

Hasil kajian diharapkan dapat memberikan manfaat untuk :

1. Meyediakan data biofisik yang relevan untuk pengelolaan ekosistem pesisir teluk banten terkait dengan pengurangan risiko bencana.

2. Memberikan informasi secara temporal dinamika biofisik di Teluk Banten sebagai bahan pertimbangan dalam pembangunan *Hybrid Engeneering*.
3. Memberikan pemahaman akan pentingnya mangrove dalam pengelolaan wilayah pesisir serta kaitanya dengan konteks kebencanaan.
4. Sebagai acuan untuk perbaikan dan pengembangan kebijakan yang terkait dengan perencanaan dalam pengelolaan pesisir dan membangun strategi pengelolaan ekosistem dan pengembangan kapasitas masyarakat dalam memitigasi bencana dan mendukung penghidupan masyarakat sekitar wilayah pesisir khususnya Teluk Banten.
5. Menyediakan basis data yang memadai sehingga dapat dijadikan acuan (*baseline*) dalam memonitor perkembangan dampak dari berbagai intervensi kegiatan yang dilakukan baik terhadap perbaikan (restorasi) lingkungan maupun penghidupan masyarakat.

2. METODE KAJIAN

2.1. Batasan Kajian

Kajian Dinamika Biofisik dan Perubahan Bentang Alam Pesisir Teluk Banten sebagai Dasar Implementasi *Hybrid Engineering* dalam Upaya Rehabilitasi dan Pengurangan Resiko Bencana, dibatasi oleh areal seluas 40.781,70 ha (*square area*), termasuk di dalamnya adalah wilayah perairan, pesisir dan daratan. Secara khusus observasi dilakukan di Kelurahan Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang dan Desa Domas Kecamatan Pontang, Kabupten Serang, tepatnya di sepanjang garis pantai Cagar Alam Pulau Dua (CAPD) dan Pulau Satu. Tahapan kajian terdiri dari; persiapan dan kajian di atas meja (*desk study*), survei dan observasi lapangan, analisa data, serta penulisan laporan. Survei dan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 31 Agustus 2012.

2.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam kajian ini disajikan pada tabel di bawah ini

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan dalam kajian.

Alat	• Kamera • Seperangkat Komputer • Software Remote Sensing dan GIS • GPS (*Global Positioning System*)
Bahan	• Peta Rencana Kerja • Citra satelit GeoEye tanggal akusisi 7 Juni 2009 dan 31 Juli 2010 dan dapat menggambarkan secara detail penggunaan lahan dan tata guna lahan existing di Kelurahan Sawah Luhur. • Citra Satelit Landsat MSS, TM, dan ETM+ secara temporal, diantaranya : 1. Path 131 Row 064, untuk citra satelit Landsat MSS tanggal akusisi 1 Oktober 1972 dan 10 Oktober 1979 2. Path 123 Row 064, untuk citra satelit Landsar TM dan ETM+ tanggal akusisi 7 Oktober 1991, 7 Agustus 2001, dan 13 April 2011

2.3. Teknik Pengumpulan Data

2.3.1. Data Biofisik

1. Studi Literatur terhadap data-data biofisik perairan Teluk Banten dari berbagai sumber.
2. Pengukuran dan observasi lapang terkait biofisik dan kondisi ekosistem mangrove di CAPD dan pesisir Teluk Banten.

2.3.2. Data Spasial

Tabel 2. Sumber data spasial yang digunakan dalam kajian.

No	Data	Sumber	Keterangan
1	Citra satelit GeoEye	Digital Globe	Data Dasar
2	Citra Satelit Landsat	http://glovis.usgs.gov/	Data Dasar
3	Peta Digital RBI	Badan Informasi Geospasial	Data Dasar
4	Citra google dengan Modifikasi	Google Earth	Data Supporting untuk Validasi
5	Citra Bing Map	http://www.bing.com/maps/	Data Supporting untuk Validasi
6	SRTM Bathymetry	http://topex.ucsd.edu	Data Dasar

Sejarah Satelit Landsat

Landsat 1

Teknologi penginderaan jauh satelit dipelopori oleh NASA Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit sumberdaya alam yang pertama yang disebut ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*). Satelit Landsat 1 diluncurkan pada tanggal 23 Juli 1972, pada waktu itu dikenal dengan sebutan *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS), yang merupakan Satelit pertama yang diluncurkan untuk memantau permukaan bumi. Untuk keperluan tersebut Landsat 1 diperlengkapi dengan 2 instrument yaitu *Return Beam Vidicon* (RBV),dan *Multispectral Scanner System* (MSS). Pada awalnya RBV yang akan digunakan sebagai alat perekam utama, namun akhirnya digantikan oleh MSSR yang sebenarnya waktu itu masih dalam taraf percobaan. RBV, bila dioperasikan akan menyebabkan Landsat 1 kehilangan control posisinya. Sensor MSS merekam data dalam 4 spektral band yaitu : green, red, dan dua infrared band. Landsat 1 beroperasi hingga januari 1978, selama beroperasi Landsat 1 telah mengumpulkan 300 000 scene.

Landsat 2

Menyusul ERTS-2 atau Landsat 2 pada 22 Januari 1975. Satelit ini juga masih dalam tahap penelitian yang dioperasikn oleh NASA. Landsat 2 membawa jenis sensor yang sama dengan Landsat 1. Pada Februari 1982, Landsat 2 mengakhiri operasinya.

Landsat 3

Landsat 3 diluncurkan pada 5 Maret 1978, 3 tahun setelah Landsat 2. Landsat inipun masih dalam percobaan yang dioperasikan oleh NASA hingga tahun 1979. Setelah dinyatakan sukses maka sejak tahun 1979 kendali operasi dilakukan oleh National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Landsat 3 membawa sensor yang sama dengan pendahulunya, yaitu RBV dan MSS. Bedanya adalah bahwa RBV dari landsat 3 mempunyai resolusi 30 meter dan mampu mengambil data dalam satu spectral band yang lebar (0.505 – 0.750 mikron) sedangkan pada pendahulunya rekaman data pada selang tersebut direkam di 3 band yang terpisah. MSS mengambil data secara sistimatis menggunakan 4 bands, sebenarnya ada chanel ke 5 yaitu band thermal, namun chanel ini rusak beberapa saat setelah peluncuran. Pada Maret 1983, Landsat 3 berakhir operasinya.

Landsat 4

Landsat 4 diluncurkan pada 16 July 1982. Landsat 4 selain mempunyai MSS juga membawa sensor Thematic Mapper ™ yang mempunyai resolusispatial dan spectral yang lebih baik. Instrument Landsat 4 TM mepunyai 7 band spectral (blue, green, red, near- infrared, mid- infrared (2 bands) dan thermal). Setahun setelah peluncuran Landsat 4 mangalami gangguan pengiriman data ke stasiun bumi. Masalah ini dapat diatasi, namun tahun 1987 mengalami permasalahan yang sama.

Landsat 5

Pada 1 Maret 1984, NASA meluncurkan Satelit Landsat 5. Satelit ini dibuat bersamaan dengan satelit Landsat 4 dan membawa instrument yang sama (the Multispectral Scanner System (MSS) and the Thematic Mapper (TM) instruments). Tahun 1987 sistem transmisi Landsat 5 mangalami kerusakan, sehingga tidak memungkinkan mengirimkan data ke stasiun bumi di luar Amerika. Tahun 1995, instrument MSS dimatikan, namun TM masih terus beroperasi. Tahun 2005, operasi Landsat 5 dihentikan setelah adanya masalah pada pembangkit tenaga suryanya. Masalah dapat diatasi dan Landsat 5 beroperasi lagi pada tanggal 30 Januari 2006.

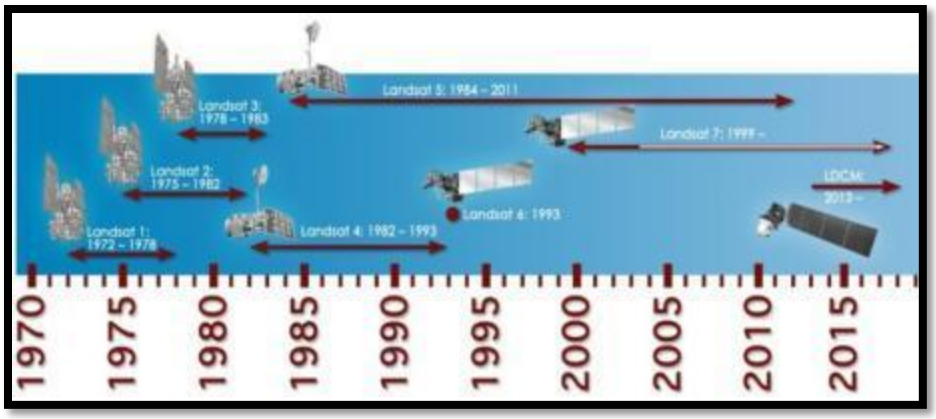
Landsat 5, diluncurkan pada 1 Maret 1984, sekarang ini masih beroperasi pada orbit polar, membawa sensor TM (Thematic Mapper), yang mempunyai resolusi spasial 30 x 30 m pada band 1, 2, 3, 4, 5 dan 7. Sensor Thematic Mapper mengamati obyek-obyek di permukaan bumi dalam 7 band spektral, yaitu band 1, 2 dan 3 adalah sinar tampak (visible), band 4, 5 dan 7 adalah infra merah dekat, infra merah menengah, dan band 6 adalah infra merah termal yang mempunyai resolusi spasial 120 x 120 m. Luas liputan satuan citra adalah 175 x 185 km pada permukaan bumi. Landsat 5 mempunyai kemampuan untuk meliput daerah yang sama pada permukaan bumi pada setiap 16 hari, pada ketinggian orbit 705 km.

Landsat 6

Landsat 6 gagal diluncurkan. Landsat 6 membawa Enhanced Thematic Mapper (ETM). Sensor ETM yang mempunyai resolusi spasial yang sama dengan landsat 4 dan 5 ditambah dengan chanel 8 dengan spasial resolusi 15 m. Band ke 8 ini disebut band panchromatic/sharpening band

Landsat 7

Pada tanggal 15 April 1999, Landsat 7 berhasil diluncurkan. Satelit ini membawa sensor ETM+. Selain sensor yang dimuat sama dengan landsat 5, terdapar penambahan yaitu band panchromatic dengan resolusi spasial 15 m, dan thermal infra red dengan resolusi 60 m. Keunggulan Landsat 7 adalah bahwa satelit ini memiliki kalibrasi yang sangat akurat. Pada tahun 2003, terdapat permasalahan pada *Scan Line Corrector* (SLC) sehingga mengganggu perekaman data. Data landsat 7 yang direkam setelah tahun 2003 mengalami kerusakan berupa 0 data pada lajur-lajur tertentu. Upaya mengoreksi 0 data tersebut masih dilakukan sampai sekarang. Hal ini yang menyebabkan orang beralih ke Landsat 5 lagi. Sejak 10 Januari 2010 Landsat 5 kembali beroperasi normal.



Gambar 1. Landsat Timeline.

Karakteristik Band Citra Satelit Landsat

Karakteristik Band/Kanal Citra Satelit Landsat MSS

Saluran MSS memiliki tujuh saluran, namun yang digunakan hanya saluran 4 (0,5 – 0,6 µm) sampai dengan saluran 7 (0,8 – 1,1 µm). Saluran 1 - 3 digunakan oleh sensor RBV. Panjang gelombang yang digunakan pada setiap saluran Landsat MSS adalah :

- Saluran 4 gelombang hijau (0, 5 – 0,6 µm)
- Saluran 5 gelombang merah (0,6 – 0,7 µm)
- Saluran 6 gelombang inframerah dekat (0,7 – 0,8 µm)
- Saluran 7 gelombang inframerah dekat (0,8 – 1,1 µm)

Karakteristik Band/Kanal Citra Satelit Landsat TM dan ETM+

Tabel 3. Karakteristik Band/Kanal Citra Sateli Landsat TM dan ETM+.

Saluran	Panjang Gelombang (µm)	Nama Gelombang	Resolusi Spasial (meter)	A p l i k a s i
1	0,45 – 0,52	Biru	30 x 30	Penetrasi tubuh air, analisis penggunaan lahan, tanah, dan vegetasi. Pembedaan vegetasi dan lahan.
2	0,52 – 0,60	Hijau	30 x 30	Pengamatan puncak pantulan vegetasi pada saluran hijau yang terletak di antara dua saluran penyerapan. Pengamatan ini dimaksudkan untuk membedakan tanaman sehat terhadap tanaman yang tidak sehat.
3	0,63 – 0,69	Merah	30 x 30	Saluran terpenting untuk membedakan jenis vegetasi. Saluran ini terletak pada salah satu daerah penyerapan klorofil dan memudahkan pembedaan antara lahan terbuka terhadap lahan bervegetasi.

4	0,76 – 0,90	Infrared Dekat	30 x 30	Saluran yang peka terhadap biomasa vegetasi. Juga untuk identifikasi jenis tanaman, memudahkan pembedaan tanah dan tanaman serta lahan dan air.
5	1,55 – 1,75	Infrared Tengah	30 x 30	Saluran penting untuk pembedaan jenis tanaman, kandungan air pada tanaman, kondisi kelembaban tanah.
6	10,40 – 12,50	Infrared Termal	120 x 120	Untuk membedakan formasi batuan dan untuk pemetaan hidrotermal.
7	2,08 – 2,35	Infrared Tengah	30 x 30	Klasifikasi vegetasi, analisis gangguan vegetasi, pembedaan kelembaban tanah, dan keperluan lain yang berhubungan dengan gejala termal.
8	0,52 – 0,90	Pankromatik	15 x 15	Digunakan untuk Spasial Enhancement

Sumber : Lillesand dan Kiefer (1979) dengan Modifikasi

2.4. Metode Analisis

2.4.1. Analisa Fisik Perairan Teluk Banten

Analisa fisik perairan Teluk Banten di analisis berdasarkan data sekunder yang telah dikumpulkan baik, hidrologi, kualitas air, sedimen, hidro-oceanografi, dan arus data dianalisa dan dikuantifikasi serta ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik dan peta.

2.4.2. Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat

Identifikasi dan penilaian ekosistem bertujuan untuk mengetahui berbagai tipe dan kondisi ekosistem yang ada di Teluk Banten dan perubahannya secara temporal dengan menggunakan dua citra satelit dengan tahun perekaman yang berbeda, yaitu tahun 2001 dan 2011. Kemudian dalamnya termasuk perolehan informasi tentang luas masing-masing penutupan lahan, kondisi biofisik, tingkat kerusakan dan ancamannya, serta nilai manfaatnya. Kegiatannya meliputi tahap identifikasi awal dengan menggunakan citra satelit Landsat. Sebelum dilakukan analisa dan identifikasi citra satelit melaui proses pengolahan citra, diantanya :

1. **Koreksi Geometrik (Rektifikasi)**

   Kajian spasial pada umumnya menggunakan data dasar berupa citra satelit, dalam penggunaannya citra satelit harus sesuai dengan posisi di lapangan. Rektifikasi adalah suatu proses melakukan transformasi data dari satu sistem grid menggunakan suatu transformasi geometrik. Oleh karena posisi piksel pada citra output tidak sama dengan posisi piksel input (aslinya) maka piksel-piksel yang digunakan untuk mengisi citra yang baru harus di-*resampling* kembali. *Resampling* adalah suatu proses melakukan ekstrapolasi nilai data untuk piksel-piksel pada sistem grid yang baru dari nilai piksel citra aslinya. Rektifikasi bertujuan agar citra memiliki koordinat yang sama dengan peta berdatum WGS 84 serta sistem koordinat UTM. Koreksi geometri dilakukan pada citra sateli Landsat MSS. Citra satelit Landsat TM dan ETM+ yang digunakan telah terkoreksi secara geometrik sehingga tidak perlu lagi dilakukan koreksi geometrik (rektifikasi).

2. Koreksi Radiometrik

Perbaikan radiometrik adalah teknik perbaikan atau penajaman kontras citra dengan memperbaiki nilai dari individu-individu piksel pada citra, dalam konteks interpretasi visual proses koreksi ini yang bertujuan untuk memudahkan dalam mengidentifikasi objek-objek pada citra satelit. Koreksi radiometrik dilakukan karena hasil rekaman satelit mengalami kesalahan yang disebabkan oleh gangguan atmosfer. Gangguan atmosfer menyebabkan nilai pantulan yang diterima oleh sensor mengalami penyimpangan. Besarnya penyimpangan dipengaruhi oleh besar kecilnya gangguan atmosfer pada waktu perekaman. Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk menyusun kembali nilai pantulan yang direkam oleh sensor mendekati atau mempunyai pola seperti pantulan obyek yangsebenarnya sesuai dengan panjang gelombang perekamannya.

3. Komposit Band/Kanal

Dengan hanya satu band (saluran) yang umumnya ditampilkan dengan “grayscale/hitam putih”, identifikasi obyek pada citra umumnya lebih sulit jika dibandingkan dengan interpretasi pada citra berwarna. Oleh karena itu, pada saat melakukan interpretasi diperlukan adanya citra berwarna. Metode yang paling umum untuk menyajikan warna citra adalah dengan membuat citra komposit berwarna. Citra berwarna yang dihasilkan menggunakan kombinasi multi-band.

4. Cropping Area of Interest

Cropping berarti melakukan pemotongan citra untuk memisahkan areal yang menjadi fokus kajian yaitu Teluk Banten. Dengan memotong citra berarti daerahnya menjadi lebih sempit dan hal ini akan lebih meringankan beban komputer dalam mengolah citra.

5. Klasifikasi

Klasifikasi citra satelit dilakukan dengan menggunakan metode segmentasi. Pada awalnya penggunaan tipe klasifikasi ini diperuntukan dalam bidang kesehatan dalam melakukan analisa organ tubh yang spesifik, sistem pembuluh darah serta jaringan-jaringan tubuh lainnya hingga tingkat sel, pada pengembangannya metode ini sudah mulai digunakan dalam bidang lain selain kesehatan, termasuk untuk analisa citra satelit digital. Metode klasifikasi ini mirip dengan *Supervised Classification spectral based* dengan menggunakan training area yang diseleksi oleh user/interpreter sebagai *Region of Interest* (ROI)/ Area of Interest (AOI). *Segmentation Image* menggunakan sistem pemilihan objek berupa kelompok-kelompok/*cluster pixel* yang secara otomatis dibentuk atau dibuat oleh software dengan ukuran *cluster* yang ditentukan oleh user/ *interpreter.*

6. Kuantifikasi Luasan

Hasil dari klasifikasi selanjutnya dikuantifikasi luasannya dengan menggunakan software GIS untuk mendapatkan attibut yang diinginkan untuk dibuat tabulasinya untuk dapat dilakukan penilaian terhadap perubahan-perubahan spasial secara temporal.

2.4.3. Deteksi Perubahan Garis Pantai Teluk Banten Dengan Citra Satelit Landsat Multi Temporal

Deteksi perubahan dilakukan dengan metode *Image Difference Processing* atau meyatukan dua citra yang multi temporal dengan menggunakan *software Remote Sensing* untuk memudahkan identifikasi secara visual perubahan garis pantai yang terjadi di Teluk Banten.

2.4.4. Analisa Abrasi dan Akresi

Analisa abrasi dan akresi bertujuan untuk mengidentifikasi jangkauan dan luas area terabrasi yang terjadi pada beberapa periode, diantanya tahun 1972, 1979, 1991, 2001, sampai dengan 2011, mekanisme analisa adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunkana software GIS citra satelit Landsat untuk setiap periode didigitasi dengan menggunakan tema *line* (garis pantai).
2. Overlay garis pantai tahun 1972 dengan 1979 kemudian ukur jangkauan abrasi maksimum yang teridentifikasi kemudian dan konversi menjadi polygon untuk mendapatkan luasannya.
3. Overlay garis pantai tahun 1979 dengan 1991 kemudian ukur jangkauan abrasi maksimum yang teridentifikasi kemudian dan konversi menjadi polygon untuk mendapatkan luasannya.
4. Overlay garis pantai tahun 1991 dengan 2001 kemudian ukur jangkauan abrasi maksimum yang teridentifikasi kemudian dan konversi menjadi polygon untuk mendapatkan luasannya.
5. Overlay garis pantai tahun 2001 dengan 2011 kemudian ukur jangkauan abrasi maksimum yang teridentifikasi kemudian dan konversi menjadi polygon untuk mendapatkan luasannya.
6. Membuat klasifikasi Perubahan
   Pengurangan luas daratan dikelaskan diberi atribut areal yang terabrasi, Penambahan luas daratan dikelaskan diberi atribut Sedimentasi/Tanah Timbul, dan Urugan. Selanjutnya dikuantifikasi untuk mengetahui luasan masing masing kelas.

2.4.5. Analisa Genangan Dampak Dari Kenaikan Muka Air Laut

1. Ekstraksi SRTM *Bathymetry* menjadi peta tematik Kontur dengan interval kontur 0,5 m (50 cm).
2. Evaluasi dan pemilihan kontur dengan ketinggian 50 cm, 100 cm, 150 cm, dan 200 cm.
3. Memadukan garis pantai tahun 2011 dengan garis kontur yang yang sudah dipilih pada tahap sebelumnya.
4. Konversi menjadi Polygon untuk mendapatkan luasan genangan.
5. Clipping peta tematik penutupan lahan dengan polygon genagan untuk mendapatkan kelas penutupan lahan yang tergenang.

3. KONDISI UMUM WILAYAH KAJIAN

3.1. Teluk Banten

Teluk banten sebagai batasan umum kajian berada di pesisir utara Provinsi Banten, di ujung barat laut Pulau Jawa yang memiliki rentangan mulut kurang lebih 16 km mulai dari Longitude (1) : 106° 6'51.29" BT ; Latitude (1) : 5°55'51.55" LS sampai dengan Longitude (2) : 106°15'53.07" BT ; Latitude (2) : 5°57'26.24" LS dan memiliki pulau-pulau kecil seperti Pulau Pamujaan Besar, Pamujaan Kecil, Pulau Kubur, Pulau Tarahan, dan Pulau Panjang sebagai pulau yang terbesar di Teluk Banten.

Gambar 2. Peta Lokasi Teluk Banten.

3.2. Cagar Alam Pulau Dua

Pulau Dua yang sering disebut Pulau Burung, untuk perlindungan burung-burung air dan burung migran. Sejarah penetapan Pulau Dua sebagai Cagar Alam dimulai pada tahun 1931, ditetapkan sebagai Cagar Alam oleh Pemerintah Hindia Belanda, kemudian pada tahun 1937 ditetapkan sebagai Suaka Margasatwa seluas 8 Ha melalui Keputusan Gubernur Jenderal Hindia Belanda 30 Juli 1937 No. 21 Stbl 474. Saat penetapan tersebut, Pulau Dua dan Pulau Jawa masih dipisahkan oleh selat sempit selebar 300 m (Sulaeman 1995). Terbentuknya tanah timbul di sekitar cagar alam, menjadikan luas kawasan ini bertambah, dan pada tahun 1978 menyatu dengan Pulau Jawa. Untuk menjamin kelestarian ekositem Pulau Dua, terbit SK Menteri Kehutanan No. 253/Kpts-II/1984 yang menetapkan bahwa tanah timbul di selatan pulau yang ditumbuhi *Avicennia sp* menjadi tanah cagar alam, sehingga sampai saat ini luas Cagar Alam yang telah ditetapkan adalah 30 ha. Pulau Dua dikelola oleh Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Barat, Bidang KSDA Bogor, Seksi Wilayah Serang, Resort Pulau Dua. Meskipun berstatus cagar alam, Pulau Dua banyak dikunjungi masyarakat sebagai tempat wisata pantai, terutama pada hari libur.

Secara geografis terletak antara 106°- 21' BT and 6°01' LS. Kawasan Cagar Alam Pulau Dua berupa dataran rawa mangrove dengan topografi yang relatif landai, ketinggian antara 1 – 3 m di atas permukaan laut, dan kemiringan relatif datar antara 5 % - 10%. Tiga sungai yang bermuara ke Cagar Alam Pulau Dua yaitu Sungai Kepuh, Sungai Padek, dan Citangsi, sungai-sungai tersebut berasal dari aliran irigasi yang berada dibagian selatan Pulau Dua dan enam sungai yang mengalir

dari Cagar Alam Pulau Dua yaitu sungai Cigenteng, Cipacar, Bistrik, Cirukem, Cikelapa, Citangsi. Merupakan tumpuan dari petani tambak tradisionail yang dipergunakan untuk mengairai tambak - tambak yang berada disekitarnya.

Kondisi habitat Pulau Dua sebagian besar merupakan habitat dengan formasi vegetasi mangrove dan sebagian lainnya merupakan vegetasi hutan pantai. Hutan mangrove tumbuh di sekitar muara dan di pantai yang mengalami pelumpuran (sedimentasi). Sedangkan hutan pantai tumbuh di tapak yang benar-benar kering dan tidak terpengaruh pasang surut air laut. Daratan ini terbentuk oleh proses akresi yaitu masa pasir yang dihempas gelombang ke arah daratan.

Gambar 3. Kondisi vegetasi di Cagar Alam Pulau Dua.

3.3. Pulau Satu

Pulau Satu saat ini bukan sebuah pulau karena merupakan daratan yang membentuk tanjung. Bersadarkan kenampakan fisik tanahnya Pulau Satu terbentuk akibat pengumpulan masa pasir yang terhempas ombak kedaratan (Akresi) dan munculnya dasar perairan ke permukaan. hal ini ditunjukan oleh adanya formasi terumbu karang yang telah lama mati di daratan yang berjarak lebih dari 50 meter dari laut. Ditepi luar daratan juga terdapat tumpukan masa pasir dan serpihan terumbu karang yang tampaknya dihempaskan ombak jangka waktu yang cukup lama.

Gambar 4. Formasi terumbu karang mati yang telah puluhan tahun di daratan di Pulau Satu.

Gambar 5. Akumulasi Masa Pasir dan Serpihan Karang yang Terhempas Ombak ke Daratan (proses akresi).

Vegetasi Pulau Satu sebagian besar merupakan hasil suksesi vegetasi hutan pantai yang belum menujukan klimak karena masih muda dan sering mendapat gangguan. Hal ini ditunjukan oleh adanya bekas kebakaran dan kerusakan vegetasi pantai tersebut. Vegetasi mangrove masih dapat ditemui di areal-areal yang terjangkau oleh pasang surut air laut dan bersubstrat lumpur. Oleh karena itu vegetasi mangrove di Pulau satu ada yang di depan hutan pantai dan ada yang di belakang hutan pantai ke arah daratan, namun masih secara rutin tergenangi air pasang melalui kanal-kanal tambak. Meskipun demikian, Pulau Satu termasuk miskin akan jenis mangrove. Dari hasil analisis vegetasi pada suatu petak contoh seluas 0,44 Ha hanya menemukan satu jenis mangove ikutan pada tingkat pohon (berdiameter > 20 cm) yaitu waru laut *(Thespesia populnea)*. Untuk tingkat tiang ditemukan empat jenis, pancang sembilan jenis dan anakan serta tumbuhan bawah 13 jenis. Kerapatan dan indeks keragaman jenis vegetasi di Pulau Satu tergolong rendah.

Gambar 6. Kondisi vegetasi yang Didominasi oleh Semak Belukar di Pulau Satu.

Gambar 7. Kanal yang dibagun masyarakat untuk pengairan tambak

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Iklim

Teluk Banten termasuk wilayah beriklim tropis dengan pola curah hujan munson, dimana fluktuasi curah hujan bulanan menggambarkan perbedaan kondisi yang jelas antara musim kemarau dengan musim hujan. Secara umum daerah kajian termasuk daerah beriklim tropis yang memiliki 2 (dua) musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau dan musim hujan ditandai dengan sedikit banyaknya hari hujan dan volume curah hujan. Tipe iklim tropis memiliki curah hujan yang tinggi dan terjadi kurang lebih 6 (enam) bulan dalam setahun.

4.1.1. Curah Hujan

Data kondisi curah hujan dan evaporasi di daerah kajian, didasarkan pada data sekunder tahun 2006 s/d 2010 dari Stasiun Meteorologi Kelas III Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMG) Serang. Rekapitulasi curah hujan bulanan, hari hujan dan evaporasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata curah hujan, hari hujan dan evaporasi bulanan selama lima tahun (2006-2010) di Kota Serang.

No	Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hari)	Evaporasi (mm)
1	Januari	260	22	128
2	Februari	277	23	98
3	Maret	205	18	126
4	April	90	14	125
5	Mei	123	13	118
6	Juni	70	13	108
7	Juli	54	7	129
8	Agustus	42	7	140
9	September	77	7	148
10	Oktober	73	10	149
11	Nopember	151	15	136
12	Desember	127	20	122
	Total	**1.549**	**169**	**1.527**

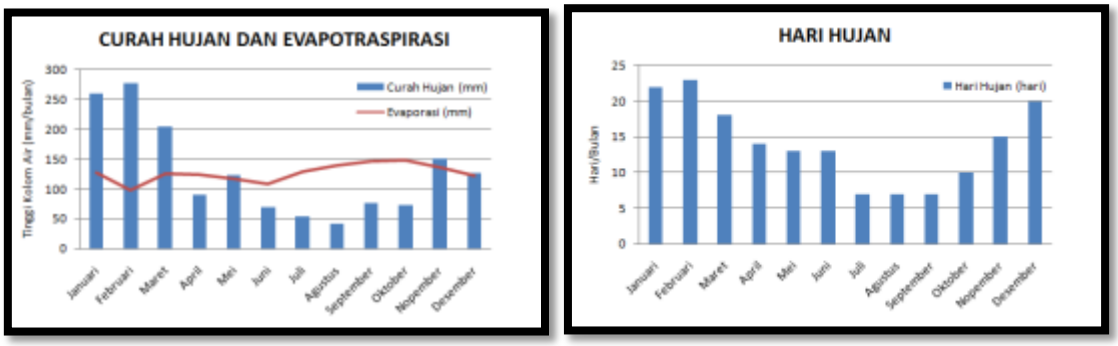
Sumber : BMKG, Stasiun Meteorologi Kelas III Serang, 2010

Curah hujan bulanan berkisar antara 42 mm/bulan hingga 277 mm/bulan. Curah hujan bulanan terendah terjadi pada bulan Agustus dan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari, dengan jumlah curah hujan tahunan sebesar 1.548 mm/tahun. Evaporasi bulanan berkisar antara 98 mm/bulan hingga 149 mm/bulan. Evaporasi terendah terjadi pada bulan Februari dan evaporasi tertinggi terjadi pada bulan Oktober, dengan jumlah evaporasi tahunan sebesar 1.526 mm/tahun. Hari hujan bulanan berkisar antara 7 hari/bulan pada bulan Juli, Agustus dan September hingga 23 hari/bulan pada bulan Februari, dengan jumlah hari hujan tahunan sebesar 170 hari/tahun.

Berdasarkan fluktuasi nilai-nilai curah hujan dan evaporasi, terlihat bahwa selama periode November-Maret dan bulan Mei nilai curah hujan lebih tinggi dari evaporasi (surplus), sedangkan

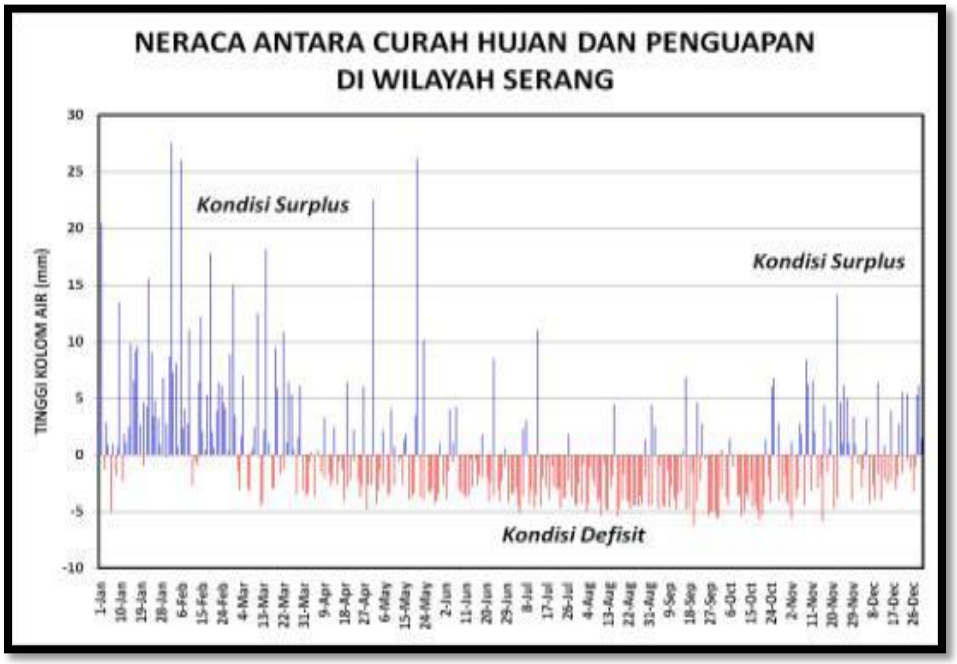
selama bulan April dan periode Juni-Oktober nilai curah hujan lebih rendah dari evaporasi (defisit). Jumlah bulan basah dengan intensitas >200 mm/bulan adalah sebanyak tiga bulan, sedangkan jumlah bulan kering dengan intensitas <100 mm/bulan adalah sebanyak enam bulan. Dengan demikian menurut klasifikasi Oldeman (1975) wilayah ini memiliki **Zona Agroklimat D-3**.

Jumlah bulan kering dengan intensitas <60 mm/bulan adalah sebanyak dua bulan, sedangkan bulan basah dengan intensitas >100 mm/bulan adalah sebanyak 6 bulan. Dengan demikian menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson (1951) wilayah ini memiliki **Tipe Curah Hujan C**, atau sedang.



Sumber Data: BMKG Stasiun Meteorologi Kelas III Serang, 2010
Gambar 8. Diagram dan grafik fluktuasi curah hujan, evaporasi dan hari hujan di lokasi kajian.

Neraca harian antara nilai rata-rata harian curah hujan dan evaporasi menggambarkan bahwa periode yang sangat potensial terjadi surplus adalah selama periode November sampai Maret, sedangkan periode yang sangat potensial terjadi defisit adalah selama periode Juni hingga Oktober.

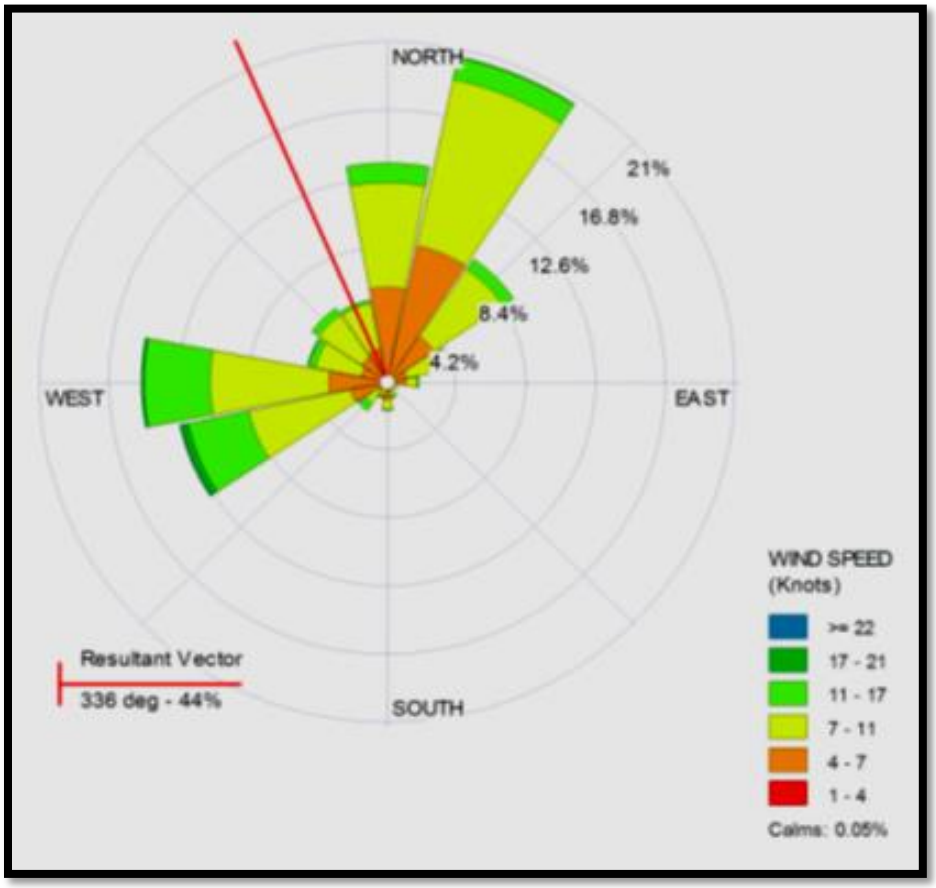


Sumber Data: BMKG Stasiun Meteorologi Kelas III Serang, 2010
Gambar 9. Fluktuasi neraca antara curah hujan dan evaporasi harian di lokasi kajian.

4.1.2. Angin

Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 7-11 knot pada bulan Oktober hingga 8,9 knot pada bulan Februari. Kecepatan angin rata-rata tahunan adalah 5,7 knot. Kecepatan angin maksimum berkisar antara 18,3 knot pada bulan Juni hingga 24,4 knot pada bulan Agustus. Kecepatan angin maksimum tahunan adalah 20,6 knot.

Sebaran arah angin menggambarkan bahwa selama periode Januari-April arah angin dominan adalah berasal dari arah Timur Laut atau dari arah 45^{o}, sedangkan selama periode Mei-September arah angin dominan berasal dari Selatan atau arah 180^{o}, pada periode Oktober-November arah angin dominan berasal dari Barat atau arah 270^{o}, dan pada bulan Desember arah angin dominan berasal dari Utara atau arah 0^{o} atau 360^{o}. Dominasi arah angin secara keseluruhan menggambarkan bahwa 33% dari seluruh sebaran arah angin adalah berasal dari Selatan (180^{o}), 22% berasal dari Timur Laut (045^{o}), 16% berasal dari Tenggara (135^{o}), 14% berasal dari Utara (0^{o}), serta 12% berasal dari Barat (270^{o}). Hanya sedikit kejadian angin bertiup dari arah Timur (90^{o}) dan hampir tidak pernah ada angin yang bertiup berasal dari Barat Daya (225^{o}) dan Barat Laut (315^{o}).



Sumber Data : Stasiun Meteorologi & Geofisika Kota Serang (2006 s/d 2010) ;
Visualisasi : Wind Rose Plot
Gambar 10. Sebaran arah angin dominan di Kota Serang.

4.2. Topografi

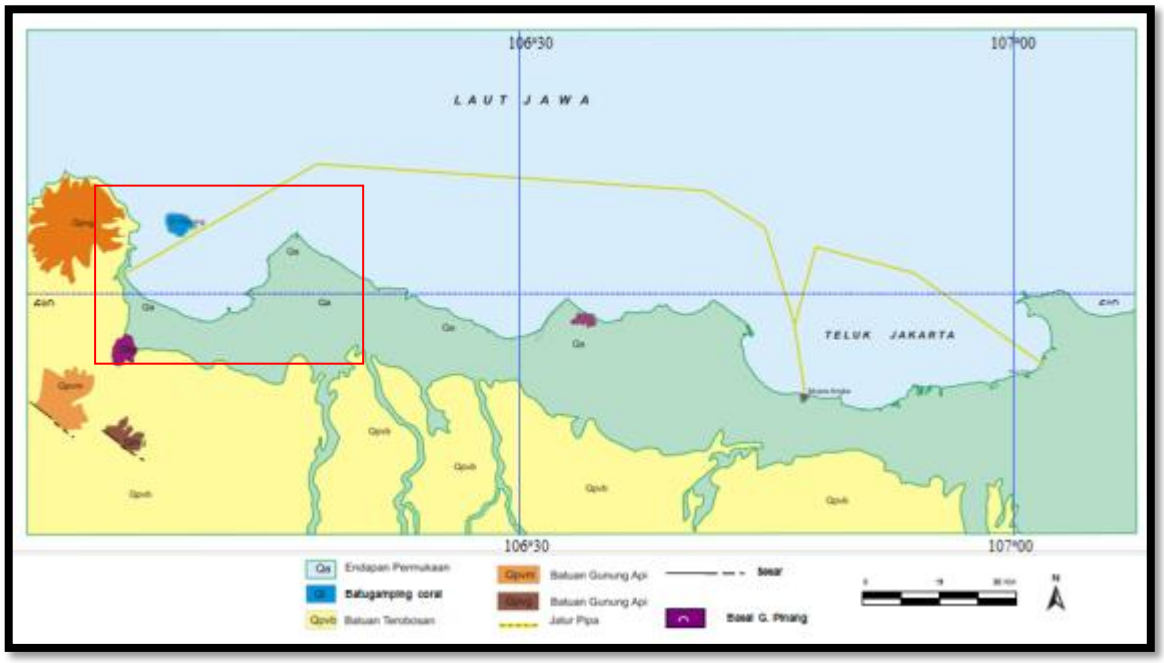
Secara umum bentuk topografi wilayah kajian merupakan daerah dengan topografi yang landai. Wilayah dengan topografi sedang sampai curang dapat ditemukan di wilayah barat yang berbatasan dengan titik terluar Teluk Banten.

4.3. Geologi

Sejarah geologi Provinsi Banten atau Jawa bagian Barat mulanya merupakan kompleks Gunung api Gede, terdiri atas Gunung api Pulosari (1.346 m), Gunung api Aseupan (1.160 m), Gunung api Karang (1.178 m), dan Gunung api Gede (740 m) di sebelah Selatan Cilegon, serta Gunung api Gede (585 m), yang terletak di sebelah Utara. Kompleks Gunung api Gede (740 m) dan Gunung api Gede (585 m) telah mengalami perkembangan lanjut, terbentuk beberapa kerucut parasiter, terjadi volkano-tektonik sehingga terbentuk lembah yang ditempati Rawa Dano, yang semula dimungkinkan sebagal kawah Gunung api Gede (740 m) purba.

Perkembangan selanjutnya kawah tersebut mengalami pendangkalan, membentuk dataran aluvial. Kompleks Gunung api Gede (740 m) maupun Gunung api Gede (585 m), keduanya mempunyai batuan asam hingga intermedier. Hal ini ditunjukkan oleh sebaran piroklastis yang membentuk tubuh gunung api tersebut. Pada bagian Barat kompleks Gunung api Gede, endapan piroklastis atau endapan yang terbentuk hasil erupsi gunung api tersebar di sepanjang pantai Banten, menghadap di Selat Sunda. Endapan piroklastis dan aliran lava sebagai alas terumbu karang, baik yang masih hidup maupun yang sudah mati. .

Gambar 11 merupakan Peta Geologi Lembar Serang dan Jakarta berskala 1:100.000 dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi yang dibuat oleh Rusmana. E. dkk. (2001).



Sumber : Peta Geologi Lembar Serang dan Jakarta berskala 1:100.000
Gambar 11. Peta Geologi wilayah kajian.

4.4. Morfologi Pantai

Wilayah Teluk banten dan sekitarnya merupakan bagian dataran rendah yang didominasi oleh pasir pantai (*sand beach*). Topografi daerah ini sangat bervariasi karena adanya erosi pantai dan sedimentasi dari sungai di sekitarnya. Sedimen dasar perairan pada umumnya berupa lumpur, pasir dan campuran keduanya, dan pasir inilah yang menjadi sasaran dalam eksplorasi, terbukti dari kesaksian masyarakat desa domas (pesisir timur Teluk Banten) sempat adanya kapal tongkang yang sedang menambang pasir di laut lepas.

Secara morfologi kawasan laut Teluk Banten mempunyai kesamaan dengan morfologi Pantai Utara Pulau Jawa, yaitu mempunyai kelerengan landai. Berdasarkan ukuran butiran sedimen, bentuk medan, endapan sungai, arah dan besarnya gelombang kawasan laut Utara di teluk Banten dibagi menjadi tiga kategori, diantarnya ;

4.4.1. Pantai Berlumpur

Pantai berlumpur adalah pantai yang memiliki butiran sedimen lempung dan debu dengan ukuran kurang dari 0,002 mm, bentuk medannya datar dan kelerengan 0 – 1%. Sedimen sungai umunya banyak ditemukan pada pantai bagian barat. Hal ini disebabkan karena pantai berpasir sudah banyak terabrasi oleh gelombang laut.

4.4.2. Pantai Berpasir

Pantai berpasir adalah pantai yang memiliki butiran sedimen pasir berukuran antara 0,062 – 2,00 mm. Medan berbentuk landai dengan kelerengan 1 – 5% dan berhadapan dengan gelombang atau arus yang cukup besar. Pantai berpasir ini berasal dari erosi batuan wilayah pesisir. Di garis pantai Desa Domas telah banyak yang terkena abrasi terutama wilayah yang menghadap laut lepas. Pantai berpasir sudah jarang ditemukan di daerah ini. Pematang pantai yang sekarang terutama terdapat pada pantai yang memperoleh tekanan gelombang yang relatif kuat. Pada pantai yang relatif tenang kenampakan morfologinya berupa rataan lumpur *(mud flat*).

4.4.3. Pantai Berbatu

Pantai berbatu adalah pantai yang memiliki butiran sedimen kerikil berukuran antara 2,00 – 256 mm. Bentuk medannya adalah agak terjal hingga curam dengan kelerengan lebih dari 5% dan berhadapan dengan gelombang atau arus yang besar serta sedikit atau tidak ada endapan sungai di wilayah ini.

4.5. Hidrologi

Berdasarkan Hidrologi Departemen Kehutanan (RBI skala 1 : 250.000) Daerah studi berada pada beberapa DAS diantaranya yaitu DAS Ciujung dan DAS Cikamayungan. Daerah studi mempunyai pengaruh pada 2 buah sungai, yaitu: Sungai Ciujung yang mengalir ke arah barat dan Cikangkung yang mengalir ke utara dan termasuk kedalam DAS Ciujung yang mengalir ke Laut Jawa. Sistem sungai beserta anak sungainya di daerah ini termasuk pola dendritik dan tralis. Bedasarkan analisis spasial, lebar Sungai Ciujung sebesar 4-8 m dan Sungai Cikangkung 15-40 m.

Daerah kajian terletak pada dataran rendah dengan morfologi perbukitan lebih intensif ke arah Selatan, sedangkan ke arah Utara morfologi dataran rendah lebih dominan. Pola aliran air permukaan mengarah dari Selatan ke Utara sesuai dengan kecenderungan bentuk morfologi tersebut.

4.6. Fisik Perairan Teluk Banten

4.6.1. Kualitas Air

Hasil dari pengamatan kualitas air dari Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan tahun 2010, diperoleh rata-rata parameter kualitas air seperti tertera pada tabel 6 pengamatan kualitas air dilakukan sebanyak 7 titik (kode : TOA).

Tabel 5. Nilai rata-rata kualitas air dibandingkan dengan nilai kualitas air baku di Teluk Banten.

No	Parameter Kualitas Air	Nilai Rata-rata Kualitas Air	Nilai Kualitas Baku Air
1	Kecerahan (m)	2,18	Coral > 5 Lamun < 3
2	Temperatur (^{0}C)	30	Coral 28-30 Lamun 28-30 Mangrove 28-32
3	DO (mg/L)	6,18	> 5
4	pH	8,18	pH 7 - 8,5
5	Salinitas (ppt)	31,10	Coral 33-34 Mangrove s/d 34 Lamun 33-34

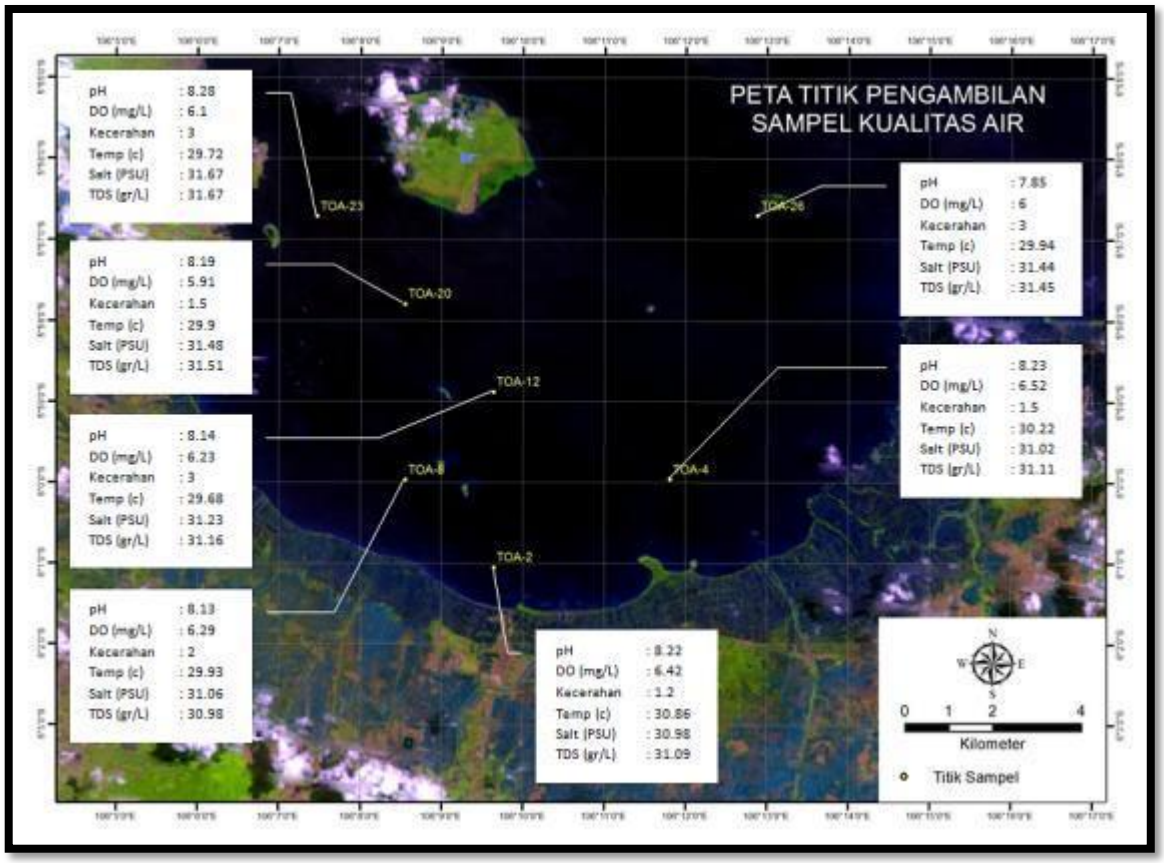
Sumber : Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010

Tabel 6. Nilai Kualitas Air pada Titik Pengamatan

No Sampel	Parameter	Nilai
TOA-2	Kecerahan (m)	1,2
	Temperatur (^{0}C)	30,86
	DO (mg/L)	6,42
	pH	8,22
	Salinitas (ppt)	30,98
TOA-4	Kecerahan (m)	1,5
	Temperatur (^{0}C)	30,22
	DO (mg/L)	6,52
	pH	8,23
	Salinitas (ppt)	31,02
TOA-8	Kecerahan (m)	2
	Temperatur (^{0}C)	29,93
	DO (mg/L)	6,29
	pH	8,13
	Salinitas (ppt)	31,23
TOA-12	Kecerahan (m)	3

No Sampel	Parameter	Nilai
	Temperatur (^{0}C)	29,68
	DO (mg/L)	6,23
	pH	8,14
	Salinitas (ppt)	31,48
TOA-20	Kecerahan (m)	1,5
	Temperatur (^{0}C)	29,90
	DO (mg/L)	5,91
	pH	8,28
	Salinitas (ppt)	31,48
TOA-23	Kecerahan (m)	3
	Temperatur (^{0}C)	29,72
	DO (mg/L)	6,10
	pH	8,28
	Salinitas (ppt)	31,67
TOA-26	Kecerahan (m)	3
	Temperatur (^{0}C)	29,44
	DO (mg/L)	6
	pH	7,85
	Salinitas (ppt)	31,44

Sumber : Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010

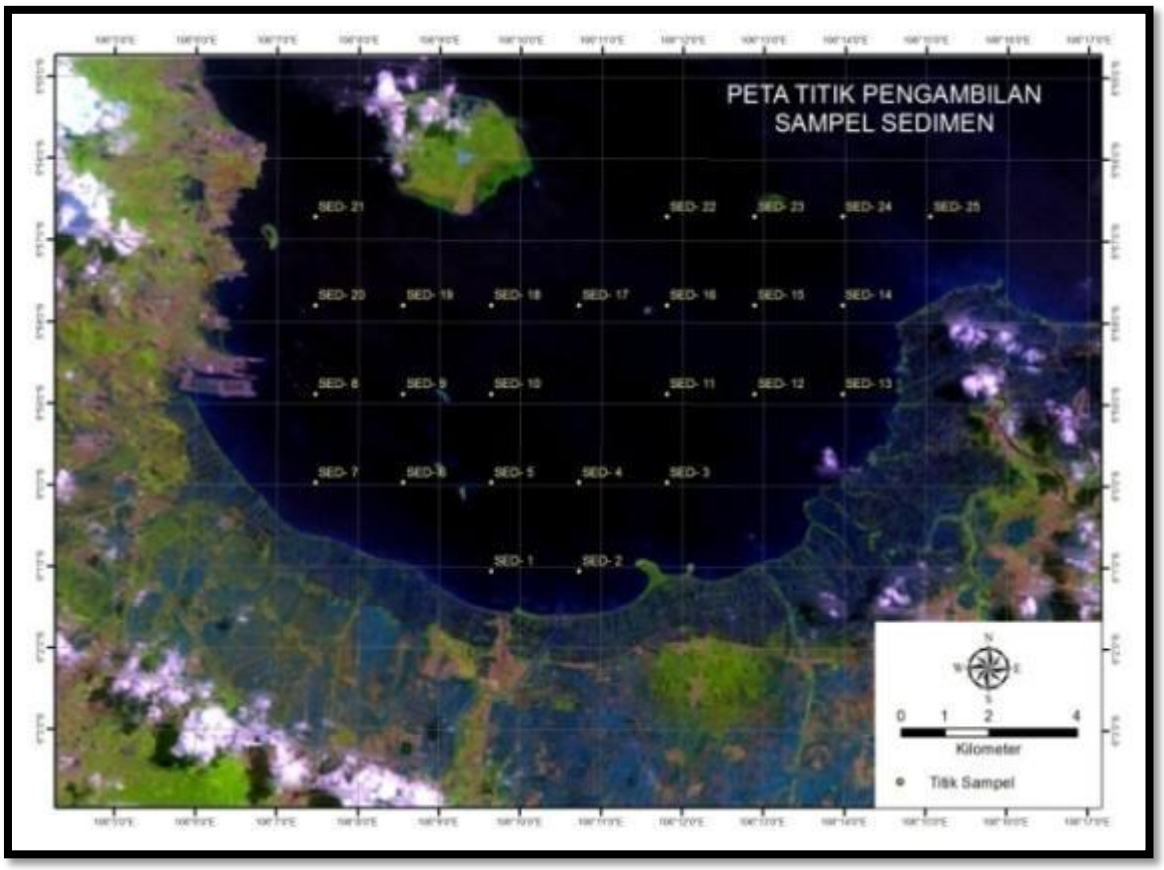


Sumber data : Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010 ; Peta : WIIP, 2012

Gambar 12. Peta Sebaran kualitas air perairan Teluk Banten.

4.6.2. Sedimen Dasar Perairan

Sebanyak 25 contoh (kode : SED) sedimen telah diambil di sekitar garis pantai dan permukaan dasar laut, kemudian kemudian terhadap contoh tersebut telah dilakukan pengamatan secara megaskopis sebelum selanjutnya dilakukan analisis besar butir (tabel 13). Hasil analisa besar butir kemudian dikompilasi dengan data pengamatan lainnya, salah satunya adalah untuk mendeskripsikan dinamika pantai.



Sumber data : Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010 ; Peta : WIIP, 2012
Gambar 13. Peta Lokasi Pengambilan Contoh Sedimen.

Tabel 7.Data analisis besar butir sedimen dasar perairan Teluk Banten.

No	Nomor Contoh	Moment Method Parameters			Folk & Ward Method			Persentase (%)				Textural Group Folk (1980)	Sediment Name Folk (1980)
		Mean	Sorting	Skewness	Mean	Sorting	Skewness	Gravel	Sand	Silt	Clay		
1	SED-1	5.323	0.916	-4.433	5.898	1.287	0.001	0.00	4.80	15.90	-	Mud	Medium Silt
2	SED-2	6.857	0.621	-7.008	5.954	1.244	0.009	0.00	2.20	16.30	-	Mud	Fine Silt
3	SED-3	6.970	0.480	-9.802	5.973	1.230	0.011	0.00	1.20	16.50	-	Mud	Fine Silt
4	SED-4	6.986	0.203	-17.322	5.988	1.219	0.013	0.00	0.50	16.60	-	Mud	Very Fine Silt
5	SED-5	6.993	0.550	-5.587	5.934	1.260	0.006	0.00	3.10	16.10	-	Mud	Fine Silt
6	SED-6	6.965	0.251	-16.756	5.987	1.291	0.013	0.00	0.60	16.60	-	Mud	Very Coarse Silt
7	SED-7	6.846	0.894	-4.279	5.893	1.291	0.001	0.00	5.00	15.80	-	Mud	Coarse Silt

No	Nomor Contoh	Moment Method Parameters			Folk & Ward Method			Persentase (%)				Textural Group Folk (1980)	Sediment Name Folk (1980)
		Mean	Sorting	Skewness	Mean	Sorting	Skewness	Gravel	Sand	Silt	Clay		
8	SED-8	6.964	0.290	-14.614	5.985	1.221	0.013	0.00	0.70	16.60	-	Mud	Very Coarse Silt
9	SED-9	6.668	0.792	-4.980	5.916	1.273	0.004	0.00	3.90	16.00	-	Mud	Fine Silt
10	SED-10	4.260	0.466	-8.629	5.968	1.234	0.010	0.00	1.50	16.40	-	Mud	Very Coarse Silt
11	SED-11	3.197	0.781	-5.663	5.932	1.261	0.006	0.00	3.20	16.10	-	Mud	Medium Silt
12	SED-12	6.738	0.761	-4.597	5.654	1.262	0.004	0.00	3.80	16.00	-	Mud	Fine Silt
13	SED-13	3.167	1.133	-3.883	5.860	1.417	-0.077	0.00	6.40	15.60	-	Mud	Very Fine Silt
14	SED-14	6.971	1.540	2.100	2.252	1.079	0.346	0.00	90.50	1.60	-	Sand	Poorly Sorted Fine Sand
15	SED-15	6.776	0.864	-4.329	5.683	1.351	0.001	0.00	4.90	15.80	-	Mud	Coarse Silt
16	SED-16	2.173	0.314	-14.248	5.984	1.221	0.013	0.00	0.70	16.60	-	Mud	Very Coarse Silt
17	SED-17	6.984	0.418	-7.545	5.960	1.240	0.009	0.00	1.90	16.40	-	Mud	Very Fine Silt
18	SED-18	6.967	0.260	-17.916	5.988	1.219	0.013	0.00	0.50	16.60	-	Mud	Very Coarse Silt
19	SED-19	6.993	0.385	-10.542	5.976	1.227	0.012	0.00	1.10	16.50	-	Mud	Fine Silt
20	SED-20	6.729	0.734	-5.802	5.934	1.259	0.006	0.00	3.10	16.20	-	Mud	Fine Silt
21	SED-21	6.764	0.413	-8.488	5.967	1.235	0.010	0.00	1.60	16.40	-	Mud	Very Coarse Silt
22	SED-22	2.376	0.362	-11.989	5.980	1.225	0.012	0.00	0.90	16.50	-	Mud	Fine Silt
23	SED-23	5.350	0.475	-6.578	5.950	1.247	0.008	0.00	2.30	16.30	-	Mud	Very Fine Silt
24	SED-24	5.755	0.210	-19.259	5.989	1.218	0.013	0.00	0.50	16.60	-	Mud	Very Coarse Silt
25	SED-25	6.356	1.155	2.818	2.159	0.690	0.200	0.00	95.50	0.70	-	Sand	Mod. Well Sorted Med. Sand

Sumber : Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010

Lanau

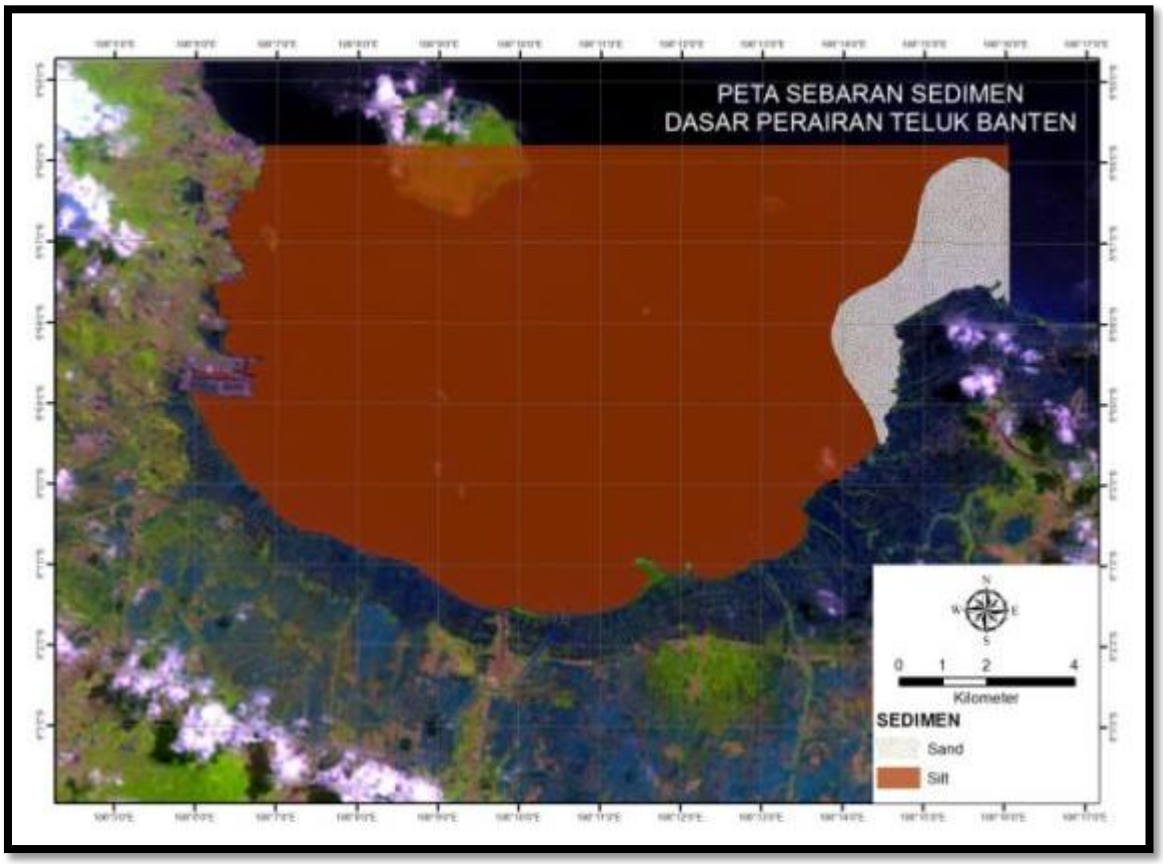
Satuan lanau (silt) tersebar hampir di seluruh perairan menuju ke arah laut lepas, pada kedalaman yang bervariasi. Satua ini berwarna abu-abu gelap hingga kehijauan, megandung cangkang dan bahan organik. Berdasarkan hasil analisa besar butir, rata-rata terdapat kandungan mineral lempung dengan persentase 10% - 16%. Dengan besar butir yang paling halus dibandingkan satuan lainya, sedimen ini diperkirakan berasal dari sungai Banten dan Sungai Anyer yang ditransportasikan ke laut melalui kanal-kanalnya, tersuspensikan dan tersebar ke seluruh perairan sekitar dengan dipengaruhi arus laut.

Pasir

Satuan pasir tersebar seluas ± 10% di wilayah teluk banten, terendapkan pada kedalaman 0-4 meter. Pola sebaran satuan ini sejajar dengan garis pantai dan di wilayah teluk banten ditemukan di wilayah Tanjung Balok tersebar paling luas di wilayah Kecamatan Tirtayasa. Secara Megaskopis, sedimen pasir mengandung mineral hitan, sedikit mineral kuarsa, fragmen batuan serta cangkang dan tumbuhan. Berdasarkan hasil analisis besar butir, satuan ini termasuk ke dalam jenis pasir halus hingga sedang.

Satuan pasir diperkirakan hasil dari morfogenesa wilayah Delta Ciujung, berupa material yang berasal dari daratan yang diangkut ke pantai mealaui muara-muara sungai Ciujung dan cabangnya, Tersebar di sepanjang pantai oleh arus laut sejajar pantai (*longshore current*).

Berdasarkan data analisis besar butir maka sedimen permukaan dasar laur di daerah kajian secara umum dapat dikelompokan menjadi 2 (dua) satuan tekstur sedimen, yaitu : a. Lanau (Z), b. Pasir (S). Hasil analisa besar butir secara umum dapat dipetakan seperti pada gambar 14.



Sumber data : Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010 ; Peta : WIIP, 2012
Gambar 14. Peta Sebaran Sedimen Dasar Perairan Teluk Banten.

4.6.3. Laju Sedimentasi

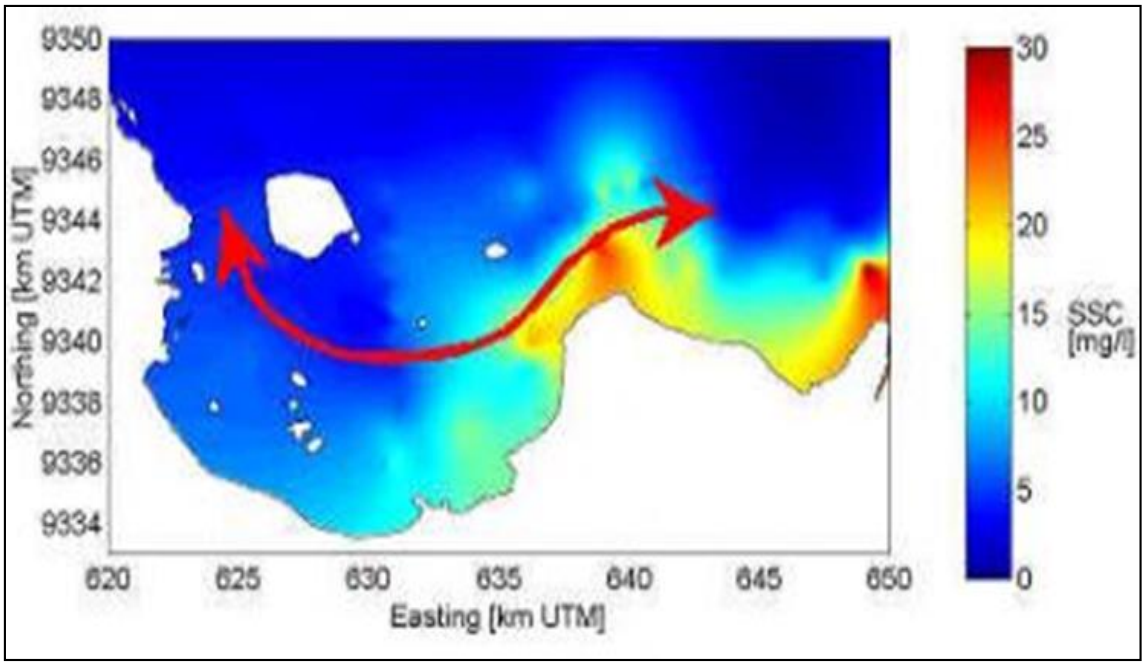
Dinamika laju sedimentasi diketahui dari analisa besar butir. Analisa besar diperoleh dari parameter tekstur sedimen yang meliputi besar butir rata-rata (*mean grain size*), pilahan (*sorting*), dan kepencongan (*skewness*). Berdasarkan hasil analisa data dari setiap parameter tekstur sedimen, maka diperoleh gambaran umum tentang proses dan dinamika sedimentasi kawasan Teluk Banten.

Gambar 15.Material sedimen yang terangkut oleh arus sejajar pantai.

Dari data distribusi sebaran tekstur sedimen tersebut dapat dikatakan bahwa sebagian besar material sedimen merupakan sedimen darat yang diangkut melalui sungai -sungai aktif kemudian diendapkan di laut. Daerah yang dekat dengan muara sungai cenderung memiliki butiran sedimen yang lebih kasar dibandingkan dengan sedimen yang diendapkan jauh dari muara sungai terutama sungai -sungai yang memiliki debit yang besar. Hal tersebut dapat dilihat dari pola sebaran sedimen berupa pasir terendapkan di sekitar muara sungai, sedang ke arah laut lepas ukuran butir sedimen berangsur halus. Arus sejajar pantai yang mengangkut material sedimen meyusuri pantai, semakin jauh dari muara butiran semakin halus.

4.6.4. *Total Suspended Solid* (TSS)

Gambar 21 menunjukkan nilai sebaran mendatar TSS (konsentrasi total padatan tersuspensi) di Teluk banten, di bagian barat teluk nilai konsentrasinya 5 mg/l (ditandai dengan warna biru gelap), sedangkan di perairan sisitimurdekat garis pantai konsentrasinya lebih besar, yakni 10-20 mg/l (ditandai dengan warna biru terangsampaikuning). Konsetrasi tertinggi terlihat di muara Sungai Ciujung nilainya mencapai 30 mg/l (ditandai dengan warna coklat kekuning-kuningan).



Gambar 16. Peta sebaran konsentrasi total padatan tersuspensi (mg/l) di perairan Teluk Banten dan sekitarnya diambil pada tanggal 20 Januari 1997 dengan Satelit Landsat TM 5 (Hoitink).

4.6.5. Analisa Distribusi dan Dinamika Konsentrasi TSS Berdasarkan Citra Satelit Landsat

Distribusi konsentrasi TSS dari nilai rata-rata reflektan spectral band 3 citra Landsat yang terdiri dari : a. Citra Landsat 5 TM tahun 1992, b. Citra Landsat 7 ETM+ tahun 2007 diperoleh nilai kandungan TSS perairan Teluk Banten yang di kelompokan ke dalam 10 (sepuluh kelas sebagai berikut :

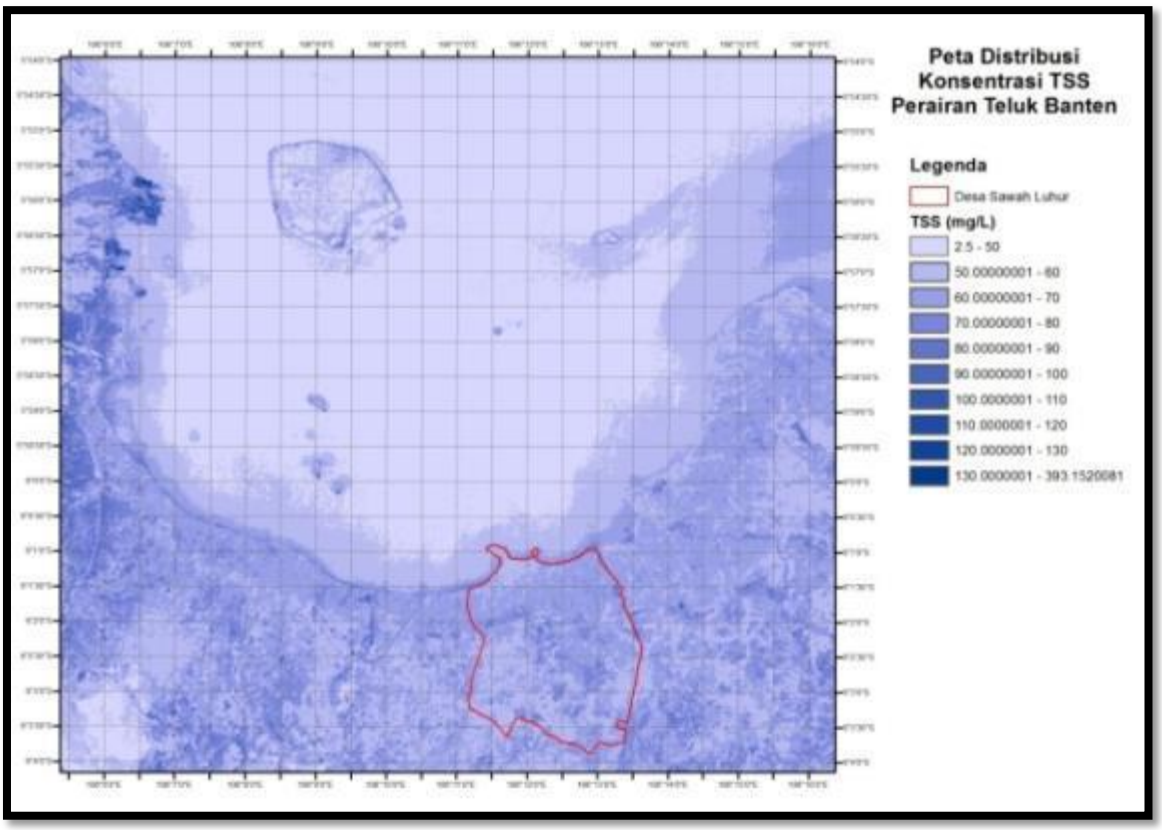
Tabel 8. Pembagian konsentrasi TSS perairan Teluk Banten.

No	Kelas	Nilai Reflektan (R) Citra	Konsentrasi TSS
1	1	0 < R < 50	0 mg/l < TSS < 50 mg/l
2	2	50 ≤ R < 60	50 mg/l ≤ TSS < 60 mg/l
3	3	60 ≤ R < 70	60 mg/l ≤ TSS < 70 mg/l
4	4	70 ≤ R < 80	70 mg/l ≤ TSS < 80 mg/l
5	5	80 ≤ R < 90	80 mg/l ≤ TSS < 90 mg/l
6	6	90 ≤ R < 100	90 mg/l ≤ TSS < 100 mg/l
7	7	100 ≤ R < 110	100 mg/l ≤ TSS < 110 mg/l
8	8	110 ≤ R < 120	110 mg/l ≤ TSS < 120 mg/l
9	9	120 ≤ R < 130	120 mg/l ≤ TSS < 130 mg/l
10	10	R ≥ 130	TSS ≥ 130 mg/l

Landsat 5 TM Tahun 1992

Pada citra Landsat 5 TM tanggal 18 Mei 1992, distribusi konsentrasi TSS di perairan Teluk Banten berkisar antara < 50 mg/l hingga 70 mg/l. Dilihat dari pola sebarannya, nampak terlihat jelas

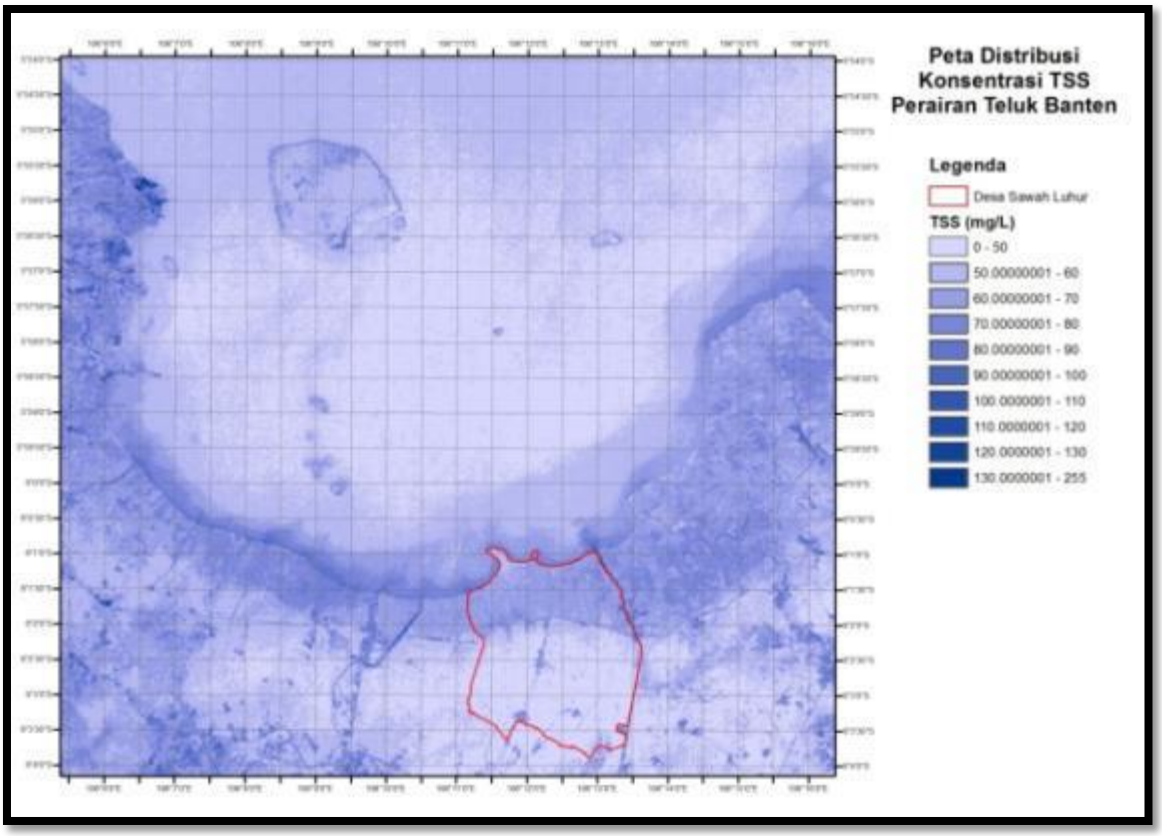
pasokan suspensi sedimen dari sungai-sungai yang bermuara di Teluk Banten seperti sungai Cibanten, Cikemayungan, Cianyar, dan Ciujunglama, dan lain-lain kemudian dibawa oleh arus menyusuri pantai (*longshore current*) di sekitar teluk, sehingga nilai konsentrasi TSS kelas 2 (50-60mg/l) dan kelas 3 (60-70 mg/l) cenderung tersebar di sekitar garis pantai, sementara konsentrasi TSS kelas 1 (< 50 mg/l) berada agak ke tengah laut. Distribusi spasial TSS didominasi oleh nilai TSS dengan konsentasi < 50mg/l, dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Peta Distribusi TSS Citra Landsat 5 TM Tanggal Akusisi 18 Mei 1992.

Landsat 7 ETM+ Tahun 2001

Pada citra Landsat ETM+ tanggal 7 Agustus 2001, distribusi konsentrasi TSS di perairan Teluk Banten cenderung meningkat jika dibandingkan dengan distribusi konsentrasi TSS pada tahun 1992 baik dari luas sebaran maupun konsentrasinya. Hal tersebut terlihat jelas dari perbandingan pola sebaran, dimana konsentrasi TSS paling rendah adalah kelas 4 (70 - 80 mg/l) dan paling tinggi kelas 10 (>130 mg/L). Distribusi spasial TSS didominasi oleh warna biru langit yaitu TSS dengan konsentasi 70 - 80 mg/l, dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Peta Distribusi TSS Citra Landsat 7 ETM+ Tanggal Akusisi 7 Agustus 2001.

Iklim wilayah Banten sangat dipengaruhi oleh angin monson dan gelombang La Nina atau El Nino. Saat musim penghujan (November - Maret) cuaca didominasi oleh angin barat (dari Sumatera, Samudara Hindia sebelah selatan india) yang bergabung dengan angin dari Asia yang melewati Laut Cina Selatan. Pada bulan April - Agustus, cuaca di dominasi oleh angin Timur yang menyebabkan di wilayah Banten sehingga mengalami kekeringan yang keras terutama di wilayah bagian pantai utara, terlbih lagi bila El Nino. Temperatur di daerah pantai dan perbukitan berkisar antara 22^0 C- 32^0 C (www.banten.go.id)

Curah hujan tertinggi sebesar 2.712 - 3.670 mm pada musim penghujan bulan September - Maret mencakup 5% luas wilayah Kabupaten Serang sebelah utara, seluruh luas wilyah Kota Cilegon , 50% luas wilayah Kabupaten Tangerang sebelah utara dan seluruh luas wilayah Kota Tangerang. Pada musim kemarau, curah hujan tertinggi sebesar 615 - 833 mm pada bulan April - Desember mencakup 50% luas wilayah Kabupaten Serang sebelah utara, seluruh luas wilayah Kota Cilegon, 50% luas wilayah Kabupaten Tangerang sebelah utara dan seluruh luas wilayah Kota Tangerang, pada bulan Juni - September mencakup 50% luas wilayah Kabupaten Serang sebelah Tenggara.

Berdasarkan kondisi iklim di atas, waktu akusisi citra yaitu tanggal 18 Mei 1992 dan 7 Agustus 2001, Kedua citra Landsat tersebut diakusisi pada musim yang sama, yaitu musim kemarau. Artinya tidak ada perbedaan iklim pada saat akusisi kedua data citra tersebut. Hal ini perlu disampaikan, karena jika musim berbeda, maka distribusi konsentrasi TSS di perairan pun akan berbeda, Pada saat musim hujan, debit sungai yang masuk ke perairan Teluk Banten lebih tinggi, sehingga akan membawa material suspensi sedimen yang lebih tinggi dibandingkan dengan pada saat musim kemarau.

Selain faktor musim, arus laut yang terjadi baik diakhibatkan oleh pasang surut maupun gelombang merupakan salah satu parameter penting dalam mengontrol dinamika distribusi TSS di perairan. karena keberadaan TSS di perairan mengapung (*floating*), sehingga pergerakan tergantung dari arah arus. Untuk mendapatkan gambaran kondisi arus daerah kajian dilakukan permodelan numerik arus laut menggunakan software *mike21* dan pengukuran arah dan kecepatan arus laut secara insitu di lapangan. Kecepatan arus hasil simulasi berkisar antara 0,05 m/s samapi 0,2 m/s, sedangkan bedasarkan pengukuran arus secara insitu, kecepatan arus maksimum pada saat pengukuran dilkukan (bulan juli sebesar 0,368 m/s). Arus bergerak ke arah barat laut (sekitar 300^0)

4.6.6. Analisa Distribusi TSS Berdasarkan Data Insitu

Untuk memperoleh gambaran distribusi konsentrasi TSS di lapangan, maka dilakukan pengambilan sampel air laut sejumlah 25 sampel. Pemilihan titik sampel dilakukan dengan metode purposif yang mewakili seluruh perairan Teluk Banten. Jarak antara titik sampel ± 1 menit grid latitude-longitude atau sekitar 1,8 km. Setiap titik sampel diambil ± 1 liter air pada kedalaman ± 2 meter dari permukaan laut, setelah itu dilakukan analisa laboratorium untuk memperoleh kandungan konsentrasi TSS. Analisis air laut dilakukan di laboratorium Produktifitas Air dan Lingkungan (ProLing) IPB.

Kekeruhan yang terjadi di badan air lebih disebabkan oleh beraneka ragam campuran partikel terlarut seperti lempung, pasir halus dan bahan organik yang diuraikan oleh detritus, fitoplankton yang berada dipermukaan dan jenis organisme mikroskopis lainnya. Pada umumnya, kumpulan berbagai partikel ini berasal dari perairan itu sendiri, sehingga berdampak pada bervariasinya tingkat kekeruhan di suatu perairan dari waktu ke waktu, seperti pada saat musim kemarau.

Adanya perbedaan penyebab kekeruhan di perairan juga menjadi penyebab perubahan komposisi dari komunitas organisme perairan di badan air tersebut. Apabila terdapat kekeruhan terjadi akibat besarnya volume partikel sedimen yang tersuspensi akan menjadi penyebab berkurangnya penetrasi cahaya, sehingga mengahambat aktivitas fotosintesis fitoplankton, alga dan makrofita yang berada jauh di permukaan. Sedangkan jika kekeruhan lebih besar dipengaruhi blooming alga, cahaya tidak akan jauh menembus ke dalam badan air, sehingga produsen primer menjadi terbatas khususnya yang berada pada lapisan atas. Cyasnobacter (*blue-green algae*) sangat menyukai kondisi seperti ini dan secara perlahan mengapung di permukaan. Secara keseluruhan, adanya kekeruhan menyebabkan berkurangknya organisme yang melakukan fotosintesis untuk menyediakan makanan bagi kebanyakan invertebrata. Sehingga semua invertebrata mengalami penurunan yang menyebabkan turunnya populasi ikan perairan.

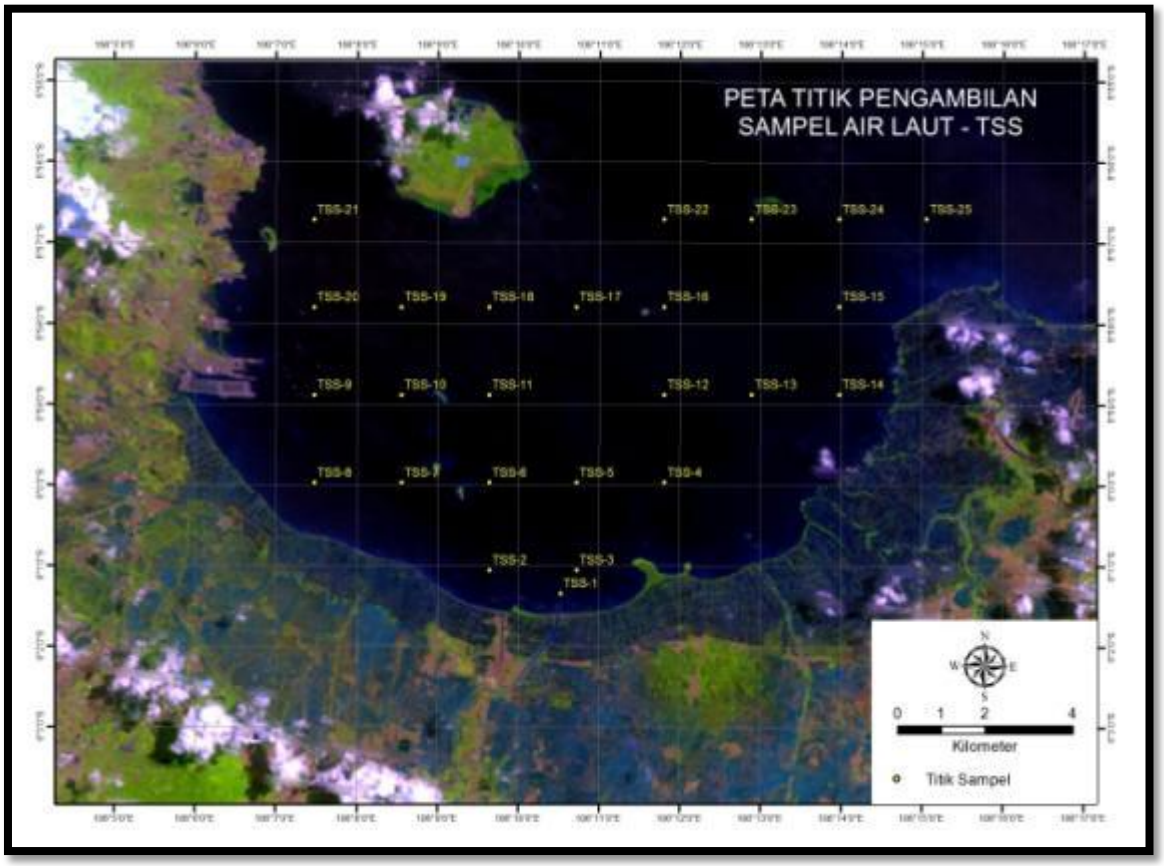
Tabel 9 merupakan hasil uji laboratorium kandungan TSS di setiap stasiun pangamatan di Teluk Banten. Dari hasil pengukuran yang dilakukan seperti yang terlihat pada tabel 9 didapat nilai konsentrasi TSS perairan Teluk Banten berkisar antara 48 - 156 mg/l. Dari data ini kita dapat mengetahui bahwa kualitas perairan Teluk Banten dilihat dari konsentrasi TSS kondisinya sudah sangat buruk.

Tabel 9. Hasil uji laboratorium kandungan TSS air laut perairan Teluk Banten.

No	GPS	Kode Sample	Kadar TSS (mg/L)	No	GPS	Kode Sample	Kadar TSS (mg/L)
1	TSS-1	Nov 13	85	**14**	TSS-14	BTN-17	70
2	TSS-2	BTN-1	86	**15**	TSS-15	BTN-18	86
3	TSS-3	BTN-2	85	**16**	TSS-16	BTN-20	94

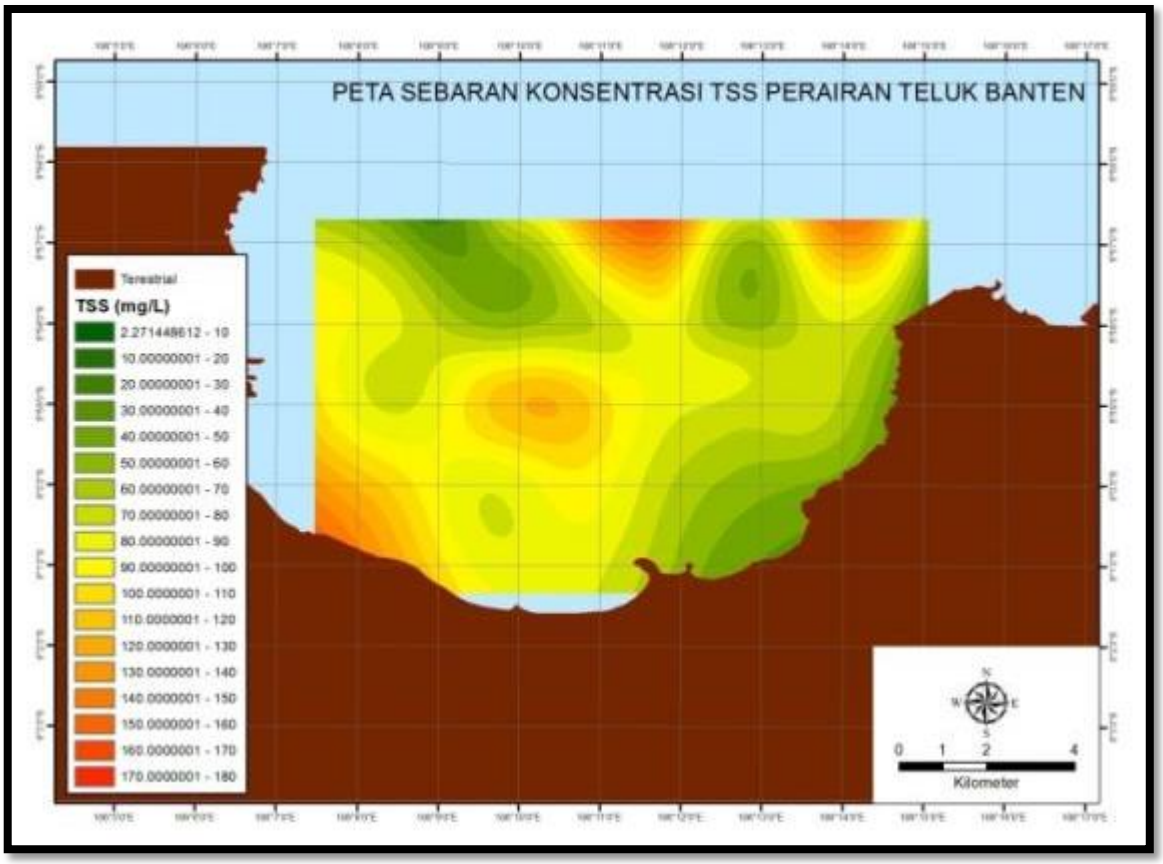
4	TSS-4	BTN-5	72	**17**	TSS-17	BTN-21	67
5	TSS-5	BTN-6	97	**18**	TSS-18	BTN-22	48
6	TSS-6	BTN-7	82	**19**	TSS-19	BTN-23	79
7	TSS-7	BTN-8	103	**20**	TSS-20	BTN-24	83
8	TSS-8	BTN-9	103	**21**	TSS-21	BTN-25	67
9	TSS-9	BTN-11	84	**22**	TSS-22	BTN-27	156
10	TSS-10	BTN-12	76	**23**	TSS-23	BTN-28	73
11	TSS-11	BTN-13	110	**24**	TSS-24	BTN-29	149
12	TSS-12	BTN-15	86	**25**	TSS-25	BTN-30	68
13	TSS-13	BTN-16	78				

Sumber : Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010



Sumber data : Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010 ; Peta : WIIP, 2012

Gambar 19. Peta Titik Pengambilan Sampel Air Laut – TSS.



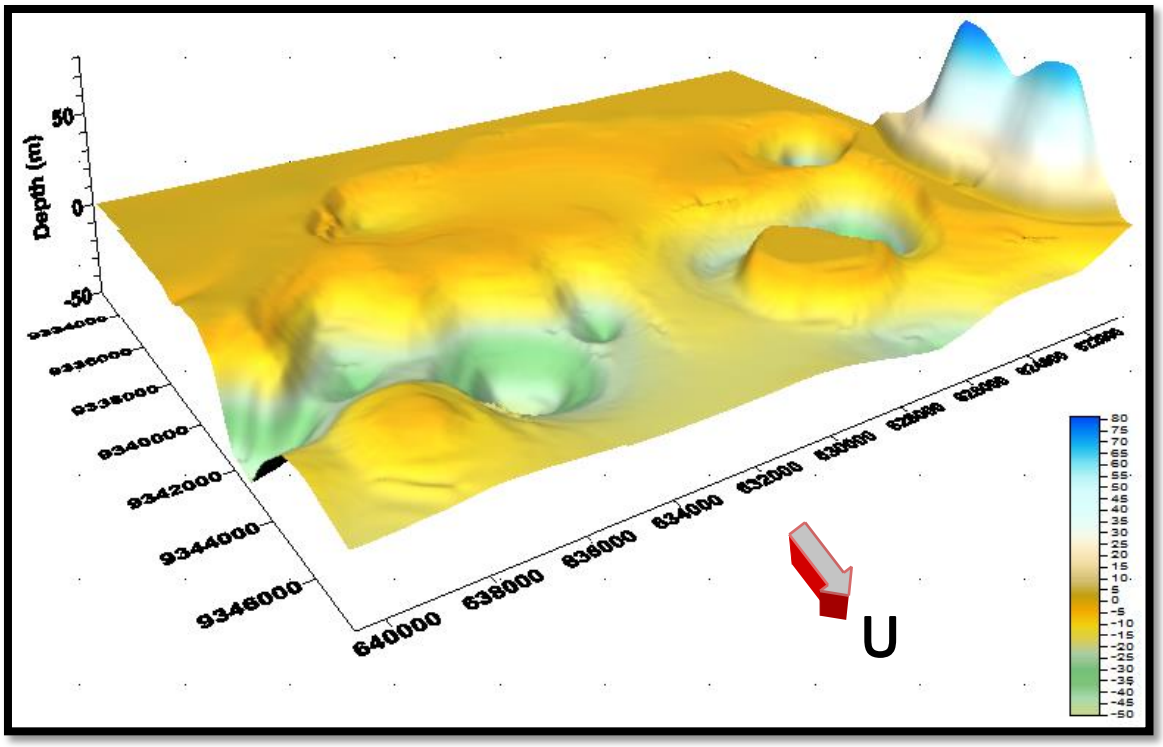
Gambar 20. Peta Sebaran Konsentrasi TSS Perairan Teluk Banten Hasil Interpolasi Data Lapangan.

Berdasarkan baku mutu air laut untuk perikanan yang dikeluarkan oleh Kementrian Lingkungan Hidup tahun 2004, nilai kandungan padatan tersuspensi total (TSS) untuk terumbu karang adalah 20 mg/l, mangrove 80 mg/l, lamun 20 mg/l, dan padatan tersuspensi perairan yang baik untuk usaha budidaya perikanan laut adalah 5 - 25 mg/l (KLH, 2004).

Berdasarkan kandungan TSS perairan Teluk Banten yang disebandingkan dengan kriteria baku mutu air laut perikanan, maka perairan Teluk Banten secara keseluruhan tidak layak untuk dikambangkan usaha budidaya. Salah satu faktor yang mempengaruhi tingginya kandungan konsentrasi perairan Teluk Banten diantaranya kondisi geologi Banten yang di dominasi oleh endapan aluvial berupa pasir, lempung dan kerikil.

4.6.7. Hidro-Oceanografi

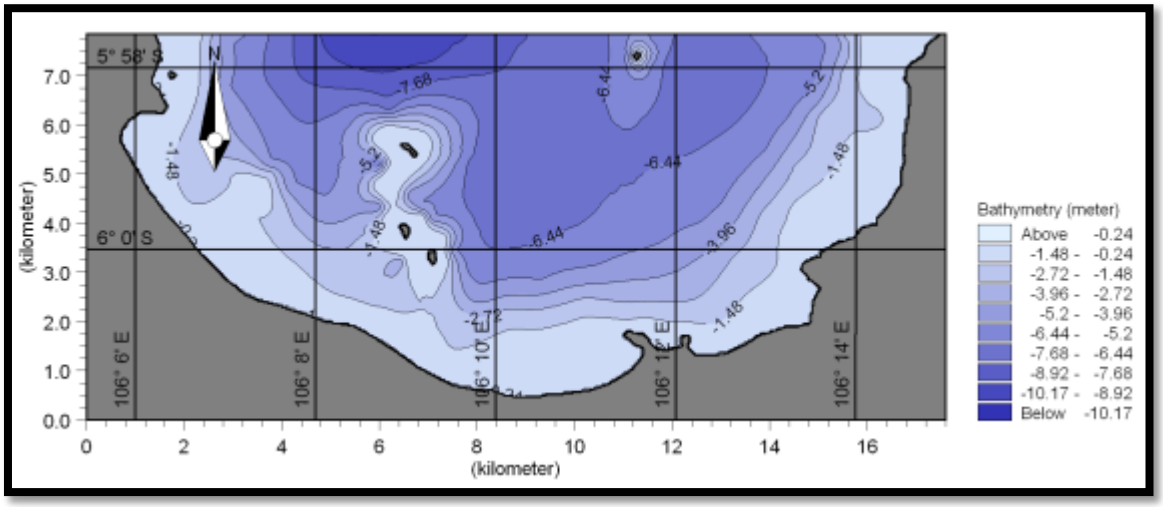
Teluk Banten terletak di bagian Utara wilayah Serang,Provinsi Banten, dibatasi oleh Tanjung Piatu di sebelah Barat dan Tanjung Pontang di sebelah Timur. Teluk yang terbuka kearah Laut Jawa ini memiliki panjang rentangan mulut kurang lebih 16 km dengan luas sekitar 120 km^2. Teluk Banten merupakan perairan yang dangkal, umumnya kedalaman air tidak melebihi 15 meter Secara 3 (tiga) dimensi kedalaman laut di Teluk Banten disajikan pada yang dihasilkan dari data satelit.



Sumber Data: SRTM Bathymetry 2008

Gambar 21. Visualisasi 3D Topografi Dasar Perairan Teluk Banten Tahun 2008.

Tipe dasar perairan terutama terdiri atas lumpur bercampur pasir dengan pantai yang landai. Di teluk ini terdapat beberapa buah pulau karang, yang terbesar adalah Pulau Panjang, berpenduduk dan merupakan satu kelurahan. Beberapa pulau lainnya jauh lebih kecil dan tidak berpenduduk yaitu Pulau Semut, gugusan Pulau Lima dan Pamuyan Kecil, Pulau Dua, Pulau Tarahan, dan Pulau Kali yang terletak paling luar. Gambaran batimetri Teluk Banten secara dua dimensi juga disajikan pada gambar 22.



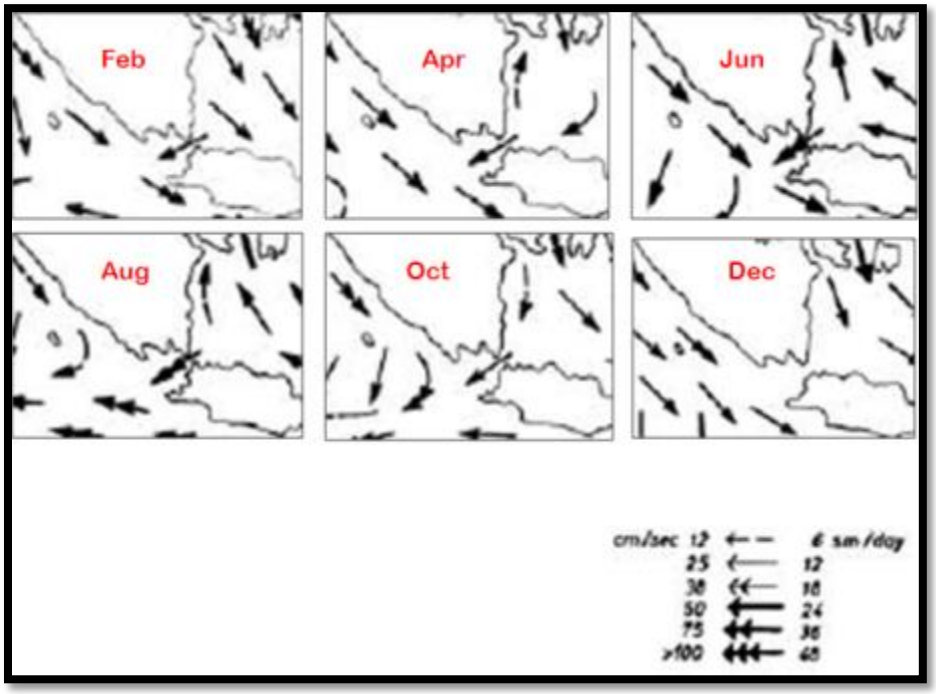
Gambar 22. Peta Batimetri Perairan Teluk Banten.

Beberapa sungai besar lainnya mengalir ke perairan Teluk Banten diantaranya adalah Sungai Domas, Sungai Soge, Sungai Kemayungan, Sungai Banten, Sungai Pelabuhan, Sungai Baros dan

Sungai Wadas. Sungai Muara Tengah tidak lagi mengalirkan airnya ke Teluk Banten, karena telah ditutup sehingga airnya langsung mengalir ke Laut Jawa melalui Sungai Pontang ke Tanjung Pontang.

4.6.8. Kondisi Arus

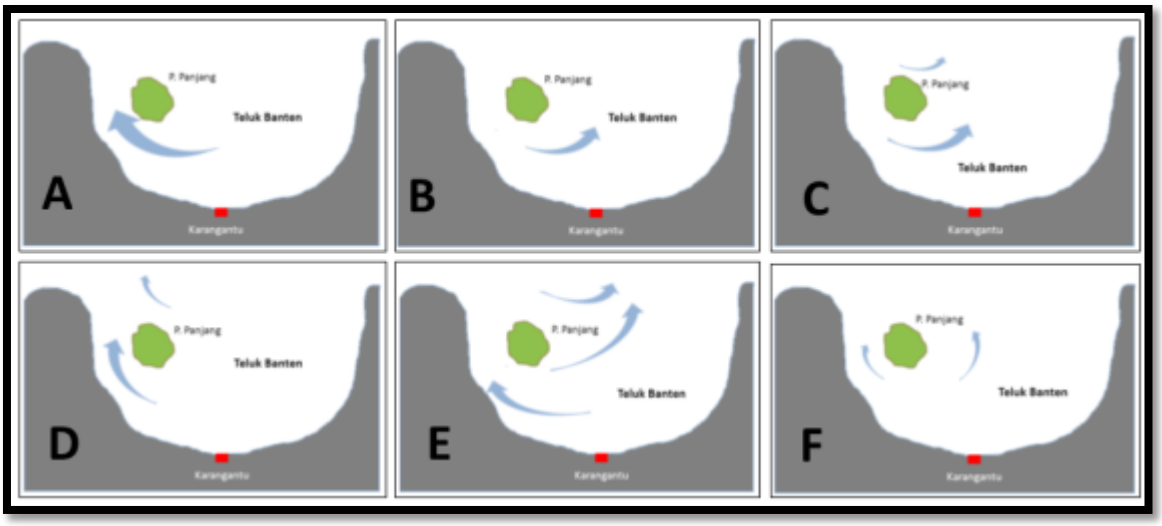
Teluk Banten yang merupakan bagian dari perairan Laut Jawa secara signifikan dipengaruhi oleh sistem monsoon Asia Tenggara. Perbedaan pola angin permukaan berdasarkan musim menimbulkan perbedaan pola arus permukaan seperti contoh yang digambarkan pada Gambar _ Arus permukaan pada musim barat cenderung searah dengan pola angin yakni bergerak dari perairan Laut China Selatan menuju ke Laut Jawa. Pada musim timur pola arus bergerak berlawanan arah, yaitu dari perairan Laut Jawa keluar menuju ke perairan Laut China Selatan melalui Selat Karimata.



Sumber: Wyrtki (1961).

Gambar 23. Pola arus permukaan yang dipengaruhi oleh musim pada musim barat (Desember-Februari), peralihan I (April), musim timur (Juni-Agustus)dan bulan musim peralihan II (Oktober).

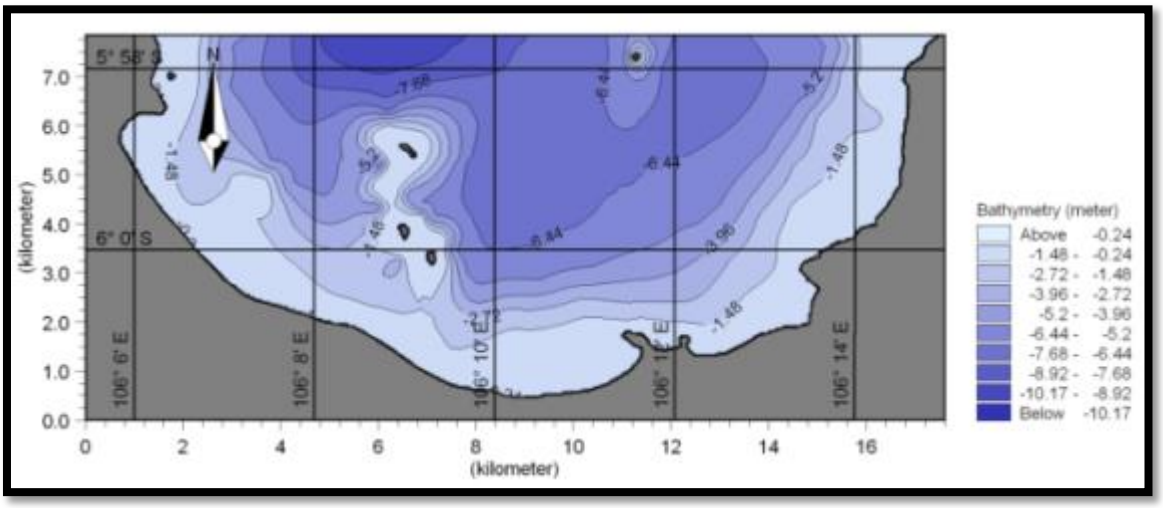
Namun demikian, pola arus permukaan yang terjadi di perairanTeluk Banten adalah berlawanan dengan yang terjadi di Laut Jawa. Ketika arus permukaan di Laut Jawa bergerak ke timur maka pola arus permukaan di Teluk Banten berputar searah jarum Jam. Arus masuk melalui celah timur (Celah yang terbentuk oleh Semenanjung Pontang dan Pulau Panjang, kemudian keluar melalui celah barat (celah sempit yang terbentuk dari Pulau Panjang dan Semenanjung Piatu. Gambaran lebih rinci tentang pola arus permukaan di Teluk Banten dapat terlihat pada gambar 24.



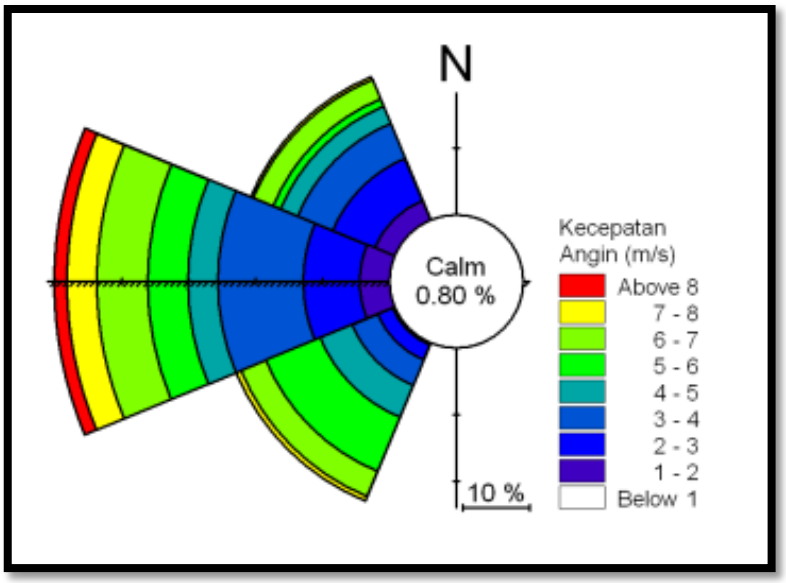
Gambar 24. 6 tipe pola arus permukaan di perairan Teluk Banten (Modifikasi dari Hosoya and Muchari, 1986).

Pengukuran arus menunjukan dominasi arah arus di lokasi pengukuran adalah utara (15^0-345^0) dan selatan (165^0-195^0), meskipun terjadi arah gerak air ke arah mata angin yang lainnya. Melihat pola seperti itu, pembangkit utama arus di perairan pantai utara kota Serang adalah pasang-surut.

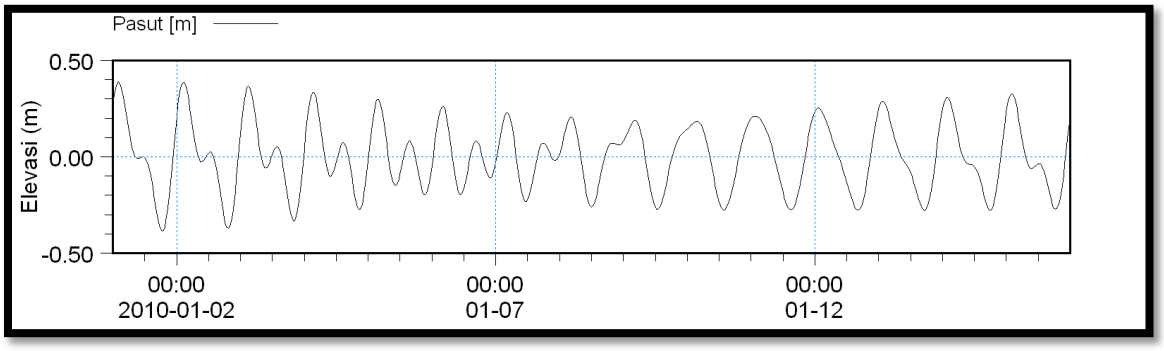
Untuk memahami kondisi arus lebih detail, maka dilakukan pemodelan arus. Masukan model adalah peta batimetri, kondisi angin, dan pasang-surut seperti digambarkan pada gambar 25.



(a)



(b)

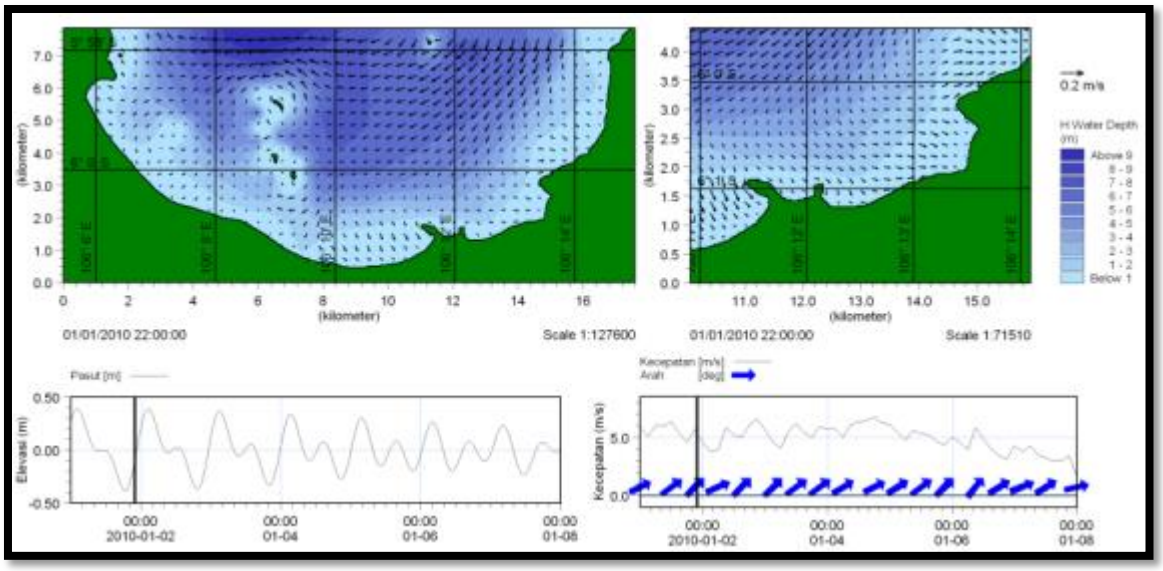


(c)

Gambar 25. Data masukan model, (a) Batimetri, (b) Angin dan (c) Pasang Surut.

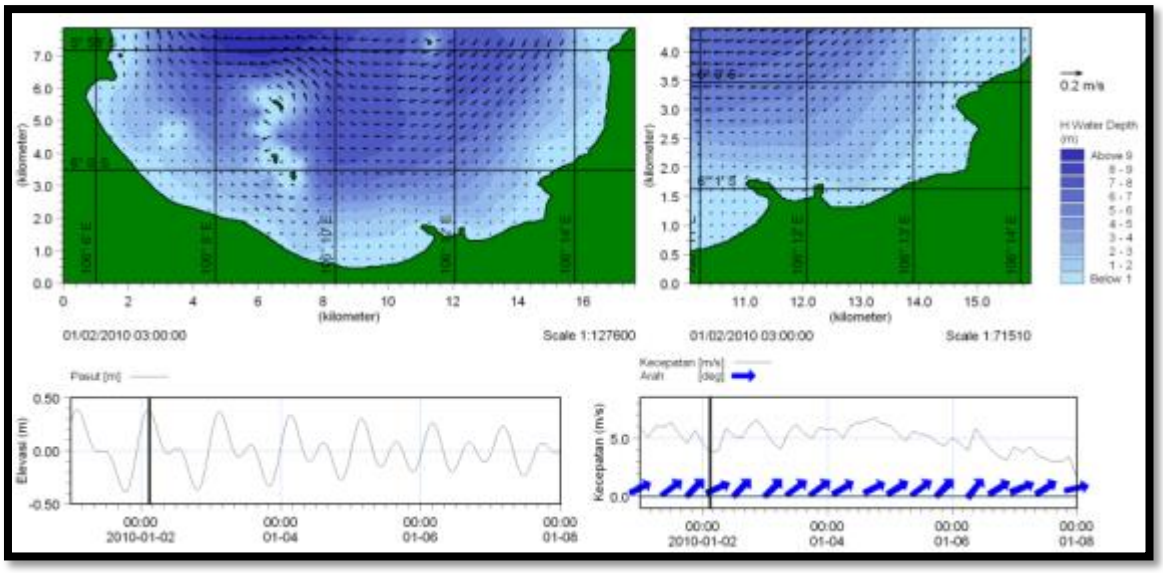
Hasil simulasi arus yang telah dilakukan selama 15 hari disajikan pada Gambar 26 - 29**.** Berturut-turut gambar tersebut menunjukkan pola arus pada saat muka air berada di titik *MSL* (*Mean Sea Level*) menuju pasang, pada saat pasang, di *MSL* menuju surut dan saat muka laut berada pada titik surut.

Pada saat muka laut menjelang pasang arus cenderung bergerak dari Laut Jawa kemudian memasuki perairan teluk banten dengan pola searah dengan arah jarum jam (gambar 26) ini sesuai dengan tipe arus A pada gambar 24**.**



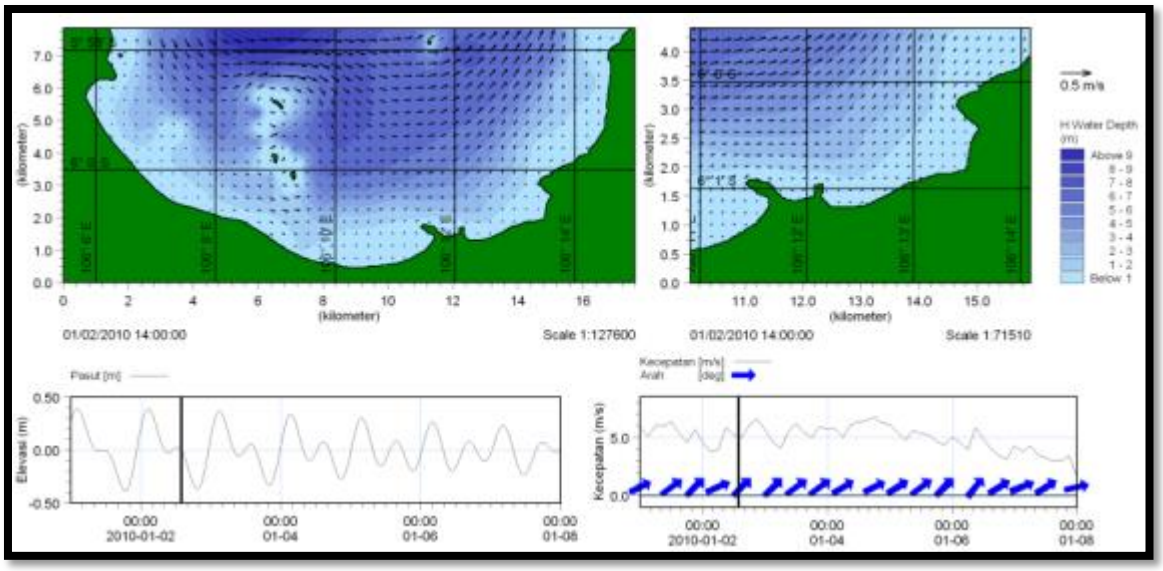
Gambar 26. Pola arus hasil modeling ketika muka laut menjelang pasang.

Di wilayah timur Cagar Alam Pulau Dua dan Pulau Satu, arus terlihat bergerak dari laut mendekati garis pantai dengan kecepatan 10 cm/det. Ketika muka laut berada pada titik pasang tertinggi pola arus masih sama namun kecepatan arusnya terlihat mulai melemah.



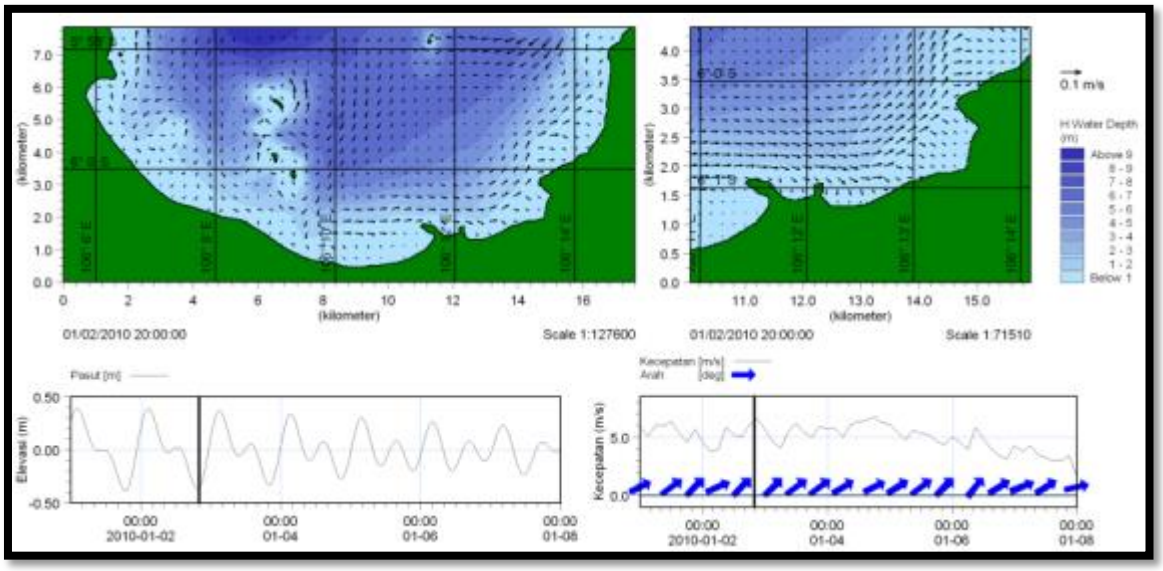
Gambar 27. Pola arus hasil modeling ketika muka laut berada di titik pasang.

Gambar dibawah menunjukkan pola arus yang berbalik arah ketika muka laut berada di MSL menuju surut terendah, yakni berlawanan dengan arah jarum jam dan menyerupai tipe B**.** Pola arus di sekitar rencana lokasi kegiatan menjauhi pantai dengan kecepatan 5-10 cm/det.



Gambar 28. Pola arus hasil modeling ketika muka laut menjelang surut.

Ketika muka laut berada pada posisi surut terendah di bagian tengah arus tetap bergerak ke luar teluk sedangkan pola arus yang berada dekat dengan pantai terlihat lebih stagnan (gambar 29).



Gambar 29. Pola arus hasil modeling ketika muka laut di titik surut.

4.7. Penutupan Lahan dan Vegetasi

Sejarah tutupan lahan merupakan salah satu informasi yang sangat penting, terutama dalam mengetahui dinamika perubahan penutupan lahan dan penggunaan lahan dalam periode waktu tertentu. Untuk dapat mengetahuinya, dibutuhkan serial data-data yang bisa diperbandingkan dari tahun ke tahun sehingga bisa diketahui perubahannya. Data dan Informasi kunci yang sangat diperlukan dalam rangka mengkaji sejarah perubahan tutupan lahan adalah serial citra satelit untuk beberapa tahun yang berbeda. Dari penelusuran yang dilakukan, akhirnya diperoleh serial citra satelit untuk 5 tahun yang berbeda yaitu tahun 1972, 1979, 1991, 2001 dan 2011. Di bawah ini adalah citra satelit yang memvisualisasikan kondisi umum penutupan di tahun-tahun tersebut.

Gambar 30. Kondisi penutupan lahan tahun 1972.

<u>Kondisi Umum :</u>

- Pulau Dua yang masih terpisah dengan Pulau Jawa sebagian sebagian besar ditumbuhi vegetasi mangrove (Merah Tua)
- Sebagian besar dari garis pantai ke belakang sudah berupa tambak
- Pada bagian belakang tambak sebagian besar adalah sawah .

Gambar 31. Kondisi penutupan lahan tahun 1979.

<u>Kondis Umum :</u>

- Pada tanah timbul yang menyatukan Daratan Pulau Dua dan Pulau Jawa ditumbuhi vegetasi mangrove
- Perbedaan warna pada wilayah persawahan merupakan perbedaan waktu tanam
- Luas kebun campuran berkurang pada bagian barat Teluk Banten.

Gambar 32. Kondisi penutupan lahan tahun 1991.

<u>Kondis Umum :</u>

- Vegetasi mangrove dan luas tanah di Pulau dua bertambah
- Vegetasi yang berada di selatan Cagar Alam Pulau Dua yang berbatasan dengan tambak berkurang, diduga karena perluasan lahan tambak
- Luas kebun campuran berkurang, berubah menjadi lahan pertanian, dan lahan terbangun atau pemukiman.

Gambar 33. Kondisi penutupan lahan tahun 2001.

Kondis Umum :

- Vegetasi mangrove dan luas lahan di Pulau dua kembali bertambah
- Vegetasi mangrove banyak tumbuh di pematang-pematang tambak
- Lahan terbangun bertambah di wilayah barat.

Gambar 34. Kondisi penutupan lahan tahun 2011

Kondis Umum :

- Luas vegetasi mangrove di bagian timur menurun sejalan dengan abrasi. (terlihat dari morfologi garis pantai yang berubah dari tahun sebelumnya)
- Lahan terbagun teridentifikasi di garis pantai bagian barat yang di duga adalah pelabuhan tambang pasir.

Citra satelit tahun 1972 dan 1979 merupakan citra satelit generasi pertama dari Satelit Landsat yang memiliki resolusi spasial yang rendah dan band yang terbatas, sangat sulit untuk dilakukan klasifikasi secara digital, maka untuk mengetahui luas dari kelas penutupan lahan dan perubahannya, maka dilakukan analisis citra digital pada citra satelit tahun 2001 dan 2011, tahun tersebut dipilih karena untuk merepresentasikan kondisi saat ini dan 10 tahun kebelakang.

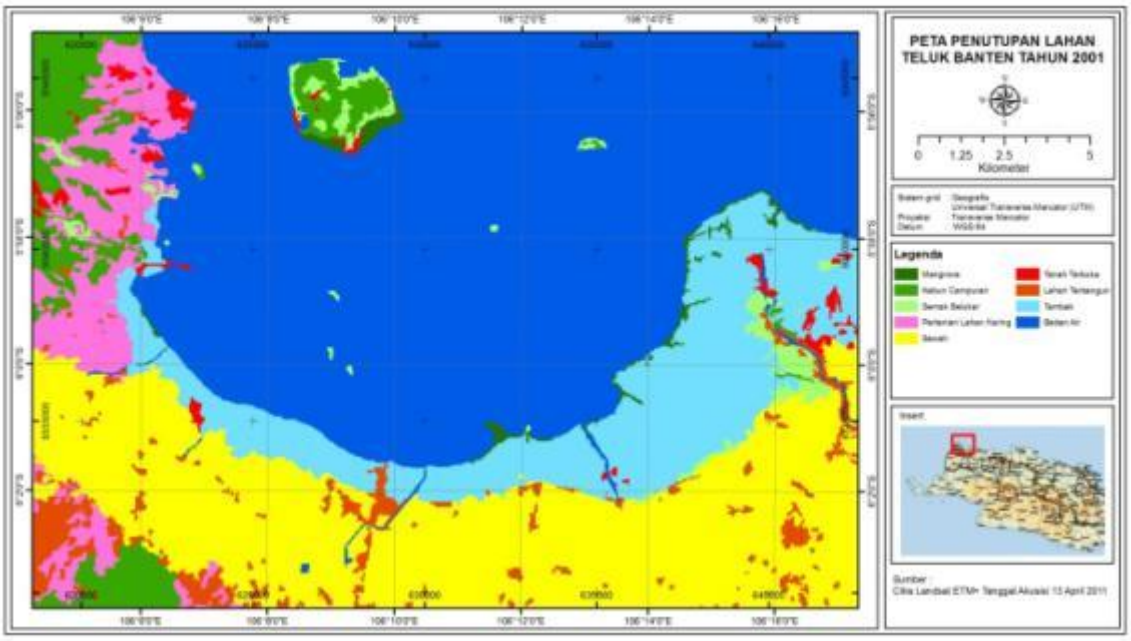
4.7.1. Klasifikasi Penutupan Lahan Tahun 2001

Dari hasil analisis citra digital citra Landsat 5 TM tanggal akusisi 7 Agustus 2001, klasifikasi penutupan lahan diklasifikasikan ke dalam 9 kelas, yaitu mangrove, kebun campuran, semak belukar, pertanian lahan kering, sawah, tanah terbuka, lahan terbangun, tambak, dan badan air.

Pada tahun ini sebaran pemukiman berasosiasi dengan sawah dan tambak. posisi pemukiman yang notabena adalah lahan yang secara aktual sulit untuk di rubah, sebagai subject pemukiman merupakan bagian dari penggunaan lahan dan struktur bagunan sosial yang menjadi prioritas untuk dilindungi dari bencana.

Tambak menjadi penggunaan lahan yang dominan di wilayah pesisir Teluk Banten yang menyebar dari sebagian wilayah barat sampai dengan timur. sebagian kecil di garis pantai terdapat vegetasi mangrove alami yang masih dibertahan maupaun vegetasi mangrove hasil rehabilitasi. Sawah merupakan penggunaan lahan yang dominan di wilayah terestrial Teluk Banten yang luasnya mencapai 9.611,91 ha atau 23,57% dari batas kajian. Pada wilayah pesisir luas tambak dan

mangrove berturut-turut adalah 4.925,34 ha (12,08%) dan 263,34 ha (0,65%). Peta penutupan lahan tahun 2001 hasil klasifikasi dapat dilihat pada gambar 35.



Sumber : Analisis Spasial, WIIP 2012

Gambar 35. Peta penutupan lahan Teluk Banten Tahun 2001.

Tabel 10. Luas Kelas Penutupan Tahun 2001.

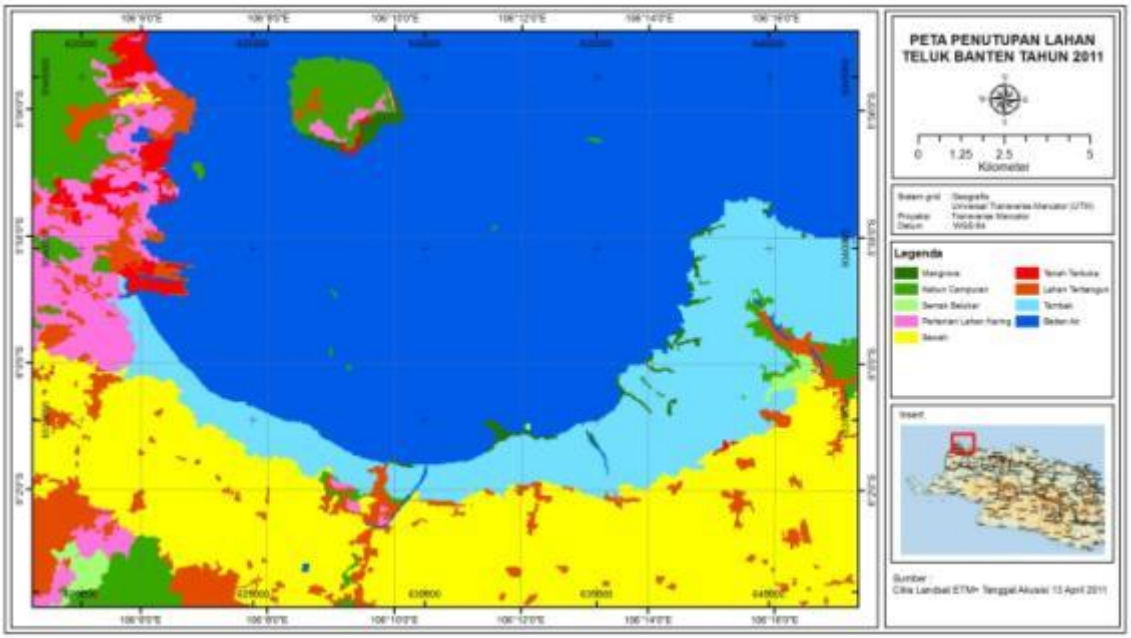
Kelas Penutupan Lahan	Luas (ha)	Persen (%)
Mangrove	263,34	0,65
Kebun Campuran	2.080,35	5,10
Semak Belukar	602,19	1,48
Pertanian Lahan Kering	2.269,71	5,57
Sawah	9.611,91	23,57
Tanah Terbuka	377,37	0,93
Lahan Terbangun	1.313,82	3,22
Tambak	4.925,34	12,08
Badan Air	19.337,67	47,42
Total	***40.781,70***	***100***

Sumber : Analisis Spasial (WIIP, 2012)

4.7.2. Klasifikasi Penutupan Lahan Tahun 2011

Dari hasil analisis citra digital citra Landsat 7 ETM+ tanggal akusisi 13 April 2011 serta pengamatan di lapangan, pengkelasan tutupan lahan dapat diklasifikasikan ke dalam 9 kelas, yaitu mangrove, kebun campuran, semak belukar, pertanian lahan kering, sawah, tanah terbuka, lahan terbangun, tambak, dan badan air.

Pada tahun ini jika pola sebaran penutupan lahan tidak begitu ada perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan Tahun 2001, akan tetapi perubahan luasan yang sangat dinamis terjadi dari rentang waktu 2001 sampai dengan 2011, Pada tahun ini pesisir Teluk Banten di domimasi oleh penutupan/penggunaan lahan berupa tambak yang terhampar dari barat sampai timur yang berasosiasi dengan hutan mangrove di Cagar Alam Pulau Dua dan di belakang tambak (menuju selatan) terhampar areal persawahan. Pertanian Lahan kering tersebar di bagian barat Teluk Banten yang berasosiasi dengan tanah terbuka, kebun campuran dan lahan terbangun yang menunjukan di areal tersebut dinamika dan akses kegiatan masyarakat lebih tinggi dibandingkan dengan di areal persawahan dan tambak. Peta penutupan lahan tahun 2011 hasil klasifikasi dapat dilihat pada gambar 36.



Sumber : Analisis Spasial, WIIP 2012
Gambar 36. Peta penutupan lahan Teluk Banten Tahun 2011.

Tabel 11. Luas kelas penutupan lahan di daratan Teluk Banten Tahun 2011.

Kelas Penutupan Lahan	Luas (ha)	Persen (%)
Mangrove	231,03	0,57
Kebun Campuran	2.260,44	5,54
Semak Belukar	226,44	0,56
Pertanian Lahan Kering	1.756,80	4,31
Sawah	9.406,71	23,07
Tanah Terbuka	476,73	1,17
Lahan Terbangun	2.221,11	5,45
Tambak	4.847,31	11,89
Badan Air	19.355,13	47,46
Total	***40.781,70***	***100***

Sumber : Analisis Spasial (WIIP, 2012)

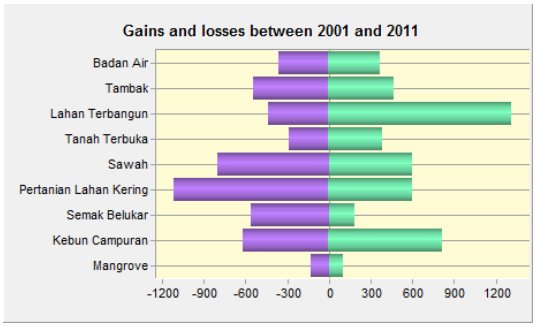
4.7.3. Perubahan Penutupan Lahan

Selama kurun waktu 10 tahun (2001 dan 2011), penutupan lahan di Teluk Banten telah mengalami perubahan luas. Dinamika perubahan luas penutupan lahan di Teluk Banten terlihat unik, dikarenakan sejalan dengan peningkatan laju abrasi yang mengakibatkan penurunan luas lahan, Penurunan luas lahan diindikasikan dari meningkatnya luas badan air. Perubahan tutupan Lahan tersebut dapat dilihat pada tabel 12.

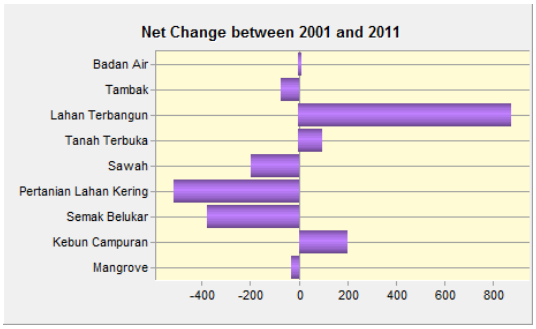
Tabel 12. Perubahan penutupan lahan Tahun 2001-2011.

Kelas Penutupan Lahan	Luas (ha)		Perubahan Luas 2001-2011	Perubahan Luas per Tahun
	Tahun 2001	Tahun 2011		
Mangrove	263,34	231,03	-32,31	-3,23
Kebun Campuran	2.080,35	2.260,44	180,09	18,01
Semak Belukar	602,19	226,44	-375,75	-37,57
Pertanian Lahan Kering	2.269,71	1.756,80	-512,91	-51,29
Sawah	9.611,91	9.406,71	-205,2	-20,52
Tanah Terbuka	377,37	476,73	99,36	9,94
Lahan Terbangun	1.313,82	2.221,11	907,29	90,73
Tambak	4.925,34	4.847,31	-78,03	-7,80
Badan Air	19.337,67	19.355,13	17,46	1,75
Total	***40.781,70***	***40.781,70***		

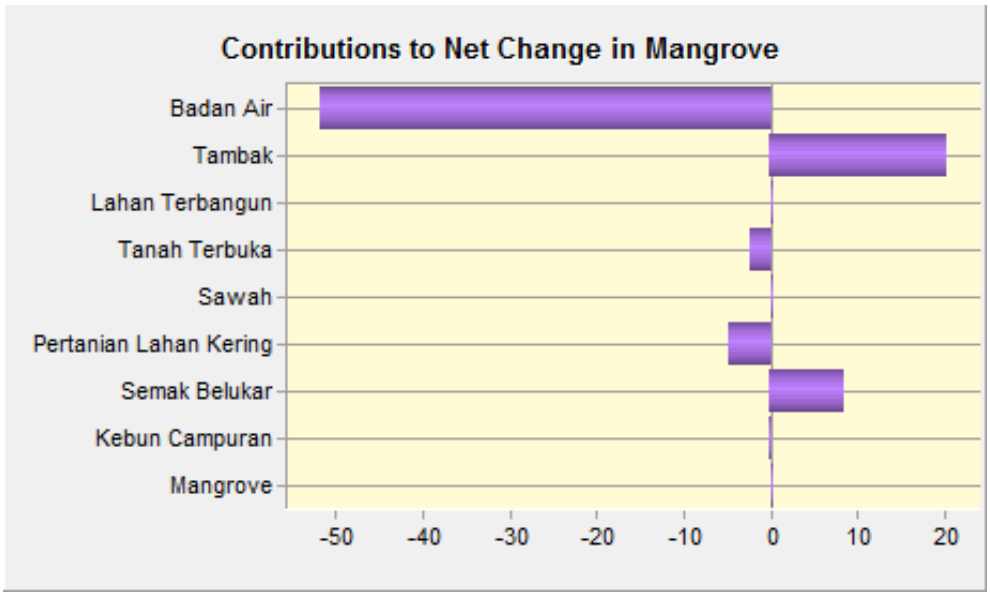
Dari tabel 12 dapat dideskripsikan bahwa terjadi perubahan luasan pada masing-masing kelas penutupan lahan, baik peningkatan maupun penurunan luasan. Perubahan pada masing-masing kelas akan berpengaruh pada perubahan kelas lainnya. Dari Kurun waktu Tahun 2001 sampai dengan 2011, pada kelas mangrove terjadi penurunan luasan sebesar 3,23 ha/tahun, dan pada tambak terjadi penurunan luas sebesar 7,8 ha/tahun. Walaupun pada secara aktual pada kurun waktu tersebut banyak areal yang di rehabilitasi (penanaman mangrove), akan tetapi laju degradasi di wilayah timur Teluk Banten diduga lebih tinggi daripada dan laju penanaman dalam kegiatan rehabilitasi, Hal tersebut sejalan dengan laju abrasi yang ditunjukan dengan meningkatnya luas badan air dan menurunnya luas tambak. Penurunan luasan sawah dan pertanian lahan kering diduga karena perluasan Lahan Terbangun akibat adanya ekspansi masyarakat terhadap pembangunan pemukiman. Untuk memperlihatkan perubahan yang terjadi dapat dilihat pada histogram dibawah ini.



Gambar 37. Histogram Luas Kelas Penutupan Lahan antara Tahun 2001 dan 2011.



Gambar 38. Histogram Selisih dari Penambahan dan Pengurangan Luas Kelas Penutupan Lahan antara Tahun 2001 dan 2011.



Gambar 39. Histogram Perubahan Mangrove menjadi Kelas Penutupan Lahan Lain.

Gambar 39 menunjukan histogram perubahan penutupan lahan yang mengasumsikan mangrove sebagai kontibutor dalam perubahan luas pada kelas lain, Pengurangan luas mangrove menjadi badan air yang mengindikasikan adanya abrasi terhadap garis pantai. Pengurangan luas mangrove dapat terjadi pada dua kejadian, mangrove yang hilang karena kegiatan manusia dan dan mangrove yang hilang karena terabrasi oleh gelombang laut. Kemudian adanya peningkatan luasan mangrove di areal tambak mengindikasikan adanya kegiatan rehabilitasi.

4.7.4. Vegetasi pada Berbagai Kelas Penutupan Lahan

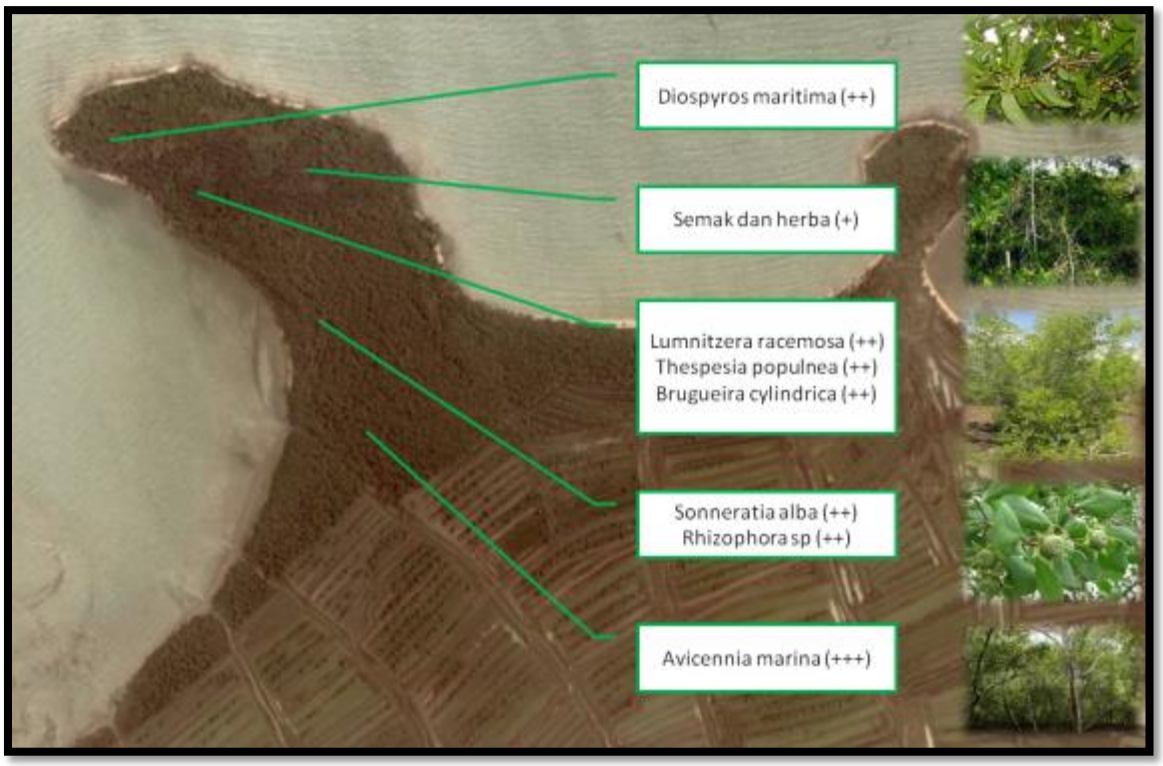
Selain dari klasifikasi penutupan lahan, pengamatan juga dilakukan pada vegetasi di pesisir Teluk Banten yang secara umum terdapat empat tipe/formasi vegetasi yaitu, 1) Formasi mangrove, 2) Vegetasi di sekitar tambak, dan 3) Vegetasi disekitar desa.

1. Formasi Vegetasi Mangrove

Berdasarkan sisa-sisa batang vegetasi yang dijumpai di lapangan yang dipadukan dengan informasi masyarakat setempat, sepanjang pesisir Teluk Banten dahulu merupakan hutan magrove yang cukup rapat. Hutan mangrove tersebut terbentuk dari beberapa jenis vegetasi mangrove antara lain Api-api *Avicennia marina*, Aviceniaa spp, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriops decandra*, *Bruguiera spp*, *Sonneratia spp*., dan beberapa jenis lainnya.

Bagian terdepan yang sebagian besar merupakan pantai lumpur berpasir, merupakan formasi mangrove. Zona terdepan dari formasi ini didominasi oleh jenis api-api *Avicennia marina*. Jenis mangrove ini tumbuh dengan subur dengan kerapatan tinggi di beberapa titik yang kemudian menyambung hingga ke lokasi Cagar ALam Pulau Dua.

Di Cagar Alam Pulau Dua sendiri formasi vegetasi mangrove tergolong unik karena pada zona depan cagar alam (pada wilayah yang menjorok ke laut) memiliki ketinggian yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lainnya, sehingga substratnya kering (tidak terpengaruh pasang surut) dan vegetasi yang tumbuh di zona tersebut didominasi oleh *Diospyros maritima,* semak dan herba sampai dengan *Lumnitzera racemosa.*



Gambar 40. Zonasi Vegetasi Mangrove di Cagar Alam Pulau Dua.

Sementara zona belakang dari formasi ini memiliki substrat lebih cenderung berlumpur dimana kandungan pasir menurun dratis. Pada zona ini, keanakaragaan jenis mengrove meningkat, mengikuti penuruan domiasi api-api. Beberapa jenis mangrove yang dijumpai di lapangan antara lain Api-api Avicennia marina, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera parvifolia*, Bruguiera spp, *Ceriops decandra*, *Rhizophora spp*. dan lain-lain.

Zona belakang merupakan lokasi penanaman mangrove yang dilakukan oleh pihak-pihak terkait. Survei lapangan mengidentifikasi suatu hamparan pantai terbuka di sebelah utara pesisir sebagai lokasi rehabilitasi ini. Pada lokasi ini, penanaman mangrove pernah dilakukan oleh pemerintah daerah. Berdasarkan wawancara dengan masyarakat, penanaman tersebut dilakukan oleh Dinas Kehutanan setempat namun hampir semuanya mati. Hanya ada beberapa bibit saja yang masih hidup, itupun dalam kondisi tertekan dengan pertumbuhan yang sangat lambat. Sayang sekali bahwasanya informasi-informasi kunci tentang detail kegiatan penanaman ini tidak dapat diketahui dengan pasti, misalnya: jumlah bibit yang ditanam, waktu penanaman, mekanisme pengelolaan kegiatan dll.

Dari sudut pandang vegetasi, terdapat dua jenis tumbuhan yang dijumpai di lokasi rehabilitasi yaitu 1) tumbuhan alami dan 2) tanaman introduksi. Jenis tumbuhan alami mengacu pada semua jenis tumbuhan yang secara alami tumbuh di lokasi tersebut. Pada tingkatan herba, beberapa jenis tumbuhan alami yang umum dijumpai antara lain Krokot kecil (*Suadeaa maritima)*, Krokot besar (*Sesuvium spp*.), dan Jeruju (*Achrosticum aureum).* Sementara untuk tingkat pohon, jenis yang paling mendominasi adalah Api-api (*Avicennia maritima)*. Beberapa jenis lain yang juga dapat ditemui dalam jumlah terbatas antara lain Cengal (*Ceriops decandra),* Buta-buta (*Excaceora agalocha)*, dan Bakau kecil (*Rhizophora stylosa)*. Berbeda dengan tumbuhan alami, tanaman artifisial mengacu padi jenis tanaman yang dengan sengaja di tanam di lokasi rehabilitasi. Dari pengamatan di lapangan, diketahui bahwa sebagian besar bibit yang ditanam adalah Rhizophora stylosa. Selain jenis ini, terdapat jensi lan yang ditanam yaitu *Ceriops decandra*, *Bruguiera gymnorrhiza*, dan *Rhizophora apiculata*. Tabel Berikut merupakan jenis-jenis vegetasi mangorve yang ditemukan saat pengamatan di Cagar Alam Pulau Dua dan Pulau Satu.

Tabel 13. Jenis-jenis mangrove di Pulau Dua dan Pulau Satu yang ditemukan pada saat pengamatan.

No	Jenis	Pulau Dua	Pulau Satu
1	*Acanthus ilicifolius*	x	
2	*Aegiceros floridium*		x
3	*Amyema mackayense*		x
4	*Avicennia alba*	x	
5	*Avicennia marina*	x	x
6	*Avicennia officinalis*	x	
7	*Bruguiera cylindrica*		
8	*Bruguiera exaristata*	x	
9	*Bruguiera parviflora*		x
10	*Camptostemon schultzii*		x
11	*Excoecaria agallocha*	x	x
12	*Finlaysonia maritima**	x	
13	*Ipomoea pes-capre**	x	
14	*Lumnitzera racemosa*	x	x
15	*Morinda citrifolia**	x	
16	*Phemphis acidula*	x	
17	*Rhizophora apiculata*	x	x
18	*Rhizophora mucronata*	x	

19	*Rhizophora stylosa*		
20	*Sesuviium portulacastrum**	x	x
21	*Sonneratia alba*		
22	*Sonneratia caseolaris*	x	
23	*Stachytarpheta jamaicensis**	x	
24	*Thespesia populnea**	x	x
25	*Widelia biflora**	x	x
	Jumlah	18	11

*) Jenis mangrove ikutan

2. Vegetasi di Areal Tambak

Tipe vegetasi ini mengacu pada seluruh jenis tumbuhan yang dijumpai di areal pertambakan. Secara umum, tumbuhan di lokasi ini dapat dikategorikan menjadi dua yaitu kelompok besar sebagai berikut:

a. *Vegetasi pada Badan Air Tambak*

Beberapa jenis tumbuhan yang umum dijumpai di dalam tambak antara lain Api-api *Avicennia marina, Rhizophora stylosa, Rhizophora mucronata* berukuran pohon dan pancang dengan kerapatan tegakan cukup tinggi. Berdasarkan informasi dari masyarakat, Api-api tersebut sengaja ditanam oleh pemilik tambak yang pada saat itu mendapatkan bantuan bibit dari dinas kehutanan setempat. Waktu penanaman tidak dapat diketahui dengan pasti, namun informasi pemilik tambak menyatakan bahwa penanaman tersebut dilakukan 6-7 tahun yang lalu. Selain jenis ini. Sementara untuk jenis mangrove lainnya, diperkirakan semuanya tumbuh secara alami di areal pertambakan. Diprediski bahwa sumber benihnya berasal dari hutan mangrove di Cagar Alam Pulau dua yang hanyut ke lokasi pertambakan, berkecambah dan tumbuh.

Gambar 41. Mangrove yang tumbuh di dalam badan air.

b. Vegetasi Di Pematang Tambak

Berbeda dengan yang ada di dalam tambak, jenis tumbuhan yang dijumpai di pematang tabak merupakan jenis tumbuhan pantai terrestrial. Beberapa jenis pohon yang sesekali dijumpai di pamatang antara lain Rukem (*Flacourtia rukam)*, Waru lot (*Thespesia populnea)*, Waru laut (*Hibiscus tilaceus)*, dan Lamtoro (*Leucana leucochepala)*. Sementara untuk jenis herba dan semak yang umum dijumpai antara lain Beluntas (Pluchea spp.), *Dalbergia spp*., *Sesuvium portulacum*, Krokot kecil (*Suaeeda maritima)*, dan beberapa jenis rumput. Hal menarik yang dijumpai di lapangan adalah dijumpainya koloni tumbuhan kaktus di beberapa bagian tambak. Bagi petani tambak, kehadiran tumbuhan ini dianggap sebagai pengganggu sehingga seringkali dijumpai semak atau rumput yang sengaja dibakar masyarakat.

Gambar 42. Kondisi umum vegetasi di pematang tambak.

3. Vegetasi Di Sekitar Desa

Tipe vegetasi ini mengacu pada semua jenis tumbuhan yang dijumpai di sekitar desa. Secara sederhana, jenis tumbuhan ini dapat digolongkan menjadi dua kelompok besar (kategori) yaitu 1) tumbuhan alami dan 2) Tanaman budidaya/keperluan lain. Beberapa jenis pohon yang tumbuh alami yang paling umum dijumpai di sekitar desa antara lain Kepuh (*Sterculia spp*.), dan Beringin (*Ficus spp*.). Sementara untuk jenis semak yang tumbuh secara alami diantaranya adalah Biduri (*Calatropis gigantea)*, Putri malu (*Mimosa pudica)*, Ki kebo (*Mimosa pigra)*, dll. Sementara untuk jenis tanaman budidaya antara lain kalapa (*Cocos nucifera)*, Mengkudu (*Morinda citrifolia)*, Pisang (*Musa spp.)*, Nangka (*Artocarpus heterophyllus)*, Kemiri (*Aleurites moluccana)*, Mangga (*Mangifera indica)*, Pepaya (*Carica papaya)*, Kedondong (*Spondias pinnata),* dan beberapa jenis tanaman budidaya lainnya.

Tabel 14. Vegetasi di sekitar desa.

No	Jenis	Lokasi yang umum dijumpai	Kategori jenis
1	Nangka (*Artocarpus heterophylus)*	Pekarangan	Tanaman budidaya
2	Kemiri (*Aleurites moluccana)*	Pekarangan	Tanaman budidaya
3	Mangga (*Mangifera indica)*	Halaman rumah	Tanaman budidaya
4	Jeruk Bali (*Citrus maxima)*	Halaman rumah	Tanaman budidaya

No	Jenis	Lokasi yang umum dijumpai	Kategori jenis
5	Rambutan (*Nephelium lapaceum)*	Halaman rumah	Tanaman budidaya
6	Sukun (*Artocarpus incisus)*	Pekarangan	Tanaman budidaya
7	Mengkudu (*Morinda citrifolia)*	Pekarangan	Tanaman budidaya
8	Kakao (*Theobroma cacao)*	Pekarangan	Tanaman budidaya
10	Kedondong (*Spondias pinnata)*	Pekarangan	Tanaman budidaya
11	Pisang (*Musa spp.)*	Pekarangan	Tanaman budidaya
12	Jambu bol (*Eugenia malaccensis)*	Halaman rumah	Tanaman budidaya
13	Pinang (*Areca cathecu)*	Sekitar halaman	Tanaman budidaya
14	Kelapa (*Cocos nucifera)*	Pekarangan	Tanaman budidaya
15	Ara (*Ficus septica)*	Kanan kiri jalan	Tumbuhan alami
16	Cemara (*Casuarina equisetifolia)*	Kanan kiri jalan	Tanaman budidaya
17	Kepuh (*Sterculia spp*.)	Kanan kiri jalan	Tumbuhan alami
18	Kuda-kuda (*Lannea coromandelica)*	Kanan kiri jalan	Tanaman budidaya
19	*Leea indica*	Pekarangan	Tumbuhan alami
20	*Passiflora feotida*	Pekarangan	Tumbuhan alami
21	Klemot (*Ipomea spp*)	Persawahan	Tumbuhan alami
22	Waru (*Hibiscus tiliaceus)*	Areal terbuka	Tumbuhan alami
24	Laban (*Vitex pinnata)*	Kanan kiri jalan	Tumbuhan alami
25	Ketapang (*Terminalia cattapa)*	Kanan kiri jalan	Tumbuhan alami
26	Angsana (*Pterocarpus indicus)*	Kanan kiri jalan	Tanaman budidaya
27	Dadap laut (*Eryrhrina variegate)*	Kanan kiri jalan	Tanaman budidaya
29	Jarak (*Jathropa curcas)*	Kanan kiri jalan	Tanaman budidaya
30	Biduri (*Calatropis gigantean)*	Areal terbuka	Tumbuhan alami
31	Mahoni (*Swietenia mahagoni)*	Kana kiri jalan	Tanaman budidaya
32	Kelapa (*Cocos nucifera)*	Pekarangan/kebun	Tanaman budidaya
33	Pepaya (*Carica papaya)*	Pekarangan/kebun	Tanaman budidaya
34	Gamal (*Gliciridia sepium)*	Kanan kiri jalan	Tanaman budidaya

4.8. Deteksi Perubahan Bentang Alam Pesisir Teluk Banten Dengan Citra Satelit Landsat Multitemporal

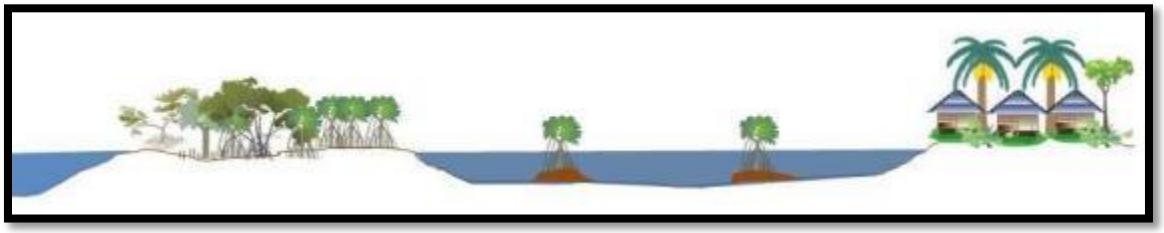
Berdasarkan sejarah, pesisir Teluk Banten mengalami perubahan yang sangat besar pada morfologi lahannya, terutama pada garis pantai yang banyak mengalami abrasi. Fakta tersebut diperkuat dengan banyaknya tambak masyarakat yang hilang dan rusak akibat tekanan dari gelombang laut, akan tetapi informasi spasial/keruangan tentang seberapa besar lahan yang hilang akibat abrasi masih terbatas.

Berdasarkan analisis pada tahun 1970-an, Cagar Alam Pulau Dua masih merupakan daratan yang terpisah dengan luas sekitar ± 11 ha (Analisis spasial, WIIP 2012). Proses tanah timbul yang menyatukan CAPD dengan daratan utama terjadi sekitar kurun waktu 1970-1990. Pada tahun 1983, kawasan tanah timbul yang terbentuk dimasukkan ke dalam wilayah CAPD sehingga luas totalnya ± 32 ha.

Sejarah kerusakan hutan mangrove di pesisir Teluk Banten ini diawali oleh konversi lahan secara besar-besaran dari hutan mangrove menjadi tambak udang. Fenomena ini merupakan bagian dari euphoria pembangunan tambak udang yang saat itu terjadi hampir di seluruh pesisir pulau Jawa. Pada periode ini, sebagian besar hutan mangrove di pesisir Teluk Banten ditebang dan dialihkan peruntukannya menjadi tambak udang. Masyarakat sempat menikmati hasil panen dengan hasil yang memuaskan. Namun setelah beberapa bulan tambak ini beroperasi, serangan virus mematikan yang dikenal luas sebagai *white spot* melumpuhkan hampir seluruh tambak di Indonesia.

Serangan virus *white spot* membuat petani tambak mengalami kegagalan dan rugi besar. Meskipun demikian, masyarakat masih mencoba beberapa kali dengan harapan panen berikutnya akan berhasil, tanpa terserang virus ini. Namun kenyataannya, budidaya yang dilakukan berikutnya juga mengalami kegagalan yang sama. Oleh karena itulah petani tambak tidak berani lagi mencoba membudidayakan udang. Sejak saat itulah, sebagian besar tambak udang yang ada di pesisir Teluk Banten menjadi terlantar. Gambar 43 dan 44 merupakan ilustrasi kondisi vegetasi di pesisir Teluk Banten sebelum dan sesudah terjadi konversi lahan.

Gambar 43. Ilustrasi Kondisi Vegetasi Sebelum Terjadi Konversi Lahan.



Gambar 44. Ilustrasi Kondisi Vegetasi Setelah Terjadi Konversi Lahan.

Gambar 45. Kerusakan mangrove yang tersisa di Pesisir Teluk Banten.

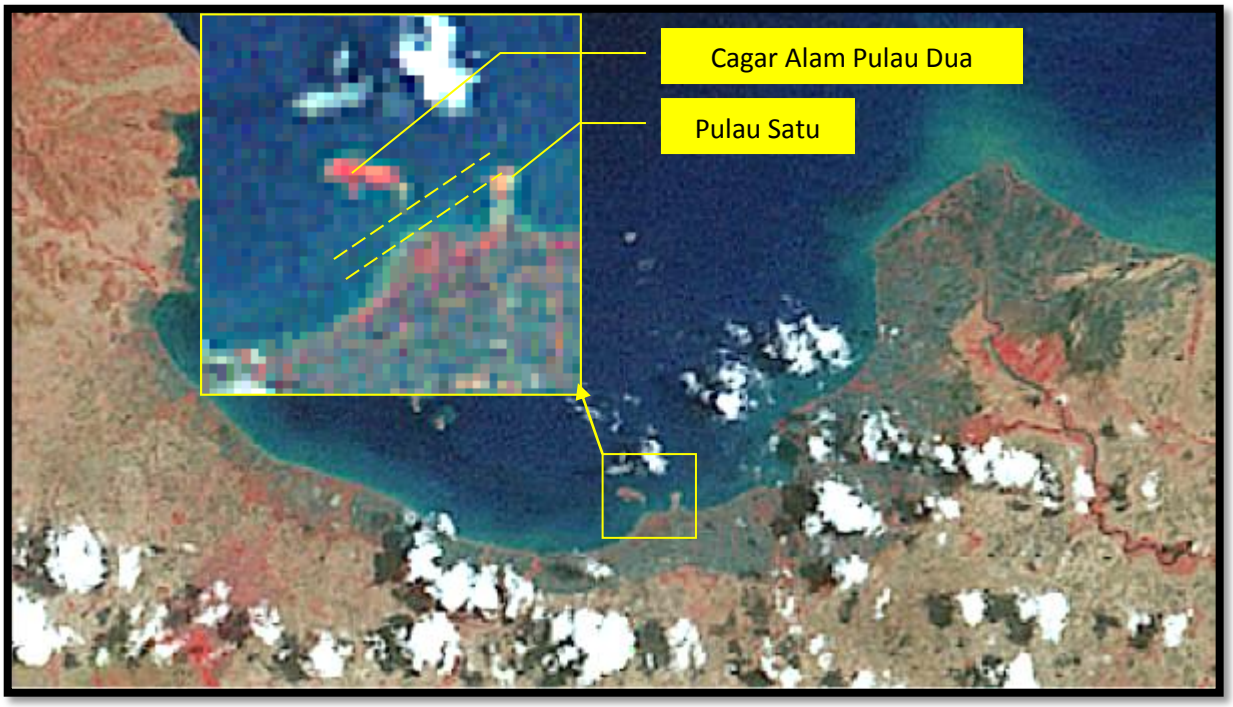
Konversi hutan mangrove manjadi tambak telah merubah profil serta kondisi vegetasi pesisir Kelurahan Sawah Luhur. Sebagian besar hutan mangrove yang lebat telah ditebang habis dan berubah menjadi tambak. Hanya hutan mangrove di Cagar Alam Pulau Dua dan beberapa koloni kecil yang tersisa di zona depan. Beberapa tahun setelah konversi, suksesi secara alami terjadi di areal pertambakan. Namun demikian, suksesi ini sangat terbatas mengingat daya dukung lahan untuk pertumbuhan mangrove sudah menurun drastis. Disisi lain, para petani tambak merasa terganggu dengan kehadiran permudaan alami mangrove. Sebagian besar diantaranya merasa bahwa permudaan alami tersebut mengganggu mereka dalam mengoperasikan tambak. Sementara di Cagar Alam Pulau Dua, kondisi hutan mangrove masih dalam kondisi baik dan terjaga hingga sekarang. Selain menjadi habitat burung air dan satwa lainnya, cagar alam ini dimanfaatkan sebagai sarana ekoturisme, penelitian, dan sumber benih mangrove.

4.8.1. Teluk Banten Tahun 1972

Visualisasi citra satelit Landsat 1 MSS Teluk Banten dengan tanggal akusisi 1 Oktober 1972, dapat diinterpretasikan keberadaan Cagar Alam Pulau Dua masih berupa pulau yang terpisah dengan daratan Pulau Jawa, dari hasil analisa luas pulau tersebut ± 11 ha. Kondisi vegetasi mangrove di Pulau Dua pada tahun ini cukup rapat, sementara keberadaan tambak sudah tampak di tahun ini, mengingat dari informasi lapangan, sebelumnya tambak yang ada sebelumnya adalah hutan mangrove.

Vegetasi mangrove di kawasan pesisir Teluk Banten secara umum teridentifikasi kurang rapat dan hanya ada pada garis pantainya saya. Dibandingkan dengan luas tambak, luas vegetasi mangrove pada tahun ini sangatlah kecil. Hal ini menjadi relevan karena pada tahun ini merupakan puncak dari dikonversinya hutan mangrove menjadi tambak. Sementara, di Pulau Satu terindentifikasi terdapat vegetasi hutan pantai yang cukup baik dan rapat.

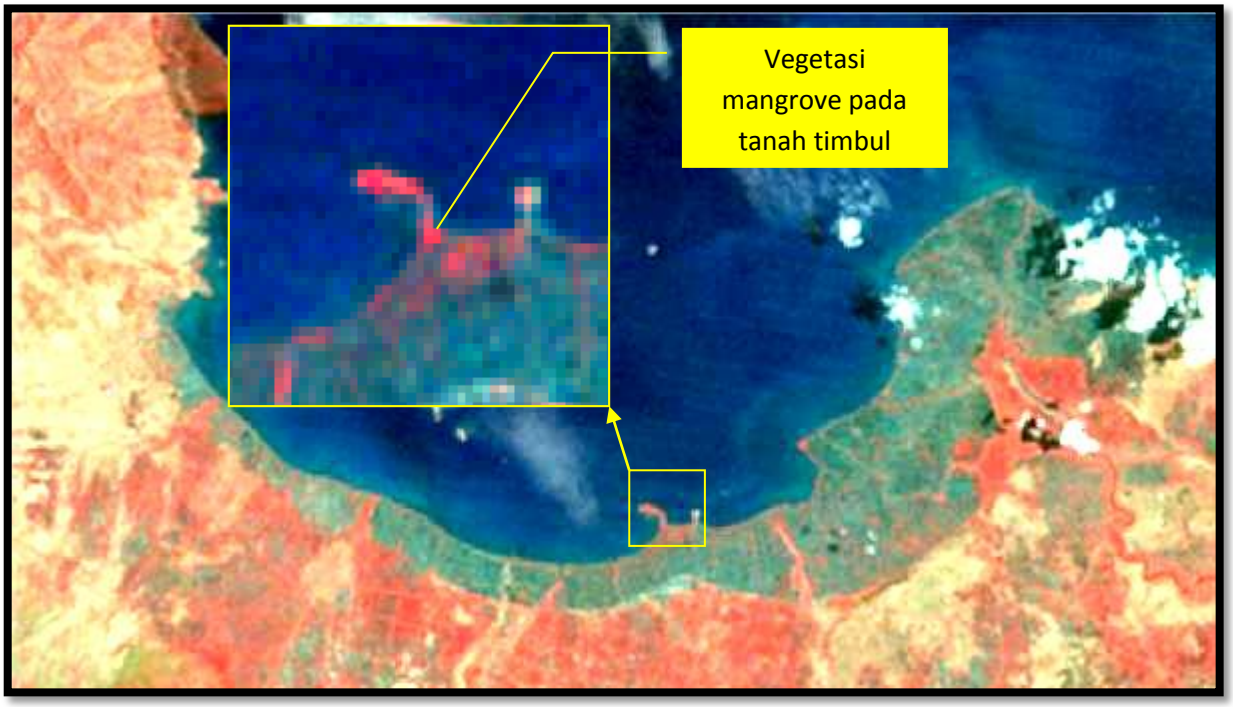
Dengan diketahuinya visualisasi penutupan lahan di tahun 1972 dapat disimpulkan konversi hutan mangrove menjadi tambak di Pesisir Teluk Banten terjadi sebelum tahun 1972. Gambar berikut adalah visualisasi Teluk Banten dari citra satelit pada Tahun 1972. Dalam analisisnya citra satelit pada Tahun 1972 ini akan dijadikan baseline dalam deteksi perubahannya.



Gambar 46. Visualisasi citra satelit 1 MSS Teluk Banten tanggal akusisi 1 Oktober 1972 (*Band Composite 7-5-4*) yang memperlihatkan keberadaan Cagar Alam Pulau Dua yang masih terpisah dengan Pulau Jawa.

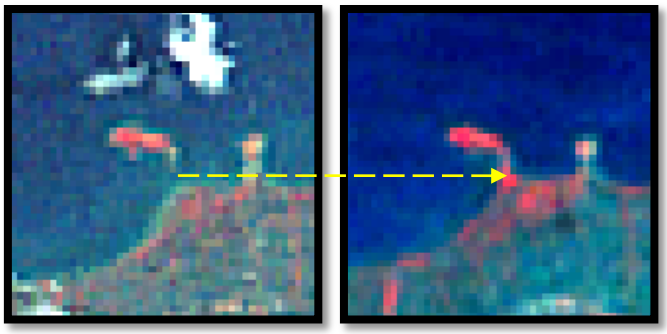
4.8.2. Teluk Banten Tahun 1979

Visualisasi citra satelit Landsat 2 MSS dengan tanggal akusisi 10 Oktober 1979 mendeteksi keberadaan Cagar Alam Pulau Dua sudah menyatu dengan daratan Pulau Jawa, diduga menyatunya dua darata ini adalah dikarenakan adanya tanah timbul (proses akresi) di selat antara Pulau Dua dan Pesisir Teluk Banten. Tanah timbul yang ada di selat antara Pulau Dua dengan daratan Pulau Jawa yang diduga akibat proses transport sedimen dari sungai dan substrat yang terabrasi di pesisir timur teluk banten akibat terbawa gelombang sejajar pantai. Transport sedimen besasal dari Sungai Cikamayungan, Pudar dan Cianyar di dan terbawa gelombang sajajar pantai dari arah timur Teluk Banten, alasan ini sejalan dengan tidak teridentifikasinya abrasi di daerah barat Teluk Banten. Keberadaan tanah timbul yang dapat bertahan sampai saat ini adalah tidak terlepas dari vegetasi mangrove dan pantai yang tumbuh di pada tanah tersebut. Gambar berikut adalah visualisasi Teluk Banten dari citra satelit pada Tahun 1979.



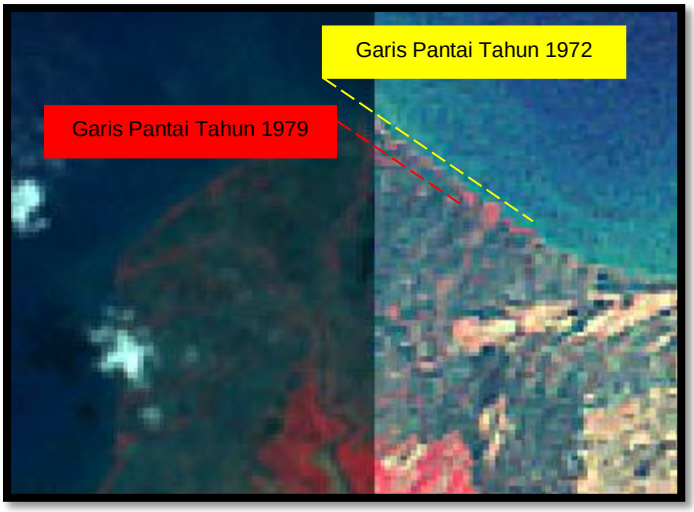
Gambar 47. Visualisasi citra satelit Landsat 2 MSS Teluk Banten tanggal akusisi 10 Oktober 1979 (Band Composite 7-5-4) yang memperlihatkan keberadaan Cagar Alam Pulau Dua yang sudah menyatu dengan Pulau Jawa.

Kondisi vegetasi mangrove pada tanah timbul cukup rapat, vegetasi mangrove ini ditunjukan dengan warna merah yang tajam diakibatkan respon dari kanal/saluran 7 (Infra merah dekat) yang sangat sensitif pada jumlah biomassa pada vegetasi dan klorofil pada tumbuhan, dengan panjang gelombang antara 0,8 – 1,1 µm. Selanjutnya vegetasi mangrove (Sabuk Hijau) di belakang Pulau Dua lebih lebar dibandingkan dengan tahun 1972, yang mencapai ± 200-400 meter dari garis pantai sampai dengan batas areal tambak.



Gambar 48. Tanah timbul yang menyatukan Pulau Dua dengan Pulau Jawa yang sudah ditumbuhi vegetasi, Jawa teridentifikasi pada citra pada kurun waktu 1971-1979.

Selain tanah timbul perubahan lahan yang teridentifikasi ada pada bagian timur Teluk Banten (Tanjung Pontang), teridentifikasi adanya abrasi pantai ± 250 meter dalam kurun waktu 7 tahun dari tahun 1972 ke 1979. Pada bagian barat Teluk Banten tidak teridentifikasi adanya abrasi yang menyebabkan pergeseran garis pantai yang signifikan. gambar 49 adalah visualisasi dari overlay citra saltelit landsat tahun 1972 dan 1979.



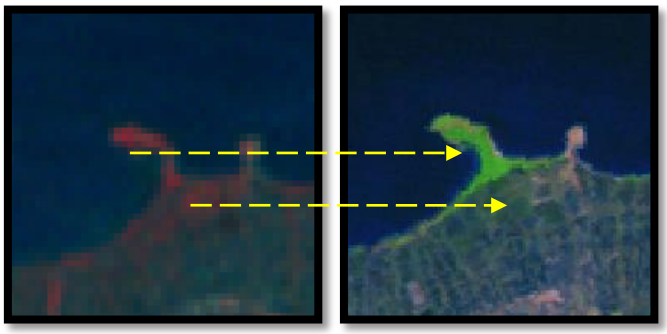
Gambar 49. Abrasi yang teridentifikasi dari overlay citra satelit (horizontal swipe) di Tanjung Pontang (Timur Teluk Banten) antara tahun 1971 dan 1979.

4.8.3. Teluk Banten Tahun 1991

Visualisasi citra satelit Landsat 5 TM dengan tanggal akusisi 7 Oktober 1991 dapat dideteksi adanya peningkatan luasan vegetasi mangrove di Pulau Dua dan penurunan luas vegetasi mangrove di selatan Pulau Dua yang berbatasan dengan areal tambak. Gambar berikut adalah visualisasi Teluk Banten dari citra satelit pada Tahun 1991.

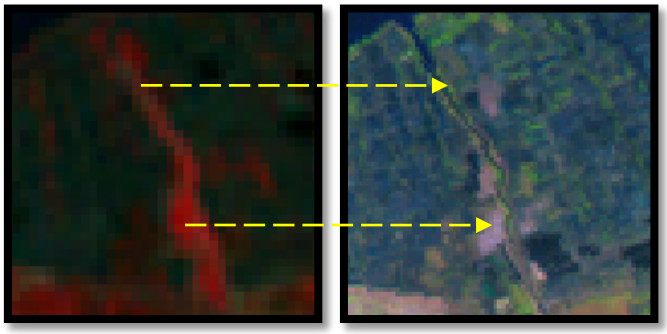
Gambar 50. Visualisasi Citra satelit Landsat 5 TM Teluk Banten tanggal akusisi 7 Oktober 1991 (Band Composite 5-4-3), Cagar Alam Pulau Dua yang mengalami perluasan area dan pengurangan vegetasi di selatannya serta di Sempadan Sungai Cikamayungan.

Pada tahun 1979-1991 terdeteksi kembali adanya peningkatnya luas tanah timbul sejalan dengan meningkatnya luas vegetasi mangrove dan pantai di bagian barat Pulau Dua, seperti pada gambar 51.

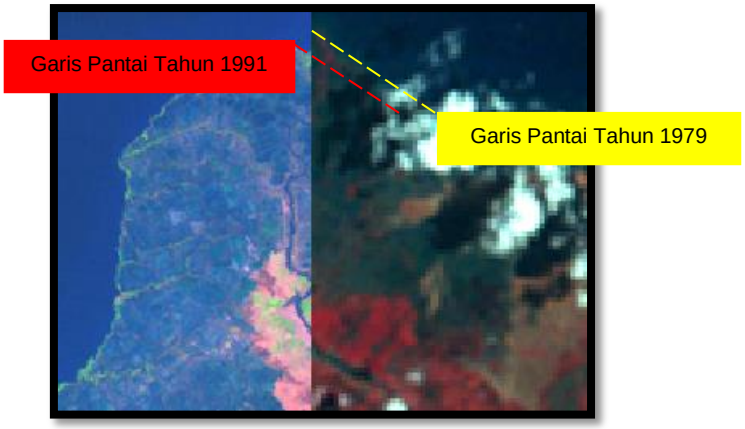


Gambar 51.Peningkatan luas tanah timbul dan vegetasi mangrove dan pantai di Pulau Dua serta penurunan luas vegetasi di selatan Pulau Dua yang berbatasan dengan areal tambak dari tahun 1979-1991.

Vegetasi mangrove di sempadan sungai Cikamayungan juga mulai berkurang yang diduga karena pembukaan lahan untuk tambak oleh masyarakat (gambar 52). Untuk abrasi terdeteksi adanya abrasi di daerah Timur Tanjung Pontang ± 250 meter dalam kurun waktu 11 tahun dari tahun 1979 - 1991 (gambar 53).



Gambar 52. Pengurangan Luas Vegetasi Mangrove di sempadan Sungai Cikamayungan dari tahun 1979 – 1991.

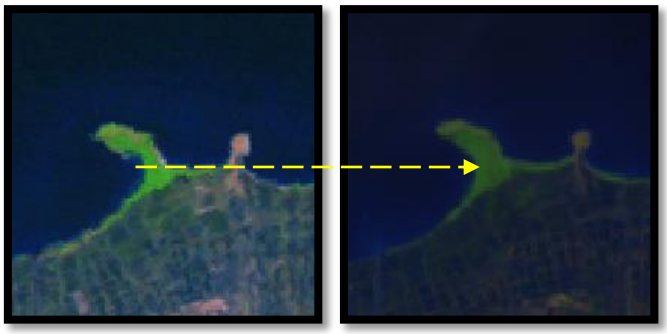


Gambar 53. Abrasi yang teridentifikasi dari overlay citra satelit (horizontal swipe) di Tanjung Pontang (Timur Teluk Banten) antara tahun 1979 dan 1991.

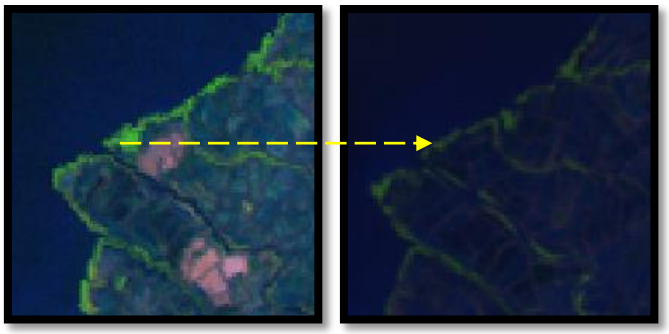
4.8.4. Teluk Banten Tahun 2001

Visualisasi Citra satelit Landsat 7 ETM+ Teluk Banten tanggal akusisi 7 Agustus 2001 kembali mendeteksi adanya perluasan areal pada bagian barat Pulau Dua. Pada tahun 1991-2001 terdeteksi kembali adanya peningkatnya luas tanah timbul sejalan dengan meningkatnya luas vegetasi mangrove dan pantai di bagian barat Pulau Dua yang sangat jelas, Terlihat dari perubahan morfologi pada semenanjungnya. Untuk abrasi terdeteksi adanya abrasi di daerah Timur Tanjung Pontang tepatnya di Desa Domas ± 150 meter dalam kurun waktu 10 tahun.

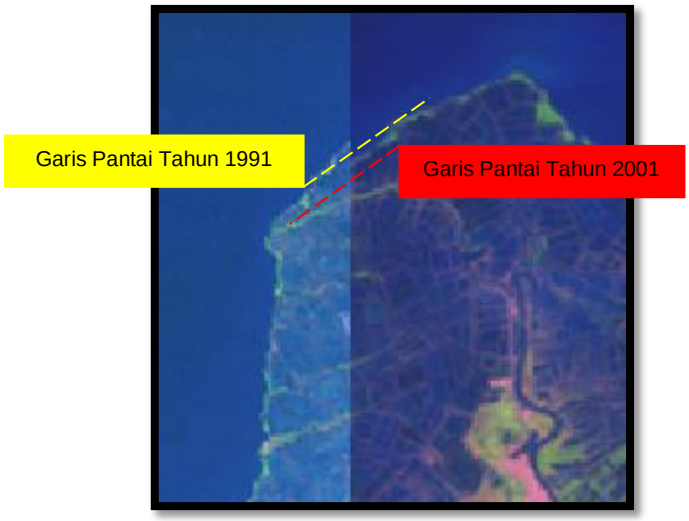
Gambar 54. Visualisasi Citra satelit Landsat 7 ETM+ tanggal akusisi 7 Agustus 2001.



Gambar 55. Peningkatan luas tanah timbul dan vegetasi mangrove dan pantai di Pulau Dua dari tahun 1991-2001.



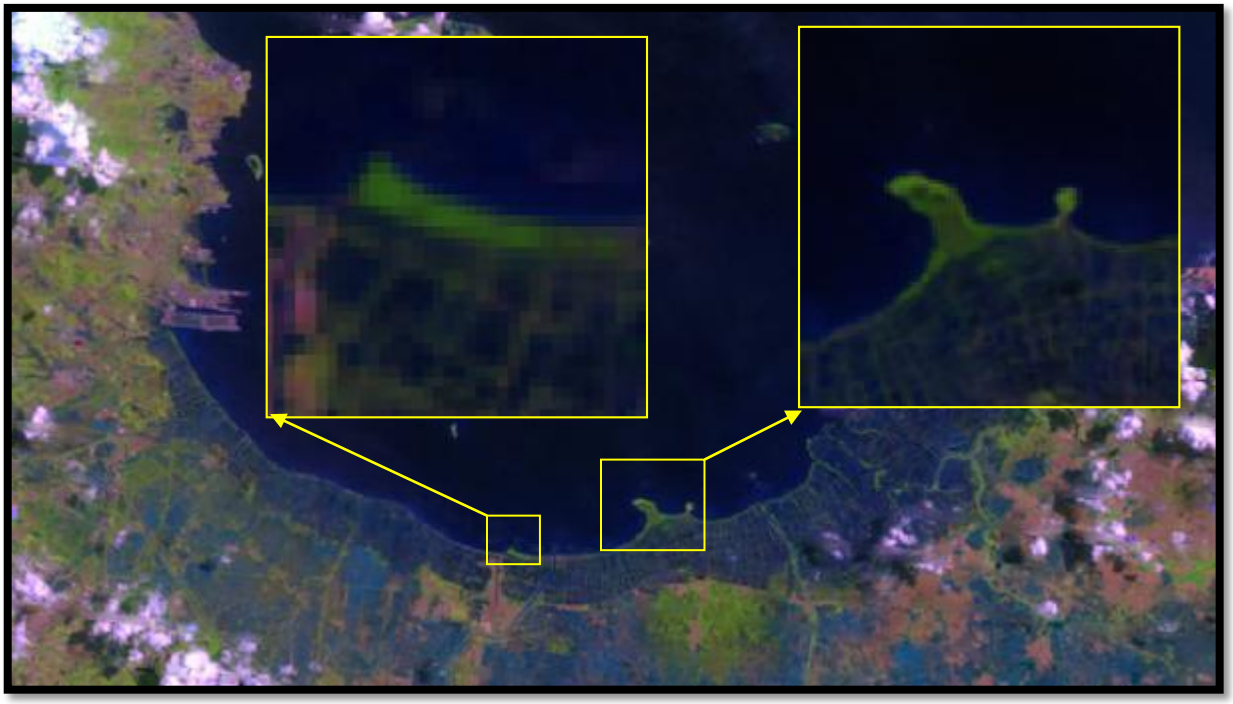
Gambar 56. Penurunan Luas Mangrove.



Gambar 57. Abrasi yang teridentifikasi dari overlay citra satelit (horizontal swipe) di Timur Teluk Banten antara tahun 1991-2001.

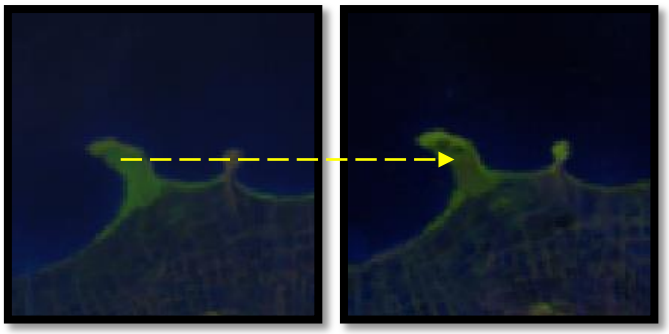
4.8.5. Teluk Banten Tahun 2011-2012

Proses transport sedimentasi di Teluk Banten sampai saat ini masih terus berlangsung terbukti dari kesaksian Jagawana Cagar Alam Pulau Dua, Beliaupun berinisiatif memasang jaring perangkap lumpur dan dengan menanam dengan benih dan bibit mangrove untuk mempertahankan substrat lumpur supaya tidak terbawa oleh arus dan gelombang laut.

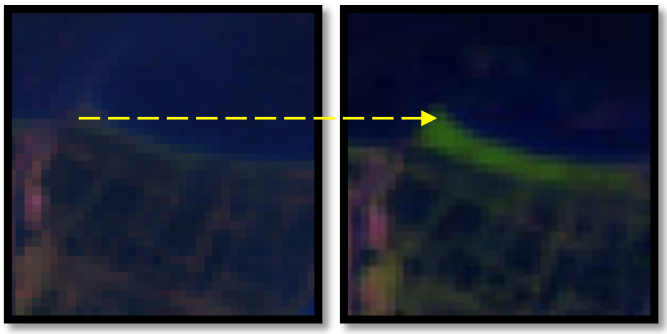


Gambar 58. Visualisasi Citra satelit Landsat 7 ETM+ Teluk Banten tanggal akusisi 13 April 2011 (Band Composite 5-4-3).

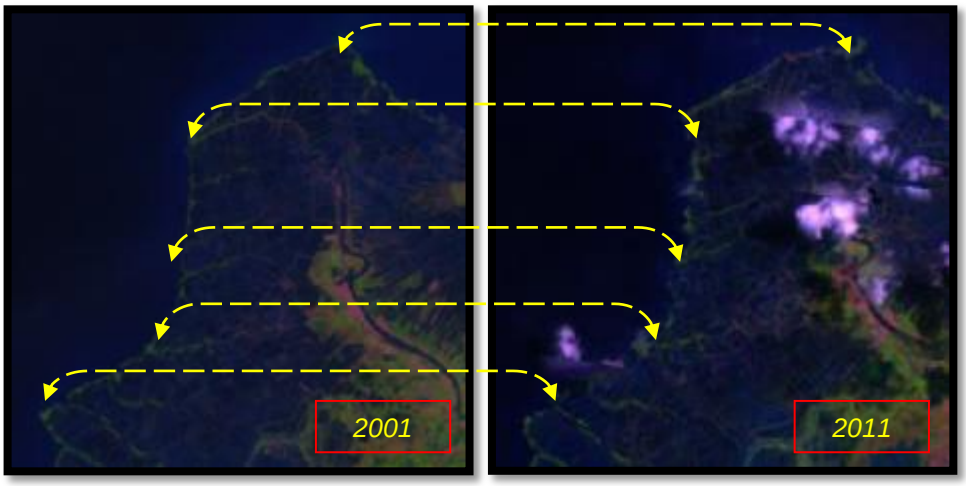
Perubahan dari tahun 2001 sampai 2011 tidak terdeteksi adanya perubahan luasan Cagar Alam Pulau Dua yang signifikan, peningkatan luas vegetasi mangrove terdeteksi di bagian barat Sungai Cibanten. Abrasi yang terjadi pada jangka waktu tahun ini cukup besar yaitu ± 250-350 meter. Jika di track back dari tahun 1972 tingkat abrasi, khususnya bagian timur Teluk Banten mencapai 1 km lebih.



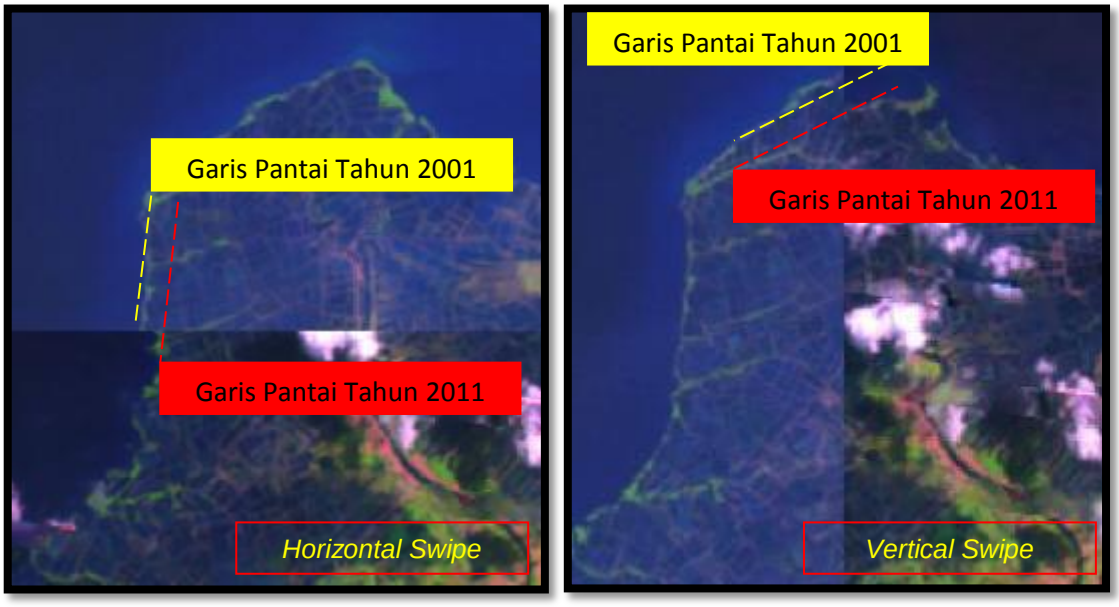
Gambar 59. Penurunan kerapatan di Cagar Alam Pulau Dua.



Gambar 60. Penambahan luas vegetasi mangrove di bagian barat Cagar Alam Pulau Dua.



Gambar 61. Abrasi yang terjadi di wilayah timur Teluk Banten, Perbandingan garis pantai pada tahun 2001-2011.



Gambar 62. Abrasi yang teridentifikasi dari overlay citra satelit di Timur Teluk Banten antara tahun 2001-2011.

4.9. Analisis Spasial Areal yang Terabrasi dan Potensi Genangan Dampak Dari Kenaikan Muka Air Laut di Teluk Banten

Tidak dapat dipungkiri ancaman bencana terbesar di wilayah pesisir berasal dari laut, *Hybrid Engineering* selain merupakan salah satu sarana dalam upaya rehabilitasi ekosistem pesisir selain itu juga merupakan sarana dalam pengurangan risiko bencana. Daerah pesisir yang pasti dihadapkan dengan laut sangat berpotensi memiliki ancaman yang besar, baik pada kawasan perairan terlebih pada daerah daratannya. Teluk Banten dengan berbagai dinamika biofisiknya, sangat rentan terhadap tekanan dari laut, dibuktikan dengan banyaknya beberapa areal yang garis pantainya terus tergerus oleh gelombang air laut karena tidak terproteksi oleh vegetasi mangrove.

Cagar Alam Pulau Dua yang berhadapan langsung dengan laut Jawa dengan kondisi kerapatan mangrove 450/ha dengan ketebalan sekitar 76 m merupakan salah satu bentuk benteng bagi areal pertambakan dan perumahan di sekitarnya dari potensi bahaya akibat dinamika hidro-oseanografi. Dengan potensi mangrove yang sangat kecil dibandingkan dengan panjang garis pantai Teluk Banten ancaman kawasan ini diantaranya adalah:

1. Abrasi

   Ombak yang menggerus peisisir Teluk banten, sebagai contoh bagian utara Pulau Dua diduga dapat menyebabkan pengurang luas pulau dan berkuranya jumlah tumbuhan serta pesisir timur Teluk Banten yang merusak tambak masyarakat. Informasi verbal Jagawana setempat yang menyebutkan bahwa pada tahun 1996, dilokasi yang berdekatan dengan areal gerusan masih terdapat beberapa batang pohon yang masih berdiri tegak. Namun pohon pohon tersebut sudah tergerus karena abrasi.

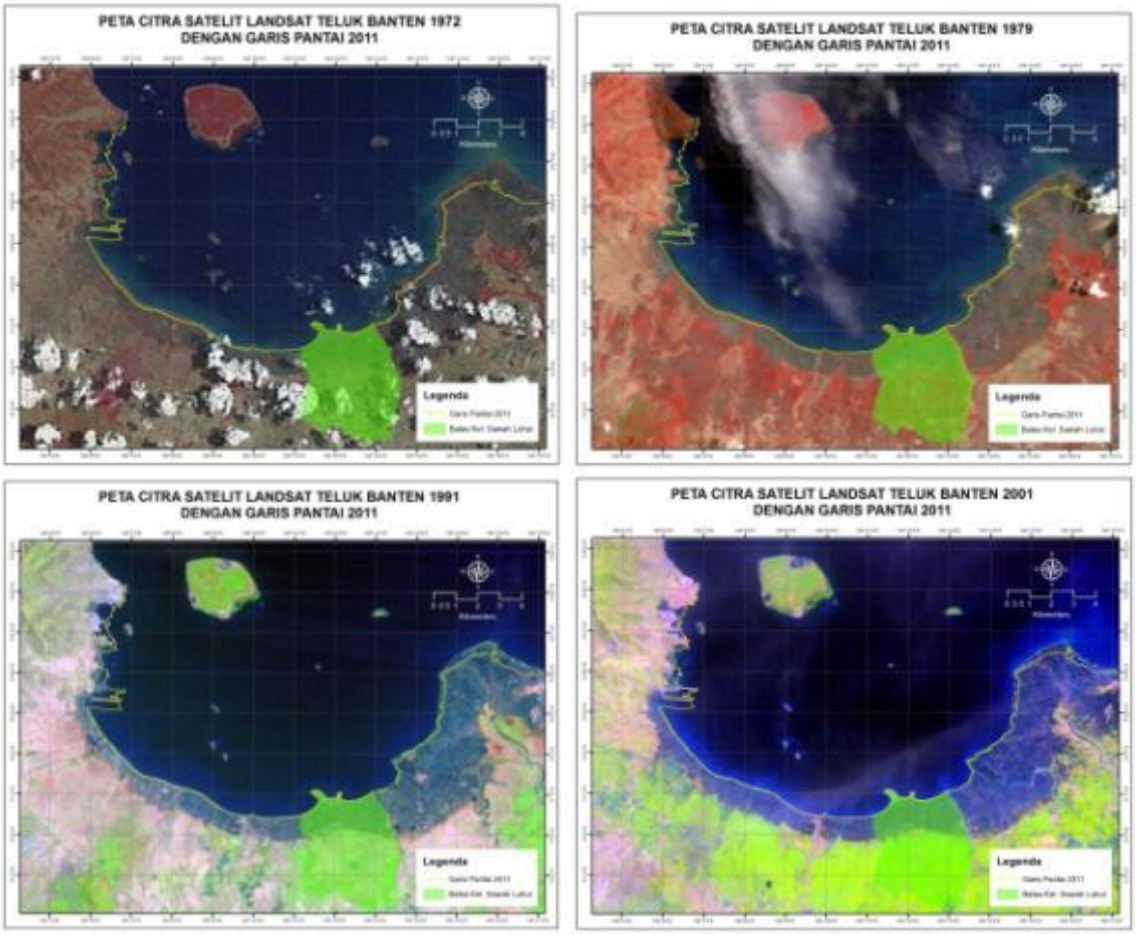
2. Banjir Pasang (Rhob)

   Fenomena alam ini merupakan salah satu kendala yang dihadapi oleh masyarakat pesisir Teluk Banten terutama Kelurahan Sawah Luhur, yaitu pemilik tambak. Beberapa kali pemilik tambak harus mengalami kerugian karena air pasang. Kejaian terakhir terjadi pada Juni 2008 lalu, dimana air pasang masuk kedalam tambak udang/ ikan milik masyarakat. Kondisi ini mengakibatkan rusaknya pematang pematang tambak sehingga ikan terbawa keluar tambak

Estimasi luasan penggenangan akibat kenaikan muka air laut dilakukan dengan memadukan antara peta topografi dengan skenario kenaikan muka air laut setinggi 50cm, 100cm, 150cm, dan 200cm. Hasil Simulasi kenaikan muka air laut per skenario dapat dianalisa perubahan kondisi bentang alamnya.

4.9.1. Analisa Abrasi dan Akresi

Berdasarkan hasil deteksi perubahan garis pantai Teluk Banten dengan citra satelit landsat multi temporal, dapat diketahui sebaran areal yang mengalami abrasi pada periode tahun 1972 sampai dengan 2011. Selanjutkan dilakukan analisis spasial untuk mendapatkan kuantifikasi nilai jangkauan dan areal yang terabrasi yang terjadi selama kurun waktu tersebut. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya kondisi pesisir Teluk Banten khususnya garis pantai banyak sekali mengalami perubahan. Gambar berikut adalah perbandingan visualisasi morfologi garis pantai Teluk Banten tahun 2011 yang dioverlay dengan citra satelit landsat tahun 1972, 1979, 1991, dan 2001.



Gambar . Peta Garis Pantai Tahun 2011 yang Dioverlay dengan Citra Tahun 1972, 1979, 1991, dan 2001.

Berdasarkan analisis spasial, morfologi garis pantai di Teluk Banten memiliki jangkauan abrasi yang berbeda-beda pada setiap wilayah, terkait dengan hal tersebut, maka jangkauan abrasi yang digunakan dalam pembuatan matrik adalah jangkauan abrasi maksimum.

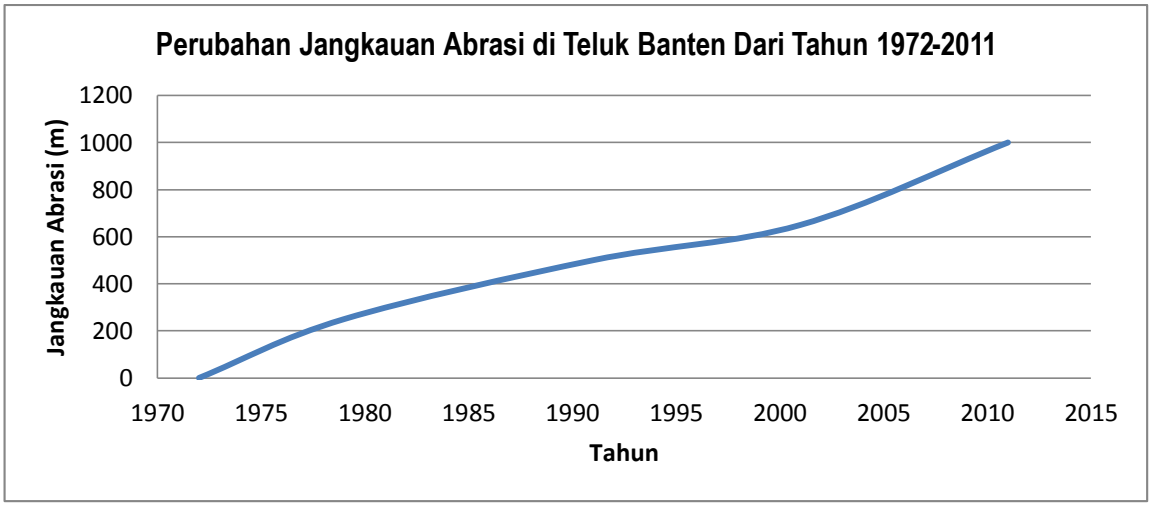
Tabel 15. Jarak jangkauan abrasi maksimun yang terjadi di Teluk Banten mulai dari Tahun 1972-2011.

Tahun	Jangkauan Abrasi Maksimum (m)	Kumulatif (m)
1972*	0	0
1972 - 1979	250	250
1979 - 1991	250	500
1991 - 2001	150	650
2001 - 2011	350	1.000

* : *baseline*

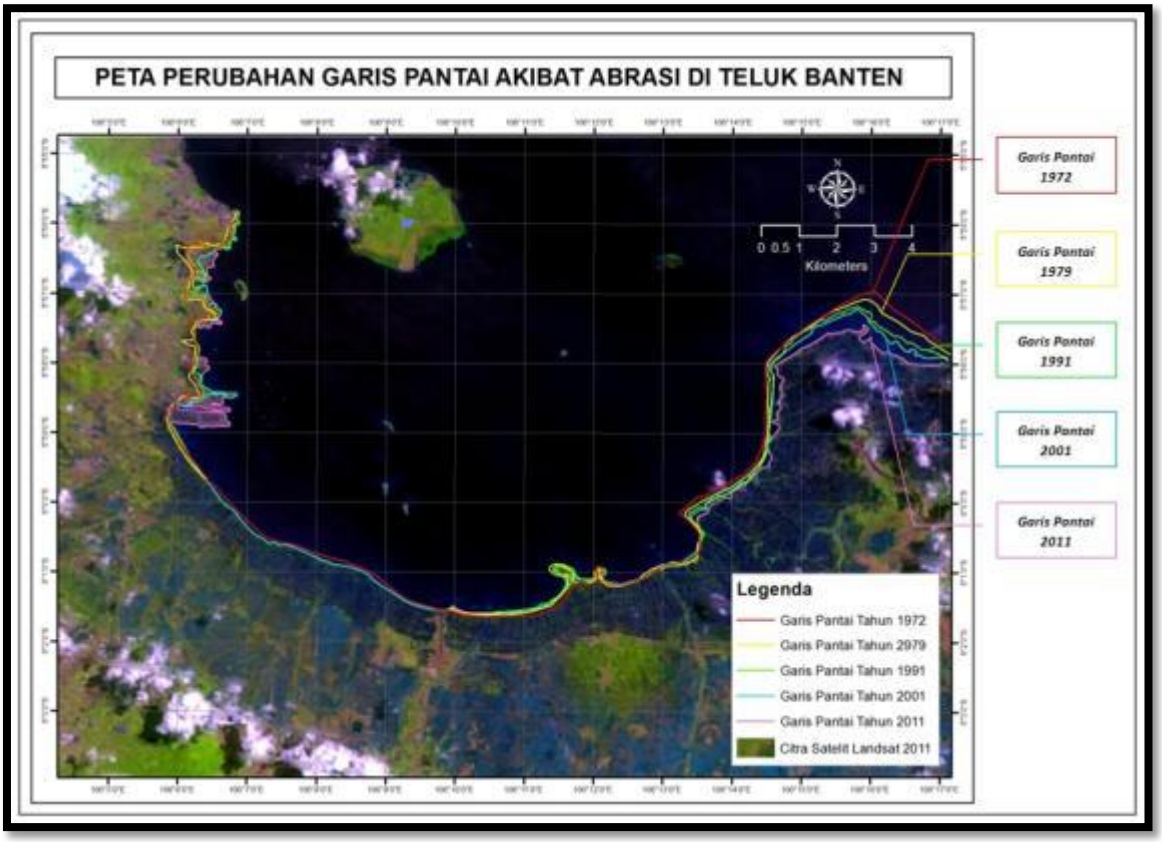
Berdasarkan tabel di atas jangkauan abrasi tertinggi adalah pada periode 2001 - 2011, dengan jangkauan abrasi maksimum 350 meter. Dari tahun 1972 sampai dengan tahun 2011 atau dalam kurun waktu 39 tahun Laju jangkauan abrasi maksimum di teluk banten khususnya bagian timur

mencapai 25 m/tahun. Dapat dibayangkan jika dari tahun ke tahun abrasi terus terjadi, diperkirakan dalam kurun waktu 60 tahun semua tambak di pesisir Teluk Banten akan habis terabrasi jika tidak terlindungi oleh vegetasi mangrove atau bangunan pelindung pantai. Berikut adalah Grafik perubahan jangkauan abrasi yang terjadi di Teluk Banten pada periode Tahun 1972-2011.



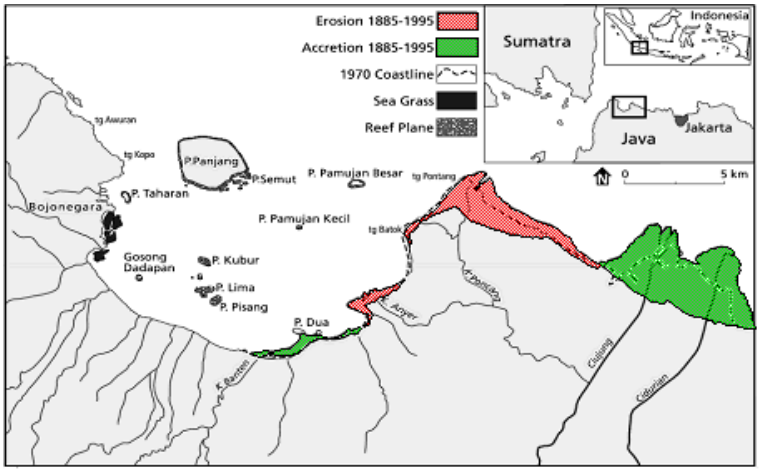
Gambar 63. Grafik perubahan jangkauan abrasi di Teluk Banten dari Tahun 1972 – 2011.

Gambar dibawah merupakan peta perubahan garis pantai akibat abrasi untuk dari tahun 1972 sampai dengan 2011



Gambar 64. Peta Perubahan Garis Pantai Akibat Abrasi di Teluk Banten.

Penelitian sebelumnya mencatat bahwa, di daerah pesisir tropis sedimen sungai dan endapan alluvial di Teluk Banten banyak berinteraksi dengan dinamika arus laut, yang akan berpengaruh terhadap kualitas air yang akan membatasi keragaman ekosistem pesisir dan dimana erosi menyebabkan mundurnya garis pantai. gambar 65 merupakan peta erosi dan akresi yang terjadi di Teluk Banten yang dibuat oleh Hoitink.



Gambar 65. Peta erosi dan akresi yang terjadi di Teluk Banten (Hoitink).

Pada periode tahun 1972-1979 abrasi tersebar merata areal yang terabrasi di bagian timur, barat, dan pusat Teluk Banten, serta bagian Utara Pulau Satu, jika melihat dari morfologi peisisir di bagian timur Tekuk Banten abrasi yang terjadi pada substrat pasir yang pada puncaknya terakumulasi dengan sedimen sungai dan endapat alluvial, di bagian barat abrasi terjadi pada pesisir dengan topografi pesisir yang cukup curam. Akresi (Sedimen) yang terpusat pada Cagar Alam Pulau Dua bagian barat yang menyebabkan menyatunya Pulau Dua dengan Pulau Jawa.

Gambar 66. Peta sebaran areal yang terabrasi dan sedimentasi di pesisir Teluk Banten periode Tahun 1972-1979.

Pada periode tahun 1979-1991 sebaran areal yang terabrasi adalah di bagian timur Teluk Banten, bagian barat Cagar Alam Pulau Dua, dan bagian barat Pulau Satu, kemudian proses Akresi (sedimen) yang menyebabkan tanah timbul terjadi di pesisir barat dan timur Pulau Dua.

Gambar 67. Peta sebaran areal yang terabrasi dan sedimentasi di pesisir Teluk Banten periode Tahun 1979-1991.

Pada periode tahun 1991-2001 sebaran areal yang terabrasi adalah pada bagian timur dan pusat Teluk Banten kemudian Akresi (sedimen) terjadi di pesisir barat Pulau Dua.

Gambar 68. Peta sebaran areal yang terabrasi dan sedimentasi di pesisir Teluk Banten periode Tahun 1991-2001.

Pada Periode 2001- 2011 abrasi kembali terjadi di bagian timur pesisir Teluk Banten dengan luas areal yang cukup tinggi. Pada bagian pesisir Pulau Dua tidak teridentifikasi adanya abrasi, Hal ini disebabkan karena resolusi citra satelit yang digunakan, akan tetapi berdasarkan kondisi lapangan ada di beberapa titik yang terjadi abrasi.

Gambar 69. Peta sebaran areal yang terabrasi dan sedimentasi di pesisir Teluk Banten periode Tahun 2001-2011.

Kuantifikasi luas areal terabrasi, tanah timbul akibat proses akresi, dan urugan pada pembangunan sarana prasarana disajikan pada tabel 16.

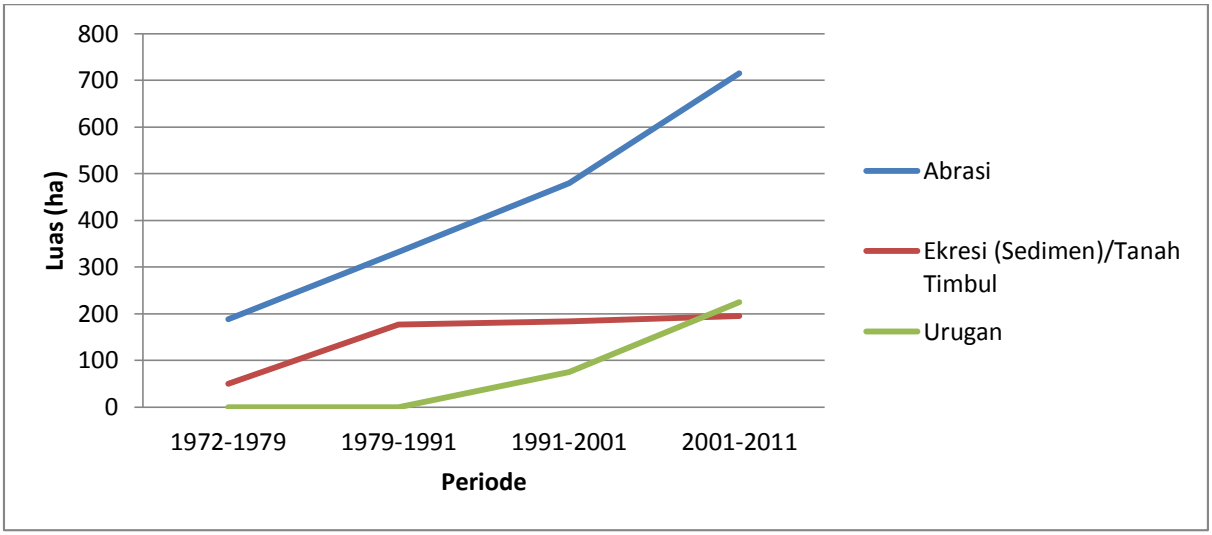
Tabel 16. Luas areal yang terabrasi dan tersedimentasi di Teluk Banten.

Periode	Luas (ha)					
	Abrasi	Kumulatif Abrasi	Tanah Timbul	Kumulatif Tanah Timbul	Urugan	Kumulatif Urugan
1972-1979	188,40	188,40	49,94	49,94	-	-
1979-1991	143,42	331,82	126,26	176,20	-	-
1991-2001	147,84	479,66	6,85	183,05	75,23	75,23
2001-2011	235,31	714,97	12,21	195,26	149,08	224,32

Sumber : Analisis Spasial
Tingkat ketelitian maksimum secara spasial pada peta adalah 1: 100.000

- ***Abrasi***: Secara keseluruhan pada periode tahun 1972 - sekarang terjadi peningkatan abrasi yang signifikan, dan sampai sekarang masih terus berlangsung jika tidak ada upaya perbaikan dan rehabilitasi pesisir.

- ***Akresi (Sedimentasi)*** : Pada periode 1991 – sekarang sedimentasi dalam pembentukan tanah timbul masih terus berlangsung, Laju peningkatannya luas areal tanah timbul tidak terlalu signifikan.
- ***Urugan*** : Peningkatan urugan di bagian barat mulai meningkat secara signifikan pada periode tahun 1991 – 2011 sejalan dengan pembangunan industri dan pelabuhan.



Gambar 70. Grafik Perubahan Luas Area yang Terabrasi, Sedimetasi/Tanah timbul, dan Urugan secara di Periode Waktu 1972 – 2011.

Gambar 71. Abrasi pantai yang terjadi di Desa Domas Peisisir Timur Teluk Banten (Foto: Aswin/WIIP).

Gambar 72. Tanah Timbul di sebelah timur CA Pulau Dua.

Gambar 73. Tanah timbul di sebelah timur di Pulau Satu.

Abrasi pantai yang terjadi di pesisir Teluk Banten selain disebabkan oleh faktor alami, juga disebabkan oleh penambangan pasir di sekitar Tanjung Pontang yang menyebabkan terjadinya cekungan-cekungan di dasar perairan, yang pada akhirnya menyebabkan abrasi di pantai tersebut. Dengan adanya penambangan pasir mengakibatkan penambahan kedalaman perairan sehingga energi gelombang yang mencapai pantai akan bertambah besar dan menyebabkan hempasan yang lebih besar yang pada akhirnya akan menggerus material pantai dan menyebabkan terjadinya abrasi pantai.

Informasi mengenai kegiatan penambangan pasir diperoleh dari hasil wawancara dengan beberapa orang responden kunci. kegiatan penambangan pasir yang dilakukan di Desa Domas merupakan proyek yang dilakukan oleh pihak swasta dan diduga memiliki izin yang illegal.

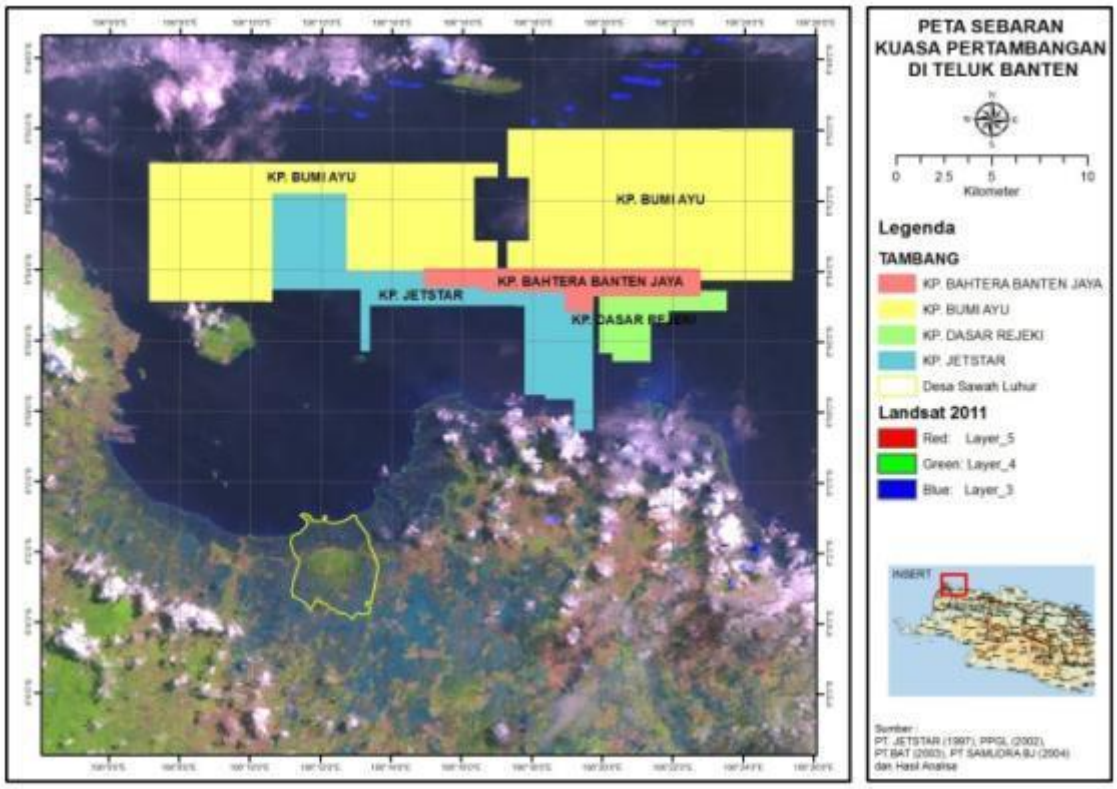
Kesaksian lainya datang dari seorang bapak pemilik tambak yang memiliki tambak dekat garis pantai yang pernah melihat adanya kapal tongkang yang sedang menambang pasir di laut lepas arah garis pantai barat Desa Domas. Gambar 74 dan 75 adalah perkembangan pelabuhan penambangan pasir yang teridentifikasi di citra satelit di bagian Barat Teluk Banten.

Sumber : Google Earth 2004

Gambar 74. Visualisasi pesisir Teluk Banten bagian barat sebelum adanya pelabuhan penambangan pasir.

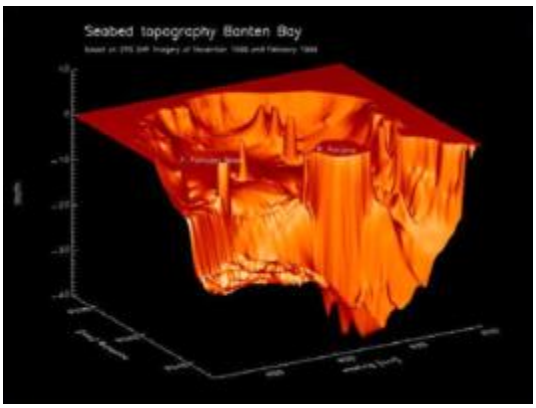
Sumber : Bing Maps 2011

Gambar 75. Visualisasi pesisir Teluk Banten bagian barat setelah adanya pelabuhan penambangan pasir.



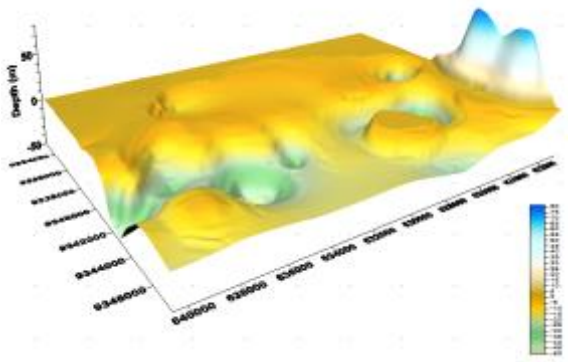
Gambar 76. Peta sebaran kuasa pertambangan pasir yang ada di Teluk Banten.

Dari Visualisasi 3D dapat dilihat kondisi kedalaman laut pada tahun 1998/1999 dan tahun 2008, pada tahun 1998/1999 belum terlihat adalanya galian seperti palung, dan selanjutnya pada tahun 2008 terlihat galian seperti palung yang mengindikasikan bahwa daerah tersebut adalah bekas galian. Diperkirakan diameter galian diperkirakan 2,5 km dengan kedalaman rata-rata 45 m.



(Sumber Data: Citra Radar ERS SAR November 1998 dan Febuari 1999)

Gambar 77. Visualisasi 3D topografi dasar perairan Teluk Banten Tahun 1999.

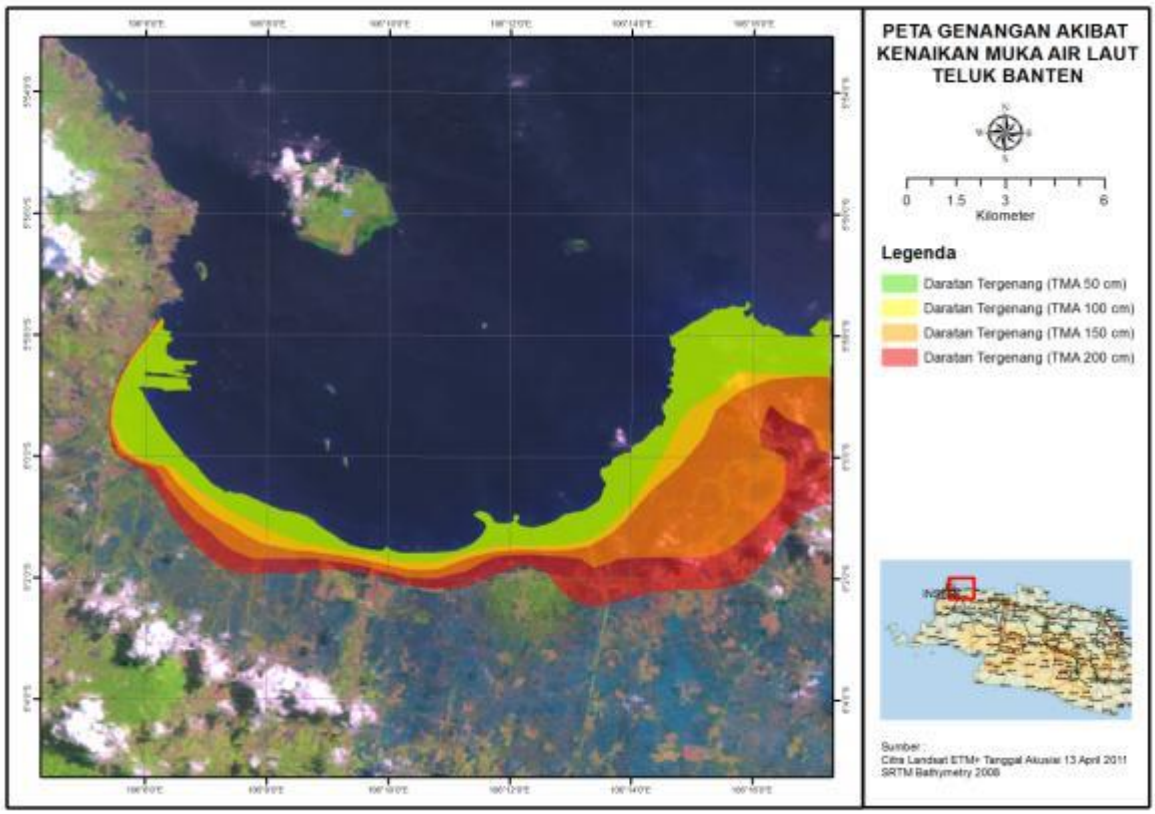


(Sumber Data: (SRTM Bathymetry 2008)

Gambar 78. Visualisasi 3D topografi dasar perairan Teluk Banten Tahun 2008.

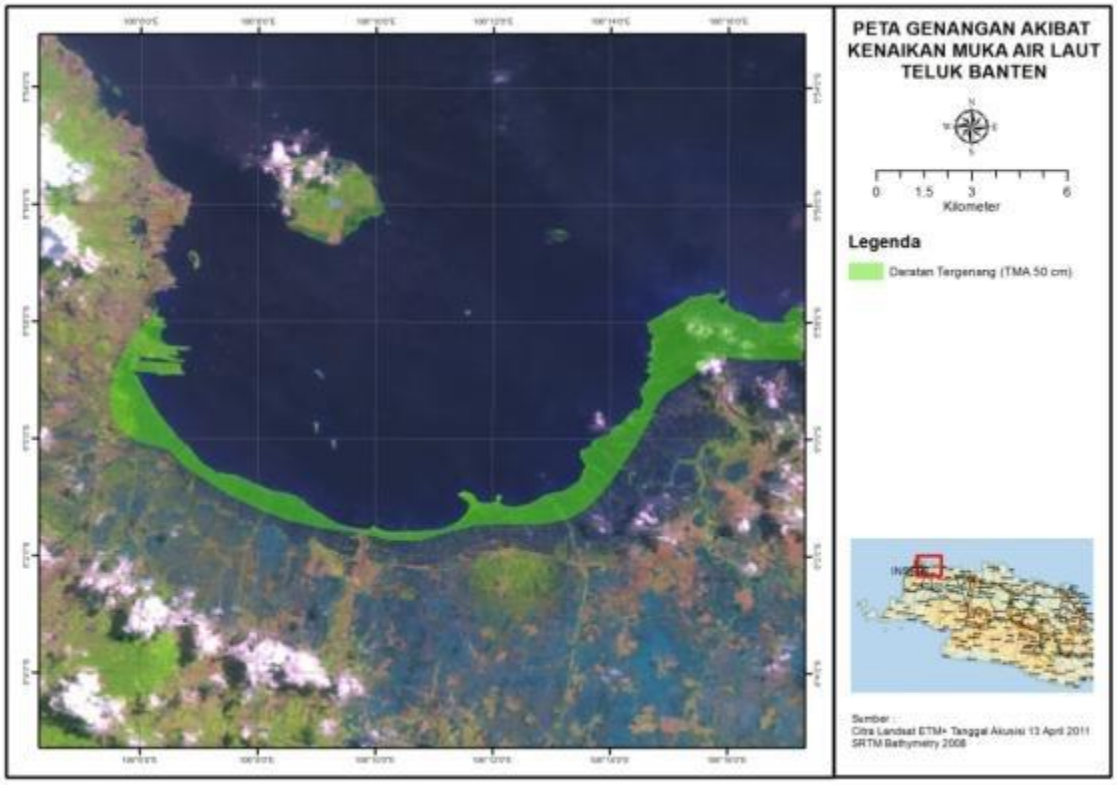
4.9.2. Analisa Genangan

Estimasi luasan penggenangan akibat kenaikan muka air laut dilakukan dengan memadukan antara peta topogradi yang di ekstak dari data *DEM SRTM Bathymetry* tahun 2008 dan dibuat scenario kenaikan muka air laut setinggi 50 cm, 100 cm, 150 cm, dan 200 cm. Data genangan di overlay dengan data penutupan lahan untuk mengetahui luas penutupan lahan terkini yang tergenang pada tiap skenario kenaikan muka air laut. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut disajikan pada gambar 79.



Gambar 79. Peta overlay genangan akibat kenaikan muka air laut untuk seluruh skenario.

Kajian analisa genangan merupakan suatu gambaran seberapa besar wilayah yang berpotensi diselamatkan atau dikurangi resikonya dari banjir rhob yang dapat mengakibatkan genangan, jika rehabilitasi yang dilakukan di wilayah pesisir Teluk Banten dilaksanakan secara optimal. Gambar 80-83 merupakan Peta genangan akibat kenaikan muka air laut pada beberapa skenario tinggi muka air, yang dilengkapi dengan atribut luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang (tabel 17-20).

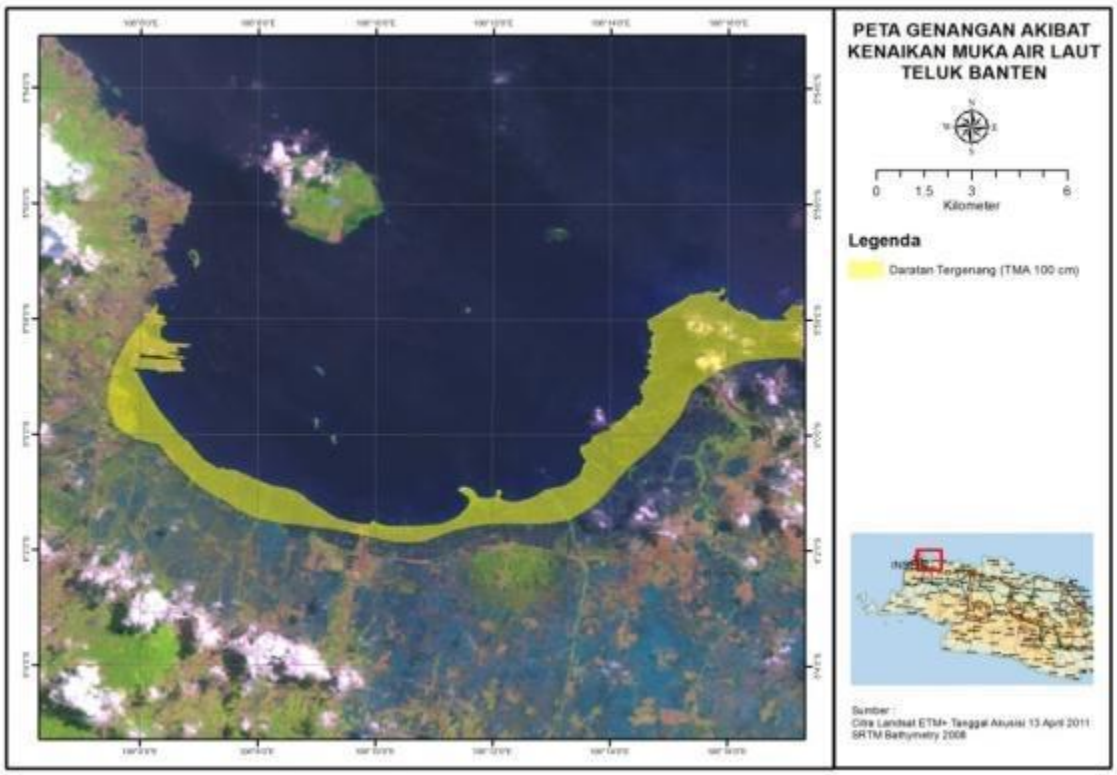


Gambar 80. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut skenario tinggi muka air laut 50 cm.

Tabel 17. Luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang pada Tinggi Muka Air Laut 50 cm.

No	Penutupan Lahan	Luas (ha)
1	Mangrove	123,58
2	Semak Belukar	2,05
3	Pertanian Lahan Kering	107,75
4	Tanah Terbuka	101,09
5	Lahan Terbangun	67,16
6	Tambak	1.951,22
7	Badan Air*	116,00
	Total	**2.468,85**

*Ket : * termasuk kelas badan air di areal terrestrial, misalnya sungai.*

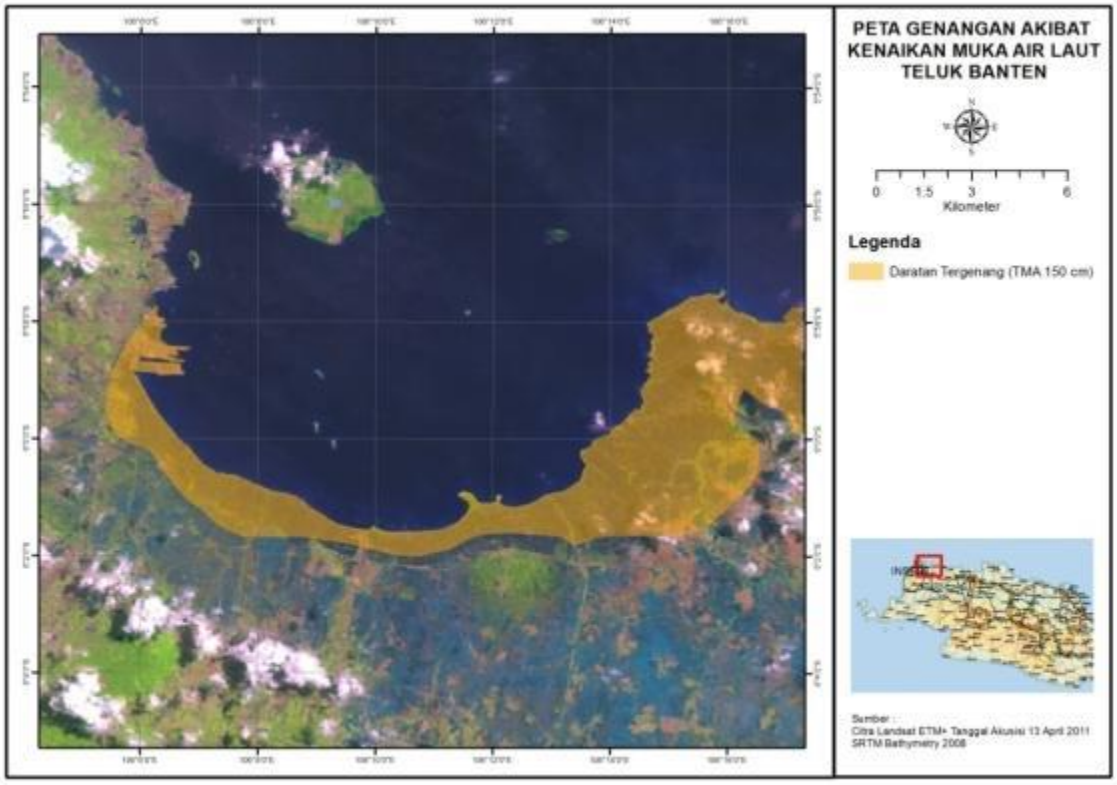


Gambar 81. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut skenario tinggi muka air laut 100 cm.

Tabel 18. Luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang pada Tinggi Muka Air Laut 100 cm

No	Penutupan Lahan	Luas (ha)
1	Mangrove	129,38
2	Kebun Campuran	4,86
3	Semak Belukar	2,05
4	Pertanian Lahan Kering	127,72
5	Sawah	10,43
6	Tanah Terbuka	101,48
7	Lahan Terbangun	78,72
8	Tambak	2.607,83
9	Badan Air*	121,32
	Total	**3.183,78**

*Ket : * termasuk kelas badan air di areal terrestrial, misalnya sungai*

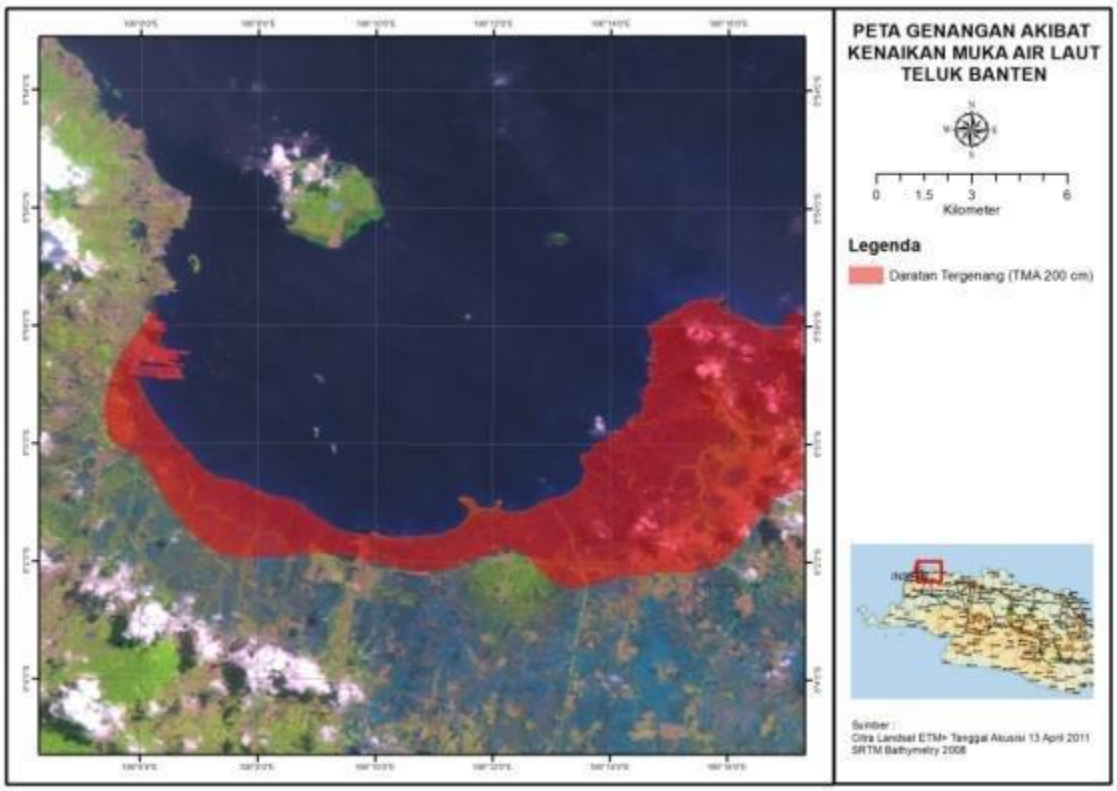


Gambar 82. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut skenario tinggi muka air laut 150 cm.

Tabel 19. Luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang pada Tinggi Muka Air Laut 1 50 cm.

No	Penutupan Lahan	Luas (ha)
1	Mangrove	135,77
2	Kebun Campuran	102,52
3	Semak Belukar	58,63
4	Pertanian Lahan Kering	148,80
5	Sawah	350,01
6	Tanah Terbuka	110,25
7	Lahan Terbangun	145,75
8	Tambak	4.304,69
9	Badan Air*	137,33
	Total	**5.493,76**

*Ket : * termasuk kelas badan air di areal terrestrial, misalnya sungai*



Gambar 83. Peta genangan akibat kenaikan muka air laut skenario tinggi muka air laut 200 cm.

Tabel 20. Luas penutupan lahan yang berpotensi tergenang pada Tinggi Muka Air Laut 200 cm.

No	Penutupan Lahan	Luas (ha)
1	Mangrove	135,77
2	Kebun Campuran	203,66
3	Semak Belukar	77,65
4	Pertanian Lahan Kering	171,29
5	Sawah	1,378,47
6	Tanah Terbuka	110,39
7	Lahan Terbangun	329,98
8	Tambak	4.760,48
9	Badan Air*	150,25
	Total	**7.317,94**

*Ket : * termasuk kelas badan air di areal terrestrial, misalnya sungai*

4.10. Potensi Hybrid Engineering Di Pesisir Teluk Banten

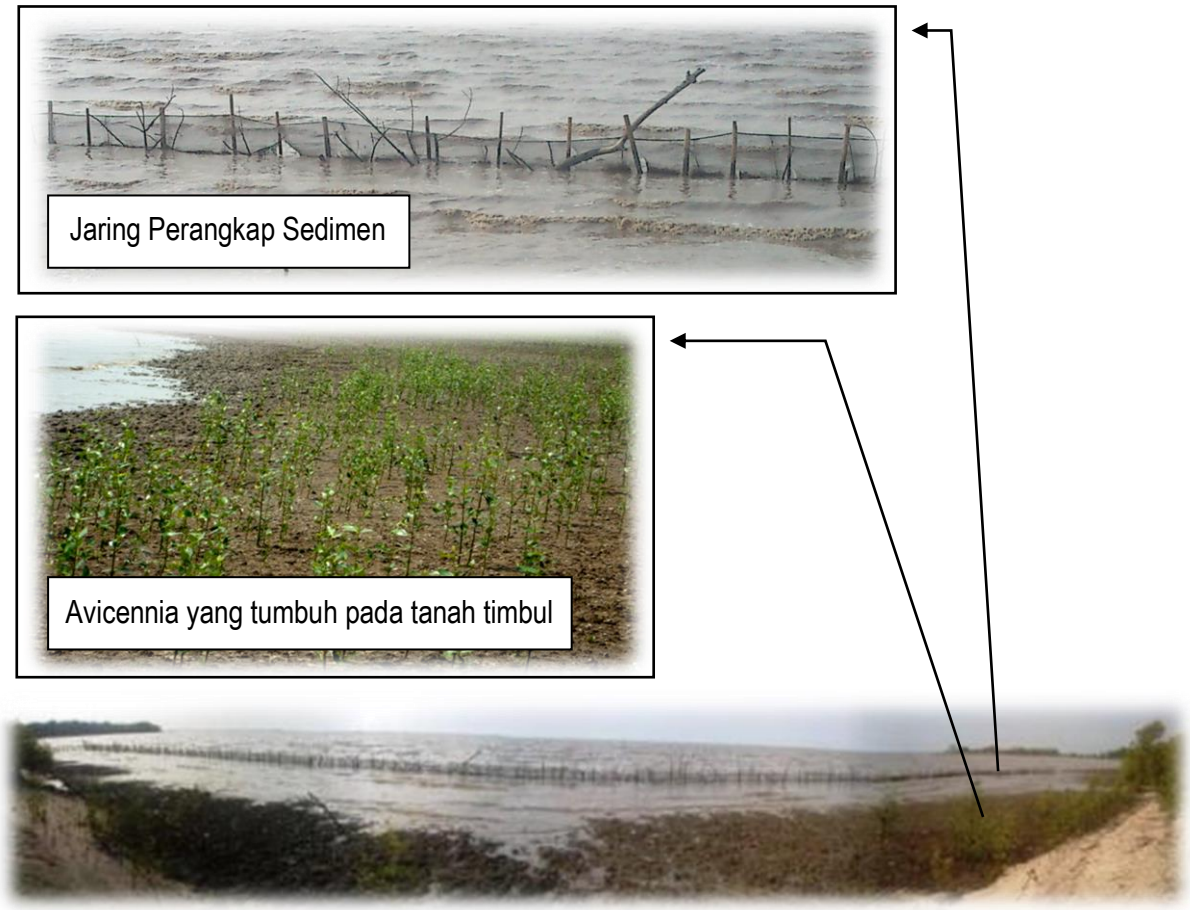
Hybrid Engineering dalam konteks rehabilitasi pesisir merupakan suatu teknik untuk mengembalikan kondisi alami stabilitas substrat, kondisi ekologi sedimen, dan hidrodinamika yang diperlukan untuk menghentikan proses erosif, merangsang pertambahan (akresi) lahan dan membalikkan tanah terlantar yang terdegradasi menjadi sistem produktif. Teknik ini dapat dilakukan dengan membangun material pelindung pantai sementara serta dipadukan dengan langkah-langkah praktis untuk rehabilitasi pesisir dengan menanam tumbuhan pelindung pantai dan membuat rencana pengelolaan ekosistem berkelanjutan bersama-sama dengan para pemangku kepentingan lokal.

Hybrid Engineering merupakan salah satu solusi berkelanjutan, dimana setelah fase pertumbuhan lahan diperlukan adanya perlakuan penanaman. pada fase penanaman basis masyarakat akan menjadi penting dan fokus untuk dilaksanakan secara optimal. Selanjutnya hal ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk meningkatkan sektor ekonomi untuk meningkatkan kesejahteraan, ketahanan, dan kemandirian masyarakat yang rentan. Pada intinya konsep ini adalah memanfaatkan dinamika yang terjadi di alam untuk membangun infrastruktur pertahanan garis pantai.

Teluk banten dengan segala dinamika biofisik perairan dan pesisirnya ternyata menyimpan beberapa peluang dan potensi untuk diimplementasikannya *Hybrid Engineering,* kemunculan "tanah timbul" yang hanya bersifat sementara di pesisir Cagar Alam Pulau Dua menjadi salah satu indikator yang penting dalam hal ini. Tanah timbul tersebut muncul dan tenggelam sejalan dengan dinamika arus dan golembang laut. Disisi lain hal tersebut merupakan potensi dan peluang dalam upaya rehabilitasi pesisir, dimana ketersediaan lahan menjadi hal yang utama agar upaya rehabilitasi dapat berjalan khususnya pada wilayah yang rentan terhadap abrasi dan bencana banjir rhob. Dari pembelajaran tersebut, WIIP dan Jagawana Cagar Alam Pulau Dua melakukan uji coba implementasi *Hybrid Engineering* dalam skala kecil, dengan memasang jaring perangkap sedimen yang terbuat dari jaring dan ranting, dan terbukti memberikan hasil yg positif. Tanah timbul yang dahulunya muncul dan tenggelam mulai stabil dan proses erosif pada wilayah ini mulai dapat direduksi.

Berdasarkan informasi dan analisa beberapa komponen fisik perairan Teluk Banten, diantanya iklim, topografi, geologi, morfologi pantai, hidrologi, kualitas air, dan kondisi arus, muncul dan tenggelamnya tanah timbul di pesisir Teluk Banten diduga akan terus berlangsung. Sedimen dasar perairan yang sebagian besar berupa lanau, didukung dengan kondisi dasar perairan yang sarat dengan cekungan, serta kerusakan mangrove yang terjadi di wilayah timur Teluk banten yang sedimennya terbawa arus sejajar pantai menuju garis pantai Cagar Alam Pulau Dua merupakan suatu kondisi dimana proses akresi akan terus terjadi di wilayah tengah Teluk Banten.

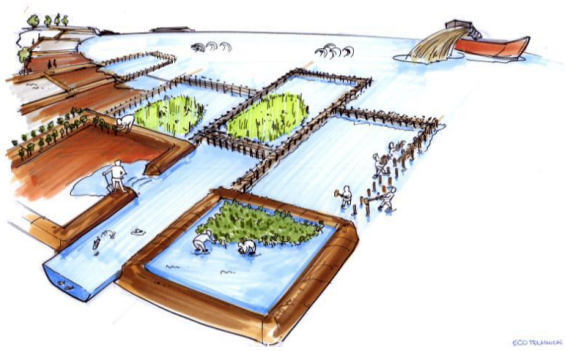
Gambar 84 merupakan gambaran dari uji coba implementasi Hybrid Engineering dalam skala kecil yang dilakukan WIIP yang bekerjasama dengan Jagawana Cagar Alam Pulau Dua.



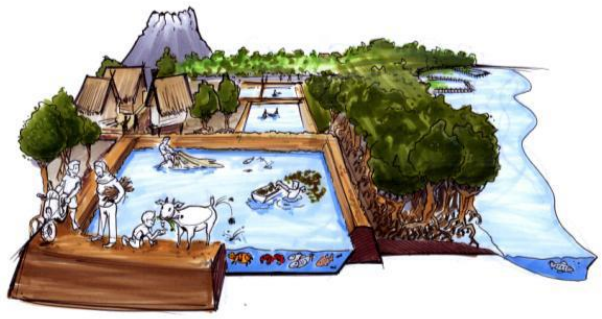
Gambar 84. Tanah timbul yang ditumbuhi mangrove di sebelah timur Cagar Alam Pulau Dua.

Pada dasarnya banyak teknik dalam mengimplementasikan *Hybrid Engineering,* bahan yang dapat digunakan tidak terpaku pada ranting dan jaring bekas saja, Pengetahuan ilmiah dan pengalaman percontohan, dan uji coba menjadi hal yang sangat penting dalam mempertimbangkan material yang efektif dan efisien dalam membangun material pelindung dengan konsep *Hybrid Engineering.*

Gambar 85 dan 86 merupakan ilustrasi dari implementasi Hybrid Engineering dan kondisi yang diharapkan pasca rehabilitasi.



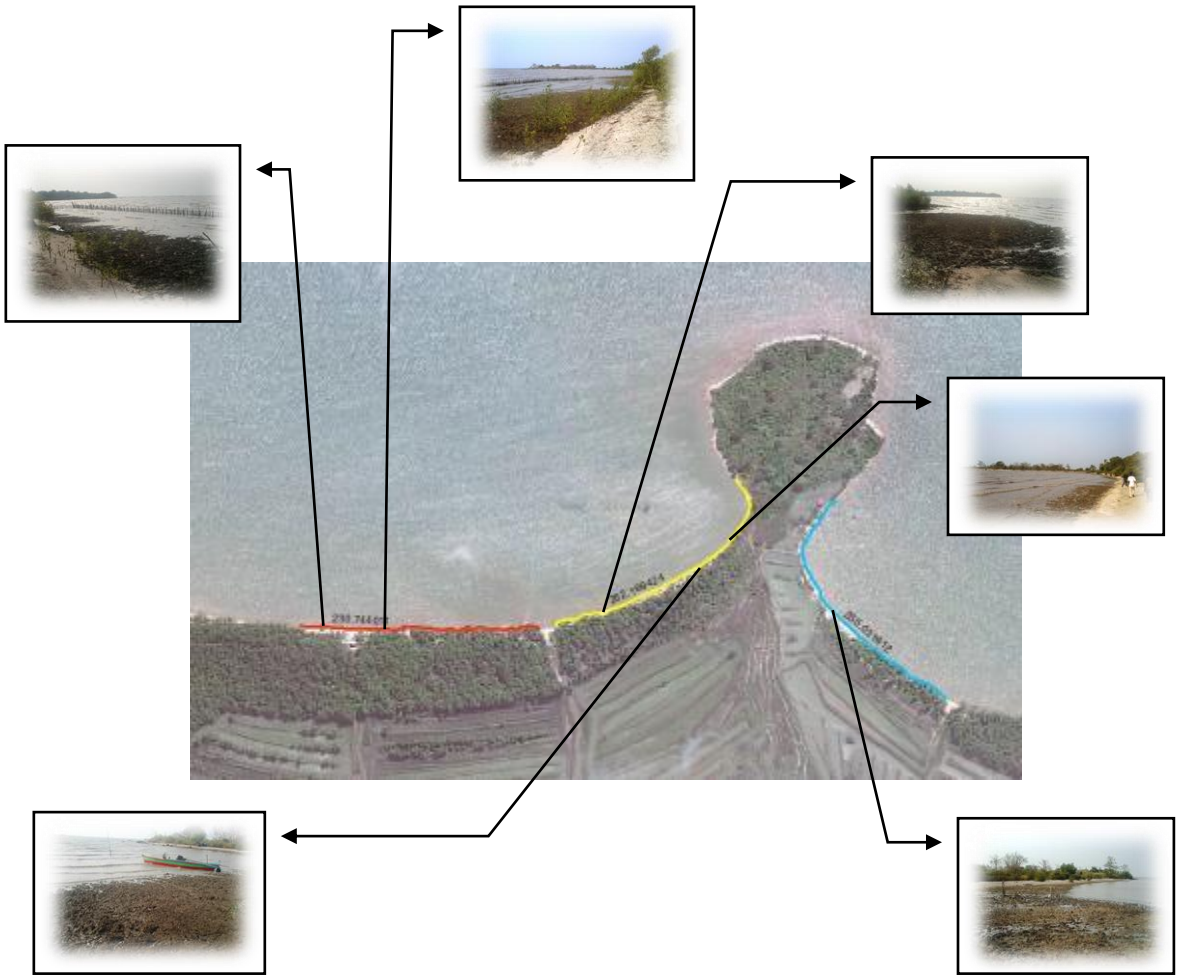
Gambar 85. Implementasi Hybrid Engineering.



Gambar 86. Kondisi Setelah Rehabilitasi.

4.10.1. Analisa Kuantitatif Potensi Luas Areal Hasil Skenario *Hybrid Engineering*

Dari citra satelit GeoEye tanggal akusisi 31 juli 2010, belum teridentifikasi adanya tanah timbul di garis pantai CAPD. Dikombinasikan dengan data survei lapangan dapat diidentifikasi wilayah mana saja muncul tanah timbul. Gambar di bawah ini merupakan sebaran tanah timbul *existing* di Pesisir Cagar Alam Pulau Dua dan Pulau Satu.



Gambar 87. Kondisi Tanah Timbul Pesisir Cagar Alam Pulau Dua

Berdasarkan gambar 87, dan hasil kuantifikasi, panjang garis pantai yang ada tanah timbulnya dan memiliki potensi dapat dipertahankan jika diterapkan *Hybrid Engineering* adalah sebagai berikut :

- Zona Merah : 230,74 meter
- Zona Kuning : 252,17 meter
- Zona Biru : 255,03 meter

Jika diasumsikan lebar tanah timbul yang dapat dipertahankan adalah 10 meter maka luas lahan yang dapat dipertahankan adalah mencapai 0,73 ha. Secara detail luas setiap zona dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 21. Luas tanah timbul yang dapat dipertahankan pada setiap zona.

Zona	Luas (m^2)	Luas (ha)
Merah	2.307,4	0,23
Kuning	2.521,7	0,25
Biru	2.550,3	0,25
Total	7.379,4	0,73

Dari sudut pandang vegetasi, secara alami jenis tumbuhan mangrove yang tumbuh di zona depan pesisir Cagar Alam Pulau Dua adalah jenis *Avicennia sp* yang secara umum potensi ketersediaan benih/bibit mangrove sangat mencukupi untuk permudaan alami. Kemudian jika pada sedimen yang terperangkap ini akan dilakukan rehabilitasi (penanaman) dengan menggunakan skenario jarak tanam jarak tanam 0,5 m x 0,5 m maka dengan luas areal 7.300 m^2, maka jumlah benih atau bibit yang harus disiapkan ± 29.200 bibit.

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

- Bedasarkan analisa fisik perairan terutama pola arus dan laju sedimentasi, pesisir Teluk Banten khususnya di pesisir Pulau Dua masih sangat sangat berpotensi terjadinya proses Akresi (sedimen), proses Akresi akan terus berjalan di areal ini dan tanah timbul akan terus bertambah luasannya. Hal ini sejalan dengan konsep *Hybrid Engineering* yang salah satunya adalah merangsang pertambahan (akresi) lahan dan membalikkan tanah terlantar yang terdegradasi menjadi sistem produktif. Pemasangan jaring perangkap sedimen dapat dikatakan salah satu *prototype* bagaimana penerapan konsep *Hybrid Engineering*.

- Teluk banten dengan berbagai dinamika biofisiknya banyak mengalami perubahan bentang alam terutama di wilayah bagian timur, abrasi merupakan ancaman yang paling besar di wilayah ini. Arus dan gelombang terus menggerus garis pantai di wilayah ini, dan proses akresi di wilayah Cagar Alam Pulau Dua tidak terlepas dari proses transport sedimen yang berasal proses abrasi yang terjadi di wilayah timur Teluk Banten.

- Abrasi dan banjir rhob merupakan beberapa ancaman yang mengancam ekosistem pesisir Teluk Banten. Dari tahun 1972 sampai dengan tahun 2011 teridentifikasi jangkauan abrasi dari garis pantai ke daratan mencapai 1 km pada periode ini, dengan laju jangkauan maksimum 25 m/tahun dan luas areal terabrasi mencapai 714,97 ha.

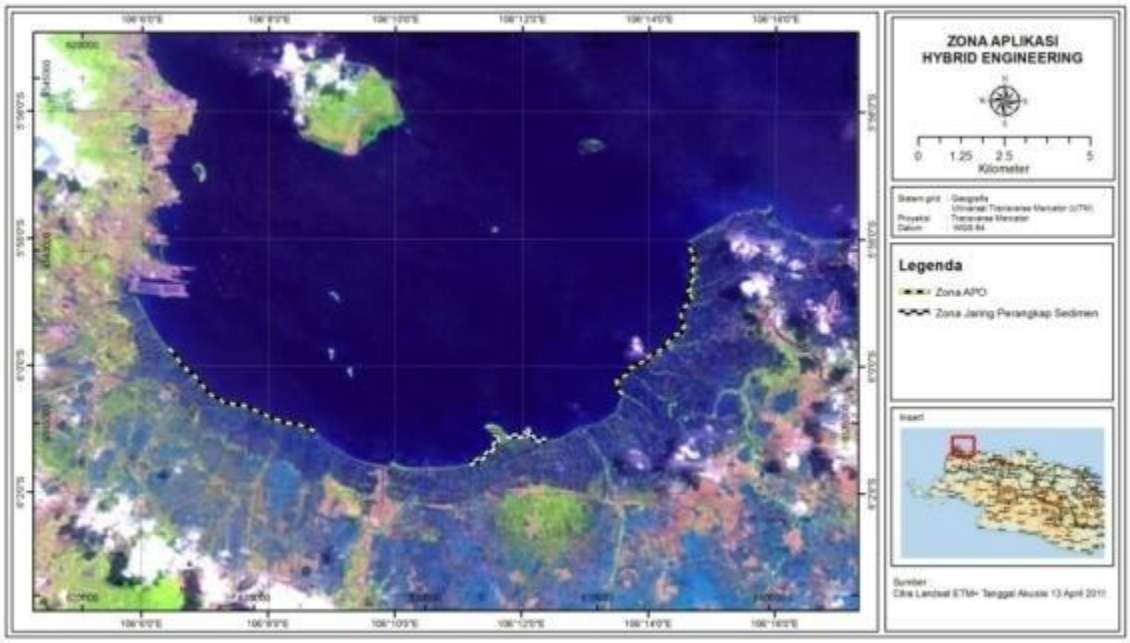
- Penanaman dan pemeliharaan Mangrove di pesisir Teluk Banten sangat berperan besar dalam pengurangan resiko bencana khususnya bencana wilayah pesisir, maka diperlukan suatu pengelolaan dan pengendalian bencana pesisir yang terintegrasi dengan berbagai macam aspek, baik biofisik, sosial ekonomi dan kebijakan.

5.2. Rekomendasi

- Dinamika biofisik pesisir Teluk Banten dengan parameter kondisi ekosistem terkini yang sebagian besar kondisi ekosistem mangrovenya sudah rusak, pola angin, morfologi dasar perairan dan morfologi pantai, berimplikasi pada perubahan pola dan kecepatan arus yang menyebabkan abrasi pantai di wilayah timur Teluk Banten kemudian material sedimen terangkut oleh gelombang sejajar pantai menuju pusat Teluk Banten yaitu pesisir Pulau Dua yang menyebabkan akresi. Kondisi ini memungkinkan diterapakannya konsep *Hybrid Engineering* dan direkomendasikan untuk dikembangkan dan dibangun konsep ini untuk menstabilkan substrat yang ada, dan dilanjutkan dengan upaya penanaman mangrove pada substrat yang sudah stabil untuk menjaga garis pantai dari Abrasi.

- Laju Abrasi yang tinggi terjadi di bagian timur Teluk Banten yang sebagian besar masuk ke dalam batas administrasi Desa Domas. Endapan Sedimen terus-menerus terangkut terbawa arus sejajar pantai menuju Pulau Satu dan Pulau Dua. Upaya rehabilitasi direkomendasikan tidak hanya dilakukan di wilayah sekitar pesisir Cagar Alam Pulau Dua yang terus mengalami

proses akresi, melainkan wilayah timur Teluk Banten. Berikut merupakan rekomendasi dalam bentuk Peta Zonasi Kesesuaian penerapa Hybrid Engineering di Teluk Banten.



Gambar 88. Peta Zonasi Kesesuaian Penerapan Hybrid Engineering di Teluk Banten.

Pemasangan *fishnet* (jaring perangkap sedimen) direkomendasikan dilakukan di sekitar garis pantai pulau Cagar Alam Pulau Dua sebagai daerah outlet dari endapan sedimen, baik sedimen yang berasal dari muara sungai, dari laut, dan arus sejajar pantai dari timur dan barat Teluk Banten. Untuk wilayah timur Teluk Banten direkomendasikan untuk membangun Alat Pemecah Ombak sederhana (APO), menginagt kondisi arus yang sangat besar dan garis pantai yang sudah tidak terlindungi oleh vegetasi mangrove sama sekali.

DAFTAR PUSTAKA

Jaya INS. 2007. Analisis Citra Dijital: Perspektif Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.

Karminarsih, E. 2007. Pemanfaatan Ekosistem Mangrove bagi Minimasi Dampak Bencana di Wilayah Pesisir. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* Vol. XIII (3): 182-187.

Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2010. Optimasi Data Fisik Perairan Untuk Kajian Kelimpahan Dan Jenis Ikan Di Teluk Banten. Jakarta.

Lestari, T.A, Ita S., Ragil S.G., dan Urip T. 2012. Kajian Tingkat Kerentanan dan Kapasitas Pengurangan Risiko Bencana, Kelurahan Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kota Serang, Provinsi Banten. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor

Lillesand TM. dan Kiefer RW. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*; diterjemahkan oleh Dulbahri *et al*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Noviansyah, MTD. 2000. Kajian Perubahan Penutupan Lahan dengan Memanfaatkan Penginderaan Jauh Di Wilayah Pesisir Teluk Banten. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Perikanan, In stitut Pertanian Bogor.

Parluhutan, D. 2007. Analisis Dampak Penambangan Pasir Terhadap Perikanan Rajungan Di Kecamatan Tirtayasa Kabupaten Serang. [Tesis]. Bogor: Sekolah Pasca Sarja. IPB.

Sulistiyo, B. 2009. Mangrove dengan Alat Pemecah Ombak(APO) sebagai Perlindungan Garis Pantai. *Proseding pada Seminar Nasional Manajemen Sumberdaya Air Partisipatif Guna Mengantisipasi Dampak Perubahan Iklim Global,* Yogyakarta.