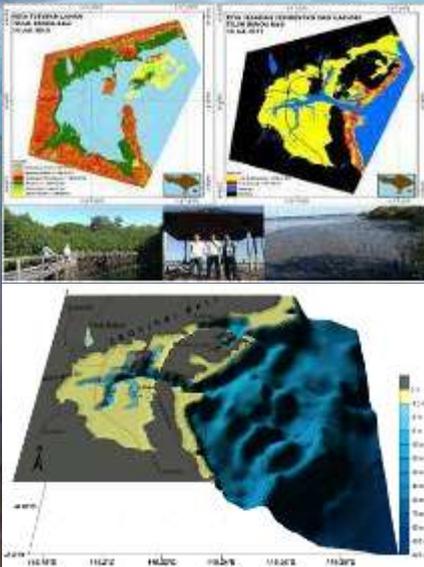


REKLAMASI DI PERAIRAN TELUK BENOA BALI

(ASPEK FISIK PERAIRAN, EKOSISTEM, DAN POTENSI
KERENTANAN PESISIR)

Try Al Tanto
Aprizon Putra
Semeidi Husrin
Widodo S. Pranowo



**REKLAMASI DI PERAIRAN TELUK BENOA BALI
(ASPEK FISIK PERAIRAN, EKOSISTEM, DAN
POTENSI KERENTANAN PESISIR)**

Penulis :

Try Al Tanto
Aprizon Putra
Semeidi Husrin
Widodo S. Pranowo

**REKLAMASI DI PERAIRAN TELUK BENOA BALI
(ASPEK FISIK PERAIRAN, EKOSISTEM, DAN POTENSI
KERENTANAN PESISIR)**

Penulis :

Try Al Tanto
Aprizon Putra
Semeidi Husrin
Widodo S. Pranowo

Editor :

1. Gunardi Kusumah
2. Agus Maryono
3. Sonny Koeshendrajana

Perancang sampul :

Try Al Tanto

Jumlah Halaman :

xviii + 130 halaman

Edisi/cetakan :

Cetakan Pertama, 2018

Diterbitkan oleh :

AMAFRAD Press

Badan Riset dan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan
Gedung Mina Bahari III, Lantai. 6

Jl. Medan Merdeka Timur No. 16, Jakarta Pusat 10110.

Telp. (021) 3513300, Fax. (021) 3513287

Email : amafradpress@gmail.com

No Anggota IKAPI : 501/DKI/2014

@2018, Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang.

**Diperbolehkan mengutip sebagian atau seluruh isi buku dengan
mencantumkan sumber referensi**

Dilarang memproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang No. 28 Tahun 2014
All Rights Reserved

SAMBUTAN Kepala Pusat Riset Kelautan

Rencana kegiatan reklamasi di kawasan Teluk Benoa masih menjadi polemik, memerlukan kajian yang lebih lengkap dan informasi terkini yang berhubungan dengan aspek suatu kawasan ataupun wilayah perairan tersebut. Terlebih lagi, rencana reklamasi dilakukan pada kawasan wisata, kawasan konservasi Taman Hutan Raya (TAHURA), serta wilayah yang bersinggungan dengan berbagai aktivitas masyarakat.

Salah satu peran riset di bidang kelautan adalah memberikan pertimbangan ilmiah kepada instansi terkait, seluruh masyarakat, dan *stakeholder*, sehingga dapat memberikan pencerahan dan masukan terhadap suatu kebijakan yang sudah ataupun akan diterapkan. Oleh karena itu, Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan melalui Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir mengeluarkan buku tentang "REKLAMASI DI PERAIRAN TELUK BENOA BALI (ASPEK FISIK PERAIRAN, EKOSISTEM, DAN POTENSI KERENTANAN PESISIR)" sebagai *output* dari riset "KAJIAN DAMPAK REKLAMASI TELUK BENOA TERHADAP EKOSISTEM LAUT DAN PESISIR".

Kami mengucapkan selamat kepada tim peneliti dan tim penyusun yang telah bekerja keras untuk menyelesaikan buku ini. Kami juga memberikan ucapan terimakasih atas dukungan pimpinan Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, serta semua pihak yang memberikan dukungan baik berupa data, informasi, saran, serta masukan yang membangun hingga selesainya penyusunan Buku ini.

Kami berharap semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih untuk kemajuan ilmu pengetahuan di bidang pengelolaan wilayah pesisir, terutama bidang sumber daya dan kerentanannya.

Jakarta, Mei 2018

Kepala Pusat Riset Kelautan KKP

Drs. Riyanto Basuki, M.Si.

SAMBUTAN Kepala Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir

Pada tahun 2015, Kertas Kerja Kebijakan yang dikeluarkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kelautan dan Perikanan memberikan gambaran adanya kerentanan perairan Teluk Benoa terhadap kegiatan pembangunan di area tersebut. Ilustrasi tersebut mengundang suatu pertanyaan apakah rencana revitalisasi Teluk Benoa dapat sesuai dengan konsep yang direncanakan atau semakin memperparah permasalahan yang sudah terjadi.

Sebagai institusi riset yang memiliki tugas dan fungsi dalam bidang eksplorasi karakteristik dan potensi sumber daya dan kerentanan pesisir, Loka Riset Kerentanan Pesisir dan Laut yang sekarang menjadi Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, sudah semestinya melakukan riset untuk menyediakan data dan informasi, serta analisis yang dapat bermanfaat bagi pengambilan kebijakan terkait dengan reklamasi di kawasan perairan Teluk Benoa, Bali.

Dalam perjalanannya, kegiatan riset tahun 2016 ini cukup banyak menghadapi tantangan termasuk adanya penolakan dari masyarakat adat setempat. Sehingga, riset yang dilakukan kemudian sebatas pada kajian data sekunder, serta melibatkan berbagai pihak termasuk para akademisi dan para ahli untuk memperoleh data yang dibutuhkan.

Dengan segala tantangan dan keterbatasan yang dihadapi oleh rekan-rekan peneliti dan tim, kami mengucapkan selamat atas terbitnya buku ini. Kami juga mengucapkan terimakasih atas dukungan pimpinan Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, pimpinan Pusat Riset Kelautan, mantan Kepala Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, Bapak Gunardi Kusumah, MT. serta semua pihak yang telah memberikan dukungan hingga selesainya buku ini.

Harapannya, semoga buku ini dapat memberikan masukan dan menjadi bahan pertimbangan ilmiah bagi perumusan kebijakan rekomendasi untuk pengambilan keputusan terkait dengan reklamasi di kawasan Teluk Benoa tersebut.

Padang, Mei 2018

Kepala Loka Riset
Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir

Nia Naelul Hasanah Ridwan, S.S., M.Soc.Sc.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim. Alhamdulillah Rabbiláalamiin. Puji syukur selalu kami haturkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan pertolonganNYA, sehingga akhirnya buku "REKLAMASI DI PERAIRAN TELUK BENOA BALI (ASPEK FISIK PERAIRAN, EKOSISTEM, DAN POTENSI KERENTANAN PESISIR) selesai disusun dan berhasil diterbitkan. Shalawat dan Salam selalu kepada junjungan umat Rasulullah Muhammad SAW.

Kegiatan penelitian ini bermula pada Tahun 2015 pada saat Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kelautan dan Perikanan (Balitbang-KKP) mendapatkan mandat dari Menteri KP, untuk melakukan kajian rencana reklamasi kawasan Teluk Benoa. Respon cepat dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir (P3SDLP) dilakukan dengan menggandeng berbagai ahli untuk review dokumen AMDAL serta pelaksanaan *Focus Group Discussion* (FGD) yang menghadirkan banyak pakar lingkungan dan keteknikan dari Institut Teknologi Bandung (ITB), Institut Pertanian Bogor (IPB), dan lingkup Balitbang KKP. Kertas Kerja Kebijakan yang dikeluarkan oleh Balitbang KKP dari Husrin *dkk.* (2015) menyebutkan bahwa terlihat adanya kerentanan perairan Teluk Benoa terhadap pembangunan yang ada di wilayah tersebut. Dengan demikian, pada Tahun 2016 terlaksana kegiatan penelitian ini walaupun masih belum sesuai dengan perencanaan, yaitu belum adanya survei langsung di lokasi.

Kegiatan prasuvei di kawasan Teluk Benoa sudah terlaksana berupa cek kondisi awal di lokasi, yaitu sekitar Pulau Serangan, Tahura, dan kondisi Teluk Benoa secara umum. Sebelum terjun ke lokasi, dalam rangka pengambilan data, koordinasi dilakukan ke beberapa instansi Pemerintah Daerah, juga dengan perwakilan Desa Adat. Setelah perundingan yang dilakukan oleh beberapa Desa Adat, mereka menyepakati untuk menolak rencana survei lapang yang akan dilaksanakan. Diperkuat dengan surat penolakan oleh Desa Adat terhadap segala aktivitas penelitian di kawasan Teluk Benoa, serta hasil koordinasi singkat Kepala LPSDKP dengan Kepala Badan LITBANG KKP dan Kepala P3SDLP, sehingga rencana survei lapang batal dilaksanakan. Kajian di Teluk Benoa dilakukan dengan batasan menggunakan data-data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi dan para akademisi.

Permasalahan juga ditemukan dalam pengumpulan data sekunder. Data yang diperlukan tersebar di beberapa instansi dan pihak konsultan. Koordinasi yang intens diperlukan dan membutuhkan waktu yang cukup lama dalam pengumpulan data sekunder tersebut. Beberapa data berhasil dikumpulkan, seperti pasang surut, arus laut, batimetri, cuaca (angin dan curah hujan), citra satelit, dan data sungai yang bermuara ke Teluk Benoa. Data eksisting cuaca (angin, data per-jam tahun 2016) cukup sulit diperoleh, padahal sangat diperlukan dalam kajian permodelan di Teluk

Benoa. Persuratan dari P3SDLP diperlukan yang langsung ditujukan kepada Kepala Pusat Meteorologi Maritim (Nomor Surat 1786/BALITBANGKP.2/TU.210/XI/2016). Namun demikian, masih belum berhasil dan data yang dimaksud tetap tidak diperoleh. Dengan kondisi tersebut, kajian permodelan yang dilakukan masih menggunakan data lama hingga tahun 2014.

Segala keterbatasan yang ada diharapkan tidak mengurangi kualitas dari hasil yang diperoleh. Semoga hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh Ditjen Teknis di Kementerian Kelautan dan Perikanan sebagai bahan rekomendasi untuk pengambilan kebijakan berhubungan dengan rencana reklamasi di Teluk Benoa. Untuk pemerintah daerah setempat dan instansi terkait lainnya semoga buku ini berguna dalam upaya mitigasi bencana pesisir dan perairan di wilayah studi. Hasil ini juga diharapkan menjadi pembelajaran untuk kegiatan ke depannya dan menjadi pengalaman yang sangat berharga baik bagi semua tim peneliti dan semua orang yang terlibat dalam penelitian ini. Pengetahuan baru yang diperoleh semoga menghasilkan gagasan/ide penanganan yang lebih baik lagi untuk kajian reklamasi yang ada di Indonesia secara umum.

Terimakasih kami ucapkan kepada Mantan Kepala LRSDKP sekaligus selaku Ketua Kelompok Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir pada waktu itu, Bapak Gunardi Kusumah, yang telah mempercayakan kegiatan penelitian ini. Terimakasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan peneliti, teknisi/litkayasa, dan administrasi di kantor LRSDKP atas kontribusinya dalam pelaksanaan kegiatan ini. Tidak lupa juga terimakasih kepada pemerintah daerah di Provinsi Bali, dan instansi pemerintah lainnya yang ikut andil dan mendukung dalam kelancaran kegiatan ini.

Padang, Mei 2018

Tim Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Prof. Dr. Ir. Ketut Sugama, M.Sc, A.Pu, Prof. Dr. Ir. Sonny Koeshendrajana, Prof. Dr. Ir. Ngurah N. Wiadnyana, DEA., Dr. Singgih Wibowo, M.S, Dr. Ing Widodo S. Pranowo, M.Si., dan Dr. Ir. I Nyoman Suyasa, M.S, Gunardi Kusumah, ST., MT. dan Dr.-Ing. Ir. Agus Maryono yang telah mengoreksi dan memberikan masukan kepada Penulis sehingga buku ini menjadi lebih sempurna dan penyajian materi buku yg lebih baik.

Ucapan terimakasih juga tidak lupa Penulis sampaikan kepada Kepala Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, Kepala Urusan Tata Usaha, Kepala Subseksi Tata Operasional, Kepala Subseksi Pelayanan Teknis, Rekan-rekan Peneliti, Teknisi, dan Administrasi LRSDKP, atas bantuannya secara administratif dan teknis, serta Para Pakar - Akademisi (Dr. Aulia Riza Farhan, M.Sc., Prof. Dr. Isril Berd, SU., Dr. Ir. Muslim Muin, MSOE., Ir. Dedi Tjahjadi, Dipl.HE., Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., Rahmadi Prasetyo, S.T., M.T., Ir. I Ketut Sudiarta, M.Si.) sehingga buku ini dapat diterbitkan.

DAFTAR ISI

SAMBUTAN Kepala Pusat Riset Kelautan.....	i
SAMBUTAN Kepala Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR ISTILAH.....	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
SIMBOL.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
BAB 2. KONDISI BENTANGAN ALAM.....	3
2.1. LETAK GEOGRAFIS.....	3
2.2. GEOLOGI.....	4
2.3. GEOMORFOLOGI.....	6
2.4. DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS).....	10
BAB 3. REKLAMASI.....	15
3.1. DEFINISI REKLAMASI.....	15
3.2. TUJUAN DAN METODE DALAM REKLAMASI.....	16
3.3. PERATURAN TENTANG REKLAMASI.....	17
3.4. DAMPAK SOSIAL BUDAYA.....	20
3.4.1. SISTEM KEPERCAYAAN, TATA NILAI DAN SIKAP MASYARAKAT20	
3.4.2. AGAMA.....	21
3.4.3. STRATIFIKASI SOSIAL, KELEMBAGAAN, DAN HUBUNGAN MASYARAKAT.....	22
BAB 4. ASPEK FISIK PERAIRAN.....	23
4.1. BATIMETRI.....	23
4.2. PASANG SURUT.....	27
4.3. ARUS LAUT.....	36
4.4. ANGIN DAN GELOMBANG.....	42
BAB 5. KUALITAS AIR LAUT.....	49
5.1. SUHU.....	51
5.2. KEKERUHAN DAN KECERAHAN PERAIRAN.....	54
5.3. TSS.....	56
5.4. pH.....	57
5.5. SALINITAS.....	59
5.6. DO (<i>DISSOLVED OXYGEN</i>).....	60
5.7. BOD (<i>BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND</i>).....	62

5.8. AMMONIA.....	63
5.9. MINYAK DAN LEMAK.....	65
5.10. FENOL.....	66
5.11. LOGAM BERAT.....	67
5.12. BAKTERI <i>E. COLI</i> DAN <i>COLIFORM</i>	72
BAB 6. EKOSISTEM PESISIR DAN TATA GUNA LAHAN.....	74
6.1. EKOSISTEM MANGROVE.....	75
6.2. TERUMBU KARANG.....	84
6.3. LAMUN.....	88
6.4. PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN.....	90
BAB 7. POTENSI KERENTANAN PESISIR.....	96
7.1. KEJADIAN SEDIMENTASI.....	96
7.2. KEJADIAN BANJIR.....	99
BAB 8. PENUTUP.....	105
DAFTAR PUSTAKA.....	108
LAMPIRAN - LAMPIRAN.....	113
Profil Penulis.....	126

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Desa/Kelurahan di kawasan Teluk Benoa	3
Tabel 2. Klasifikasi sungai berdasarkan lebarnya	10
Tabel 3. Klasifikasi sungai berdasarkan lebar dan luas DAS	11
Tabel 4. Komponen pasang surut perairan Teluk Benoa Bali	36
Tabel 5. Data kualitas perairan 1 Teluk Benoa Bali	50
Tabel 6. Data kualitas perairan 2 Teluk Benoa Bali	51
Tabel 7. Kualitas air laut berdasarkan kandungan DO	61
Tabel 8. Kualitas air berdasarkan BOD.5	62
Tabel 9. Nilai citra tunggal NDVI	79
Tabel 10. Luas ekosistem mangrove	80
Tabel 11. Laju perubahan ekosistem mangrove	80
Tabel 12. Luas sebaran terumbu karang	86
Tabel 13. Laju perubahan sebaran terumbu karang	86
Tabel 14. Luas tutupan lahan	91
Tabel 15. Laju perubahan tutupan lahan	91
Tabel 16. Luasan sebaran sedimentasi	97
Tabel 17. Laju perubahan sebaran sedimentasi	97
Tabel 18. Karakteristik sungai yang bermuara ke Teluk Benoa	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Teluk Benoa; (a) reklamasi yang sudah ada, (b) rencana revitalisasi/reklamasi	2
Gambar 2. Peta lokasi penelitian (cropping area citra Spot – 6)	4
Gambar 3. Peta geologi kawasan Teluk Benoa Bali	5
Gambar 4. Bentangan alam kawasan Teluk Benoa Bali	8
Gambar 5. Peta fisiografis kawasan Teluk Benoa Bali	9
Gambar 6. Karakteristik sungai kecil dan besar	11
Gambar 7. Peta DAS kawasan Teluk Benoa Bali	14
Gambar 8. Bentuk-bentuk dasar laut	24
Gambar 9. Peta batimetri perairan Teluk Benoa (kondisi tahun 1995)	25
Gambar 10. Peta batimetri perairan Teluk Benoa (kondisi tahun 2015)	25
Gambar 11. Peta 3D batimetri perairan Teluk Benoa (tahun 1995)	26
Gambar 12. Peta 3D batimetri perairan Teluk Benoa (tahun 2015)	27
Gambar 13. Tipe-tipe pasang surut beberapa perairan Indonesia	28
Gambar 14. Tipe-tipe pasang surut beberapa perairan Dunia	28
Gambar 15. Tipe-tipe pasang surut sekitar perairan Indonesia	29
Gambar 16. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Januari 2016 (interval pengukuran 1 menit)	30
Gambar 17. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Februari 2016 (interval pengukuran 1 menit)	31
Gambar 18. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Maret 2016 (interval pengukuran 1 menit)	31
Gambar 19. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan April 2016 (interval pengukuran 1 menit)	32
Gambar 20. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Mei 2016 (interval pengukuran 1 menit)	32
Gambar 21. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Juni 2016 (interval pengukuran 1 menit)	33
Gambar 22. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Juli 2016 (interval pengukuran 1 menit)	34
Gambar 23. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Agustus 2016 (interval pengukuran 1 menit)	34
Gambar 24. Kondisi level air di Teluk Benoa	35
Gambar 25. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa 10 Mei – 07 Juni 2016 (interval pengukuran 1 jam)	36
Gambar 26. Kejadian <i>Longshore Current</i>	38
Gambar 27. Kejadian <i>Rip Current</i>	39
Gambar 28. Cara kerja <i>Rip Current</i>	39
Gambar 29. Titik pengukuran ADCP	40
Gambar 30. Grafik <i>Windrose</i> (angin) kawasan Teluk Benoa – Bandara Ngurah Rai Bali (tahun 1991 - 2000)	43

Gambar 31. Diagram <i>Wind Class</i> Frekuensi (angin) kawasan Teluk Benoa – Bandara Ngurah Rai Bali (tahun 1991 - 2000)	43
Gambar 32. Grafik <i>Windrose</i> (angin) kawasan Teluk Benoa – Bandara Ngurah Rai Bali (tahun 2002 - 2014).....	44
Gambar 33. Diagram <i>Wind Class</i> Frekuensi (angin) kawasan Teluk Benoa – Bandara Ngurah Rai Bali (tahun 2002 - 2014)	45
Gambar 34. Bentuk dan parameter gelombang	45
Gambar 35. Kiri: klasifikasi gelombang pecah sebagai fungsi kecuraman dan gelombang pantai curam di lepas pantai; Kanan: sketsa tipe gelombang pecah	47
Gambar 36. Gelombang signifikan perairan Teluk Benoa titik ADCP 1 (20 - 30 Juni 2015).....	47
Gambar 37. Gelombang signifikan perairan Teluk Benoa ADCP 2 (25 Juni - 11 Juli 2015).....	48
Gambar 38. Gelombang signifikan perairan Teluk Benoa titik ADCP 3 (2 - 3 Juli 2015)	48
Gambar 39. Titik lokasi sampling air laut	49
Gambar 40. Sebaran menegak suhu pada laut terbuka	53
Gambar 41. Grafik suhu permukaan perairan Teluk Benoa.....	54
Gambar 42. Grafik parameter TSS di perairan Teluk Benoa.....	57
Gambar 43. Grafik pH permukaan perairan Teluk Benoa	58
Gambar 44. Grafik salinitas permukaan perairan Teluk Benoa	60
Gambar 45. Grafik kandungan BOD.5 permukaan perairan Teluk Benoa.....	63
Gambar 46. Kandungan ammonia perairan Teluk Benoa.....	64
Gambar 47. Fungsi dan peran 3 ekosistem laut tropis.....	75
Gambar 48. Jenis mangrove sejati di Teluk Benoa (*jenis langka).....	78
Gambar 49. Jenis mangrove jarang membentuk tegakan murni.....	78
Gambar 50. Kenampakkan mangrove dalam citra <i>grayscale</i>	79
Gambar 51. Petautupan mangrove tahun 2006.....	81
Gambar 52. Petautupan mangrove tahun 2012.....	82
Gambar 53. Petautupan mangrove tahun 2015.....	83
Gambar 54. Bentuk skeleton; (a) <i>acropora</i> dan (b) <i>non-acropora</i>	84
Gambar 55. Citra Spot-6 RGB 421 dan citra Landsat 7+ETM RGB 521	85
Gambar 56. Hasil klasifikasi dengan algoritma Lyzenga (hitam: daratan, kuning: sedimentasi, biru: air, merah: karang).....	87
Gambar 57. Keberadaan lamun di Tanjung Benoa	89
Gambar 58. Jenis lamun di Teluk Benoa	90
Gambar 59. Petautupan lahan tahun 2006.....	93
Gambar 60. Petautupan lahan tahun 2012.....	94
Gambar 61. Petautupan lahan tahun 2015.....	95
Gambar 62. Kondisi sedimentasi di kawasan perairan Teluk Benoa Bali	96
Gambar 63. Grafik curah hujan kawasan sekitar Teluk Benoa Bali (tahun 2002 – 2014)	100
Gambar 64. Perbandingan Kecepatan Air Setelah dan Sebelum Reklamasi di Benoa 2 (Mulut Teluk).....	102

DAFTAR ISTILAH

Administrasi = Wilayah yang batas-batasnya ditentukan berdasarkan kepentingan administrasi pemerintahan atau politik.

Autotrofik = Organisme yang dapat mengubah bahan anorganik menjadi organik dengan bantuan energi.

Basin = Penurunan yang mendalam dari dasar laut dengan bentuk seperti melingkar atau oval.

Batimetri = Ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi lantai samudera atau danau.

Biofisik = Studi interdisipliner tentang fenomena dan problem-problem biologis dengan menggunakan prinsip-prinsip dan teknik-teknik fisika.

Biological oxygen demand = Oksigen yang dibutuhkan oleh organisme aerob untuk aktivitas hidup.

Buffering capacity = Suatu ukuran kemampuan larutan penyangga dalam mempertahankan pH-nya dan tergantung dari konsentrasi komponen yang ada di larutan tersebut baik secara absolut maupun secara relatif.

Continental shelf = Wilayah laut yang dangkal di sepanjang pantai dengan kedalaman kurang dari 200 m. Disebut juga landas kontinen, merupakan dasar laut dangkal di sepanjang pantai dan menjadi bagian dari daratan.

Continental slope = Bidang miring yang terletak antara paparan benua dengan zona laut dalam.

Contour lines = garis-garis kontur.

Densitas = Pengukuran massa setiap satuan volume benda.

Depth contours = Kontur-kontur kedalaman.

Dissolve oxygen = Oksigen yang terlarut dalam perairan.

Diurnal tide (pasang surut harian tunggal) = Pasang surut yang terjadi dalam sehari sekali pasang dan sekali surut.

Eutropik = Kaya akan kandungan makanan atau nutrient.

Fisiologis = Fungsi normal dari suatu organisme mulai dari tingkat sel, jaringan, organ, sistem organ hingga tingkat organisme itu sendiri.

Fotosintesis = Suatu proses biokimia pembentukan zat makanan.

Genus = Salah satu bentuk pengelompokan dalam klasifikasi makhluk hidup yang lebih rendah dari familia.

Intermiten = Jenis aliran sungai, yang mengalir hanya pada saat musim hujan.

Ion hidrogen = Atom hidrogen yang memiliki nomor yang berbeda dari elektron daripada normal.

Isobath = Garis dengan kedalaman yang sama.

Kawasan = Daerah yang memiliki ciri khas tertentu atau berdasarkan pengelompokan fungsional kegiatan tertentu, seperti kawasan industri, kawasan perdagangan, dan kawasan rekreasi.

Kabupaten = Pembagian wilayah administratif di Indonesia setelah provinsi, yang dipimpin oleh seorang bupati.

Khatulistiwa = Sebuah garis imajinasi yang digambar di tengah-tengah planet di antara dua kutub dan paralel terhadap poros rotasi planet.

Kecamatan = Pembagian wilayah administratif di Indonesia di bawah kabupaten atau kota.

Karang = Sekumpulan hewan kelas anthozoa yang mampu menghasilkan bangunan atau kerangka karang dari kalsium karbonat (CaCO_3).

Klorin = Unsur kimia dengan simbol Cl dan nomor atom 17. Senyawa ini adalah halogen kedua paling ringan, berada diantara *fluor* dan *bromin* dalam tabel periodik dan sifat-sifatnya sebagian besar di antara mereka.

Koloid = Suatu campuran antara dua zat atau lebih yang bersifat homogen, memiliki ukuran partikel terdispersi yang cukup besar (1 – 1000 nm).

Konservasi = Upaya efisiensi dari penggunaan energi, produksi, transmisi, atau distribusi yang berakibat pada pengurangan konsumsi energi di lain pihak menyediakan jasa yang sama tingkatannya.

Kota = Kawasan pemukiman yang secara fisik ditunjukkan oleh kumpulan rumah-rumah yang mendominasi tata ruangnya dan memiliki berbagai fasilitas untuk mendukung kehidupan warganya secara mandiri.

Lahan = Tanah terbuka, suatu lingkungan fisik yang mencakup iklim, relief, hidrologi, dan tumbuhan yang sampai pada batas tertentu.

Layout = Penyusunan dari elemen-elemen desain yang berhubungan pada sebuah bidang sehingga membentuk susunan artistik.

Landas kontinen = Dasar laut dangkal di sepanjang pantai dan menjadi bagian dari daratan.

Longshore current = Arus sejajar pantai.

Life form = Bentuk kehidupan.

Metabolisme = Suatu proses kimiawi yang terjadi di dalam tubuh semua makhluk hidup.

Mixed tide (pasang surut campuran) = Pasang surut yang terjadi dalam sehari dua kali pasang dan dua kali surut. Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (*asimetris*).

Mikroorganisme = Makhluk hidup yang sangat kecil dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop.

Muara = Wilayah badan air tempat masuknya satu atau lebih sungai ke laut, danau, atau bahkan sungai lain yang lebih besar.

Morfologi = Sebuah ilmu yang mempelajari tentang bentuk dan proses yang membentuknya.

Nitrit = Salah satu bentuk senyawa Nitrogen, dalam hal ini nitrit adalah derivat senyawa nitrogen.

Nitrogen = Gas yang tersedia di alam namun tidak memiliki sifat merusak.

Observasi = Aktivitas yang dilakukan terhadap suatu proses atau objek dengan maksud merasakan dan kemudian memahami pengetahuan dari sebuah fenomena berdasarkan pengetahuan dan gagasan yang sudah diketahui sebelumnya.

Oksida = Suatu senyawa yang terdiri dari suatu unsur dengan unsur oksigen.

Organisme Aerob = Organisme yang melakukan metabolisme dengan bantuan oksigen.

Provinsi = Suatu satuan teritorial, seringkali dijadikan nama sebuah wilayah administratif pemerintahan di bawah wilayah negara atau negara bagian.

Pulau = Sebidang tanah yang lebih kecil dari benua dan lebih besar dari karang, yang dikelilingi air.

Ridges = Pegunungan memanjang di dasar laut dengan ketinggian sempit dan sisi yang curam serta topografi kasar.

Residu = segala sesuatu yang tertinggal, tersisa atau berperan sebagai kontaminan dalam suatu proses kimia tertentu..

Respirasi = Proses mobilisasi energi yang dilakukan jasad hidup melalui pemecahan senyawa untuk digunakan dalam menjalankan fungsi hidup.

Sea Current = Arus laut.

Seamount = Gunung bawah laut yang tersendiri dengan ketinggian mencapai 1000 m atau lebih dari dasar laut dan bagian puncak kecil.

Semidiurnal tide (pasang surut harian ganda) = Pasang surut yang terjadi dimana dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan bentuk gelombang simetris.

Skeleton = Tulang-tulang yang bergabung menjadi satu kasatuan.

Sills = Bagian terendah dari *ridges* yang memisahkan cekungan laut (*basin*) satu dengan lainnya dari dasar laut yang berdekatan.

Sistem Informasi Geografis/Geographic Information System/GIS = Sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial.

Slope = keadaan dimana ada bidang atau permukaan yang tidak rata.

Spasial = data yang memiliki referensi ruang kebumihan (*georeference*) dimana berbagai data atribut terletak dalam berbagai unit ruang.

Stakeholders = Seluruh pihak yang memiliki kepentingan secara langsung atau tidak langsung terhadap kesinambungan perusahaan, termasuk di dalamnya pemegang saham, karyawan, pemerintah, dan masyarakat.

Stenothermal = hewan yang hanya mampu hidup pada suhu lingkungan dalam kisaran yang sempit.

Termoklin = lapisan di kolom air laut, dimana suhu mulai menurun dengan cepat terhadap perubahan kedalaman.

Teroksidasi = proses terjadinya reaksi antara molekul oksigen dengan molekul yang ada dalam suatu benda.

Terumbu karang = sekumpulan hewan karang yang bersimbiosis dengan sejenis tumbuhan alga yang disebut zooxanthellae

Tidal Range = Rentang pasang surut.

Tipologi = Ilmu yang mempelajari tentang pengelompokkan berdasarkan tipe atau jenis.

Toksik = Bahan kimia yang dapat menyebabkan bahaya kesehatan terhadap manusia atau dapat menyebabkan kematian apabila zat tersebut masuk ke dalam tubuh manusia.

Toksisitas = Tingkat merusaknya zat jika dipaparkan terhadap organisme.

Topografi = Studi tentang bentuk dan ketinggian di permukaan bumi.

Trade wind = Angin pasat.

Tukad = Sungai.

Upwelling = Sebuah fenomena di mana air laut yang lebih dingin dan bermassa jenis lebih besar dari dasar laut bergerak ke permukaan akibat pergerakan angin di atasnya.

Vektor = Gambar digital yang berbasiskan persamaan matematis terdiri dari penggabungan koordinat titik menjadi garis atau kurva untuk kemudian menjadi sebuah objek.

Vertikal = Garis yang tegak lurus garis horizontal.

Westerlies wind = Angin barat.

Yodium = Halogen yang reaktivitasnya paling rendah dan paling bersifat elektropositif.

DAFTAR SINGKATAN

ADCP	: <i>Acoustic Doppler Current Profiler</i>
AMDAL	: Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
BAKOSURTANAL	: Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional
BALITBANG	: Badan Penelitian dan Pengembangan
BANDARA	: Bandar Udara
BIG	: Badan Informasi Geospasial
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
BPSPL	: Balai Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Laut
BRSDM	: Badan Riset dan Sumber Daya Manusia
BT	: Bujur Timur
BWS	: Balai Wilayah Sungai
DAS	: Daerah Aliran Sungai
Dishidros	: Dinas Hidro-oseanografi.
Ditjen	: Direktorat Jenderal
DKK	: Dan Kawan-Kawan
DLKp	: Daerah Lingkungan Kepentingan
DLKr	: Daerah Lingkungan Kerja
DO	: <i>Dissolve Oxygen</i>
dt	: Detik
FGD	: Focus Group Discussion
IPB	: Institut Pertanian Bogor
ITB	: Institut Teknologi Bandung
IUCN	: International Union for Conservation of Nature
KEPMEN LH	: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup
KEMEN LHK	: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
KKPD	: Kawasan Konservasi Perairan Daerah
KKP	: Kementerian Kelautan dan Perairan
KP	: Kelautan dan Perikanan
KP3K	: Kelautan, Pesisir, dan Pulau-pulau Kecil
KSPN	: Kawasan Strategis Pariwisata Nasional
LIT	: <i>Line Intersept Transect</i>
LPSDKP	: Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir
LRSDKP	: Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir
LS	: Lintang Selatan
MLS	: <i>Mean Sea Level</i>
NDVI	: <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
No	: Nomor
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration

P	: Pulau
PERDA	: Peraturan Daerah
PERMEN	: Peraturan Menteri
PERPRES	: Peraturan Presiden
pH	: Power of Hidrogen / Derajat keasaman
PP	: Peraturan Pemerintah
P3SDLP	: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir
PT	: Perseroan Terbatas
PU	: Pekerjaan Umum
PUM	: Putusan Menteri
KEMEN PUPR	: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
PUSRISKEKEL	: Pusat Riset Kelautan
RI	: Republik Indonesia
Sarbagita	: Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan
SEKDA	: Sekretaris Daerah
SK	: Surat Keputusan
TCP	: Trichlorophenol
TNI AL	: Tentara Nasional Indonesia, Angkatan Laut
TSS	: <i>Total Suspended Solid</i>
UNUD	: Universitas Udayana
UU	: Undang – Undang
2D	: Dua Dimensi
3D	: Tiga Dimensi

SIMBOL

α	: Sudut yang dibentuk ($^{\circ}$)
A_{K1} dan A_{O1}	: Perbandingan jumlah amplitudo dua komponen diurnal utama
A_{M2} dan A_{S2}	: Jumlah amplitudo dua komponen semi-diurnal utama
BT	: Bujur Timur
CaCO_3	: Kalsium Karbonat
cm	: Centimeter
F	: Bilangan Formzahl
ha	: Hektar
H^+	: Ion Hidrogen
Ind	: Individu
km	: Kilometer
LS	: Lintang Selatan
m	: Meter
m^2	: Meter persegi
mdpl	: Meter di Bawah Permukaan Laut
m/dt	: Meter per-detik
mg/L	: Miligram per-liter
mil	: Mil
mm	: Milimeter
$\text{NH}_3\text{-N}$: Ammonia
NTU	: <i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
$\text{NO}_3\text{-N}$: Nitrat
OH^-	: Hidroksil
$\text{PO}_4\text{-P}$: Fosfat
$S(t)$: Residual yang dipengaruhi beberapa faktor (seperti arus dan badai)
$T(t)$: Variasi dari pasang surut
$X(t)$: Muka air laut yang terukur pada waktu t
v	: Volt
vol	: Volume
w	: Watt
WIB	: Waktu Indonesia Bagian Barat
$Z_0(t)$: Tinggi muka air rata-rata dari suatu datum yang ditentukan
$^{\circ}$: Derajat
'	: Menit
"	: Detik

°C	: Derajat Celcius
‰	: Per-mil
%	: Persen
±	: Lebih Kurang

BAB 1. PENDAHULUAN

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia (UU RI) Nomor 1 Tahun 2014 dan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan (Permen KP) Nomor 34 Tahun 2014, dinyatakan bahwa wilayah Pesisir merupakan daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil adalah suatu pengoordinasian perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, dan pengendalian sumber daya pesisir dan pulau-pulau kecil yang dilakukan oleh Pemerintah dan Pemerintah Daerah, antar sektor, antara ekosistem darat dan laut, serta antara ilmu pengetahuan dan manajemen untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat. Selain itu, juga dijelaskan bahwa Rehabilitasi Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil merupakan proses pemulihan dan perbaikan kondisi Ekosistem atau populasi yang telah rusak walaupun hasilnya berbeda dari kondisi semula. Sedangkan pengertian reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan oleh Setiap Orang dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan sosial ekonomi dengan cara pengurangan, pengeringan lahan atau drainase.

Perairan Teluk Benoa terletak pada bagian Tenggara Pulau Bali, merupakan perairan lintas Kabupaten Badung dan Kota Denpasar. Sebagai salah satu lokasi destinasi pariwisata di Pulau Bali, kawasan Teluk Benoa banyak dikunjungi oleh wisatawan baik lokal maupun mancanegara. Ditambah lagi dengan telah terbangunnya jalan Tol di atas perairan Teluk Benoa yang dapat menghubungkan lokasi ke arah bandara dan beberapa tempat lainnya, menjadikan lokasi tersebut sangat padat akan lalu lintas kendaraan. Selain itu, telah ada beberapa kegiatan reklamasi yang dilakukan pada kawasan Teluk Benoa, serta perencanaan revitalisasi kawasan Teluk Benoa berupa reklamasi yang cukup besar dan tersebar hingga dapat merubah kawasan perairan di dalam teluk secara signifikan.

Terkait kondisi yang terjadi saat ini, beberapa berita menyebutkan bahwa terdapat permasalahan yang muncul terkait dengan lingkungan perairan sekitarnya serta ekosistem yang ada pada kawasan tersebut. Bahkan dikhawatirkan menjadi permasalahan yang sangat serius. Hal ini menjadikan isu tersebut banyak dibicarakan. Dalam kajian yang dilakukan oleh Sudiarta *dkk.* (2013), disebutkan bahwa tingkat sedimentasi sangat tinggi menjadi persoalan utama di perairan Teluk Benoa, dan keberadaan kaki-kaki jalan tol di atas perairan dikhawatirkan semakin memperparah

kondisi di sekitar perairannya yang dapat berdampak buruk terhadap ekosistem dan keanekaragaman hayati yang ada di dalamnya.

Pada Tahun 2015, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan (Balitbang KP), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) mendapatkan mandat dari Menteri KP, untuk melakukan kajian rencana reklamasi kawasan Teluk Benoa (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Teluk Benoa; (a) reklamasi yang sudah ada, (b) rencana revitalisasi/reklamasi

Melihat permasalahan lingkungan yang terjadi saat ini, serta banyaknya pro dan kontra perencanaan revitalisasi di kawasan Teluk Benoa, sebuah kajian menyeluruh untuk meneliti proses fisik, seperti karakteristik pantai, batimetri, arus laut, tinggi gelombang, pasang surut air laut, dan karakteristik sedimentasi di teluk ini perlu dilakukan. Namun dengan terkendalanya kegiatan pengukuran data langsung di lapangan akibat penolakan terhadap segala kegiatan yang akan dilakukan, sehingga kajian yang dilakukan sebatas review dari kajian-kajian yang sudah ada, serta kajian dari data-data sekunder yang diperoleh dari berbagai pihak. Tujuannya adalah untuk mengkaji proses fisik yang terjadi di pesisir pantai dan perairan sekitar Teluk Benoa, serta kondisi ekosistem yang terdapat di wilayah ini.

BAB 2. KONDISI BENTANGAN ALAM

2.1. LETAK GEOGRAFIS

Secara administrasi, kawasan Teluk Benoa terletak pada perairan lintas Kabupaten/Kota antara Kota Denpasar dan Kabupaten Badung, dengan koordinat kawasan 08°35'31" – 08°44'49" LS dan 115°10'23' – 115°16'27" BT. Kawasan Teluk Benoa termasuk ke dalam 3 (tiga) kecamatan yaitu Kecamatan Denpasar Selatan, Kecamatan dan Kecamatan Kuta Selatan, 12 Desa/Kelurahan, masing-masing 6 (enam) desa/kelurahan di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung.

Desa Benoa yang terletak di Kecamatan Kuta Selatan merupakan desa terluas, sedangkan Sanur Kauh yang terletak di Kecamatan Denpasar Selatan merupakan desa tersempit, untuk lebih jelasnya, peta dan luas dari desa/kelurahan di kawasan Teluk Benoa dapat di lihat pada **Tabel 1** dan **Gambar 2**.

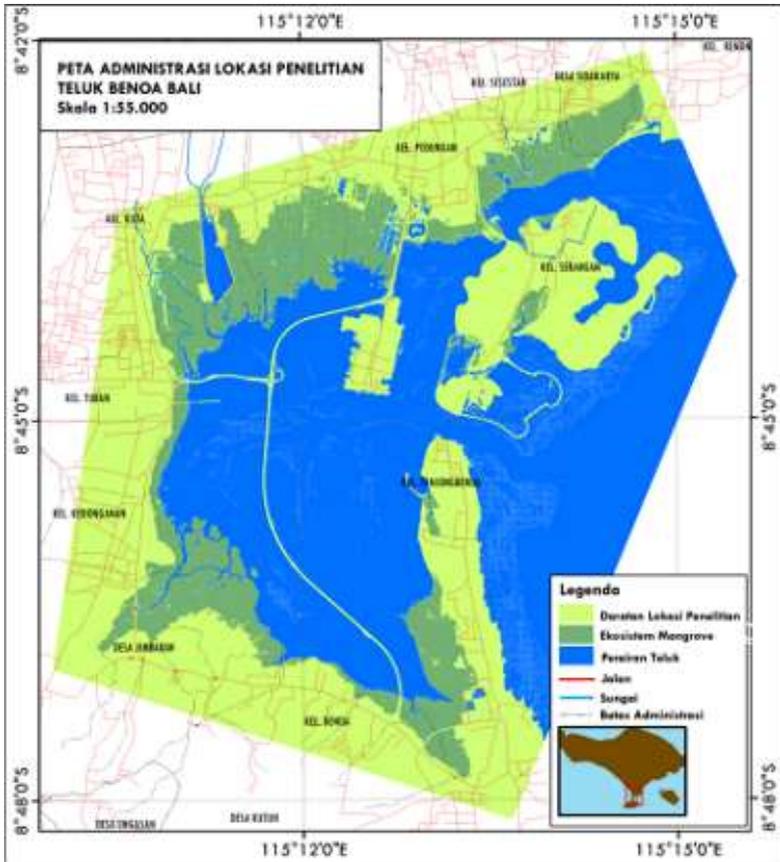
Tabel 1. Desa/Kelurahan di kawasan Teluk Benoa

Desa/Kelurahan	Kecamatan	Luas (ha)
Kota Denpasar		
Sanur Kauh		386
Sidakarya		389
Sesetan	Denpasar Selatan	739
Pedungan		749
Pemongan		917
Serangan		418
Kabupaten Badung		
Tanjung Benoa		239
Benoa	Kuta Selatan	2.828
Jimbaran		2.03
Kedonganan		191
Tuban	Kuta	268
Kuta		782

Sumber: Sudiarta *dkk.* (2013); DKP Provinsi Bali (2013)

Ditinjau dari aspek geo-ekonomi, kawasan Teluk Benoa berada pada posisi sangat strategis, yakni pada episentrum segitiga

perekonomian Bali, meliputi kawasan Sanur–Kuta–Nusa Dua sebagai kawasan pariwisata yang sudah berkembang dan maju sebagai pusat pertumbuhan ekonomi berbasis pariwisata, perdagangan dan jasa. Infrastruktur pendukung juga dapat dikatakan paripurna karena mencakup infrastuktur yang sudah lengkap di darat, laut, dan udara yakni mencakup jaringan jalan arteri primer dan tol, pelabuhan laut internasional, dan Bandara Internasional Ngurah Rai.



Sumber: Pengolahan Data (2016)

Gambar 2. Peta lokasi penelitian (cropping area citra Spot – 6)

2.2. GEOLOGI

Kawasan Teluk Benao dan sekitarnya terdiri dari 3 (tiga) struktur geologi, yaitu: 1) Batuan gunung api kelompok Buyan - Beratan

Serangan di sebelah timur. Bentuk teluk tersebut relatif datar dan sangat dangkal, sehingga sebagian besar dasar laut terekspose pada waktu air surut rendah. Sejumlah saluran bercabang mengalirkan air teluk. Kedalamannya beragam dari 1 m di dekat pinggir teluk sampai 15 m di mulut teluk dekat Tanjung Benoa.

Komponen supratidal adalah Pulau Serangan yang merupakan rangkaian endapan pasir dan sedimen hasil reklamasi dan Tanjung Benoa yang merupakan tanjung berpasir, kedua tempat itu datar dan rendah. Satu pelabuhan berupa jalan lintas atas rawa dibangun di tengah teluk dengan akses dari pantai utara di Pesanggaran. Jalan tol di atas perairan dengan konstruksi pancang dibangun melintasi teluk dengan akses Pesanggaran (Denpasar), Tuban (Bandara Ngurah Rai), dan Mumbul (Dusa Dua) (Sudiarta *dkk.*, 2013).

2.3. GEOMORFOLOGI

Geomorfologi atau "bentuk lahan" merupakan suatu studi yang mempelajari asal terbentuknya topografi sebagai akibat dari pengikisan (erosi) sebagai elemen utama, serta terbentuknya material hasil erosi. Melalui pendekatan geomorfologi dipelajari cara-cara terjadinya klasifikasi relief bumi. Relief bumi adalah bentuk ketidakteraturan secara vertikal (baik dalam ukuran ataupun letak) pada permukaan bumi, yang terbentuk oleh pergerakan pada kerak bumi (Verstappen, 2014). Berdasarkan geomorfologinya, kawasan Teluk Benoa dan sekitarnya secara umum dapat dibagi menjadi:

- 1) Pantai bagian barat: Proses morfologi yang terjadi di pantai barat teluk berupa proses akresi yaitu tempat terjadinya sedimentasi oleh aktivitas laut. Bagian ini merupakan daerah dekomposisi material angkutan pasang air laut.
- 2) Pantai bagian selatan: Proses morfologi yang terjadi di pantai selatan berupa proses sedimentasi dari material yang berasal dari bukit selatan yang selanjutnya material tersebut tersebar sesuai proses marine dan terkonsentrasi di bagian barat (Jimbaran) dan timur (Nusa Dua).
- 3) Pantai bagian timur: Proses morfologi yang terjadi di pantai timur (Tanjung Benoa) adalah proses sedimentasi (akresi), namun adanya Pulau Pudent, material sedimen diendapkan pada area yang luas dan tidak terkonsentrasi.

- 4) Pantai bagian utara: Proses morfologi bagian pantai ini terbentuk oleh proses *fluvio marine*, yaitu proses yang terjadi karena ada dua tenaga (*agent*) yaitu dari sungai (*fluvial*) dan dari laut (*marine*), sehingga proses geomorfologi yang berupa sedimentasi sangat dikontrol oleh pasang surut. Proses sedimentasi di pantai utara menjadi lebih intensif dengan dibangunnya jalan ke pelabuhan Benoa dimana sedimen yang berasal dari dua sungai besar di sebelah jalan yaitu Tukad Badung dan Tukad Mati terhalang transportasinya seiring dengan pasang surut ke arah timur (menuju mulut teluk). Sedimentasi di sebelah barat jalan pelabuhan tersebut tidak menguntungkan bagi beberapa jenis mangrove, khususnya jenis berakar nafas seperti *Sonneratia* (Noor dkk., 2006). Di sebelah timur, jalan pelabuhan sampai sebelah utara pulau Serangan juga mengalami proses sedimentasi yang intensif, terlebih dengan adanya perubahan garis pantai di Pulau Serangan paska reklamasi telah meningkatkan laju sedimentasi pasir di sekitar muara Tukad Loloan, sehingga membentuk semacam delta.

Berdasarkan kondisi bentangan alamnya, kawasan Teluk Benoa dan sekitarnya dapat dibagi menjadi beberapa bentuk lahan sesuai dengan satuan genesis dan proses yang terjadi, yaitu :

- a. Daratan Pulau Bali: dibentuk dominan oleh aktivitas *vulkanisme*. Beberapa pantai merupakan pantai sekunder yang dibentuk oleh material sedimen. Pantai Tanjung Benoa, Kuta dan Sanur merupakan pantai akresi dari daratan Bali. Material sedimen selanjutnya membentuk pantai yang relatif datar – landai dengan material yang berasal dari batuan vulkanik. Material ini memungkinkan mangrove berkembang dengan baik.
- b. Bukit (*Travelhuk*): terletak di bagian "kaki" Pulau Bali yang terbentuk oleh aktivitas kontrol struktur geologi dengan material batuan gamping. Adanya aktivitas geologi angkatan menyebabkan pantai yang terbentuk berupa pantai yang terjal. Pantai Teluk Benoa bagian selatan berada pada kaki perbukitan gamping. Proses selanjutnya berupa sedimentasi material gamping yang halus (liat) membentuk pantai, namun di beberapa tempat pantai menunjukkan adanya batuan induk hasil proses angkatan.
- c. Leher Kuta (*Isthmus*): yang menghubungkan bukit dengan daratan pulau Bali. Bagian barat merupakan pantai berpasir putih sedangkan bagian timur merupakan pantai berlumpur bervegetasi mangrove. Bentuklahan Leher Kuta terbentuk oleh proses aktivitas marine karena adanya *fringing reef* (hamparan terumbu karang

tepi) dan *barrier* (penghalang). Pantai Tanjung Benoa di sebelah barat merupakan kesatuan Leher Kuta namun proses pantai yang dominan berupa sedimen yang berasal dari aktivitas laut baik dari material daratan Pulau Bali, bukit, maupun dari Teluk Benoa.

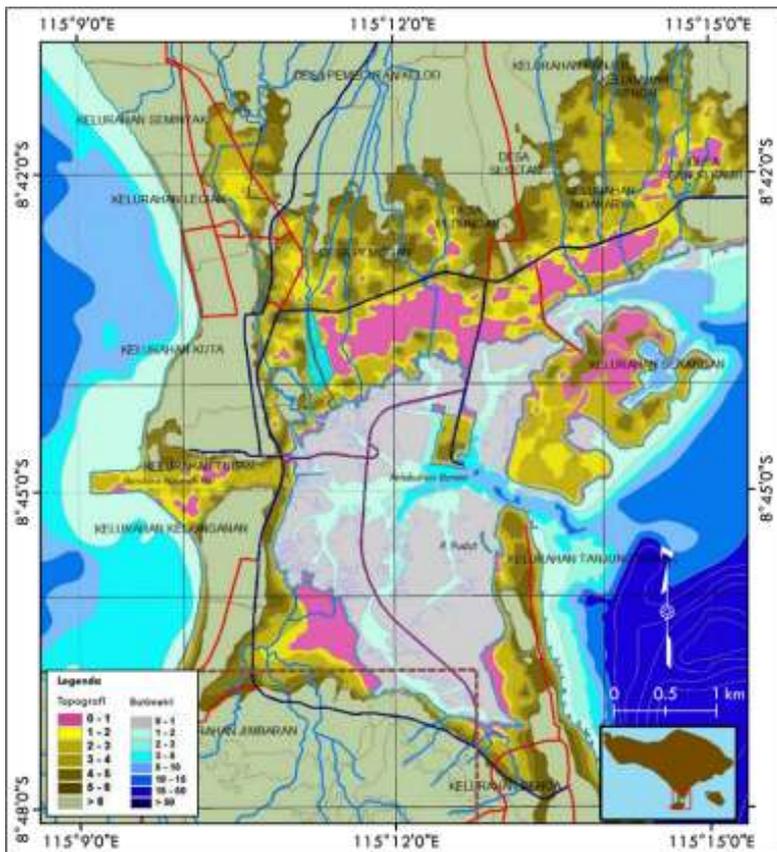
- d. Tanjung Benoa (*Peninsula*): merupakan pembatas teluk dari laut. Tanjung yang dibentuk oleh aktivitas *marine* didahului oleh proses angkatan struktur geologi pantai yang membentuk teluk Benoa adalah merupakan pantai akresi dari material sedimen yang berasal dari bukit dan sedimen marine hasil dinamika hidro-oseanografi teluk. Pada pantai ini terdapat material sisa aktivitas struktur geologi yang berupa pulau kecil (Pulau Pudut). Tempat konsentrasi material sedimen untuk tumbuhnya mangrove adalah di sebelah selatan Tanjung Benoa, sedangkan pada bagian utara dengan adanya *out crop* batuan tidak memungkinkan berkembangnya mangrove dengan baik.
- e. Pulau Serangan: (sebelum reklamasi) terbentuk oleh aktivitas marine dengan litologi pasir dan endapan laut. Pulau Serangan di bagian utara dipisahkan dengan daratan Pulau Bali oleh dataran pasang surut (*tidal flats*) dan dikelilingi juga oleh daratan pasang surut. Keberadaan Pulau Serangan merupakan kontrol atau kunci dinamika hidro-oseanografi Teluk Benoa. Bagian barat Pulau Serangan didominasi oleh proses sedimentasi sedangkan bagian timurnya berupa hamparan karang (*fringing reef*).



Sumber: travelnatic.com

Gambar 4. Bentangan alam kawasan Teluk Benoa Bali

Fisiografi kawasan Teluk Benoa dibagi menjadi 2 (dua) unit topografi yaitu dataran rendah dan landai di sisi barat dan utara (Kuta dan Denpasar Selatan), dan daerah bergelombang dan berbukit di sisi selatan (Kecamatan Kuta selatan). Wilayah bagian utara (Denpasar Selatan) mempunyai ketinggian 0 – 12 mdpl. Daerah dengan ketinggian 0 – 5 m berjarak 2 – 3 km dari garis pantai. Ketinggian wilayah bagian barat (Kuta) 0 – 23 mdpl, dataran rendah 0 – 5 mdpl berada pada daerah sekitar tukad Mati dan Bandara Ngurah Rai. Sedangkan bagi selatan (Kuta Selatan) memiliki dataran rendah yang sempit dengan ketinggian 0 – 5 mdpl hanya terbatas di daerah Mumbul, Cekik, Terora, dan Tanjung Benoa (Sudiarta *dkk.*, 2013).



Sumber: Sudiarta *dkk.* (2013)

Gambar 5. Peta fisiografis kawasan Teluk Benoa Bali

2.4. DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)

Sungai didefinisikan sebagai wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari awal mata air sampai di muara yang dibatasi pada sisi kanan dan kiri pengalirannya oleh garis sempadan (Maryono, 2014; PP RI No. 35 Tahun 1991). Namun peraturan tersebut dicabut dengan keluarnya PP No. 38 Tahun 2011, definisi sungai dalam peraturan yang baru ini adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta material di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Dalam UU No. 7 Tahun 2004 dan juga PP No. 38 Tahun 2011, disebutkan bahwa wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km². Sedangkan daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Sungai secara umum dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, berdasarkan pada lebarnya, kedalamannya, kecepatan aliran air, debit, dan luas DAS (Maryono, 2008). Berdasarkan lebar sungai, Kern (1994) dalam Maryono (2008) mengklasifikasikan sungai sebagai berikut (**Tabel 2**):

Tabel 2. Klasifikasi sungai berdasarkan lebarnya

Klasifikasi sungai	Nama	Lebar sungai
Sungai kecil	Kali kecil dari suatu mata air Kali kecil	< 1 m 1 – 10 m
Sungai menengah	Sungai kecil Sungai menengah Sungai	10 – 20 m 20 – 40 m 40 – 80 m
Sungai besar	Sungai besar Bengawan	80 – 220 m > 220 m

Sumber: Kern (1994)

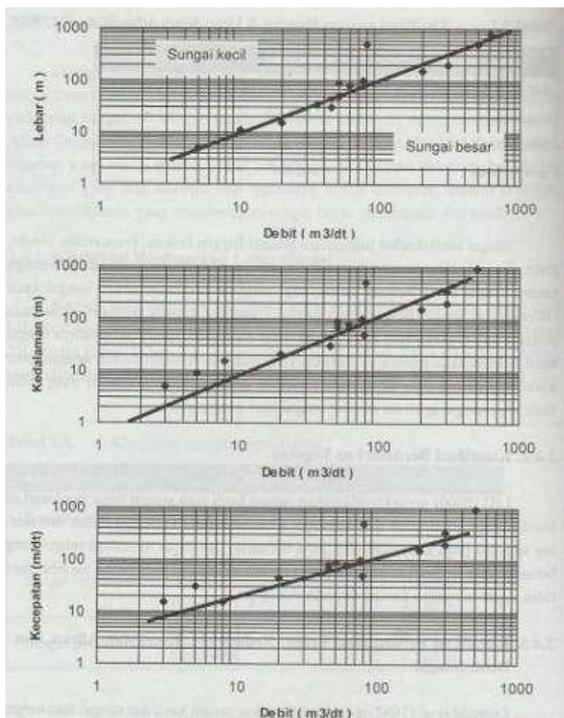
Heinrich & Hergt dalam Atlas Okologie (1999) dalam Maryono (2008), mengklasifikasikan sungai berdasarkan lebarnya dan luas DAS, sebagai berikut (**Tabel 3**).

Tabel 3. Klasifikasi sungai berdasarkan lebar dan luas DAS

Nama	Luas DAS	Lebar Sungai
Kali kecil dari suatu mata air	0 – 2 km ²	0 – 1 m
Kali kecil	2 – 50 km ²	1 – 3 m
Sungai kecil	50 – 300 km ²	3 – 10 m
Sungai besar	> 300 km ²	> 10 m

Sumber: Atlas Okologie (1999) dalam Maryono (2008)

Leopold *dkk.* (1964) dalam Maryono (2008), mengklasifikasikan sungai kecil dan sungai besar berdasarkan lebar sungai, tinggi sungai, kecepatan aliran sungai, dan debit sungai (**Gambar 6**).



Sumber: Leopold *dkk.* (1964) dalam Maryono (2008)

Gambar 6. Karakteristik sungai kecil dan besar

Untuk penggunaan di Indonesia sendiri, klasifikasi sungai menurut Leopold *dkk.* (1964) tersebut sangat cocok digunakan, dan lebih detail berdasarkan klasifikasi Kern Tahun 1994 (Maryono, 2008).

Kawasan perairan Teluk Benoa merupakan ekosistem pesisir yang unik, karena merupakan ekosistem estuarial dangkal, dimana sejumlah sungai bermuara di perairan teluk. Kondisi estuarial ini menciptakan tipologi habitat yang berbeda perairan pantai dangkal lainnya, dimana dikawasan perairan Teluk Benoa hidup sejumlah komunitas strategis, khususnya mangrove, lamun, makrozoobenthos dan komponen infauna dengan kelimpahan dan keragaman yang tinggi. Ekosistem kawasan perairan Teluk Benoa merupakan kawasan strategis karena secara ekologis berfungsi sebagai tempat mencari makanan dan daerah asuhan bagi beberapa komoditi penting perikanan (udang, kepiting, dan ikan). Perairan Teluk Benoa dapat diibaratkan sebagai *reservoir* atau tampungan banjir aliran permukaan daerah sekitarnya. Berdasarkan Peta DAS Unda Anyar, Teluk Benoa merupakan daerah tangkapan air dari 5 sub-DAS yaitu (Sudiarta *dkk.*, 2013):

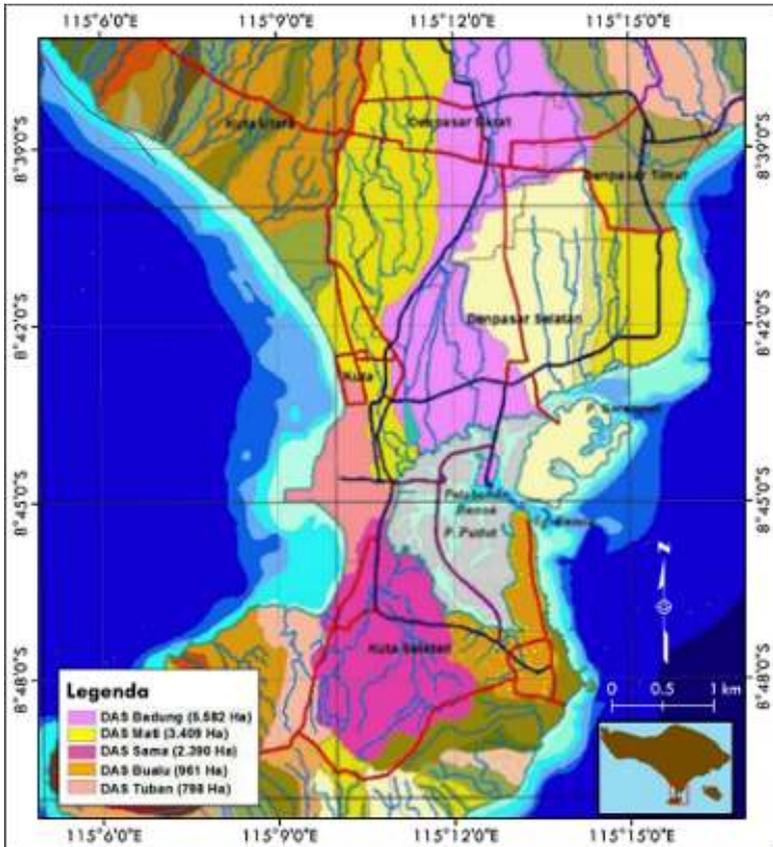
1. DAS Badung. Sungai utama di DAS ini adalah Sungai/Tukad Badung, mempunyai panjang 17 km dan luas daerah aliran sungai (DAS) 55,82 ha, volume air $24,236 \times 10^6 \text{ m}^3$ dan aliran minimum di muara 50 liter/detik. Sungai ini di bagian muara telah dibangun dam (*estuary dam*) seluas 40 ha. DAS Badung meliputi daerah hulu di desa Penarungan Kabupaten Badung sampai hilir di Pemogan, Pedungan dan Kuta.
2. DAS Mati. Luas DAS Mati adalah 3409 ha, meliputi Kota Denpasar dan Kabupaten Badung, hulunya berada di Kelurahan Sempidi dan hilirnya di Kuta. Sungai utama di DAS ini yaitu Sungai/Tukad Mati dengan panjang 12 km. Volume airnya mencapai $28,481 \times 10^6 \text{ m}^3$ dan aliran minimum di muara 103 liter/detik (Dinas PU Provinsi Bali, 2000).
3. DAS Tuban. Luas DAS ini yaitu 798 ha, meliputi wilayah kelurahan Kuta, Tuban dan Kedongan. Tidak terdapat sungai permanen di DAS ini.
4. DAS Sama. Sungai utama di DAS ini yaitu Tukad Sama, merupakan sungai *intermiten* yang mengalir dari daerah perbukitan di Kelurahan Jimbaran, Benoa, Ungasan dan Kutuh dengan luas DAS 2390 ha. Sungai ini hanya mengalirkan air pada saat hari hujan. Sungai-sungai *intermiten* di DAS ini memberi

kontribusi besar bagi transportasi sedimen liat yang berasal dari daerah perbukitan masuk ke dalam teluk.

5. DAS Bualu. Sungai utama di DAS ini yaitu Tukad Bualu, merupakan sungai *intermiten* yang mengalir di daerah Kelurahan Benoa. DAS ini meliputi Kelurahan Benoa dan Tanjung Benoa dengan luas DAS 961 ha.

Selain sungai-sungai yang bermuara langsung di dalam teluk, terdapat lagi beberapa sungai yang mempengaruhi kawasan perairan Teluk Benoa sisi luar bagian utara yang merupakan sungai yang berasal dari alur rawa. Sungai-sungai yang berasal dari alur rawa di bagian utara teluk pada musim kemarau alirannya lebih dominan sebagai aliran pasang surut air laut. Sungai-sungai tersebut diantaranya:

1. Tukad Loloan dengan panjang 3,75 km, mengalir sekitar Belanjong Sanur atau Suwung Kangin, bermuara di pantai perbatasan antara Sanur Kauh dan Sidakarya.
2. Tukad Ngenjung dengan panjang 2,15 km, mengalir di sebelah barat Tukad Loloan di Suwung Kangin (yaitu kompleks Kerta Petasikan) dan bermuara di pantai selatan.
3. Tukad Punggawa dengan panjang 6,55 km, mengalir sekitar Suwung Kangin (antara Kerta Petasikan dengan Sidakarya) dan bermuara di pantai perbatasan antara Sidakarya dan Sesetan.
4. Tukad Buaji, mengalir di daerah perbatasan antara Sidakarya dan Sesetan dan bermuara di Tukad Punggawa sekitar Jalan By Pass Ngurah Rai.



Sumber: Sudiarta dkk. (2013)

Gambar 7. Peta DAS kawasan Teluk Benoa Bali

BAB 3. REKLAMASI

3.1. DEFINISI REKLAMASI

Pengertian reklamasi berasal dari kosa kata dalam Bahasa Inggris, *to reclaim* yang artinya memperbaiki sesuatu yang rusak. Secara spesifik dalam kamus bahasa Inggris - Indonesia terbitan PT. Gramedia, disebutkan arti *reclaim* sebagai "menjadikan tanah" (*from the sea*). Masih dalam kamus yang sama, arti kata *reclamation* diterjemahkan sebagai pekerjaan memperoleh tanah. Para ahli belum banyak yang mendefinisikan atau memberikan pengertian mengenai reklamasi pantai. Kegiatan reklamasi pantai merupakan upaya teknologi yang dilakukan manusia untuk merubah suatu lingkungan alam menjadi lingkungan buatan, suatu tipologi ekosistem estuaria, mangrove, dan terumbu karang menjadi suatu bentang alam daratan (Maskur, 2008).

Dalam Peraturan Presiden (PERPRES) RI NO. 122 Tahun 2012, dijelaskan bahwa reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan oleh orang dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan sosial ekonomi dengan cara pengurugan, pengeringan lahan atau drainase. Pengerukan merupakan kegiatan penggalian atau pengambilan tanah dan batuan dasar baik di daratan maupun di bawah air. Pengurugan adalah kegiatan penimbunan tanah dan/atau batuan di atas permukaan tanah dan/atau batuan. Pengeringan lahan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengubah perairan dan/atau daratan menjadi lahan kering dengan cara pemompaan dan/atau dengan drainase. Drainase merupakan metode pengaliran air permukaan atau air tanah agar perairan berubah menjadi lahan. Ruang lingkup PERPRES ini meliputi perencanaan dan pelaksanaan reklamasi wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. PERPRES ini dikecualikan bagi reklamasi di: a. Daerah Lingkungan Kerja (DLKr) dan Daerah Lingkungan Kepentingan (DLKp) pelabuhan utama dan pelabuhan pengumpul serta di wilayah perairan terminal khusus; b. lokasi pertambangan, minyak, gas bumi, dan panas bumi; dan c. kawasan hutan dalam rangka pemulihan dan/atau perbaikan hutan. Reklamasi tidak dapat dilakukan pada kawasan konservasi dan alur laut.

3.2. TUJUAN DAN METODE DALAM REKLAMASI

Tujuan reklamasi yaitu untuk memperbaiki daerah atau areal yang tidak terpakai atau tidak berguna menjadi daerah yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan manusia, antara lain untuk lahan pertanian, perumahan, tempat rekreasi dan industri. Menurut Wagiu (2011), tujuan dari program reklamasi yaitu:

1. Untuk mendapatkan kembali tanah yang hilang akibat gelombang laut.
2. Untuk memperoleh tanah baru di kawasan depan garis pantai untuk mendirikan bangunan yang akan difungsikan sebagai benteng perlindungan garis pantai.
3. Untuk alasan ekonomis, pembangunan atau untuk mendirikan konstruksi bangunan dalam skala yang lebih besar.

Secara umum bentuk reklamasi ada dua, yaitu reklamasi menempel pantai dan reklamasi lahan terpisah dari pantai daratan induk. Cara pelaksanaan reklamasi sangat tergantung dari sistem yang digunakan. Menurut Buku Pedoman Reklamasi di Wilayah Pesisir (2005) dibedakan atas 4 sistem, yaitu :

1. Sistem Drainase: Reklamasi sistem ini dipakai untuk wilayah pesisir yang datar dan relatif rendah dari wilayah di sekitarnya tetapi elevasi muka tanahnya masih lebih tinggi dari elevasi muka air laut.
2. Sistem Timbunan: Reklamasi dilakukan dengan cara menimbun perairan pantai sampai muka lahan berada di atas muka air laut tinggi (*high water level*) yang aman.
3. Sistem Polder: Reklamasi dilakukan dengan cara mengeringkan perairan yang akan direklamasi dengan memompa air yang berada didalam tanggul kedap air untuk dibuang keluar dari daerah lahan reklamasi.
4. Sistem Kombinasi antara Polder dan Timbunan: Reklamasi ini merupakan gabungan sistem polder dan sistem timbunan, yaitu setelah lahan diperoleh dengan metode pemompaan, lalu lahan tersebut ditimbun sampai ketinggian tertentu sehingga perbedaan elevasi antara lahan reklamasi dan muka air laut cukup aman.

3.3. PERATURAN TENTANG REKLAMASI

Pembangunan reklamasi di Indonesia harus mengacu pada pedoman dan Undang-undang yang mengatur tentang reklamasi pantai, antara lain:

1. PERMEN PU No. 4 Tahun 2007 Tentang Pedoman Perencanaan Tata Ruang Kawasan Reklamasi Pantai.
2. UU No. 32 Tahun 2004 Tentang Pemerintahan Daerah Yang Memberi Wewenang Kepada Daerah Untuk Mengelola Wilayah Laut Dengan Memanfaatkan Sumberdaya Alam Secara Optimal.
3. UU No 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
4. UU No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang Yang Merupakan *Guide Line* Bagi Daerah Untuk Mengatur, Mengendalikan Dan Menata Wilayahnya Dalam Satu-Kesatuan Matra Ekosistem,
5. UU No. 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil Yang Mengamanatkan Wilayah Pesisir Diatur Secara Komprehensif Mulai Dari Perencanaan, Pengelolaan, Pengawasan Dan Pengendalian.
6. UU No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana Yang Mengatur Tentang Perlindungan Terhadap Aset Baik Berupa Jiwa.

Terkait kawasan Teluk Benoa yang merupakan salah satu daerah di Provinsi Bali, terdapat pedoman berupa Peraturan Presiden No. 51 Tahun 2014. Menurut UU No.51 Tahun 2014 tentang "Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan (Sarbagita)", salah satu poin terpenting dari aturan tersebut adalah mengubah peruntukkan perairan Teluk Benoa dari kawasan konservasi perairan menjadi zona budi daya yang dapat direklamasi maksimal seluas 700 ha. Aturan tersebut juga mengubah kawasan konservasi pulau kecil dari seluruh Pulau Serangan dan Pulau Pudut, menjadi sebagian Pulau Serangan dan Pulau Pudut. Aturan tersebut juga menghapus besaran luas taman Hutan Raya Ngurah Rai sebagai kawasan pelestarian alam. PERPRES No. 51 Tahun 2014 merupakan perubahan atas PERPRES No. 45 Tahun 2011, yang berisi tentang tata ruang kawasan perkotaan Sarbagita. Dimana pasal 55, 56, 63^a, 81, 101^a, 120^a, dan pasal 122 mengalami perubahan. PERPRES No. 51 Tahun 2014 menyebutkan perubahan sebagian status zona kawasan pesisir dan pulau-pulau kecil di kawasan Teluk Benoa, serta arahan umum pemanfaatan ruang kawasan tersebut. Karena adanya perkembangan kebijakan strategis nasional dan dinamika internal di kawaan perkotaan

Sarbagita. Khususnya terkait pemanfaatan ruang di kawasan Teluk Benoa, sehingga diperlukan revitalisasi kawasan yang sesuai dengan perkembangan potensi alam, wisata, lingkungan, dan masyarakat di Bali secara khusus dan umum. Kawasan Teluk Benoa dinilai tidak memenuhi kriteria sebagai kawasan konservasi perairan karena terdapat perubahan fisik, seperti adanya jalan tol, jaringan pipa migas, dan pelabuhan Internasional Benoa. Pertimbangan lain adalah karena terjadinya pendangkalan sehingga menjadikan Teluk Benoa tidak tepat untuk menjadi kawasan konservasi. Sehingga dengan adanya reklamasi kawasan Teluk Benoa dinilai dapat dikembangkan sebagai kawasan pengembangan kegiatan ekonomi serta sosial budaya dan agama. Tentu saja pemerintah menyatakan akan tetap memperhatikan kelestarian fungsi Taman Hutan Raya Ngurah Rai dan ekosistem di sekitarnya.

Selain itu, terdapat Peraturan Daerah (PERDA) Provinsi Bali No. 16 Tahun 2009, yang membahas tentang rencana tata ruang wilayah provinsi Bali dari tahun 2009-2029. Di dalam PERDA ini dijelaskan berbagai macam ketentuan yang ditetapkan oleh pemerintah Provinsi Bali berdasarkan berbagai aspirasi yang ditampung dalam merencanakan tata ruang di Bali. Di dalam pasal 11 ayat (1) PERDA Provinsi Bali No. 16 Tahun 2009 disebutkan bahwa kebijakan pengembangan kawasan lindung mencakup: 1) Pemeliharaan dan perwujudan kelestarian fungsi lingkungan hidup; 2) pencegahan dampak negatif kegiatan manusia yang dapat menimbulkan kerusakan lingkungan hidup; 3) pemulihan dan penanggulangan kerusakan lingkungan hidup; dan 4) mitigasi dan adaptasi kawasan rawan bencana. Dari ayat tersebut sudah jelas bahwa Provinsi Bali memiliki kawasan yang ditetapkan sebagai kawasan lindung yang harus terus dijaga dan dilestarikan, salah satunya Teluk Benoa. Adanya reklamasi bisa membuat usaha untuk pelestarian kawasan lindung tersebut menjadi gagal. Memang pemerintah menjelaskan bahwa kawasan perairan di Teluk Benoa sudah tidak layak untuk menjadi lahan konservasi, tetapi dengan dilaksanakannya reklamasi teluk Benoa akan membuat berbagai ekosistem perairan yang hidup di sana menjadi rusak.

Dalam ayat (3) masih dalam pasal 11, juga disebutkan berbagai strategi pencegahan dampak negatif kegiatan manusia yang dapat menimbulkan kerusakan kawasan lindung, yaitu: 1) menyelenggarakan upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup; 2) melindungi kemampuan lingkungan hidup dari tekanan perubahan dan

dampak negatif yang ditimbulkan oleh suatu kegiatan agar tetap mampu mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya; 3) melindungi kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan komponen lain yang dibuang ke dalamnya; dan 4) mencegah terjadinya tindakan yang dapat secara langsung atau tidak langsung menimbulkan perubahan sifat fisik lingkungan hidup yang tidak berfungsi dalam menunjang pembangunan yang berkelanjutan; 5) mengendalikan pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana untuk menjamin kepentingan generasi masa kini dan generasi masa depan; 6) mengelola sumber daya alam tak terbarukan untuk menjamin pemanfaatannya secara bijaksana dan sumber daya alam yang terbarukan untuk menjamin kesinambungan ketersediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai serta keanekaragamannya; 7) mengembangkan kegiatan budidaya yang mempunyai daya adaptasi bencana di kawasan rawan bencana; 8) menyelesaikan kegiatan budidaya yang terdapat di dalam kawasan lindung melalui konversi atau rehabilitasi lahan, pembatasan kegiatan, serta pemindahan kegiatan permukiman penduduk atau kegiatan budidaya terbangun yang mengganggu secara bertahap ke luar kawasan lindung; dan 9) menyediakan informasi yang bersifat terbuka kepada masyarakat mengenai batas-batas kawasan lindung, kawasan budidaya, serta syarat-syarat pelaksanaan kegiatan budidaya dalam kawasan lindung.

Dalam poin "4", dapat ditarik garis besar bahwa Provinsi Bali juga memiliki peraturan untuk mencegah terjadinya perubahan fisik lingkungan hidup yang tidak berfungsi dalam menunjang pembangunan berkelanjutan. Biaya konservasinya yang relatif besar, ditambah lagi apabila kawasan tersebut tidak memiliki potensi atau memiliki potensi tetapi tidak dimanfaatkan secara maksimal, maka akan menjadi sumber masalah dari pembangunan di wilayah tersebut. Berkaitan dengan pembangunan yang berkelanjutan, reklamasi sangat mungkin akan menyebabkan kerusakan kehidupan di bawah perairan laut, sehingga dapat menjadikan kawasan reklamasi tersebut semakin tidak layak untuk menjadi kawasan konservasi perairan laut. Dapat terlihat, bahwa reklamasi sendiri sebenarnya tidak sesuai dengan apa yang tercantum dalam PERDA provinsi Bali No. 16 tahun 2009 tersebut.

3.4. DAMPAK SOSIAL BUDAYA

Sangat besarnya penolakan dari masyarakat setempat terhadap rencana reklamasi kawasan Teluk Benoa merupakan salah satu aspek penting pengkajian dalam pengambilan keputusan apakah reklamasi tersebut sudah sesuai dan tepat untuk dilakukan. Dalam hal ini, hanya dibahas sekilas beberapa pendekatan untuk melihat aspek dampak sosial dan budaya terkait rencana reklamasi tersebut. Ditambah dengan kondisi saat tim survei kajian Teluk Benoa tidak diperkenankan untuk melakukan pengambilan data oleh perwakilan desa adat setempat. Hal ini merupakan salah satu alasan perlu pertimbangan yang kuat akan kajian tersebut. Selain itu, juga sudah dikeluarkannya fatwa berdasarkan keputusan *Pesamuhan Sabha Pandita Parisada Hindu Dharma Indonesia* tentang Rekomendasi Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Besakih dan Kawasan Teluk Benoa. Dalam keputusan dan fatwa tersebut, dijelaskan bahwa Teluk Benoa yang merupakan salah satu kawasan di Pulau Bali merupakan wilayah yang di dalamnya terdapat beberapa kawasan suci. Rekomendasi yang dihasilkan dalam kajian fatwa tersebut, salah satunya menyatakan *Pesamuhan Sabha Pandita Parisada Hindu Dharma Indonesia Pusat* menegaskan bahwa di wilayah Teluk Benoa ada beberapa Kawasan Suci di dalamnya yang harus dijaga, ditata dilestarikan kesuciannya oleh semua pihak tidak terkecuali, sesuai dengan Bhisama PHDI Pusat Nomor 11/Kep/I/PHDIP/1994 tentang Bhisama Kesucian Pura dan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia.

3.4.1. SISTEM KEPERCAYAAN, TATA NILAI DAN SIKAP MASYARAKAT

Berdasarkan kajian (LPPM Unud, 2013; Suantika, 2013) dapat diketahui bahwa sistem kepercayaan di wilayah studi secara tegas menganut ajaran-ajaran agama Hindu. Sistem kepercayaan yang dianut adalah *Panca Sradha* yang terdiri dari *Brahman* (percaya adanya Tuhan Yang Maha Esa); *Atman* (percaya akan adanya atman); *Kamaphala* (percaya akan adanya karma atau buah dari perbuatan); *Samsara* (percaya akan adanya reinkarnasi); dan *Moksa* (percaya terhadap adanya penyatuan kembali dengan sumbernya, yaitu Tuhan dengan alam semesta). Struktur tata ruang tradisional yang dimiliki masyarakat desa/kelurahan di wilayah studi tidak berbeda dengan masyarakat Bali lainnya yang membedakan kawasan yang bernilai *utama* di hulu, *madya*

di tengah, dan *nista* di hilir atau disebut dengan istilah *teben*. Susunan ini berpola Tri Mandala yang didasari konsep Tri Hita Karana.

Norma-norma yang berlaku di semua desa/kelurahan di wilayah studi berupa norma-norma adat telah tertulis dalam bentuk peraturan desa pekraman dalam bentuk *awig-awig* dengan *perarem*, maupun yang tidak tertulis, masih secara kuat mengikat tingkah laku dan perbuatan masyarakat. Norma-norma yang dimiliki yang bersumber pada agama Hindu sangat berperan dalam menjaga segala pikiran, perkataan dan perbuatan manusia (LPPM Unud, 2013 *dalam* Suantika, 2013).

Masyarakat Bali pada umumnya menganggap makro kosmos (alam semesta) sebagai sumber kehidupan dan lingkungan hidup yang sesuai dan serasi dengan manusia sebagai penghuninya. Karena itu, masyarakat di dalam membangun lingkungan hidup bukannya berusaha agar sejalan dengan makro kosmos. Karena makro kosmos tidak terbatas baik dimensi maupun bentuknya, nampaknya sulit untuk diterima, karena itu dicari pendekatan lain yaitu adanya perbandingan antara macro kosmos dengan mikro kosmos. Kedua hal ini diyakini memiliki kesepadanan nilai dan kesamaan susunan unsur, hanya skalanya berbeda. Keduanya memiliki 3 susunan unsur yaitu, unsur zat penghidup (*sukma*) yang disebut *atma* pada diri manusia; unsur tenaga dalam diri manusia yang disebut *prana* dan unsur fisik (badan kasar) atau jasad yang disebut *angga sarira*. Unsur fisik ini sepadan dan sama-sama dapat dibagi tiga, yang disebut dengan *Tri Angga* yang terdiri dari kepala, badan dan anggota (kaki) untuk mikro kosmos dan *Tri Loka* (*Bhur, Bwah, Swah*). Untuk makro kosmos, masing-masing bernilai *utama, madya dan nista*.

3.4.2. AGAMA

Bila dilihat dari komposisi penduduk berdasarkan agamanya, terlihat bahwa di wilayah studi jumlah penduduk yang beragama Hindu merupakan penduduk yang dominan, yaitu 78,8% (78.907 jiwa). Penduduk yang menganut agama lainnya seperti agama Islam 15,4% (15.402 jiwa); agama Katholik 2,3% (2.313 jiwa); agama Kristen 2,1% (2.130 jiwa) merupakan penganut agama yang minoritas.

Di seluruh wilayah studi, terdapat berbagai jenis prasarana ibadah meliputi pura (tempat ibadah umat Hindu) sebanyak 134 buah (81,7%), mesjid dan langgar (tempat ibadah umat Islam 17 buah (10,3%), gereja (tempat ibadah umat Kristen dan Katolik sebanyak 9

buah (5,9%) dan wihara (tempat ibadah umat Budha 4 buah (2,4%) (Kecamatan Kuta Dalam Angka, 2010; LPPM Unud, 2013 *dalam* Suantika, 2013).

3.4.3. STRATIFIKASI SOSIAL, KELEMBAGAAN, DAN HUBUNGAN MASYARAKAT

Secara umum, stratifikasi sosial tradisional lapisan masyarakat di Bali dan di wilayah studi didasarkan kepada empat kelompok profesi yang dinamakan "*Catur Warna*" yaitu: *Brahmana* (kelompok yang berprofesi kerohanian); *Ksatria* (penguasa, pejabat, perwira); *Wesya* (kelompok pedagang, jasa, dan ketrampilan) dan *Sudra* (kelompok pekerja) (LPPM Unud, 2013 *dalam* Suantika, 2013).

Bali pada umumnya dan wilayah studi pada khususnya, memiliki dua jenis kelembagaan, yaitu kelembagaan adat dan kelembagaan tradisional serta kelembagaan modern. Kelembagaan adat dan kelembagaan tradisional ada dua tingkat yaitu *desa pekraman* dan *banjar pekraman*. Desa pekraman terikat pada peringkat peribadatan yang jumlahnya tiga yang disebut *tri kahyangan* yang terdiri dari Pura Desa, Pura Puseh dan Pura Dalem. Desa Pekraman terdiri dari Banjar Pekraman yang setingkat dengan dusun/lingkungan. Kelembagaan modern ada dalam dua tingkatan yaitu desa/kelurahan dan dusun/lingkungan, yang merupakan lembaga yang menekankan pada unsur kedinasan dan pelayanan kepada masyarakat (LPPM Unud, 2013 *dalam* Suantika, 2013).

Berbagai aktivitas yang terdapat di wilayah studi yang semuanya berada di sekitar dan mengelilingi proyek, seperti pariwisata, telah menyebabkan terjadinya interaksi yang intensif antara penduduk atau masyarakat lokal yang mempunyai nilai-nilai budaya tradisional dengan warga negara asing atau wisatawan yang mempunyai nilai-nilai budaya yang berbeda dengan budaya dan adat istiadat penduduk setempat.

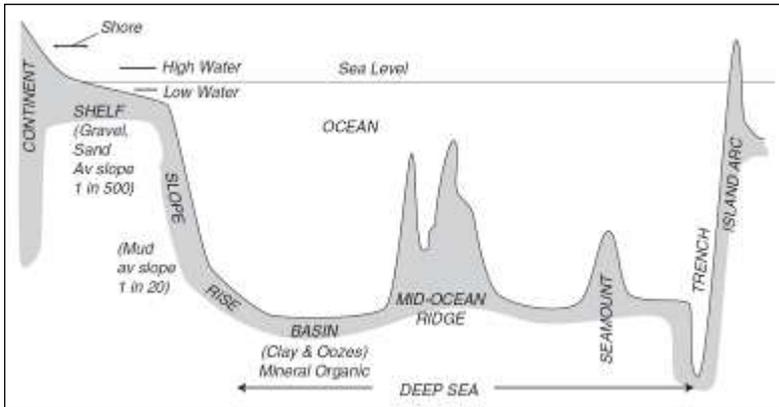
BAB 4. ASPEK FISIK PERAIRAN

4.1. BATIMETRI

Batimetri yang berasal dari bahasa Yunani, berarti “kedalaman” dan “ukuran” adalah ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi lantai samudera atau danau (Media Informasi Maritim). Sebuah peta batimetri umumnya menampilkan relief lantai atau dataran dengan garis-garis kontur (*contour lines*) yang disebut kontur kedalaman (*depth contours* atau *isobath*), dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan. Batimetri merupakan ukuran tinggi rendahnya dasar laut, yang memberikan informasi mengenai dasar laut (Nurjaya, 1991 dalam Simbolon, 2012). Peta batimetri dimanfaatkan dalam bidang kelautan seperti untuk menentukan alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai, pembangunan jaringan pipa bawah laut dan sebagainya. Bentuk-bentuk topografi bawah laut (**Gambar 8**) adalah sebagai berikut.

1. Landas kontinen (*continental shelf*), yaitu wilayah laut yang dangkal di sepanjang pantai dengan kedalaman kurang dari 200 m, dengan kemiringan kira-kira 8,4%. Landas kontinen merupakan dasar laut dangkal di sepanjang pantai dan menjadi bagian dari daratan.
2. Lereng benua (*continental slope*) merupakan kelanjutan dari *continental shelf* dengan kemiringan cukup terjal. Kedalaman lereng benua lebih dari 200 m.
3. Dasar Samudera (*ocean floor*), meliputi: a) *Deep Sea Plain*, yaitu dataran dasar laut dalam dengan kedalaman lebih dari 1000 m, dan b) *The Deep* yaitu dasar laut yang terdalam yang berbentuk palung laut (*trench*).

Sumber informasi data kedalaman/batimetri wilayah studi di perairan Teluk Benoa dan sekitarnya diperoleh dari peta batimetri yang dikeluarkan oleh Dishidros TNI AL. Terdapat 2 (dua) data peta batimetri, yaitunya (1) peta keluaran pertama Tahun 1995 dengan koreksi terakhir Tahun 2004, (2) peta keluaran ke-4 Tahun 2015.

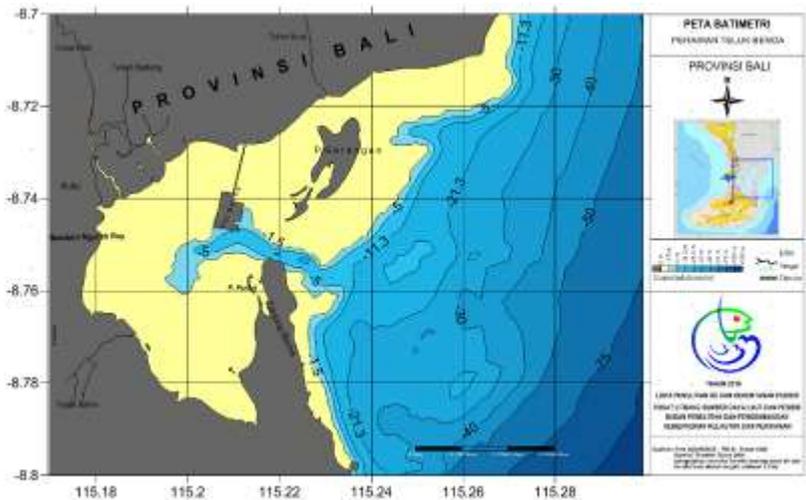


Sumber: Stewart (2008)

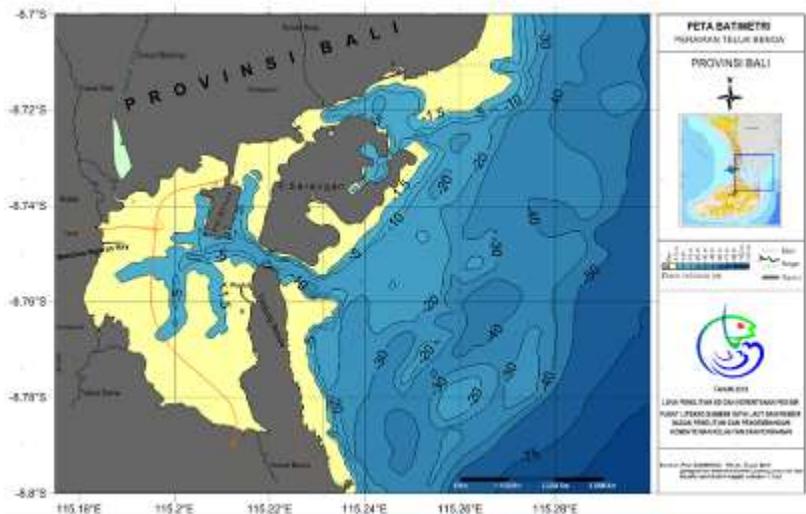
Gambar 8. Bentuk-bentuk dasar laut

Hasil tampilan yang diperoleh berupa peta 2D yang biasa dalam pengolahan parameter oseanografi. Selain itu pengolahan peta batimetri juga dapat menampilkan berupa peta 3D, sehingga dapat terlihat dengan jelas topografi dasar perairan daerah studi tersebut. Data batimetri tahun yang berbeda tersebut digunakan dalam analisis pemodelan hidrodinamika saat kondisi sebelum reklamasi terjadi, saat eksisting (beberapa reklamasi yang sudah ada), dan rencana reklamasi yang banyak diberitakan. Selain itu, data batimetri ini juga digunakan untuk pemodelan banjir dengan skenario tertentu.

Kawasan perairan Teluk Benoa Bali tergolong perairan dangkal. Kedalaman perairan di dalam teluk berkisar antara 1,5 - 10 m (tahun 1995 dan eksisting 2015, data saat kondisi pasang), dan perairan di sekitarnya (luar teluk) mencapai kedalaman 50 m, tergolong perairan dangkal (<50 m). Berikut gambaran topografi (gambar 2D dan 3D) dasar laut perairan Teluk Benoa dan sekitarnya (**Gambar 9, 10, 11, dan 12**).



Gambar 9. Peta batimetri perairan Teluk Benoa (kondisi tahun 1995)

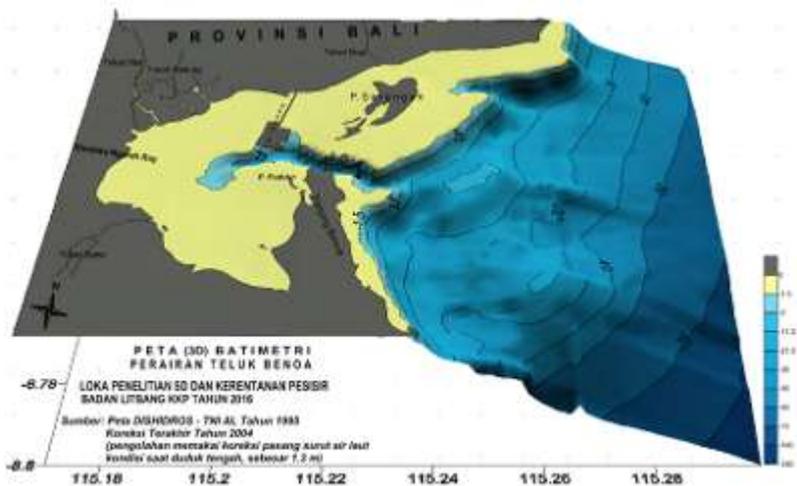


Gambar 10. Peta batimetri perairan Teluk Benoa (kondisi tahun 2015)

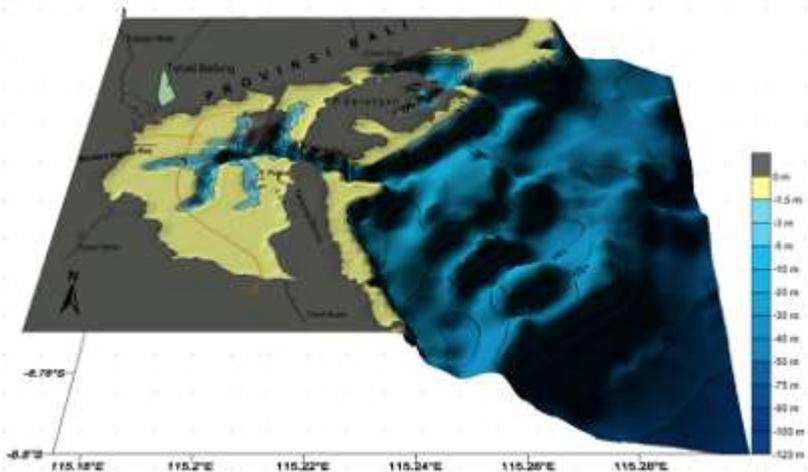
Sebagian besar daerah perairan di dalam Teluk Benoa mengalami pendangkalan, dengan kondisi pasang surut air laut terendah (MSL 1,3 m), area yang berwarna kuning akan terlihat seperti daratan. Area di perairan Teluk Benoa pada Tahun 1995 (**Gambar 9**) terlihat pendangkalan lebih luas, sedangkan kondisi pada Tahun 2015 (**Gambar 10**) terlihat luas pendangkalan berkurang, terjadi karena untuk

mempertahankan alur pelayaran di Pel. Benoa, kemungkinan dilakukan dengan pengerukan.

Lebih jelas lagi terlihat topografi dasar perairan Teluk Benoa pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**, kondisi pada tahun 1995 semakin ke arah laut lepas penurunan kedalaman perairan secara normal berkurang (semakin dalam) hingga mencapai 120 m, merupakan bagian dari kawasan *continental shelf* hingga kedalaman 30 m dan berlanjut pada area lebih curam/*continental slope* sampai kedalaman 120 m. Kedalaman yang hampir sama (mencapai 120 m) masih terlihat pada kondisi kedalaman perairan Teluk Benoa dan sekitarnya pada tahun 2015, hanya saja bentukan dasar perairan menjadi berbeda. Pada kondisi tahun 2015, lebih banyak terbentuk bukit-bukit laut (*seamount*), dapat terjadi karena bawaan sedimen oleh arus menumpuk pada titik-titik tertentu sehingga membentuk gundukan yang menyerupai *seamount*.



Gambar 11. Peta 3D batimetri perairan Teluk Benoa (tahun 1995)



Gambar 12. Peta 3D batimetri perairan Teluk Benoa (tahun 2015)

4.2. PASANG SURUT

Pasang surut air laut timbul terutama karena gaya tarik menarik gravitasi bumi terhadap bulan dan matahari, sedangkan kontribusi gaya tarik menarik planet-planet lainnya kecil karena jaraknya terhadap bumi sangat jauh. Persamaan dasar gelombang pasang surut (Pugh, 1987; Tanto, 2009):

$$X(t) = Z_0(t) + T(t) + S(t)$$

Keterangan:

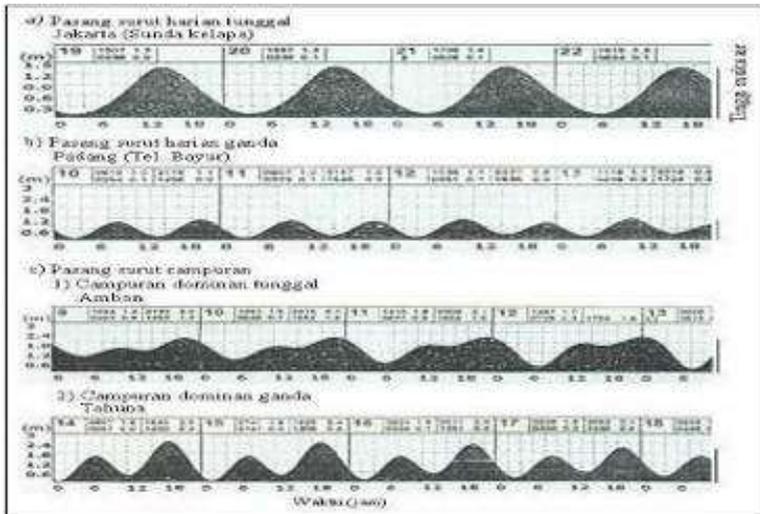
$X(t)$ = muka air laut yang terukur pada waktu t

$Z_0(t)$ = tinggi muka air rata-rata dari suatu datum yang ditentukan

$T(t)$ = variasi dari pasang surut

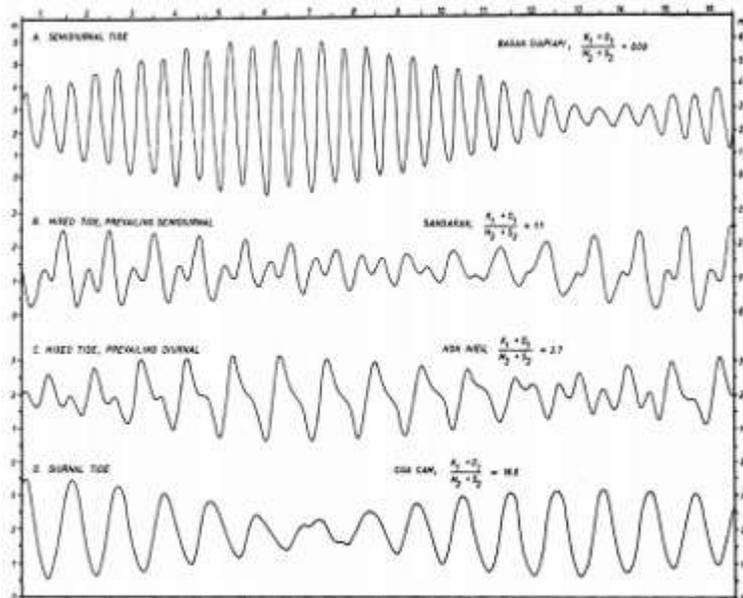
$S(t)$ = residual yang dipengaruhi beberapa faktor (seperti arus dan badai)

Berdasarkan pada periode dan keteraturannya, pasang surut air laut dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*), dan pasang surut campuran (*mixed tide*).



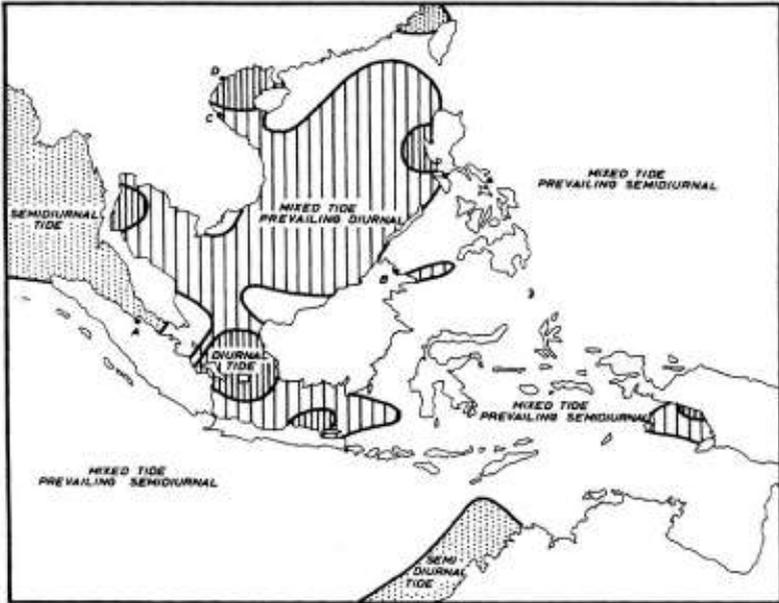
Sumber: Bakosurtanal (2008)

Gambar 13. Tipe-tipe pasang surut beberapa perairan Indonesia



Sumber: Wyrski, K. (1961)

Gambar 14. Tipe-tipe pasang surut beberapa perairan Dunia



Sumber: Wyrski, K. (1961)

Gambar 15. Tipe-tipe pasang surut sekitar perairan Indonesia

Penentuan jenis pasang surut perairan Teluk Benoa dilakukan secara manual, dengan melihat langsung grafik pasang surut yang ada. Penentuan jenis pasang surut lainnya yang paling sederhana adalah secara numeris dengan menggunakan periode dominan dari pasang surut yang diamati. Hal ini didasarkan pada bilangan *Formzahl* (F), yaitu perbandingan jumlah amplitudo dua komponen diurnal utama (A_{K1} dan A_{O1}) terhadap jumlah amplitudo dua komponen semi-diurnal utama (A_{M2} dan A_{S2}), seperti berikut:

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}}$$

Pengamatan pasang surut secara permanen sangat perlu dilakukan. Sebagian besar para ahli meyakini bahwa kenaikan permukaan laut bukan faktor yang sifatnya temporal tetapi cenderung naik permanen oleh faktor global warming. Bila faktor ini menyatu dan diperparah oleh faktor badai dan pasang tinggi, maka akan mudah timbulnya banjir pasang di daerah yang relatif landai. Sehingga dalam perencanaan dan

pengelolaan daerah pantai perlu pengamatan kedudukan permukaan air laut secara terus menerus dalam jangka yang panjang (Bakosurtanal, 2008).

Jenis pasang surut di perairan Teluk Benoa adalah campuran condong ganda, dapat terlihat secara visual dari gambaran pasang surutnya (**Gambar 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, dan 23**), memiliki rentang pasut (*tidal range*) sebesar 3,24 m dari data pengamatan/pengukuran selama 8 bulan tersebut (tanggal 1 Januari – 31 Agustus 2016).

Pada bulan januari (**Gambar 16**), rentang tinggi muka air (*tidal range*) sebesar 2,6080 m dan *mean sea level* (MSL) 1,3929 m, dengan pasang maksimum 2,6280 m dan surut minimum 0,02 m.



Gambar 16. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Januari 2016 (interval pengukuran 1 menit)

Pada bulan Februari 2016 (**Gambar 17**), nilai *tidal range* sebesar 2,6180 m dan msl 1,4826 m, dengan pasang maksimum 2,7670 m serta surut minimum 0,1490 m. Kondisi level air (MSL) di Teluk Benoa lebih naik cukup tinggi dari bulan sebelumnya (Januari 2016), sebesar 8,9678 cm.



Gambar 17. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Februari 2016 (interval pengukuran 1 menit)



Gambar 18. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Maret 2016 (interval pengukuran 1 menit)

Pada bulan Maret 2016 (**Gambar 18**), nilai *tidal range* sebesar 2,6640 m dan msl 1,4074 m, dengan pasang maksimum 2,7580 m serta surut minimum 0,940 m. Kondisi level air (MSL) kembali berubah dengan kondisi turun cukup rendah dari bulan sebelumnya (Februari 2016), sebesar -7,5226 cm.

Pada bulan April 2016 (**Gambar 19**), terjadi nilai pasang cukup tinggi (HWL) sebesar 2,9060 m dan air surut sangat/paling rendah

terjadi pada bulan April dari data 8 bulan (LWL) sebesar 0 m, sehingga nilai tidal range sebesar 2,9060 m dan msl 1,4197 m. Kondisi level air (MSL) kembali berubah, naik dari bulan sebelumnya (Maret 2016), sebesar 0,0123 cm.



Gambar 19. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan April 2016 (interval pengukuran 1 menit)



Gambar 20. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Mei 2016 (interval pengukuran 1 menit)

Pada bulan Mei 2016 (**Gambar 20**), nilai pasang tertinggi (HWL) semakin naik yaitu sebesar 3,0090 m, sedangkan nilai surut terendah sebesar 0,0480 m. Nilai *tidal range* sebesar 2,9610 m dan msl 1,5429 m. Kondisi level air (MSL) kembali naik seperti halnya perubahan

level air bulan sebelumnya (April 2016), dengan perubahan level air sebesar 0,1232 cm.

Pada bulan Juni 2016 (**Gambar 21**), nilai pasang tertinggi (HWL) masih dengan *trend* naik yaitu sebesar 3,2350 m, sedangkan nilai surut terendah (LWL) lebih besar (namun masih lebih rendah dari Bulan Maret 2016) yaitu sebesar 0,4280 m. Nilai *tidal range* sebesar 2,8070 m dan msl 1,7989 m. Kondisi level air (MSL) kembali naik dari bulan sebelumnya (Mei 2016), dengan perubahan level air sebesar 0,2560 cm.



Gambar 21. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Juni 2016 (interval pengukuran 1 menit)

Pada bulan Juli 2016 (**Gambar 22**), nilai pasang tertinggi sebesar 2,9850 m dan nilai surut terendah sebesar 0,2960 m. Nilai *tidal range* sebesar 2,6890 m dan msl 1,5429 m, terlihat kondisi level air (MSL) lebih rendah (turun) dari bulan sebelumnya (Juni 2016), dengan perubahan level air sebesar -0,2005 cm.



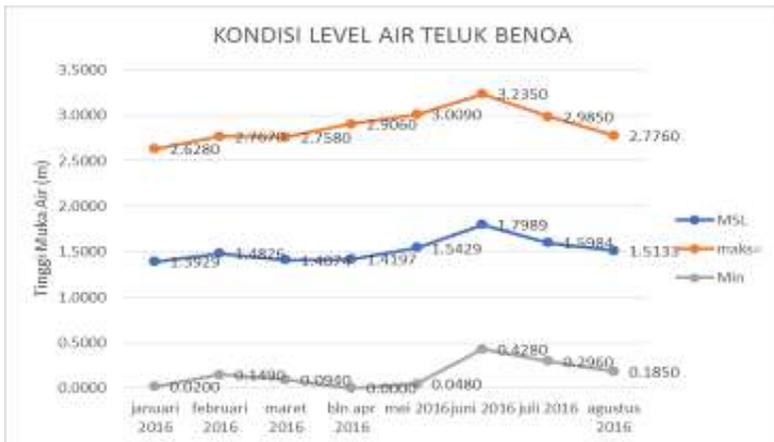
Gambar 22. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Juli 2016 (interval pengukuran 1 menit)



Gambar 23. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa Bulan Agustus 2016 (interval pengukuran 1 menit)

Hasil data pasang surut terakhir pada bulan Agustus 2016 (**Gambar 23**), terlihat cukup banyak terjadi data kosong. Nilai pasang tertinggi dalam data tersebut sebesar 2,7760 m dan nilai surut terendah sebesar 0,1850 m. Nilai *tidal range* sebesar 2,5910 m dan msl 1,5133 m. Terlihat *range* pasut paling rendah terjadi pada bulan Agustus 2016 dari 8 bulan data pengukuran (Januari - Agustus 2016), dan diikuti dengan kondisi level air (MSL) lebih rendah (turun) dari bulan sebelumnya (Juli 2016), dengan perubahan level air sebesar -0,0851 cm.

Dari data pasang surut Teluk Benoa selama 8 bulan (Januari - Agustus 2016) terlihat level air naik hingga bulan Juni 2016 dan kembali turun menuju bulan Agustus 2016 (**Gambar 23**). Kejadian pasang surut maksimum (puncak) terjadi pada bulan Juni 2016, sedangkan level terendah terjadi pada bulan Januari 2016. Secara umum pasang surut yang terjadi di perairan Teluk Benoa tergolong tinggi, dengan *range* pasang surut tiap bulan sebesar 2,5910 – 2,9610 m. Dengan kondisi kedalaman perairan di dalam teluk yang hanya 1,5 – 10 m, sehingga sering ditemukan (hingga tiap hari) sebagian dari kawasan Teluk Benoa terlihat seperti daratan.



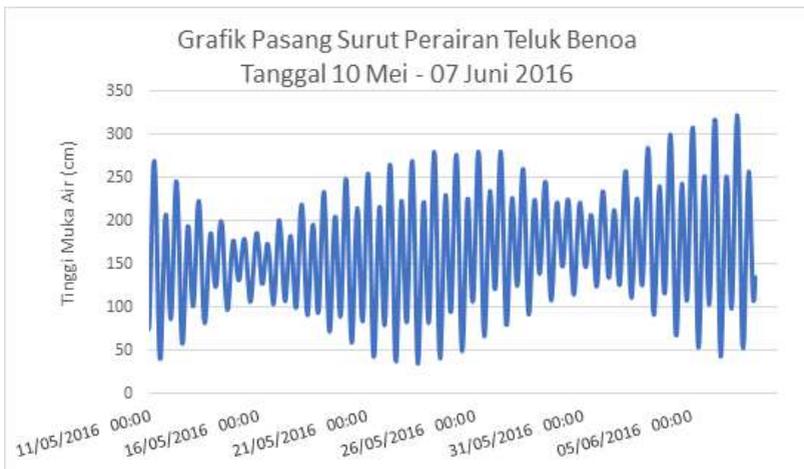
Gambar 24. Kondisi level air di Teluk Benoa

Adapun komponen-komponen pasang surut yang diperoleh dari data 29 hari dengan analisis *Admiralty* (untuk data tanggal 10 Mei - 07 Juni 2016) dapat terlihat pada **Tabel 4**. Bilangan *formzahl* yang diperoleh dari perhitungan komponen diurnal utama (K1 dan O1) dan semidiurnal utama (M2 dan S2) adalah sebesar 0,3814 ($0,25 \leq F < 1,5$), artinya pasang surut yang terjadi merupakan campuran condong semi diurnal, terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari, dengan bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (*asimetris*) dan bentuk condong semi diurnal.

Tabel 4. Komponen pasang surut perairan Teluk Benoa Bali

Komponen pasang surut perairan Teluk Benoa Bali (data tanggal 10 Mei – 07 Juni 2016)										
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	163,53	63,89	36,07	11,00	22,88	15,24	0,55	0,75	9,74	7,55
g°		50,32	108,22	22,57	179,25	167,78	207,25	254,98	108,22	179,25

Untuk gambar pasang surut perairan Teluk Benoa dalam rentang data untuk analisis Admiralty, terlihat seperti **Gambar 25** berikut.



Gambar 25. Grafik pasang surut perairan Teluk Benoa 10 Mei – 07 Juni 2016 (interval pengukuran 1 jam)

4.3. ARUS LAUT

Arus laut (*sea current*) merupakan gerakan dari massa air laut dari satu tempat menuju tempat lain secara terus menerus hingga menuju kestabilan, baik gerakan secara vertikal (gerakan ke atas) atau secara horizontal (gerakan ke samping) (Pond & Pickard, 1993; Samskerta *dkk.*, 2011). Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh pengaruh dari gaya internal dan gaya eksternal. Gaya internal yang mempengaruhi arus laut diantaranya berupa perbedaan densitas air laut, gradien tekanan mendatar, dan *upwelling*. Gaya eksternal yang mempengaruhi arus laut adalah berupa

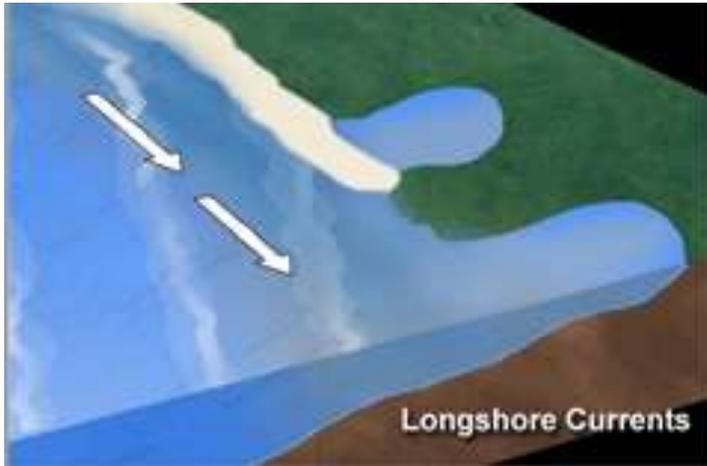
kejadian angin, gaya gravitasi, gaya tarik matahari dan bulan terhadap bumi, gaya tektonik, dan gaya coriolis.

Di perairan dangkal (kawasan pantai), arus laut dapat dibangkitkan oleh gelombang laut, pasut laut atau sampai tingkat tertentu angin. Sedangkan di laut terbuka, arus laut digerakkan oleh dua sistem angin. Di dekat khatulistiwa, angin pasat (*trade wind*) menggerakkan permukaan air ke arah barat. Sementara itu, di daerah lintang sedang (*temperate*), angin barat (*westerlies wind*) menggerakkan kembali permukaan air ke timur (<http://www.balipost.co.id>, 2007).

Arus dekat pantai berperan penting dalam proses transpor sedimen di daerah pantai yaitu daerah nearshore yang merupakan daerah gelombang mulai pecah hingga ke arah garis pantai. Arus juga dapat menyebabkan terjadinya erosi pada pantai dan gerusan (*scouring*) pada daerah sekitar bangunan pantai (Danial, 2008). Arus pantai yang membawa sedimen dibagi menjadi dua macam, yaitunya (Danial, 2008):

a) Arus sejajar pantai (*longshore current*), disebabkan oleh gradien momentum akibat variasi tinggi gelombang datang yang membentuk sudut terhadap garis pantai dan komponen arus pantai akibat angin. Ciri-ciri arus sejajar pantai adalah mempunyai kecepatan yang relatif konstan terhadap perubahan kedalaman, yaitu rata-rata 3 m/dt. Apabila terjadi badai dan gelombang besar maka dapat mempunyai kecepatan lebih dari 1 m/dt.

Kecepatan di mana gelombang mendekati pantai tergantung pada dasar laut dan fitur dari garis pantai, serta kedalaman air. Saat gelombang bergerak menuju pantai, berbagai segmen gelombang bertemu dengan pantai di depan yang lain, yang memperlambat segmen ini. Akibatnya, gelombang cenderung menekuk dan menyesuaikan dengan bentuk umum garis pantai. Juga, gelombang biasanya tidak mencapai pantai yang sejajar dengan garis pantai. Sebaliknya, mereka sampai pada sudut yang sedikit, yang disebut "sudut pendekatan gelombang." Ketika gelombang mencapai pantai atau garis pantai, itu melepaskan semburan energi yang menghasilkan arus, yang membentang sejajar dengan garis pantai. Jenis arus ini disebut *longshore current* (NOAA).

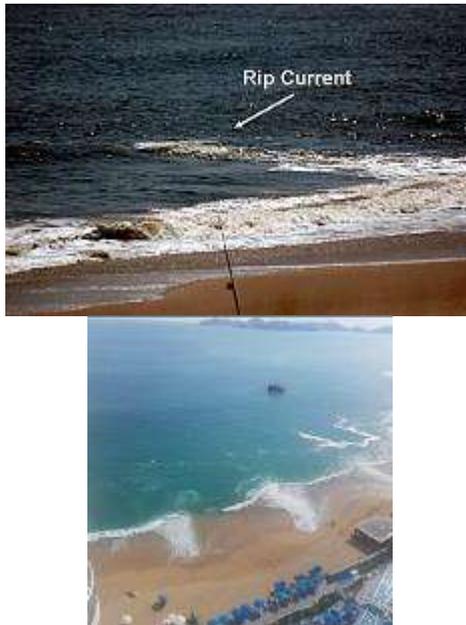


Sumber: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

Gambar 26. Kejadian Longshore Current

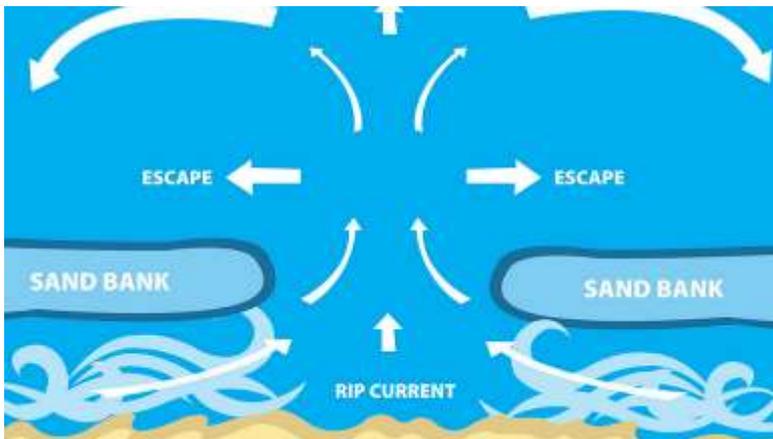
b) Arus tegak lurus pantai (*crossshore current*), ditimbulkan oleh adanya gelombang yang mengarah secara tegak lurus pantai. Arus tegak lurus pantai disebut juga *onshore-offshore current* karena sifatnya yang menuju ke pantai (*onshore*) dan kembali lagi ke arah laut (*offshore*). Arus tegak lurus pantai berperan dalam membentuk *ripple* di dasar laut pada kawasan *nearshore*. Kecepatan arus ini bervariasi terhadap perubahan kedalaman (vertikal).

Nama lain dari arus ini adalah *Rip Current*. Saat arus sejajar pantai bergerak dan di lepas pantai, "*rip currents*" dapat terbentuk di sekitar titik-titik rendah atau pecah di gundukan pasir, dan juga dekat struktur seperti jetty dan dermaga. *Rip current*, kadang-kadang salah disebut sebagai *rip tide*, adalah arus lokal yang mengalir menjauh dari garis pantai ke arah laut, tegak lurus atau pada sudut akut ke garis pantai. Biasanya memecah tidak jauh dari pantai dan umumnya tidak lebih dari 25 meter (80 kaki) lebar (NOAA). *Rip current* biasanya mencapai kecepatan 1 - 2 m/dt. Namun, beberapa arus ini yang terukur sebesar 8 kaki/dt, bahkan lebih cepat daripada yang pernah direkam oleh perenang Olimpiade (NOAA, 2005b). Jika aktivitas gelombang sedikit, beberapa rip current rendah dapat terbentuk, dalam berbagai ukuran dan kecepatan. Namun dalam aksi gelombang yang lebih berat, lebih sedikit, rip current yang lebih pekat bisa terbentuk (NOAA).



Sumber: NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*)

Gambar 27. Kejadian Rip Current



Sumber: Kimberly Pascoal (2015)

Gambar 28. Cara kerja Rip Current

Data arus laut di perairan Teluk Benoa diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan (Tanggal 20 Juni – 11 Juli 2015) dengan menggunakan alat ukur *Acoustic Doppler Current Profiler*

(ADCP), yang dilakukan dan diperoleh dari pihak Swasta. Terdapat 3 (tiga) titik lokasi pengamatan yang dilakukan (**Gambar 29**), yaitu (1) bagian luar teluk pada koordinat $8^{\circ}45'27,04''\text{LS}$ dan $115^{\circ}13'50,46''\text{BT}$, (2) dekat mulut teluk pada koordinat $8^{\circ}45'8,60''\text{LS}$ dan $115^{\circ}13'12,50''\text{BT}$, serta (3) bagian dalam teluk pada koordinat $8^{\circ}44'58,24''\text{LS}$ dan $115^{\circ}12'29,33''\text{BT}$.



Sumber: Google Earth (2016)

Gambar 29. Titik pengukuran ADCP

Arus laut di perairan Teluk Benoa dan sekitarnya berkisar antara 0,001 - 1,715 m/s (data pengamatan bulan Juni - Juli 2015), saat purnama kecepatan arus lebih tinggi dari pada saat perbani. Pada umumnya bagian mulut teluk memiliki arus yang cukup tinggi (mencapai 1,715 m/s saat purnama), dengan pola yang tidak beraturan akibat pengaruh perlintasan kapal dan aktivitas keluar masuk teluk.

Pada penempatan alat pengukur arus ADCP 1 pada bagian luar teluk, kondisi arus yang terjadi secara umum, saat kondisi air pasang arah arus dominan menuju ke arah daratan/arah barat laut (ke dalam teluk), dan sebaliknya saat air surut arah arus menuju ke laut lepas/arah tenggara (ke luar teluk). Namun kecenderungan arah arus pada cell 1, yang merupakan data arus permukaan yaitunya saat air pasang arah arus ke arah barat (masih ke arah daratan/dalam teluk) dan saat air surut arah arus ke arah timur (masih ke arah laut lepas/luar teluk). Hal ini dapat terjadi karena kondisi pada permukaan air laut lebih banyak terpengaruh oleh aktivitas yang terjadi di sekitarnya, berupa pengaruh acak dari lalu lintas kapal yang beraktivitas di perairan Teluk Benoa.

Sedangkan arus yang terjadi di bagian bawah perairan lebih teratur tanpa pengaruh acak dari aktivitas tersebut. Kecepatan arus di lokasi ADCP 1 (lokasi luar teluk) pada rentang tanggal pengukuran tersebut adalah 0,001 - 0,883 m/s, terjadi arus cukup rendah pada saat-saat tertentu (hampir seperti tidak arus sama sekali) dengan kecepatan sebesar 0,001 m/s. Rentang waktu pengukuran pada lokasi ADCP 1 ini termasuk pada saat bulan perbani, sehingga nilai maksimum kecepatan arus bukan yang tertinggi dari ke tiga titik lokasi pengukuran arus.

Pengukuran arus pada lokasi ADCP 2 berada pada mulut teluk, terjadi arus yang tidak beraturan. Hal tersebut dapat terjadi karena pada mulut teluk kondisi arus dapat dipengaruhi oleh kondisi pada luar teluk dan juga bagian dalam teluk. Selain itu, waktu pengukuran yang dilakukan dengan kondisi bulan purnama, sehingga pada waktu tersebut terjadi tinggi muka laut yang paling tinggi serta surut air laut paling rendah. Dalam hal ini, saat air laut bergerak menuju pasang maupun air laut menuju surut, akan dapat membuat arus pasut yang cukup kuat, sehingga mencapai kecepatan arus maksimum sebesar 1,715 m/s (kisaran 0 - 1,715 m/s). Alasan lainnya adalah karena lokasi pengamatan yang berada persis di mulut teluk yang pada dasarnya berupa celah sempit, sehingga dapat menghasilkan kecepatan arus yang lebih besar dibandingkan dengan arus yang berada di dalam maupun luar teluk (persamaan kontinuitas pada sifat fluida bergerak). Pada rentang waktu tersebut juga terjadi arus dengan kondisi sangat lemah, bahkan tidak terlihat adanya arus laut yaitu sebesar 0 m/s. Untuk arah arus secara umum di mulut teluk ini adalah ke arah Barat Daya saat air laut menuju pasang dan arah Timur Laut saat air laut menuju surut.

Pengukuran arus laut di lokasi ADCP 3 berada pada area dalam teluk, cukup dekat dengan Pelabuhan Benoa (\pm 350 m). Kisaran arus dalam rentang waktu pengukuran di lokasi tersebut adalah sebesar 0,005 – 0,802 m/s. Dari 3 lokasi pengukuran arus di kawasan Teluk Benoa, lokasi titik 3 ini terjadi nilai kecepatan arus paling rendah. Hal ini dapat terjadi karena lokasi di dalam teluk lebih dominan dipengaruhi oleh angin dan juga pasang surut. Dibandingkan 2 lokasi lainnya, pengaruh dari lalu lalang kapal dan aktivitas lainnya di sekitar lokasi ini kemungkinan lebih kecil. Arah arus pada lokasi ADCP 3 ini (dalam teluk) yaitunya arah Barat Daya (ke arah dalam teluk) saat air laut menuju pasang dan arah Timur Laut saat air laut menuju surut, dan terlihat arah

dominan tersebut mengikuti alur air yang ada di dalam teluk dekat dengan lokasi pengamatan ini.

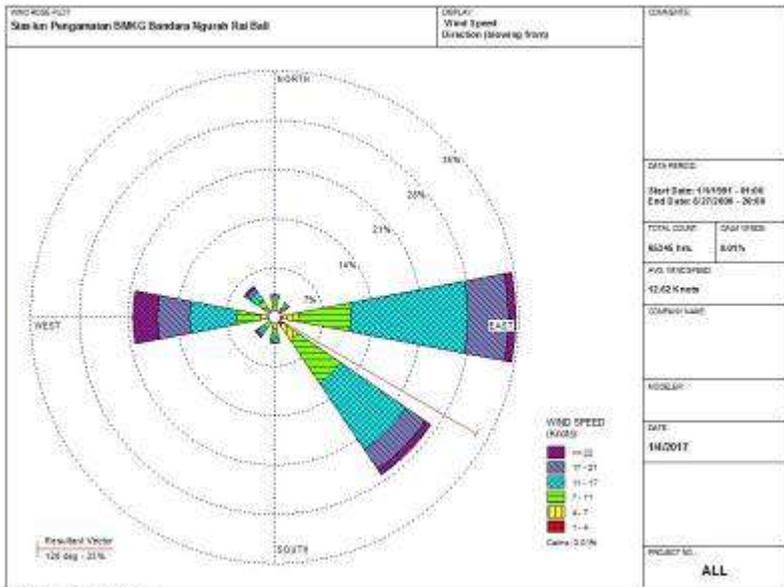
4.4. ANGIN DAN GELOMBANG

Angin merupakan udara yang bergerak, dapat membangkitkan gelombang dan mempengaruhi arah arus permukaan yang akan mengangkut sedimen melayang di laut. Selain itu, angin berpengaruh cukup besar dalam proses penguapan, sehingga juga penting dalam menghasilkan hujan. Hal ini disebabkan karena hujan dapat terjadi hanya melalui masuknya udara lembab secara terus-menerus ke dalam suai awan hujan (Linsley *dkk.*, 1989). Terjadinya hujan ini menjadi faktor penting proses sedimentasi yang merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan kerentanan ekosistem pesisir.

Secara umum, baik data pengukuran tahun 1991 - 2000 maupun pengukuran tahun 2002 - 2014, angin dominan adalah angin Timur / angin Laut (**Gambar 30** dan **Gambar 32**), artinya angin di kawasan Teluk Benoa dan sekitarnya secara umum bertiup dari bagian Timur menuju bagian Barat atau dapat dikatakan angin bertiup dari lautan (luar teluk) menuju ke dalam teluk atau daratan Kota Denpasar.

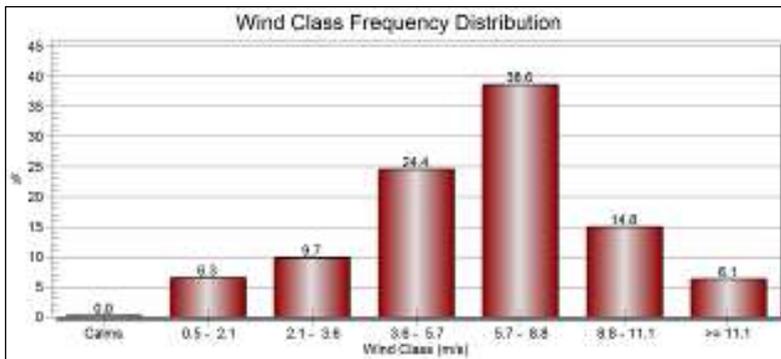
Secara detil, pada rentang tahun 1991 - 2000, sebanyak 34,34 % angin bertiup dari Timur ke Barat (*blowing from* 78,75° - 101,25°) dan 26,95 % angin bertiup dari Tenggara menuju Barat Laut (*blowing from* 123,75° - 146,25°). Hanya sebesar 20,23 % kejadian angin terjadi dengan arah kebalikan dari kondisi umum tersebut, yaitu angin bertiup dari Barat ke Timur (*blowing from* 258,75° - 281,25°). Resultan vector kejadian angin adalah sebesar 120 deg - 33 % (**Gambar 30**), yang berarti angin dominan yaitu angin Tenggara (angin bertiup dari Tenggara menuju Barat Laut).

Kecepatan angin dalam rentang waktu pengukuran ini (tahun 1991 - 2000) adalah 3,6 - 11,1 m/s (77,8 %) (**Gambar 31**), yang berarti kejadian angin di kawasan Teluk Benoa dan sekitarnya tergolong pelan hingga sejuk (berdasarkan skala beaufort). Secara rata-rata keseluruhan dalam rentang tersebut kecepatan angin bertiup sebesar 6,49 m/s (hembusan angin sedang). Hanya sebanyak 8,13 % kejadian angin berhembus kuat hingga kencang sekali (rentang 11 - 24 m/s, skala beaufort), dan angin yang berupa badai (> 24,44 m/s) hanya bertiup sesekali saja (0,02 %) dengan kecepatan sebesar 25 - 42 m/s.



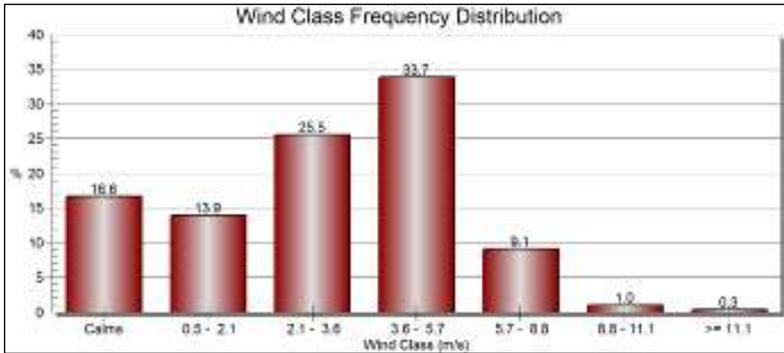
Sumber: Hasil pengolahan data (2016)

Gambar 30. Grafik windrose (angin) kawasan Teluk Benoa – Bandara Ngurah Rai Bali (tahun 1991 - 2000)



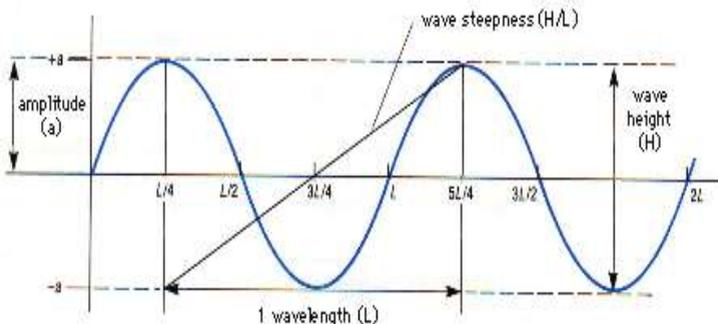
Gambar 31. Diagram Wind Class Frekuensi (angin) kawasan Teluk Benoa – Bandara Ngurah Rai Bali (tahun 1991 - 2000)

Pada data hasil pengukuran dengan rentang tahun 2002 - 2014 (**Gambar 32**), sebanyak 34,34 % angin bertiup dari Timur ke Barat (*blowing from* 78,75° - 101,25°), sehingga bisa disebut sebagai Angin Timur atau Angin Laut. Dan sekitar 26,95 % angin bertiup dari Tenggara



Gambar 33. Diagram Wind Class Frekuensi (angin) kawasan Teluk Benoa – Bandara Ngurah Rai Bali (tahun 2002 - 2014)

Gelombang merupakan fenomena naik-turunnya permukaan laut. Gelombang laut pada kawasan pesisir umumnya dibangkitkan di laut lepas sebagai akibat interaksi antara angin dan permukaan laut. Perpindahan energi dari udara yang bergerak (angin) ke permukaan laut tersebut kemudian dirambatkan sebagai gelombang ke perairan dangkal. Gelombang biasanya mendekati pantai dengan kedudukan yang membentuk sudut terhadap garis pantai sedemikian rupa, sehingga gelombang menjadi agen pembangkit arus sejajar pantai (*longshore current*) sebagai akibat dari pengangkutan massa air ke badan pantai (Poerbandono, 2004). Data gelombang sangat penting, selain berpengaruh pada proses angkutan sedimen di laut, juga mempengaruhi proses pembentukan pantai berupa kejadian abrasi ataupun akresi di pesisir pantai.



Gambar 34. Bentuk dan parameter gelombang

Keterangan:

H = Tinggi Gelombang

L = Panjang Gelombang

A = Amplitudo, $A = 0.5 H$ atau $H = 2A$

T = Periode Gelombang

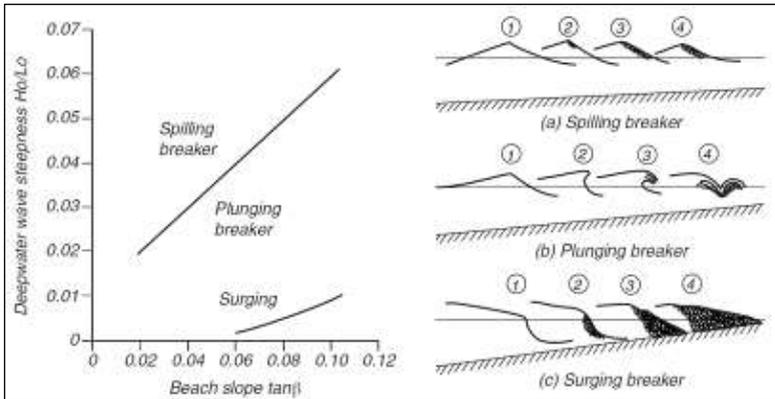
f = Frekuensi Gelombang, $1/T$

H/L= Keterjalan Gelombang

C = L/T atau $C = Lf$

Umumnya jika perbandingan ini mencapai $H/L = 1/7$, maka gelombang menjadi tidak stabil dan segera pecah. Kestabilan gelombang akan mantap apabila puncak gelombang membentuk sudut 120° atau lebih.

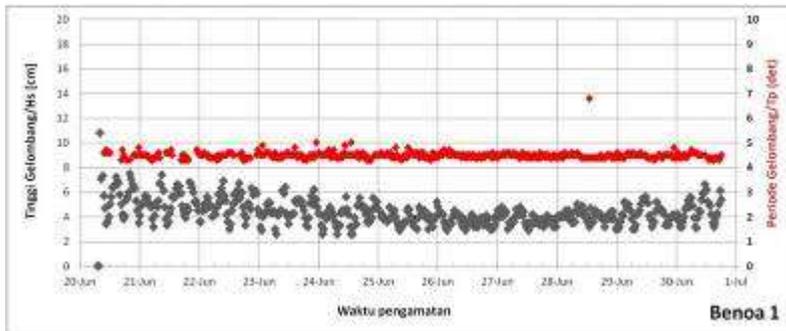
Peristiwa gelombang pecah disebabkan karena tidak stabilnya gelombang akibat merambat pada dasar yang semakin dangkal. Perambatan gelombang menuju perairan dangkal semakin mengurangi kecepatan tapi energinya semakin besar sehingga tinggi gelombang juga semakin bertambah besar, sehingga menyebabkan gelombang semakin tidak stabil dan pada suatu titik kemiringan tertentu, gelombang mengalami pecah dan mengakibatkan peluruhan energi (Danial, 2008). Ada tiga tipe gelombang pecah, yaitu spilling, plunging, dan surging. Plunging terjadi karena seluruh puncak gelombang melewati kecepatan gelombang, sehingga puncak gelombang "terjungkal" ke depan. Tipe pecah ini merupakan yang paling indah dilihat, dimana gelombang bergulung-gulung di pantai. Spilling terjadi dimana muka gelombang sudah pecah sebelum tiba di pantai. Tipe ini dicirikan dengan banyaknya buih putih jauh dari garis pantai. Sedangkan pada tipe surging, gelombang belum pecah ketika mendekati pantai dan sempat mendaki kaki pantai, sebelum akhirnya kandas di pantai. Tipe pecah gelombang ini tidak banyak menimbulkan hempasan di pantai.



Sumber: Stewart, R.H (2008)

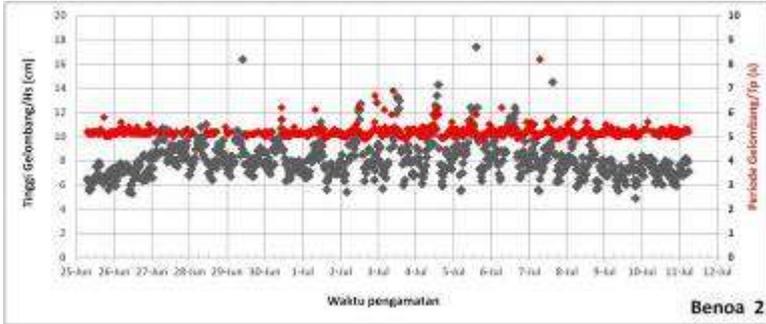
Gambar 35. Kiri: klasifikasi gelombang pecah sebagai fungsi kecuraman dan gelombang pantai curam di lepas pantai; Kanan: sketsa tipe gelombang pecah

Hasil pengukuran tinggi gelombang perairan Teluk Benoa pada 3 titik pengambilan data yang sama seperti titik pengukuran arus, diperoleh nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) masing - masing dengan kisaran sebesar 2,1 - 10,4 cm (titik 1 / luar teluk) (**Gambar 36**), 4,4 - 16,8 cm (titik 2 / mulut teluk) (**Gambar 37**), serta 2,1 - 8,1 cm (titik 3 / dalam teluk) (**Gambar 38**).



Sumber: Konsultan (2015)

Gambar 36. Gelombang signifikan perairan Teluk Benoa titik ADCP 1 (20 - 30 Juni 2015)



Sumber: Konsultan (2015)

Gambar 37. Gelombang signifikan perairan Teluk Benoa ADCP 2 (25 Juni - 11 Juli 2015)



Sumber: Konsultan (2015)

Gambar 38. Gelombang signifikan perairan Teluk Benoa titik ADCP 3 (2 - 3 Juli 2015)

Terlihat nilai tinggi gelombang signifikan di perairan Teluk Benoa terjadi lebih besar pada lokasi mulut teluk (**Gambar 37**), selain merupakan lokasi gelombang pecah, banyaknya aktivitas di lokasi tersebut juga dapat mempengaruhi gelombang yang terjadi. Hal sebaliknya terjadi pada lokasi titik 3 (dalam teluk), nilai tinggi gelombang signifikan hanya kecil. Selain itu, pengaruh pasang surut air laut lebih dominan pada titik 3 ini, sehingga gelombang yang terjadi merupakan gelombang pasut.

BAB 5. KUALITAS AIR LAUT

Kawasan perairan Teluk Benoa Bali banyak dikunjungi oleh wisatawan, baik lokal maupun mancanegara. Selain itu juga telah ada beberapa reklamasi yang dilakukan pada kawasan Teluk Benoa, serta perencanaan revitalisasi kawasan Teluk Benoa berupa reklamasi yang cukup besar dan tersebar hingga dapat merubah secara signifikan kawasan perairan di dalam teluk. Kondisi yang terjadi saat ini dalam beberapa berita menyebutkan bahwa terdapat permasalahan yang muncul terkait dengan lingkungan perairan sekitarnya. Karena dikhawatirkan menjadi permasalahan yang sangat serius, maka menjadikan isu tersebut banyak dibicarakan.

Kajian lingkungan berupa kualitas perairan perlu dilakukan untuk melihat kondisi perairan secara umum saat ini. Ke depannya, jika terjadi aktivitas pembangunan pulau-pulau reklamasi seperti yang banyak dibicarakan tersebut, sehingga dapat dilihat pengaruh aktivitas yang terjadi tersebut terhadap lingkungan perairannya.



Sumber: Google Earth, 2016 (titik koordinat dari tim survei KemenLHK, 2016)

Gambar 39. Titik lokasi sampling air laut

Data kualitas air laut merupakan faktor pendukung utama dalam kajian lingkungan perairan, terdiri dari parameter fisika dan kimia. Parameter fisika yang dikaji adalah suhu, kekeruhan dan kecerahan perairan, dan padatan tersuspensi (TSS). Untuk parameter kimia yang dikaji adalah pH (Derajat keasaman), salinitas, *Dissolve Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), Ammonia, Sianida, minyak & lemak, Fenol, dan logam berat (timbal, cadmium, dan besi), serta parameter biologi berupa *E. Coli* dan *Coliform*. Data parameter kualitas air laut tersebut diperoleh dari kegiatan Kemen LHK, yang dilakukan pengujian pada Laboratorium Analitik Universitas Udayana pada tahun 2016.

Berikut (**Tabel 5** dan **Tabel 6**) merupakan data kondisi lingkungan perairan beberapa parameter kualitas air laut di dalam Teluk Benoa berdasarkan hasil pengujian lab yang dilakukan oleh KemenLHK pada tahun 2016.

Tabel 5. Data kualitas perairan 1 Teluk Benoa Bali

	Suhu (°C)	Kecerahan (m)	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/Lt)	COD (mg/Lt)	BOD (mg/Lt)	Timbal (Pb) (mg/Lt)	Kadmium (Cd) (mg/Lt)	Besi (Fe) (mg/Lt)
Maks.	30,50	6,00	8,35	32,80	ttd	185,56	75,37	1,95	0,05	ttd
Min.	28,50	1,50	8,18	31,60	ttd	8,11	3,75	0,00	0,00	ttd
Rataan	29,56	2,75	8,27	32,32	ttd	47,49	19,65	0,66	0,01	ttd
Baku mutu (Kep. Men LH, 2004)	Coral, lamun: 28-30; mangrove : 28-32	Coral: >5; mangrove : - ; lamun: >3	7 – 8,5	Coral, lamun: 33–34 mangrove : s/d 34	> 5	-	20	0,008	0,001	-

Sumber: KemenLHK (2016); Pengolahan Data Sekunder (2016)

Tabel 6. Data kualitas perairan 2 Teluk Benoa Bali

	Nitrat (NO₃) (mg/Lt)	Detergen (mg/Lt)	Sulfida (H₂S) (mg/Lt)	Amonia (NH₃-N) (mg/Lt)	Sianida (CN) (mg/Lt)	Minyak Lemak (mg/Lt)	Phenol (mg/Lt)	TSS (mg/Lt)	E-Coli (MPN/100 ml)	Coliform (MPN/100 ml)
Maks.	0,03	0,71	ttd	0,33	ttd	0,0210	4,35	9,18	23,00	1100,00
Min.	0,02	0,01	ttd	0,00	ttd	0,0010	1,31	0,15	0,00	0,00
Rataan	0,02	0,43	ttd	0,05	ttd	0,0044	2,42	3,27	2,13	74,87
Baku mutu (Kep. MenLH 2004)	0,008	1	0	0,3	0,5	1	0,002	Coral, lamun :20 Mangrove: 80		1000

Sumber: KemenLHK (2016); Pengolahan Data Sekunder (2016)

5.1. SUHU

Suhu merupakan suatu besaran fisika yang menyatakan banyaknya bahang yang terkandung dalam suatu benda. Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme dan perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut.

Perairan laut Indonesia adalah laut semi tertutup, sehingga variasi suhu air laut musiman dan tahunan juga akan dipengaruhi oleh suhu daerah sekitarnya. Dimana variasi harian suhu lebih besar dari pada kondisi laut tropis terbuka lainnya. Suhu di laut bervariasi tergantung pada kedalaman, sirkulasi massa air, turbulensi, kondisi geografis, dan jarak dari sumber panas seperti gunung berapi bawah air. Suhu permukaan laut sangat bergantung pada jumlah panas yang diterimanya dari matahari. Lapisan permukaan laut tropis hangat dan variasi tahunan suhu biasanya kecil, tetapi variasi harian yang relatif tinggi dari suhu sangat dominan (Wyrski, 1961). Suhu permukaan laut pada daerah tropis biasanya berkisar antara 27 – 29 °C (King, 1979 dalam Hutagalung, 1988), suhu ini menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman. Namun pada lapisan tertentu suhu air menurun dengan drastis dengan penurunan kedalaman yang kecil, yang disebut dengan lapisan termoklin.

Secara horizontal, sebaran suhu perairan sangat bergantung pada letak lintang, umumnya di daerah dekat khatulistiwa suhu laut lebih tinggi dibandingkan dengan lintang tinggi. Daerah-daerah yang paling banyak menerima panas dari matahari adalah daerah pada lintang 10 LU – 10 LS, sehingga suhu air laut tertinggi ditemukan di daerah khatulistiwa (Sverdrup dkk., 1942 dalam Setianingsih, 2007).

Secara vertikal, sebaran suhu di lapisan bawah muka laut dapat dibedakan sebagai berikut:

a) Lapisan homogen/tercampur (*mix layer*)

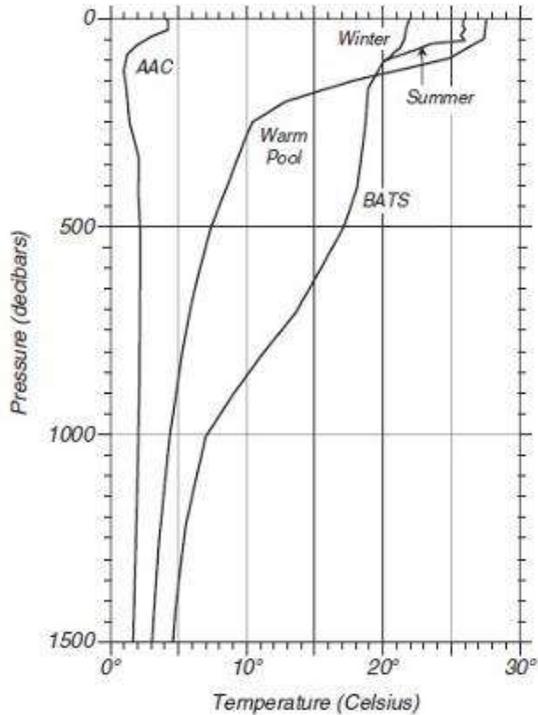
Suhu air umumnya sama mulai dari permukaan hingga kedalaman mencapai 100 m. Tomczak dan Godfrey (2002) menyatakan lapisan tercampur ini berada pada kedalaman 50 – 150 m, bahkan bisa lebih dalam lagi saat musim dingin akibat terjadinya pelepasan bahang (*heat*) dari laut ke atmosfer.

b) Lapisan termoklin

Di bawah lapisan permukaan, suhu mulai menurun dengan cepat dengan kedalaman. Penurunan yang cepat ini berhenti setelah beberapa ratus meter, dengan hanya perubahan kecil suhu secara vertikal pada lapisan dalam atau abyssal. Wilayah yang lebih tinggi gradien vertikal suhu (tingkat penurunan suhu dengan meningkatnya kedalaman) disebut termoklin (Talley dkk., 2011). Namun, pada lintang rendah dan menengah, termoklin selalu terjadi pada kedalaman antara 200 dan 1000 m, ini disebut sebagai termoklin utama atau permanen.

c) Lapisan dasar

Setelah lapisan termoklin, suhu air laut menurun kembali secara teratur sesuai dengan penambahan kedalaman. Pada perairan dengan kedalaman melebihi 1000 m hingga dasar, suhu air laut relative konstan dan biasanya berkisar antara 2 – 4°C (Hutagalung, 1988).



Sumber: (Steward, 2008)

Gambar 40. Sebaran menegak suhu pada laut terbuka

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme dan perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut. Umumnya suhu air laut optimum untuk pertumbuhan plankton di laut tropis adalah antara 25°C - 32°C. (Wyrski, 1961; Hartoko, 2013). Dengan proses pertumbuhan plankton (rantai terbawah dari rantai makanan) ini sehingga berpengaruh pada kehidupan organisme lainnya dalam lingkungan tersebut. Selain itu, suhu air laut tentunya juga dapat mempengaruhi ekosistem di wilayah pesisir. Baku mutu suhu air laut untuk ketahanan hidup ekosistem terumbu karang dan lamun berkisar antara 28°C - 30°C, sedangkan pada mangrove kisaran suhu lebih lebar yaitunya antara 28°C - 32°C (KepmenLH, 2004).

Secara umum, perairan di dalam Teluk Benoa termasuk hangat, berkisar antara nilai 28,50 – 30,50°C. Kondisi tersebut termasuk normal,

karena menurut King (1979) dalam Hutagalung (1988), suhu permukaan laut pada daerah tropis biasanya berkisar antara 27 – 29 °C, suhu ini menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman. Menurut Wyrtki (1961) dalam Hartoko (2013), bahwa suhu air laut optimum untuk pertumbuhan plankton di laut tropis adalah antara 25°C - 32°C. Kedua pendapat tersebut juga sesuai dan berkorelasi positif dengan KepmenLH Tahun 2004. Walaupun terdapat 2 titik (sampling 5 dan 6) dengan nilai suhu sebesar 30,5°C yang berarti dapat sedikit berpengaruh terhadap kehidupan karang dan lamun (baku mutu maksimal sebesar 30°C). Namun secara keseluruhan dengan rata-rata sebesar 29,56°C, kondisi suhu perairan eksisting di dalam Teluk Benoa masih cocok untuk kehidupan ekosistem beserta biota yang ada di sekitarnya.



Gambar 41. Grafik suhu permukaan perairan Teluk Benoa

5.2. KEKERUHAN DAN KECERAHAN PERAIRAN

Kekeruhan air laut disebut sebagai pengukuran tembusnya cahaya dalam air laut, yang disebabkan oleh berbagai jenis partikel kecil hidup serta organisme mati mengambang di kolom air dan menyebabkan penetrasi cahaya. Sifat-sifat partikel yang menyebabkan kekeruhan air laut akan tercermin dalam warna air laut. Sedangkan konsentrasinya akan berdampak pada tingkat transparansi air laut (Odum, 1996; Hartoko, 2013). Semakin kecil atau rendah tingkat kekeruhan suatu

perairan, semakin dalam cahaya dapat masuk ke dalam badan air. Sehingga semakin besar kesempatan bagi vegetasi akuatis untuk melakukan proses fotosintesis, dengan demikian maka semakin besar persediaan oksigen yang ada dalam air. Hal ini berdampak terhadap kehidupan ekosistem pesisir yang menjadi lebih baik. Baku mutu kekeruhan air laut untuk ekosistem adalah < 5 NTU. Kekeruhan ini berbanding terbalik dengan kecerahan dan berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi.

Kecerahan perairan adalah sebagian cahaya yang diteruskan dalam air dan dinyatakan dengan persen (%) atau meter (m) dari beberapa panjang gelombang di daerah spectrum yang terlihat cahaya yang melalui lapisan sekitar satu meter, jatuh agak lurus pada permukaan air (Kordi dan Tancung, 2007; Tarigan 2012). Faktor-Faktor yang mempengaruhi kecerahan perairan adalah kejernihan air, sangat ditentukan oleh partikel-partikel terlarut dan lumpur. Semakin banyak partikel atau bahan organik terlarut maka sinar matahari akan menjadi terhalang, sehingga tidak dapat menembus jauh ke dalam air. Menurut Effendi (2003) dalam Tarigan (2012), kecerahan air tergantung pada warna dan kekeruhan. Kecerdahan merupakan ukuran transparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan *secchi disk*.

Perairan laut sekitar Teluk Benoa memiliki kecerahan perairan yang cukup rendah, yaitu berkisar antara 1,5 - 6,0 m dengan rata-rata sebesar 2,75 m, yang terukur secara langsung/manual oleh alat ukur *secchi disk*. Artinya, pada kondisi tersebut cukup mempengaruhi terhadap kelangsungan hidup biota yang ada di sekitar perairannya, dalam hal ini berdasarkan KepmenLH Tahun 2004 disebutkan bahwa batas baku mutu air laut parameter kecerahan untuk kehidupan biota adalah karang: >5 m; mangrove: -; dan lamun: >3 m. Untuk kepentingan pelabuhan perikanan, parameter kecerahan memiliki baku mutu >3 m, masih cocok karena di sekitar dekat Pelabuhan Benoa memiliki kecerahan perairan 3,3 – 4,1 m. Sedangkan untuk wisata bahari tidak cocok, hal ini karena baku mutu untuk aktivitas wisata bahari memerlukan kecerahan air sebesar >6 m. Dapat dinyatakan bahwa tiga kategori dalam KepmenLH tersebut, hanya peruntukkan pelabuhan saja yang cocok dengan kondisi kecerahan perairan di sekitar Teluk Benoa tersebut. Namun tetap diperlukan kewaspadaan yang ekstra, karena

secara rata-rata kawasan perairan Teluk Benoa berada di bawah baku mutu air laut terhadap 3 kategori dalam KepmenLH tersebut.

Secara umum (spasial), kecerahan perairan kawasan Teluk Benoa lebih rendah berada pada dekat muara sungai dan sekitar vegetasi mangrove yang pada umumnya dasar perairan berupa lumpur, yaitu 1,7 - 2,5 m. Hanya kawasan di luar teluk dan sedikit bagian dekat Pelabuhan Benoa saja yang memiliki kecerahan perairan lebih tinggi (>3 m).

5.3. Padatan Tersuspensi Total (TSS)

Padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid (Yovie, 2012). Adanya padatan-padatan tersebut menyebabkan air keruh, padatan ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. Seperti uraian sebelumnya, TSS ini sangat erat kaitannya dengan kekeruhan, dapat menyebabkan penurunan kejernihan dalam air. Nilai TSS yang tinggi dapat menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air, hal ini mengganggu proses fotosintesis sehingga turunnya persediaan oksigen terlarut yang ada dalam air. Dampak yang timbul dari kondisi ini yaitu terganggunya ekosistem yang ada di sekitar perairan tersebut, terutama ekosistem pesisir yang dibahas dalam kegiatan penelitian ini. Baku mutu air laut parameter padatan tersuspensi untuk wisata bahari adalah 20 mg/Lt (KepmenLH, 2004).

Nilai padatan tersuspensi perairan laut Teluk Benoa berkisar antara 0,15 – 9,18 mg/Lt dan rata-rata 3,27 mg/Lt. Nilai ini masih dalam kondisi wajar, apabila dibandingkan dengan kondisi kecerahan perairan di dalam teluk yang sangat rendah tersebut.



Gambar 42. Grafik parameter TSS di perairan Teluk Benoa

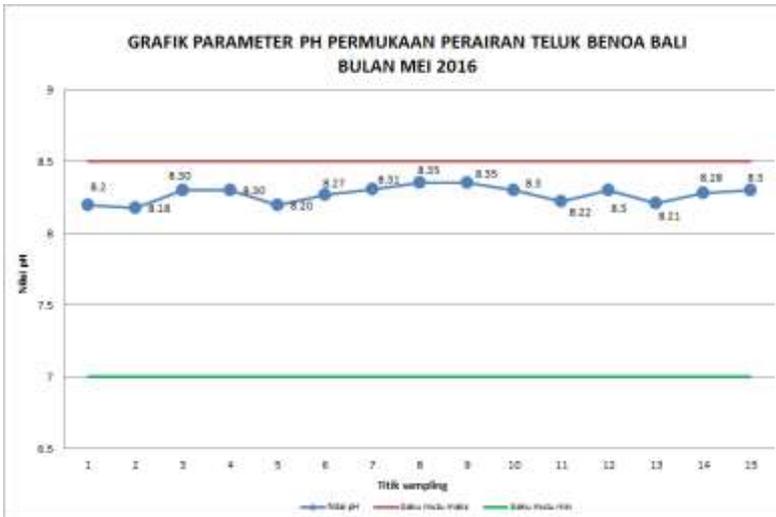
Secara spasial, sebaran padatan tersuspensi di perairan Teluk Benoa tertinggi terjadi pada dekat mulut muara (bagian hilir sungai), terutama hilir Tukad Mati (st 4) dan Tukad Badung (st 3), juga Tukad Bualu (st 7). Hal tersebut sangat wajar terjadi karena masukan sedimen terbesar suatu perairan laut terjadi dari masukan sungai-sungai yang ada di sekitar perairan tersebut. Walaupun pada Tukad Badung sudah terdapat bendungan sebagai pengontrol dan penghambat dari alirannya terutama terhadap masukan sedimen ke Teluk Benoa, namun masih berpengaruh besar terhadap tingginya padatan tersuspensi di perairannya. Dengan perencanaan dibangunnya Bendungan lagi di bagian muara Tukad Mati, semoga nantinya bisa lebih meningkatkan kontrol dan mengendalikan masukan sedimen ke dalam teluk.

5.4. pH

Nilai pH menyatakan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam larutan merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Dalam air bersih, jumlah konsentrasi ion H^+ dan OH^- berada dalam keseimbangan dengan nilai pH 7. Peningkatan ion hidrogen akan menyebabkan nilai pH turun disebut sebagai larutan asam. Sebaliknya apabila ion hidrogen berkurang akan menyebabkan nilai pH naik disebut dengan larutan basa (<http://staff.uny.ac.id>). Pada umumnya pH air laut

tidak banyak bervariasi, karena adanya sistem karbori dioksida dalam air laut mempunyai kapasitas penyangga (*buffering capacity*) yang kuat. Ini berarti bahwa pH air laut tidak mudah mengalami perubahan. Menurut Millero dan Sohn (1992) air laut mempunyai kemampuan sebagai penyangga (*buffer*) dalam mempertahankan pH air laut untuk selalu basa, sehingga nilainya relatif stabil dan sistem ini dikenal dengan sistem karbonat air laut. Baku mutu air laut untuk pH adalah 7 – 8,5 (diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 0,2 satuan pH).

Nilai pH perairan Teluk Benoa pada kondisi eksisting (mewakili tahun 2016) adalah 8,18 - 8,35 dan rata-rata 8,27. Kisaran nilai tersebut berada dalam rentang baku mutu air laut, baik untuk kriteria pelabuhan (6,5 – 8,5), wisata bahari (7 – 8,5), maupun kehidupan biota laut (7 – 8,5), sesuai dalam KepmenLH tahun 2004. Sehingga parameter pH perairan Teluk Benoa dalam kondisi yang normal dan wajar.



Gambar 43. Grafik pH permukaan perairan Teluk Benoa

Sebaran secara spasial pH perairan Teluk Benoa umumnya lebih rendah pada perairan sekitar sungai-sungai terutama muara Tukad Sama (barat teluk/st 5) sebesar 8,2 dan Tuka Buaji (utara teluk/st 11) sebesar 8,22. Hal tersebut dapat terjadi karena cukup besarnya pencampuran air laut Teluk Benoa dengan air tawar yang berasal dari sungai-sungai tersebut. Pada bagian sekitar Pelabuhan Benoa (st 2) dan P. Serangan (st 13) juga terlihat rendahnya nilai pH perairan, masing-masing bernilai

8,18 dan 8,21. Hal ini dapat terjadi karena tingginya aktivitas di darat dan sekitar pelabuhan tersebut. Secara umum, semakin menuju laut lepas pH perairan menjadi semakin tinggi.

5.5. SALINITAS

Secara sederhana, salinitas didefinisikan sebagai "Jumlah total gram bahan terlarut dalam satu kilogram air laut". Hal ini tidak berguna karena bahan terlarut hampir tidak mungkin untuk diukur dalam prakteknya. Definisi yang lebih lengkap, Dewan Internasional untuk Eksplorasi Laut membentuk komisi pada tahun 1889 yang merekomendasikan bahwa salinitas didefinisikan sebagai "Jumlah total bahan padat dalam gram yang dilarutkan dalam satu kilogram air laut ketika semua karbonat telah diubah menjadi oksida, bromida dan yodium digantikan oleh klorin dan semua materi organik sepenuhnya teroksidasi". Definisi ini diterbitkan pada tahun 1902, hal ini berguna tetapi sulit untuk digunakan secara rutin.

Salinitas merupakan ukuran jumlah garam dalam volume tertentu air laut, yang dinyatakan dalam satuan bagian per-seribu (ppt) atau bagian per-mil (‰). Sehingga didefinisikan sebagai jumlah garam terlarut yang terdapat dalam satu kilogram air laut dengan asumsi semua karbonat telah diubah menjadi oksida dan semua bromida dan iodida telah diubah menjadi karbon dan semua bahan organik telah teroksidasi sepenuhnya. Baku mutu air laut untuk parameter salinitas pada kelangsungan hidup terumbu karang dan lamun adalah 33 - 34 ‰, sedangkan pada mangrove dengan nilai s/d 34 ‰. Kondisi kisaran salinitas optimal ini masih diperbolehkan terjadi perubahan hingga sebesar 5% salinitas rata-rata musiman. Menurut Nontji (1987) kisaran salinitas optimal dan baik bagi pertumbuhan terumbu karang adalah antara 32 - 35 ‰. Salinitas akan bervariasi secara vertikal dan horizontal tergantung masukan air tawar, air hujan, dan penguapan (evaporasi). Salinitas mempunyai peranan penting dalam kehidupan organisme laut dan kelarutan gas di dalam air laut.

Salinitas permukaan air laut sekitar Teluk Benoa berkisar antara 31,60 - 32,80 ‰ dan rata-rata sebesar 32,32 ‰. Secara umum, nilai salinitas perairan Teluk Benoa masih dalam kondisi alami suatu perairan dekat pantai dan masih optimal untuk kehidupan karang (Nontji, 1987). Berdasarkan KepmenLH, dengan masih ditolerirnya perubahan salinitas

hingga 5% nilai salinitas rata-rata musiman, tentunya nilai salinitas perairan ini masih termasuk di dalam rentang yang baik.



Gambar 44. Grafik salinitas permukaan perairan Teluk Benoa

Secara spasial nilai salinitas cukup rendah (mencapai 31,6 ‰) terjadi pada muara Tukad Buaji (st 11), dekat Pelabuhan Benoa (st 2) dan dekat *runway* Bandara Ngurah Rai (st 4). Rendahnya nilai salinitas pada lokasi-lokasi tersebut diduga akibat dari tingginya pencampuran air tawar pada area tersebut dan aktivitas yang tinggi dari daratan sekitar lokasi pelabuhan.

5.6. DISSOLVED OXYGEN (DO)

DO merupakan oksigen yang terlarut dalam perairan. Kelarutan oksigen dalam air sangat dipengaruhi oleh suhu dan mineral terlarut dalam air. Sumber utama oksigen terlarut dalam perairan adalah dari proses fotosintesis tumbuhan dan penyerapan/pengikatan secara langsung oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dan udara. Tingkat oksigen terlarut akan mengatur kecepatan aktivitas metabolik dan tingkat respirasi organisme hidup, yang penting untuk kelangsungan hidup mereka di air laut (Prijadi dan Suminto, 1989; Hartoko, 2013). Perairan yang kaya bahan organik memerlukan oksigen yang banyak untuk proses dekomposisi bahan organik tersebut. Oksigen yang tidak cukup tersedia akan berpengaruh terhadap kehidupan biota

laut. Salmin (2005) menyatakan oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Dalam kondisi anaerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhir adalah nutrien yang dapat menyuburkan perairan. Dalam KepmenLH (2004) disebutkan bahwa baku mutu air laut untuk parameter oksigen terlarut adalah > 5 mg/Lt. Kriteria pencemaran berdasarkan kandungan oksigen yang dikeluarkan oleh Lee *dkk.* (1978); Marganof (2007) seperti pada **Tabel 7** berikut.

Tabel 7. Kualitas air laut berdasarkan kandungan DO

No	Kadar Oksigen (mg/L)	Status
1	>6,5	Tidak tercemar sampai tercemar sangat ringan
2	4,5 – 6,4	Tercemar ringan
3	2,0 – 4,4	Tercemar sedang
4	<2	Tercemar berat

Kandungan DO permukaan air laut di dalam perairan Teluk Benoa tidak terdeteksi dalam pengukuran. Dari sebanyak 15 titik sampel air yang diuji di laboratorium, tidak diperoleh adanya nilai oksigen terlarut dalam air sampel tersebut. Hal ini sangat mengkhawatirkan, karena oksigen terlarut sangat penting bagi kehidupan biota yang ada dalam perairan. Ditambah lagi kriteria untuk nilai DO <2 mg/Lt adalah tercemar berat (Lee *dkk.*, 1978; Marganof, 2007). Dengan kondisi tersebut, sangat perlu perhatian dari masyarakat sekitar, terutama juga dari Instansi Pemerintah terkait pada daerah studi. Perlu monitoring dalam pengujian data-data kualitas air di Teluk Benoa secara rutin dan berkala. Sehingga benar-benar diperoleh hasil yang mendekati kondisi eksisting air laut di Teluk Benoa (terutama oksigen terlarut), yang merupakan salah satu indikator pencemaran dan kesuburan perairan. Disamping kondisi tersebut, kehati-hatian dalam pengambilan dan penanganan sampel sangat perlu diperhatikan. Kesalahan dalam penanganan sampel saat pengambilan air sampel di lapangan dapat saja terjadi, berupa cairan pengikat yang perlu dimasukkan dalam sampel air.

5.7. BOD (*BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND*)

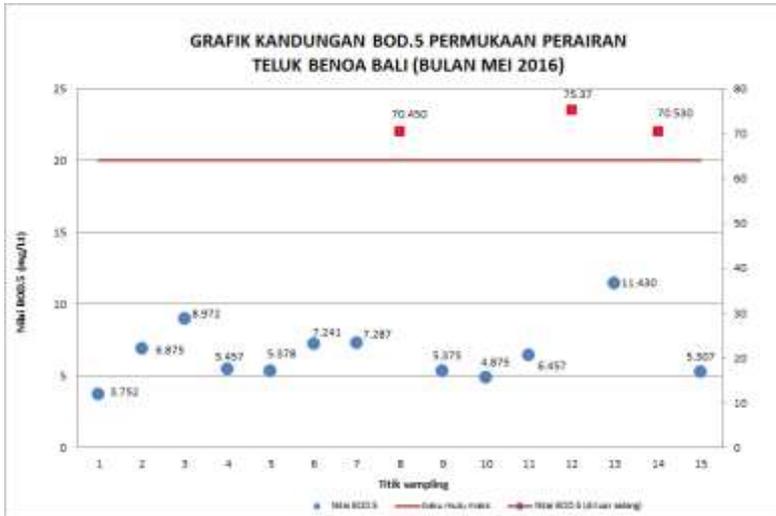
Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh organisme aerob untuk aktivitas hidup. Nilai BOD menunjukkan kandungan bahan organik dalam perairan, semakin tinggi nilai BOD berarti perairan tersebut banyak mengandung bahan organik di dalamnya, begitupun sebaliknya (<http://staff.uny.ac.id>). Nilai BOD ini biasanya digunakan untuk melihat tingkat penurunan kualitas air melalui penurunan kadar oksigen terlarut. BOD yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat penggunaan oksigen oleh mikroorganisme dalam mengurai material organik. Melalui berbagai proses penelitian yang panjang dan berulang-ulang, berhasil ditentukan pengukuran BOD dilakukan selama 5 hari atau dikenal dengan BOD5 pada suhu 20° C. Baku mutu air laut untuk parameter BOD adalah 20 mg/Lt. Sedangkan klasifikasi kualitas air berdasarkan BOD menurut Lee *dkk.* (1978) dalam Marganof (2007) adalah sebagai berikut (**Tabel 8**).

Tabel 8. Kualitas air berdasarkan BOD.5

No	Kadar Oksigen (mg/L)	Status
1	≤2,9	Tidak tercemar
2	3,00 – 5,00	Tercemar ringan
3	5,10 – 14,90	Tercemar sedang
4	≥15	Tercemar berat

Nilai kandungan BOD.5 perairan Teluk Benoa berkisar antara 3,75 – 75,37 mg/Lt dan rata-rata 19,65 mg/Lt. Secara umum nilai BOD.5 perairan Teluk Benoa perlu diperhatikan lebih baik lagi, terutama kondisi pada 3 titik (titik 8 / dekat P. Pudut, serta titik 12 dan titik 14 / luar teluk), memiliki kandungan BOD.5 sangat tinggi yaitu masing-masing 70,45 mg/Lt, 75,37 mg/Lt, dan 70,53 mg/Lt, yang berarti cukup banyaknya kandungan bahan organik dalam perairan pada 3 lokasi tersebut. Dengan kondisi ini, organisme tertentu membutuhkan oksigen cukup banyak untuk bertahan hidup. Di luar 3 titik tersebut, nilai kandungan BOD.5 perairan Teluk Benoa yaitu dengan rata-rata sebesar 6,53 mg/Lt, masih dalam kisaran baku mutu air laut untuk kehidupan biota laut (20 mg/Lt) dan keperluan wisata bahari (10 mg/Lt).

Kewaspadaan perlu ditingkatkan dengan kondisi yang ada sekarang, terutama aktivitas yang cukup padat terjadi di sekitar perairan ini.



Gambar 45. Grafik kandungan BOD.5 permukaan perairan Teluk Benoa

Sebaran secara spasial nilai BOD.5 perairan Teluk Benoa pada umumnya lebih tinggi di daerah pantai, dekat dengan mulut teluk, bagian muara sungai, dan sekitar Pulau Pudut. Kondisi tersebut dapat terjadi karena tingginya aktivitas di sekitar lokasi-lokasi tersebut, sehingga dapat menyebabkan banyak bahan organik berasal dari buangan sampah, sehingga oksigen yang diperlukan mikroorganisme dalam mengurai material organik juga semakin tinggi. Hal tersebut sangat mungkin terjadi terutama sekitar dekat mulut teluk, akibat aktivitas lalu lalang kapal. Sedangkan di sekitar Pulau Pudut dapat terjadi karena aktivitas manusia / wisatawan.

5.8. AMMONIA

Salah satu nutrisi yang diperlukan dalam proses fotosintesis adalah nitrogen. Ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) merupakan salah satu bentuk nitrogen di alam yang sering dikaitkan dengan pencemaran suatu perairan. Organisme akuatik (terumbu karang, mangrove, dan lamun) mengambil nitrogen dalam bentuk ammonia maupun nitrat. Nitrogen akan digunakan untuk membentuk protein dan enzim yang merupakan bahan penting untuk melaksanakan proses fisiologis. Toksisitas ammonia

terhadap organisme akuatik meningkat dengan penurunan kadar oksigen terlarut, peningkatan pH, dan suhu. Namun, ammonia terdapat dalam jumlah kecil di perairan alami yang tidak mengalami perubahan. Ammonia ini sangat larut, 1 volume air dapat melarutkan 1.300 volume ammonia pada suhu 0°C. Nilai ini, pada umumnya menjadi fakta bahwa pada musim kemarau ammonia bebas biasanya meningkat dengan meningkatnya kedalaman. Pada dasar perairan kemungkinan terdapat ammonia dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan perairan di bagian atasnya (Welch, 1952).

Kandungan ammonia dalam perairan Teluk Benoa berkisar antara 0 – 0,33 mg/Lt, dan rata – rata sebesar 0,05 mg/Lt. Secara umum kandungan ammonia di sekitar perairan Teluk Benoa masih tergolong rendah, dan masih berada dalam rentang baku mutu air laut untuk kehidupan biota laut (0,3 mg/Lt) sesuai dalam KepmenLH Tahun 2004. Nilai kandungan tertinggi ammonia hanya terjadi pada titik sampel 7 yaitu sebesar 0,33 mg/Lt (**Gambar 46**), berada pada bagian selatan teluk yang merupakan muara dari Tukad Bualu.



Gambar 46. Kandungan ammonia perairan Teluk Benoa

Sebaran secara spasial, hanya sekitar muara dari Tukad Bualu saja yang memiliki kandungan ammonia tertinggi bahkan berada di luar baku mutu air laut untuk biota laut, yaitu mencapai 0,33 mg/Lt.

5.9. MINYAK DAN LEMAK

Minyak adalah istilah umum untuk semua cairan organik yang tidak larut/bercampur dalam air (*hidrofobik*) tetapi larut dalam pelarut organik. Minyak adalah salah satu kelompok yang termasuk pada golongan lipid, yaitu senyawa organik yang terdapat di alam serta tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non-polar. Menurut Permen tahun 2010, disebutkan bahwa Minyak adalah minyak bumi dalam bentuk apapun termasuk minyak mentah, minyak bahan bakar, minyak kotor, kotoran minyak, dan hasil olahan pemurnian seperti berbagai jenis aspal, bahan bakar diesel, minyak pelumas, minyak tanah, bensin, minyak suling, naptha, dan sejenisnya.

Minyak merupakan salah satu sumber pencemar dalam perairan, yang disebabkan karena berbagai hal mulai dari ekplorasi minyak bumi, pengilangan minyak, kecelakaan transportasi, kebocoran pipa ataupun pembuangan air buangan kamar mesin dan kegiatan di kapal lainnya (Nuryatini, 2010; Setiawan *dkk.*, 2014). Pencemaran oleh minyak ini dapat menimbulkan polusi terhadap perairan dan laut yang berdampak pada turunnya daya dukung lingkungan yang berdampak pada terganggunya kehidupan organisme dalam perairan tersebut. Dalam KepmenLH Tahun 2004 disebutkan bahwa baku mutu air laut untuk parameter minyak dan lemak terhadap wisata bahari adalah 1 mg/Lt.

Paramater minyak dan lemak cukup penting dalam melihat kondisi pencemaran perairan, terutama pada lokasi-lokasi yang memiliki aktivitas mondar-mandir kapal besar seperti yang terjadi di kawasan Teluk Benoa karena adanya Pelabuhan Internasional (Pelabuhan Benoa). Kandungan minyak dan lemak perairan Teluk Benoa berkisar antara 0,0044-0,0210 mg/Lt dan rata-rata sebesar 0,0010. Nilai tersebut masih berada dalam rentang baku mutu air laut, baik untuk wisata bahari dan biota laut (1 mg/Lt), apalagi untuk pelabuhan (5 mg/Lt). Pencemaran perairan Teluk Benoa dan sekitarnya tidak terlihat dari parameter ini, walaupun terdapat banyak aktivitas dari kapal-kapal besar keluar masuk teluk. Nilai kandungan minyak & lemak paling tinggi hanya sebesar 0,0210 mg/L (titik sampel 9) terdapat pada mulut teluk dan bagian dalam teluk, yang secara umum merupakan alur dari kapal yang keluar masuk teluk. Terutama pada titik sampel 9 tersebut, merupakan lokasi

yang sangat dekat dengan Pelabuhan Benoa terlihat banyaknya kapal-kapal yang bersandar.

5.10. FENOL

Fenol banyak ditemukan dalam limbah industri di Indonesia, antara lain pada industri migas, perekat, kayu lapis, farmasi, cat, tekstil, keramik, plastik, limbah cair Rumah Sakit dan sebagainya. Selain itu fenol juga terdapat pada limbah domestik dimana salah satunya berasal dari sisa pembersih lantai. Fenol juga dapat digunakan sebagai disinfektan maupun antiseptik untuk sterilisasi peralatan terutama dari Laboratorium Mikrobiologi dan ruang operasi, seperti yang digunakan Sir Joseph Lister saat mempraktekkan pembedahan antiseptik. Fenol merupakan komponen utama pada antiseptik dagang, triklorofenol atau dikenal sebagai TCP (*trichlorophenol*). Fenol juga merupakan bagian komposisi beberapa anestetika oral, misalnya semprotan kloraseptik. Fenol berfungsi dalam pembuatan obat - obatan (bagian dari produksi aspirin, pembasmi rumput liar, dan lainnya (Mulyadi, 2009).

Fenol ini biasanya berbentuk kristal dengan bau yang khas, bersifat racun dan korosif terhadap kulit (menimbulkan iritasi). Fenol mempunyai titik leleh 41°C , titik didih $181,7^{\circ}\text{C}$, larut dalam pelarut organik dan larut dalam air dengan kelarutan terbatas, yakni 8,3 gram/100 ml (Wang *dkk.*, 2016). Fenol memiliki sifat yang cenderung asam, artinya ia dapat melepaskan ion H^+ dari gugus hidroksilnya. Pengeluaran ion tersebut menjadikan anion fenoloksida $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$ yang dapat dilarutkan dalam air.

Dibandingkan dengan alkohol alifatik lainnya, fenol bersifat lebih asam. Hal ini dibuktikan dengan mereaksikan fenol dengan NaOH , di mana fenol dapat melepaskan H^+ . Pada keadaan yang sama, alkohol alifatik lainnya tidak dapat bereaksi seperti itu. Pelepasan ini diakibatkan pelengkapan orbital antara satusatunya pasangan oksigen dan sistem aromatik, yang mendelokalisasi beban negatif melalui cincin tersebut dan menstabilkan anionnya (Nollet, 2007).

Fenol sangat berbahaya bagi manusia, antara lain jika terhirup dapat mengganggu pernapasan, kontak dengan mata dapat menyebabkan iritasi, jika kontak dengan kulit dapat menyebabkan kulit melepuh dan sangat beracun jika tertelan. Tindakan pencegahan untuk keselamatan adalah setelah kontak dengan kulit, maka kulit harus segera

dicuci dengan air yang cukup (Mukaromah, 2004). Selain itu apabila terminum dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia seperti gangguan pada otak, paru-paru, ginjal dan limpa serta dapat menyebabkan kegagalan sirkulasi darah dan kematian akibat kegagalan pernafasan. Untuk itu diperlukan suatu pengolahan, sebagai usaha menurunkan kadar fenol dalam air limbah sehingga menjadi aman bagi lingkungan (Mulyadi, 2009). Degradasi Fenol Pada dasarnya fenol dapat mengalami degradasi/penurunan oleh adanya cahaya matahari (*photodegradasi*), namun berjalan lambat, sehingga laju akumulasi fenol lebih tinggi daripada laju degradasinya. Akibatnya konsentrasi fenol akan semakin meningkat sampai akhirnya melewati batas ambang yang diijinkan. Proses fotodegradasi fenol pada dasarnya dapat dipercepat oleh keberadaan fotokatalis seperti TiO₂, CuO, ZnO, CdO, dan Fe₂O₃, yang masing-masing bertindak sebagai sensitizer. Reaksi fotokatalisis sangat efektif untuk menguraikan fenol secara sempurna menjadi CO₂ dan H₂O yang aman bagi lingkungan. Disamping itu, ion-ion logam seperti Fe (III) dilaporkan juga dapat meningkatkan laju reaksi fotodegradasi fenol (Nollet, 2007).

Nilai kandungan fenol di perairan Teluk Benoa tergolong tinggi, berkisar antara 1,31-4,35 mg/Lt dan rata-rata sebesar 2,42 mg/Lt. Baku mutu kandungan senyawa fenol total untuk biota laut hanya sebesar 0,002 mg/Lt (KepmenLH, 2004), sangat jauh lebih besar kandungan yang ada dalam perairan saat ini. Banyak industri-industri di sekitar kawasan Teluk Benoa menjadi salah satu penyebab tingginya kandungan fenol dalam perairan. Limbah fenol tergolong limbah berbahaya, bersifat racun dan korosif. Apabila mencemari perairan dapat menimbulkan rasa dan bau tidak sedap, serta pada nilai konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kematian organisme di perairan tersebut (Nollet, 2007).

5.11. LOGAM BERAT

Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang, vulkanisme dan lainnya sebagainya. Umumnya logam - logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain dan sangat jarang ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain dan sangat jarang ditemukan dalam elemen tunggal. Dalam penyebarannya logam - logam jarang dalam lapisan bumi, lebih banyak ditemukan dalam batuan (Evangelou, 1998).

Unsur-unsur logam berat biasanya erat kaitannya dengan masalah pencemaran dan toksisitas. Pencemaran yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan tatanan lingkungan hidup, umumnya berasal dari limbah industri yang sangat berbahaya dan memiliki toksisitas tinggi. Pembuangan limbah industri secara terus menerus ke lingkungan perairan tanpa melalui proses pengolahan limbah yang sesuai dengan standar yang berlaku akan menyebabkan lingkungan perairan tercemar yang kemudian akan menyebabkan terkonsentrasinya logam berat dalam sedimen dan biota. Bila logam berat masuk ke dalam lingkungan laut, maka bahan cemar ini akan mengalami tiga macam proses akumulasi, yaitu proses fisika, kimia dan biologi. Akumulasi melalui proses inilah yang dinamakan proses bioakumulasi. Bioakumulasi dapat terjadi pada makroorganisme melalui tahap pemangsaan dari organism terkecil sampai pada tingkat organism yang terbesar yang lebih dikenal dengan istilah trophic level.

Berbeda dari logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek - efek khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Namun demikian sebagian logam-logam berat tersebut tetap dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit, dan apabila tidak terpenuhi akan berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup (Nollet, 2007).

Kondisi kualitas perairan Teluk Benoa dari beberapa parameter logam berat seperti Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) cukup mengkhawatirkan, dengan nilai rata-rata masing - masing sebesar 0,66 mg/Lt (baku mutu 0,008 mg/Lt) dan 0,01 mg/Lt (baku mutu 0,001 mg/Lt). Hanya parameter Besi (Fe) saja yang tidak terdeteksi dalam pengujian sampel air laut tersebut.

1. Timbal (Pb)

Timbal atau dalam kesehariannya lebih dikenal dengan timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam - logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2.

Penyebaran logam timbal sangat sedikit, jumlah yang terdapat di seluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002% dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit bila dibandingkan dengan jumlah

kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi. Logam Pb mempunyai sifat - sifat yang khusus yaitu berwarna coklat kehitaman, merupakan logam lunak sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan dan dapat dibentuk dengan mudah, merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, mempunyai titik lebur rendah ($327,5^{\circ}\text{C}$), mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam - logam biasa (kecuali emas dan merkuri) dan merupakan penghantar listrik yang tidak baik (Nollet, 2007).

Timbal mudah dimurnikan dalam pertambangan. Dalam pertambangan logam ini dibentuk sulfida logam (PbS), yang sering disebut galena. Senyawa ini banyak ditemukan dalam pertambangan - pertambangan di seluruh dunia. Bahaya yang ditimbulkan oleh penggunaan timbal ini adalah sering menimbulkan keracunan. Keracunan Pb banyak disebabkan oleh pencemaran lingkungan atau udara, terutama di kota - kota besar.

Penggunaan dalam jumlah besar adalah untuk bahan produksi baterai dan kendaraan bermotor. Selain itu Pb banyak diproduksi untuk amunisi, kabel, solder, pelapis pipa-pipa sebagai anti korosit dan digunakan untuk campuran pembuatan cat sebagai bahan perwarna karena daya larutnya yang rendah dalam air (Evangelou, 1998).

Sebaran secara spasial kandungan timbal (Pb) di perairan Teluk Benoa tertinggi terjadi pada sekitar Pulau Pudut bagian Selatan (titik sampling 8) dengan nilai kandungan sebesar $1,949\text{ mg/Lt}$ dan Selatan Pulau Serangan (titik sampling 12) sebesar $1,438\text{ mg/Lt}$ (Gambar 107). Beberapa titik sampling tidak terdeteksi adanya kandungan timbal, yaitu pada titik 1, 2, 5, 6, 9, 10, 11, dan 15. Secara umum, ke arah laut lepas kandungan timbal semakin menurun hingga tidak terdeteksi adanya kandungan timbal.

2. Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) adalah logam berwarna putih keperakan menyerupai aluminium dengan berat atom $112,40\text{ g/mol}$ dengan titik cair 321°C dan titik didih 765°C . Kadmium tergolong dalam logam berat dan memiliki afinitas yang tinggi terhadap sulfhidrid dan kelarutannya akan meningkat dalam lemak. Kadmium akan mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik di perairan alami yang bersifat basa.

Pada kadar 0,01 - 0,1 mg/l CdCl₂ dapat mereduksi ATP, klorofil dan mengurangi konsumsi O₂ oleh fitoplankton. Kadmium bersifat lentur, tahan terhadap tekanan, memiliki titik lebur rendah dan dapat dimanfaatkan untuk pencampur logam lain seperti nikel, perak, tembaga, dan besi. Sumber kadmium juga berasal dari pabrik peleburan besi, baja, produksi semen, pembakaran sampah, dan penggunaan logam yang berhubungan dengan hasil produksinya (pabrik baterai, aki, pigmen warna, pestisida, gelas, dan keramik).

Sifat racun kadmium terhadap ikan yang hidup dalam air laut berkisar antara 10 - 100 kali lebih rendah dari pada dalam air tawar yang memiliki tingkat kesadahan lebih rendah. Toksisitas kadmium meningkat dengan menurunnya kadar oksigen dan kesadahan, serta meningkatnya pH dan suhu. Toksisitas kadmium turun pada salinitas dengan kondisi dimana konsentrasi kadmium sama dengan cairan tubuh hewan bersangkutan (Wang dkk., 2016). Logam Cd belum diketahui perannya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Kadmium bersifat kumulatif dan sangat toksik bagi manusia karena dapat mengakibatkan gangguan fungsi ginjal serta merusak lingkungan perairan.

Konsentrasi kadmium di sedimen berada pada 2 - 7,5 ppm maka dikategorikan sebagai tercemar ringan. Konsentrasi kadmium antara 7,5 - 12 ppm maka dikategorikan sebagai tercemar sedang. Konsentrasi kadmium antara 12 - 30 ppm maka perairan termasuk ke dalam kategori bahaya dan harus segera dilakukan pembersihan sedimen (Evangelou, 1998).

Secara keseluruhan kandungan kadmium di perairan Teluk Benoa dan sekitarnya cukup mengkhawatirkan, dari 15 titik sampling terindikasi memiliki nilai kandungan kadmium di luar baku mutu air laut. Hal ini sangat mempengaruhi kehidupan biota laut di dalam teluk juga terhadap kelangsungan hidup ekosistem di sekitarnya. Dan juga baku mutu untuk pelabuhan saja yang cukup tinggi (Kepmen LH No. 51 tahun 2004: 0,01 mg/Lt), juga terlewati karena terutama pada titik 1 dan titik 9, yang sangat berdekatan dengan Pelabuhan Benoa, serta titik 10 memiliki nilai kandungan kadmium masing – masing sebesar 0,011 mg/Lt dan 0,0479mg/Lt serta 0,0187 mg/Lt. Untuk sebaran spasial kandungan kadmium (Cd) pada perairan sekitar Teluk Benoa semakin ke arah laut lepas, kandungannya semakin rendah dan turun.

3. Besi (Fe)

Besi (Fe) merupakan logam transisi dan memiliki nomor atom 26. Bilangan oksidasi Fe adalah +3 dan +2. Fe memiliki berat atom 55,845 g/mol, titik leleh 1.538°C, dan titik didih 2.861°C. Fe menempati urutan sepuluh besar sebagai unsur di bumi. Fe menyusun 5 – 5,6% dari kerak bumi dan menyusun 35% dari masa bumi. Fe menempati berbagai lapisan bumi. Konsentrasi tertinggi terdapat pada lapisan dalam dari inti bumi dan sejumlah kecil terdapat di lapisan terluar kerak bumi. Beberapa tempat di bumi mengandung Fe mencapai 70%.

Logam Fe ditemukan dalam inti bumi berupa hematite. Fe hampir tidak dapat ditemukan sebagai unsur bebas. Fe diperoleh dalam bentuk tidak murni sehingga harus melalui reaksi reduksi guna mendapatkan Fe murni. Fe ditemukan terutama sebagai mineral hematite (Fe_2O_3); magnetit (Fe_3O_4); mineral lain yang merupakan sumber Fe adalah limonit ($\text{FeO}(\text{OH})_n\text{H}_2\text{O}$), siderite (FeCO_3), dan takonit. Inti bumi sebagian besar terdiri dari alloy besi–nikel (Fe–Ni) dan kira-kira 5% meteorit yang mengandung alloy Fe–Ni (Evangelou, 1998).

Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hydrogen (Karamouz *dkk.*, 2003).

Pada pH sekitar 7,5 - 7,7 ion ferri mengalami oksidasi dan berikatan dengan hidroksida membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang bersifat tidak larut dan mengendap (presipitasi) di dasar perairan, membentuk warna kemerahan pada substrat dasar. Oleh karena itu, besi hanya ditemukan pada perairan yang berada dalam kondisi anaerob (anoksik) dan suasana asam. Fenomena serupa terjadi pada badan sungai yang menerima aliran air asam dengan kandungan besi (ferro) cukup tinggi, yang berasal dari daerah pertambangan. Sebagai pertanda terjadinya pemulihan (recovery) kualitas air, pada bagian hilir sungai dasar perairan berwarna kemerahan karena terbentuknya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sebagai konsekuensi dari meningkatnya pH dan terjadinya proses oksidasi besi (ferro).

Sumber besi di alam adalah pyrite (FeS_2), hematite (Fe_2O_3), magnetite (Fe_3O_4), limonite [$\text{FeO}(\text{OH})$], goethite (HFeO_2) dan ochre

[Fe(OH)₃] (Cole, 1988 dan Moore, 1991). Senyawa besi pada umumnya bersifat sukar larut dan cukup banyak terdapat di dalam tanah. Kadang - kadang besi juga terdapat sebagai senyawa siderite (FeCO₃) yang bersifat mudah larut dalam air.

Air tanah dalam biasanya memiliki karbondioksida dengan jumlah yang relatif banyak, dicirikan dengan rendahnya pH, dan biasanya disertai dengan kadar oksigen terlarut yang rendah atau bahkan terbentuk suasana anaerob. Pada kondisi ini, sejumlah ferri karbonat akan larut sehingga terjadi peningkatan kadar besi ferro (Fe²⁺) di perairan (Evangelou, 1998).

5.12. BAKTERI E. COLI DAN COLIFORM

Pengukuran air bersih secara bakteriologis dapat dilihat dengan pengukuran mikroorganisme golongan coliform yang umumnya dipakai adalah *E. coli*. Kehadiran jumlah tertentu *E. coli* dalam air dapat menggambarkan adanya jasad pathogen, sehingga air yang terkontaminasi bakteri ini dapat dinyatakan telah tercemar. Kualitas bakteri air dalam perairan sangat bervariasi, namun, idealnya untuk air minum tidak boleh terkandung bakteri apapun. Sebagai indikator utama *E. coli* memberi petunjuk secara nyata bahwa telah terjadi pencemaran karena tinja. Ditinjau dari segi estetika, sanitasi, kebersihan dan kemungkinan infeksi berbahaya pencemaran feaces sangat tidak diinginkan (Nollet, 2007).

E. coli (*Escherichia coli*) adalah bakteri yang biasanya digunakan sebagai parameter pencemaran air. Bakteri *Escherichia coli* merupakan salah satu bakteri yang tergolong dalam coliform. Coliform hidup di dalam kotoran manusia dan hewan (faecal coliform). Coliform mampu memfermentasi laktosa pada suhu 44,5°C dan merupakan bagian yang paling dominan (97 %) pada tinja manusia dan hewan. Faecal coliform adalah bakteri yang menunjukkan adanya pencemaran tinja yang paling efisien, karena faecal coliform hanya dan selalu akan terdapat dalam tinja manusia. Jika bakteri tersebut terdapat dalam perairan maka dapat dikatakan perairan tersebut telah tercemar dan tidak dapat dijadikan sebagai sumber air minum (Nollet, 2007).

Bakteri coliform umumnya berbentuk batang dan mampu melakukan fermentasi laktosa yang memproduksi gas dan asam pada suhu 37°C dalam waktu kurang dari 48 jam. Bakteri *E. coli* berkarakter

seperti bakteri koliform dapat menghasilkan senyawa indole di dalam air pepton yang mengandung asam amino triptofan, serta tidak dapat menggunakan natrium sitrat. *E. coli* ditemukan sekitar Tahun 1970 adalah bakteri yang berhubungan dengan penyakit diare yaitu Enterotoksigenik *E. coli* (ETEC) dengan dua tipe toksin yang disebut sebagai toksin labil (labile toxin LT) dan toksin stabil (stable toxin, ST). Ada bentuk serotipe lain dari *E. coli* (O78,O13,O6) yang juga memproduksi enterotoksin ditemukan sebagai etiologi penting diare akut.

Karakteristik *E. coli* (Nollet,2007) merupakan bakteri berbentuk batang yang terdapat di dalam usus manusia dan hewan. Dalam suatu proses aerob, *E. coli* merupakan suatu spesies dominan yang ditemukan pada kotoran. Bakteri ini mungkin saja terdapat dalam bentuk berpasangan (*diplobasil*) dan membentuk rantai (*streptobasil*) dengan kumpulan sel yang tidak beraturan. Dalam beberapa keadaan tertentu pengelompokan ini tidak terjadi dikarenakan berada dalam tahap pertumbuhan dan kondisi kultur. Indikator pencemaran melalui parameter *faecal coliform* dinyatakan dalam jumlah yang berkorelasi dengan bakteri panthogen. Pendeteksian bakteri ini lebih sederhana, murah, mudah dan cepat dari pada mendeteksi bakteri panthogen lain. Bakteri coliform terdiri atas bakteri *Escherichia coli* dan *Enterobacter aerogenes*. Ketika *coliform* menjadi indikator kualitas air yang bagus maka bakteri ini tidak boleh ada dalam perairan (Mulyadi, 2009).

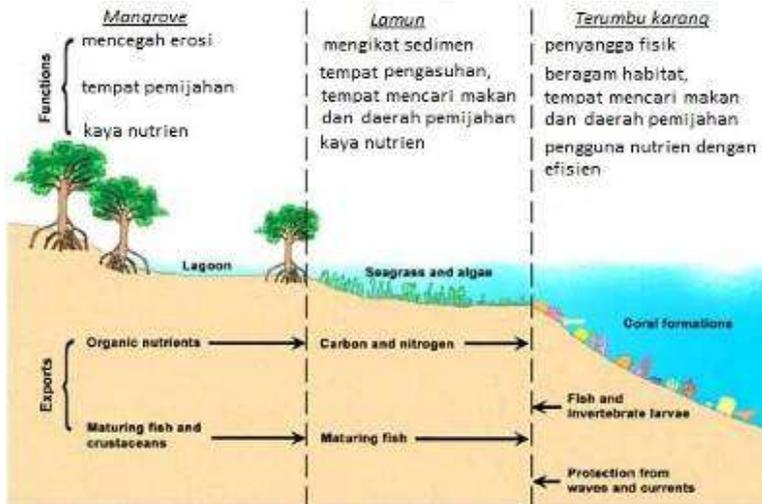
Keberadaan bakteri *E. coli* dan Coliform dalam perairan Teluk Benoa hanya ditemui pada titik sampling 5 dan titik 8, dengan nilai kandungan masing – masing sebesar 23,00 MPN/100 ml, 23,00 MPN/100 ml dan 9,00 MPN/100 ml, $1,1 \times 10^3$ MPN/100 ml. Nilai kandungan bakteri pada perairan Teluk Benoa yang berada di luar baku mutu air laut hanya terjadi pada kandungan bakteri Coliform, sedikit berpengaruh pada wisata bahari dan biota laut terutama pada titik 8 yang berada dekat dengan Pulau Pudent. Walaupun hanya ditemukan di dua lokasi sampling dan nilai tertinggi hanya pada satu titik, namun tetap perlu kewaspadaan yang tinggi karena sudah adanya indikator pencemaran perairan Teluk Benoa dari bakteri yang diujikan tersebut.

BAB 6. EKOSISTEM PESISIR DAN TATA GUNA LAHAN

Ekosistem adalah unit fungsional dasar dalam ekologi yang di dalamnya tercakup organisme dan lingkungannya (lingkungan biotik dan abiotik) dan diantara keduanya saling mempengaruhi (Odum, 1971; Kordi, 2011). Dalam UU LH (1982) *dalam* Irwan (2014), ekosistem adalah tatanan kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi.

Ekosistem di daerah pesisir dan laut sangat beranekaragam, secara prinsipnya terdapat 4 fungsi pokok ekosistem tersebut bagi kehidupan manusia, yaitu sebagai penyedia sumber daya alam, penerima limbah, penyedia jasa-jasa pendukung kehidupan, dan penyedia jasa-jasa kenyamanan (Bengen, 2001). Ada tiga ekosistem penting di daerah pesisir dan laut meliputi ekosistem mangrove, ekosistem lamun (juga rumput laut), dan ekosistem terumbu karang (Kordi, 2011). Masing-masing ekosistem ini memiliki fungsi penting baik biologis maupun ekonomis. Diantara fungsi terpenting dari beberapa ekosistem tersebut adalah menahan abrasi pantai, akresi pantai, intrusi air laut, dan pencemaran.

Keterkaitan antara ketiga ekosistem ini sangat erat, terlihat seperti **Gambar 47**. Sifat universal dari setiap ekosistem, apakah itu ekosistem alami atau ekosistem buatan manusia yang meliputi ekosistem daratan, ekosistem air tawar atau ekosistem laut maupun ekosistem lansekap dan ekosistem pertanian serta ekosistem lainnya adalah interaksi dari komponen-komponen autotrofik dan heterotrofik. Oleh karena itu, ekosistem merupakan konsep sentral dalam ekologi. Dengan konsep ekosistem, komponen-komponen lingkungan hidup harus dilihat secara terpadu sebagai komponen yang berkaitan dan tergantung satu sama lain dalam suatu sistem. Cara inilah yang dimaksudkan dengan pendekatan ekosistem atau pendekatan holistik. Selama komponen - komponen pokok ada dan berinteraksi membentuk kerja sama untuk mencapai suatu kemantapan fungsional, walaupun hanya dalam waktu singkat, kesatuan tersebut dapat dianggap suatu ekosistem (Burel and Baudry, 2003).



Sumber: <http://geographylovers.files.wordpress.com> (2011)

Gambar 47. Fungsi dan peran 3 ekosistem laut tropis

6.1. EKOSISTEM MANGROVE

Ekosistem mangrove termasuk dalam ekosistem pesisir/pantai, merupakan komunitas vegetasi pantai tropis, yang didominasi oleh beberapa spesies pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai berlumpur (Bengen, 2001). Mangrove juga didefinisikan sebagai formasi tumbuhan daerah litoral yang khas di pantai daerah tropis dan sub tropis yang terlindung (Saenger *dkk.*, 1983; Rusila Noor *dkk.*, 1999). Menurut Soerianegara (1987) dalam "Buku Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia", mangrove merupakan hutan yang terutama tumbuh pada tanah lumpur alluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut.

Penzonasian hutan mangrove dari jenis vegetasi yang tumbuh dengan posisi dekat dengan laut hingga dekat pantai dapat dibagi menjadi (Irwan, 2014):

- 1) Posisi terdekat dengan laut, didominasi oleh jenis *Avicennia* dan *Sonneratia*.
- 2) Hutan pada substrat yang lebih tinggi, didominasi oleh *Bruguiera cylindrica*, tumbuh pada tanah liat yang cukup keras dan dapat dicapai oleh beberapa air pasang saja.

- 3) Lebih jauh dari pantai, didominasi oleh *Rhizophora*.
- 4) Hutan bakau yang didominasi oleh *Bruguiera parviflora*.
- 5) Hutan mangrove yang didominasi oleh *Bruguiera gymnorrhiza*.

Menurut Davis (1940) *dalam* Irwan (2014), hutan bakau tidak hanya penting bagi pelebaran pantai ke arah laut terbuka serta pembentukan pulau-pulau, namun juga penting sebagai pelindung pantai terhadap erosi yang berlebihan. Mangrove memiliki berbagai macam manfaat bagi kehidupan manusia dan lingkungan sekitarnya. Berbagai produk dari mangrove dapat menghasilkan baik secara langsung maupun tidak langsung, seperti; kayu bakar, bahan bangunan, keperluan rumah tangga, kertas, kulit, obat-obatan dan perikanan. Melihat beragamnya manfaat mangrove, maka tingkat dan laju perekonomian pedesaan yang berada di kawasan pesisir seringkali sangat bergantung pada habitat mangrove yang ada di sekitarnya. Dalam hal ini, produk yang paling memiliki nilai ekonomis tinggi dari ekosistem mangrove adalah perikanan pesisir.

Secara ekologis, mangrove berperan menjaga kestabilan produktivitas dan ketersediaan sumberdaya hayati wilayah pesisir dan pulau – pulau kecil. Hal ini mengingat ekosistem mangrove juga merupakan daerah asuhan (*nursery ground*) dan pemijahan (*spawning ground*) beberapa jenis biota perairan seperti udang, ikan dan kerangkerangan serta sebagai sanctuary kehidupan liar. Mangrove dikenal sebagai pemasok hara dan makanan bagi plankton serta menciptakan suatu rantai makanan yang kompleks di perairan sekitarnya (Dahuri *dkk.*, 2013).

Keberadaan mangrove berkaitan erat dengan tingkat produksi perikanan. Di Indonesia hal ini dapat dilihat bahwa daerah-daerah perikanan potensial seperti di perairan sebelah timur Sumatera, pantai selatan dan timur Kalimantan, pantai Cilacap, dan pantai selatan Irian Jaya yang kesemuanya masih berbatasan dengan hutan mangrove cukup luas (Soewito, 1984; Noor *dkk.*, 2006). Sebaliknya, menurunnya produksi perikanan di Bagansiapiapi, dimana sebelum perang dunia II merupakan penghasil ikan utama di Indonesia bahkan sebagai salah satu penghasil ikan utama dunia, salah satunya disebabkan oleh rusaknya mangrove di daerah sekitarnya (Kasry, 1984; Noor *dkk.*, 2006).

Kawasan Teluk Benoa dan sekitarnya merupakan habitat yang berlumpur dan terlindung sehingga memungkinkan berkembangnya

mangrove (Sudiarta *dkk.*, 2013). Keberadaan mangrove di Teluk Benoa sangat penting, baik ditinjau dari aspek fisik, ekologi maupun ekonomi. Secara fisik, mangrove ini merupakan pelindung daratan dari abrasi pantai, sistem filter yang melindungi terumbu karang dan lamun dari ancaman kerusakan oleh sedimentasi, sampah dan air limbah yang berasal dari surface run off di daerah perkotaan Badung dan Denpasar. Ditinjau dari aspek mitigasi bencana, mangrove dengan struktur komunitas didominasi *Sonneratia* mempunyai kemampuan tinggi mengurangi dampak dari bencana pesisir. Selain itu, mangrove di kawasan Teluk Benoa mempunyai peranan penting dalam sistem tata lingkungan perkotaan sebagai paru-paru kota mengingat letaknya yang strategis di daerah perkotaan (Sudiarta *dkk.*, 2013). Kontribusinya terhadap produksi oksigen dan menyerap emisi karbon sangat nyata di kawasan perkotaan yang minim akan keberadaan ruang terbuka hijau.

Di kawasan Tahura Ngurah Rai ditemukan sebanyak 16 jenis mangrove sebagai komponen utama dan cukup banyak jenis mangrove asosiasi lainnya (Sudiarta *dkk.*, 2013). Secara umum jenis mangrove tersebut adalah *Sonneratia alba*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Rhizophora stylosa*, *Avicennia marina*, *Xylocarpus granatum*, *Excoecaria agallocha*, *Avicennia lanata*, *Ceriops tagal*, *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia officinalis*, *Bruguiera cylindrical*, *Sonneratia caseolaris*, *Lumnitzera racemosa*, *Ceriops decandra* dan *Pemphis acidula*. Semua jenis mangrove ini adalah jenis mangrove sejati (*true mangrove*) (LPPM Unud, 2013; Suantika, 2014). Mangrove sejati yang mendominasi kawasan Teluk Benoa berasal dari family *Rhizophoraceae*, *Sonneraceae* dan *Avicenniaceae*. Ketiga jenis famili tersebut merupakan jenis mangrove penyusun komponen utama ekosistem mangrove (BPSPL, 2013). Jenis komponen utama yang memiliki nilai penting akibat kelangkaannya namun tidak mendominasi adalah jenis *Ceriops decandra* yang ditemukan pada pesisir Pemogan Denpasar. Jenis ini masuk kategori 5 jenis umum di Indonesia tetapi langka secara global, sehingga berstatus rentan dan memerlukan perhatian khusus untuk pengelolaannya (Noor *dkk.*, 2006). Jenis mangrove lain yang terdapat di kawasan Teluk Benoa merupakan jenis mangrove sejati dari komponen tambahan yang jarang membentuk tegakan murni. Jenis ini meliputi jenis *Acrostichum aureum*, *Aegyceras sp.*, *Excoecaria agallocha*, *Hiritiera littoralis*, *Pemphis acidula*, dan *Xylocarpus sp.*



Rhizophora sp *Sonneratia sp* *Avicennia sp* *Ceriops decandra**

Gambar 48. Jenis mangrove sejati di Teluk Benoa (*jenis langka)



Acrostichum aureum *Excoecaria agallocha* *Aegiceras* *Pemphis acidula*

Gambar 49. Jenis mangrove jarang membentuk tegakan murni

Pengamatan vegetasi mangrove tidak dapat dilakukan secara langsung di lapangan, seperti halnya pengamatan lainnya yang dilarang oleh Desa Adat setempat. Informasi lokasi sebaran mangrove dilakukan dengan menggunakan berbagai data sekunder, informasi dari konsultasi narasumber, dan menggunakan analisis citra satelit.

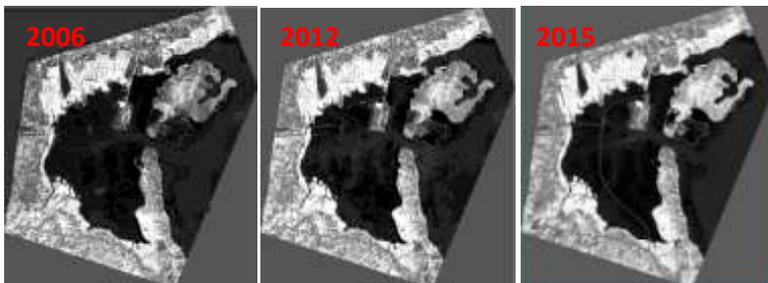
Hasil klasifikasi *supervised maximum likelihood* untuk tutupan mangrove yang digunakan adalah komposit band RGB 421. Komposit band 421 menunjukkan jangkauan band 4 pada inframerah gelombang pendek (*Short Wave Infrared*) 1,58 - 1,75 mm, band 3 pada 0,78 - 0,89 mm, dan band 1 pada jangkauan 0,50 - 0,59 mm. Berdasarkan kenampakan secara visual dan informasi - informasi lainnya, dari gabungan komposit band tersebut terlihat warna merah pada vegetasi

sangat jelas mulai dari merah terang sampai merah gelap, sehingga objek – objek yang lain ditampilkan dalam warna yang berbeda.

Hasil analisis NDVI menunjukkan proporsi mangrove menampilkan tingkatan proporsi yang lebih optimal dalam kenampakan citra grayscale. Dengan menggunakan metode ini, penerapan diskriminasi antara mangrove dan nonmangrove dengan model ini menunjukkan mangrove dengan kenampakan yang cukup baik. Setiap mangrove pada umumnya dalam hasil analisis NDVI akan diproporsikan dalam tingkat kecerahan yang tinggi dalam kenampakan citra grayscale, dengan menggunakan teknik ini kenampakan mangrove dapat diasumsikan lebih optimal. Kenampakan mangrove dalam citra *grayscale* NDVI dipaparkan pada **Tabel 9** dan **Gambar 50** berikut.

Tabel 9. Nilai citra tunggal NDVI

Tahun	Nilai Pantul	
	Minimum	Maximum
2006	-0,4222	0,8252
2012	-0,6140	0,8513
2015	-0,6203	0,8695



Gambar 50. Kenampakan mangrove dalam citra *grayscale*

Sebaran kondisi mangrove secara *time series* di kawasan Teluk Benoa dan sekitarnya menggunakan analisis citra satelit Spot-6 dengan klasifikasi supervised maximum likelihood dapat dilihat pada **Tabel 10**, **11** dan **Gambar 51**, **52**, dan **53**, seperti berikut.

Tabel 10. Luas ekosistem mangrove

Ekosistem	Tahun		
	luas 2006	luas 2012	luas 2015
mangrove	1095,89	1005,91	1066,53

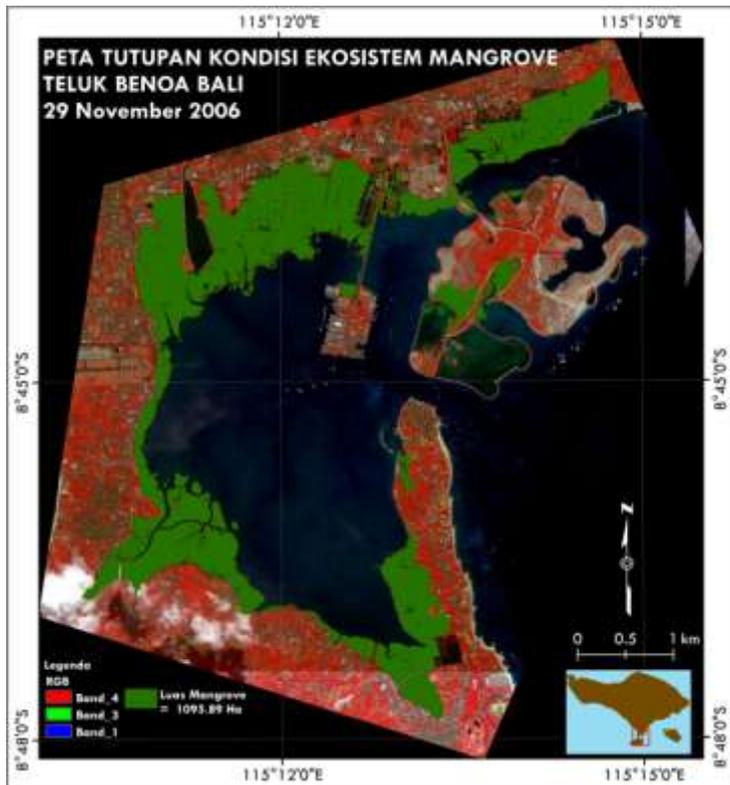
Sumber: Hasil pengolahan data (2016)

Tabel 11. Laju perubahan ekosistem mangrove

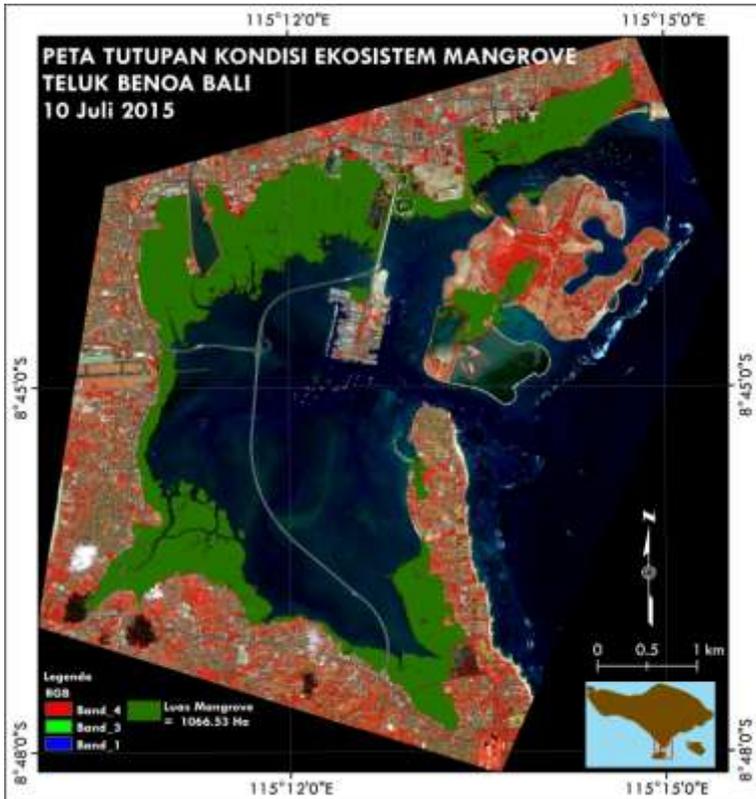
Ekosistem	Tahun		Perubahan	Laju
	2006	2012		
mangrove	1095,89	1005,91	-89,98	-8,21%

Ekosistem	Tahun		Perubahan	Laju
	2012	2015		
mangrove	1005,91	1066,53	+60,62	6,03%

Sumber: Hasil pengolahan data (2016)



Gambar 51. Peta tutupan mangrove tahun 2006



Gambar 53. Peta tutupan mangrove tahun 2015

Laju perubahan ekosistem mangrove yang diperoleh dari perhitungan rumus laju perubahan adalah sebagai berikut:

- Laju perubahan ekosistem mangrove di kawasan Teluk Benoa pada tahun 2006 ke tahun 2012 yaitu dengan nilai negatif -8,21% dengan perubahan -89,98 ha.
- Laju perubahan ekosistem mangrove di kawasan Teluk Benoa pada tahun 2012 ke tahun 2015 yaitu dengan nilai positif +6,03% dengan perubahan +60,62 ha.

Terjadinya penurunan secara spasial luasan vegetasi mangrove dapat terjadi karena adanya penebangan pohon mangrove, terutama akibat pembangunan jalan Tol di atas perairan Teluk Benoa. Beberapa

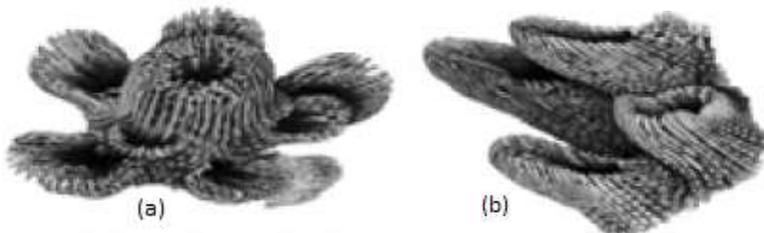
hektar luasan mangrove pada bagian selatan teluk dan juga dekat dengan Bandara Ngurah Rai terlihat terjadi pengurangan.

6.2. TERUMBU KARANG

Ekosistem terumbu karang (*coral reefs*) merupakan ekosistem laut tropis yang terdapat di perairan laut dangkal yang jernih, hangat, memiliki kadar *Calcium Carbonat* (CaCO_3) tinggi, dan komunitasnya didominasi oleh berbagai jenis hewan karang keras (Guilcher, 1988; Guntur dkk., 2012). Ekosistem ini merupakan salah satu ekosistem yang berfungsi dalam pelindung pantai dari pengaruh yang terjadi dari laut hingga menuju pantai. Dalam ekosistem ini akan dibahas kehidupan terumbu karang sendiri dan ikan-ikan yang hidup di sekitar terumbu karang tersebut.

Terumbu karang disusun oleh karang-karang kelas Anthozoa, Filum Cnidaria (*Cnide* = sengat)/*Coelenterata*, dan ordo *Madreporaria* (*Scleractinia*), yang termasuk karang hermatifik (*hermatypic coral*) atau jenis-jenis karang yang mampu menghasilkan bangunan atau kerangka karang dari kalsium karbonat (CaCO_3). Selain *scleractinian corals* adalah alga yang banyak diantaranya juga mengandung atau menghasilkan kapur. Hewan karang termasuk kelas Anthozoa, yang berarti hewan berbentuk bunga (*Antho* = bunga; *zoa* = hewan). Karang dikelompokkan sebagai hewan karnivora dan pemakan zooplankton (hewan mikrokopis yang sifat hidupnya terbawa air) (Dahuri, 2003; Kordi^a, 2010).

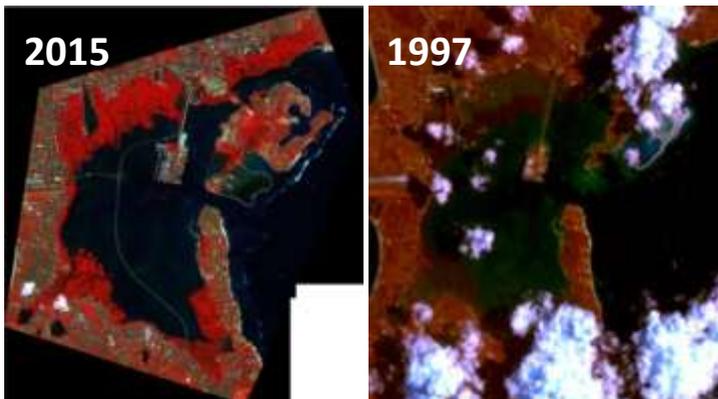
Berdasarkan bentuk pertumbuhannya, karang batu terbagi atas karang *Acropora* dan *non-Acropora* (English dkk., 1994; Yusri). Perbedaan *Acropora* dengan *non-Acropora* terletak pada struktur skeletonnya, *Acropora* memiliki bagian yang disebut *axial koralit* dan *radikal koralit*, sedangkan *non-Acropora* hanya memiliki *radial koralit*.



Gambar 54. Bentuk skeleton; (a) *acropora* dan (b) *non-acropora*

Seperti halnya pengamatan vegetasi mangrove yang tidak dapat dilakukan secara langsung di lapangan, informasi lokasi sebaran terumbu karang juga diperoleh dengan menggunakan berbagai data sekunder, informasi dari konsultasi narasumber, dan menggunakan analisis citra satelit.

Lyzenga (1981) dalam Jaelani *dkk.* (2015) menegaskan bahwa untuk mendapatkan korelasi linear yang benar, maka perlu dilakukan *training area* pada substrat dasar perairan yang homogen menggunakan citra satelit atau foto udara yang sudah memiliki nilai radiometri dan geometri. Kemudian *training area* dibuat di area dengan warna hijau gelap di dekat daratan. Kanal yang dipilih untuk dihitung rasionya adalah kanal dengan penetrasi ke dalam air yang tertinggi, yakni kanal biru dan hijau. Dari pengambilan *training area* menggunakan citra Spot-6 didapatkan nilai *ki/kj* sebesar 0,7607 untuk tahun 2015; 0,8762 tahun 2012; 0,7981 untuk tahun 2006 dan 0,6712 tahun 1997 menggunakan citra Landsat 7+ETM. Citra tersebut kemudian diklasifikasi dengan algoritma Lyzenga. Untuk mendapatkan hasil algoritma Lyzenga, komposit band yang digunakan pada citra Spot-6 adalah 421, dimana komposit band tersebut menunjukkan kenampakan dasar laut yang lebih baik, karena kanal NIR memiliki sensitivitas spektral yang baik dalam membedakan parameter ekologi di ekosistem perairan pesisir (Everitt *dkk.*, 1999; Jaelani *dkk.*, 2015).



Gambar 55. Citra Spot-6 RGB 421 dan citra Landsat 7+ETM RGB 521

Hasil analisis sebaran kondisi karang di kawasan perairan Teluk Benoa dan sekitarnya dengan algoritma *Lyzenga* dapat dilihat pada **Tabel 12, 13** dan **Gambar 56** berikut.

Tabel 12. Luas sebaran terumbu karang

Tutupan Perairan	Tahun			
	1997	2006	2012	2015
Karang (ha)	274,7	205,63	115,12	227,59

Sumber: hasil pengolahan data (2016)

Tabel 13. Laju perubahan sebaran terumbu karang

Tutupan Perairan	Tahun		Perubahan (ha)	Laju
	1997	2006		
Karang	274,7	205,63	-69,07	-25,14%

Tutupan Perairan	Tahun		Perubahan (ha)	Laju
	2006	2012		
Karang	205,63	115,12	-90,51	-44,02%

Tutupan Perairan	Tahun		Perubahan (ha)	Laju
	2012	2015		
Karang	115,12	227,59	112,47	97,70%

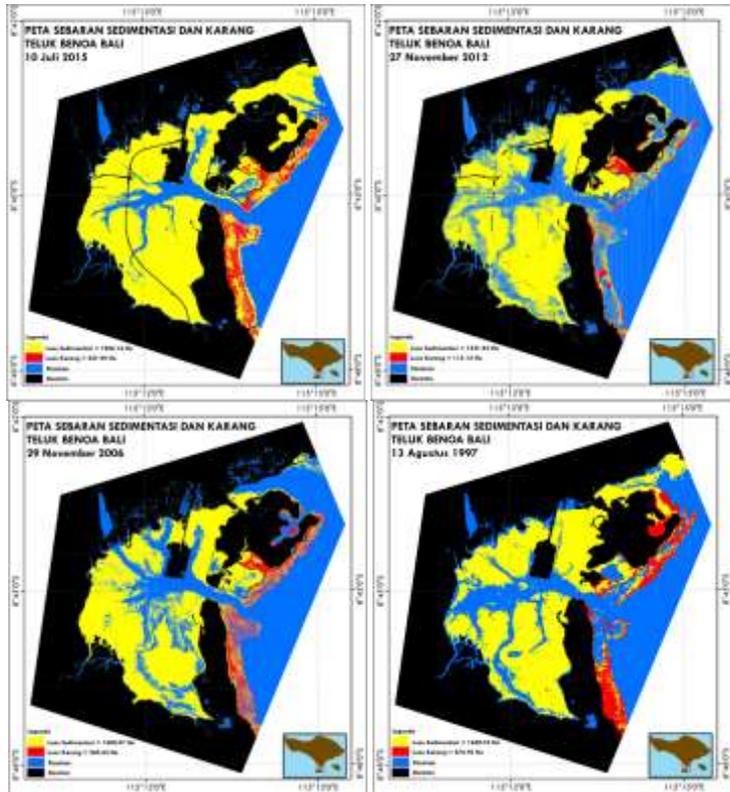
Sumber: hasil pengolahan data (2016)

Laju perubahan kondisi karang diperoleh dari perhitungan rumus laju perubahan, didapatkan hasil sebagai berikut:

- Laju perubahan pada tahun 1997 ke tahun 2006 : Laju sebaran terumbu karang dengan nilai negatif -25,14% dengan perubahan - 69,07 ha.
- Laju perubahan pada tahun 2006 ke tahun 2012 : Laju sebaran terumbu karang dengan nilai negatif -44,02% dengan perubahan - 90,51 ha.

- Laju perubahan pada tahun 2012 ke tahun 2015 : Laju sebaran terumbu karang dengan nilai positif +97,70% dengan perubahan +112,47 ha.

Secara umum, kondisi terumbu karang hanya berada pada perairan luar Teluk Benoa (Tanjung Benoa, dekat mulut teluk, dan juga P. Serangan), sedangkan di dalam teluk tidak terlihat adanya terumbu karang hidup (**Gambar 56**).



Gambar 56. Hasil klasifikasi dengan algoritma Lyzenga (hitam: daratan, kuning: sedimentasi, biru: air, merah: karang)

6.3. LAMUN

Lamun merupakan satu-satunya tumbuhan berbunga (*angiospermae*) yang mampu beradaptasi secara penuh di perairan dengan salinitas cukup tinggi atau hidup terbenam di dalam air dan memiliki rhizoma, daun, dan akar sejati. Syarat dasar habitat lamun adalah perairan yang dangkal, memiliki substrat yang lunak dan perairan yang cerah. Syarat lain adalah adanya sirkulasi air yang membawa bahan nutrient dan substrat serta membawa pergi sisa-sisa metabolisme. Di beberapa daerah lamun dapat tumbuh, namun tidak dapat berkembang dengan baik karena tidak terlindung pada saat air surut. Karena membutuhkan intensitas cahaya cukup tinggi, lamun tidak dapat tumbuh di kedalaman lebih dari 20 m, kecuali perairannya tersebut sangat jernih dan transparan. Dalam perairan yang sangat jernih, beberapa jenis lamun bisa tumbuh dan ditemukan sampai kedalaman 8-15 m dan 40 m (Den Hartog, 1970; Kordi, 2011). Lamun tumbuh subur terutama di daerah terbuka pasang surut dan perairan pantai yang dasarnya berupa lumpur, pasir, kerikil dan patahan karang mati, dengan kedalaman sampai 4 meter (Dahuri, 2003; Kordi, 2011) .

Padang lamun merupakan salah satu mata rantai bagi kehidupan akuatik, oleh sebab itu kerusakan dan hilangnya padang lamun berarti memutus satu mata rantai kehidupan (Kordi, 2011). Ciri-ciri ekologi padang lamun:

- terdapat di perairan pantai yang landai, di dataran lumpur/pasir
- pada batas terendah daerah pasang surut dekat hutan bakau atau di dataran terumbu karang
- mampu hidup sampai kedalaman 30 meter, di perairan tenang dan terlindung
- sangat tergantung pada cahaya matahari yang masuk ke perairan
- mampu melakukan proses metabolisme secara optimal jika keseluruhan tubuhnya terbenam air termasuk daur generatif
- mampu hidup di media air asin
- mempunyai system perakaran yang berkembang baik.

Lamun terkonsentrasi di dua daerah utama, yaitu Indo-Pasifik dan pantai-pantai amerika Tengah. Menurut Den Hartog (1970) dalam Kordi (2011), tumbuhan lamun di dunia terdiri dari dua famili, 12 genera dengan 49 spesies. Dari 12 genera tersebut tujuh diantaranya hidup di perairan tropis, yaitu *Enhalus*, *Thalassia*, *Halophila*, *Holodule*, *Cymodocea*, *Syringodium* dan *Thalassodendron*. Di Indonesia ditemukan

13 spesies, yang sebelumnya 12 spesies, dengan dominan dan dijumpai hampir di seluruh Indonesia adalah *Thalassia hemprichii* (Huto *dkk.*, 1988; Kordi, 20011).

Lamun di kawasan Teluk Benoa dan sekitarnya seperti pesisir Sanur, Pulau Serangan, Tanjung Benoa (**Gambar 57**) dan Nusa Dua mempunyai struktur komunitas dengan keanekaragaman jenis paling kaya di Bali (Sudiarta *dkk.*, 2013). Luas lamun di Kabupaten Badung merupakan yang terluas di Bali yaitu 500,8 ha. Lamun di Kabupaten Badung merupakan perairan pasang surut berupa laguna dangkal dengan substrat berpasir dan berkarang yang dibatasi oleh tubir karang, meliputi laguna Tanjung Benoa sampai Nusa Dua seluas 207,5 ha, laguna Peminge dan Geger seluas 78,5 ha, laguna Sawangan seluas 24,5 ha, laguna Kutuh, Ungasan seluas 49,3 ha dan di Pulau Serangan seluas 130 ha. Selain itu, sebaran lamun terdapat di perairan pasang surut Teluk Benoa seluas 141,0 ha (BPSPL Denpasar, 2013).



Sumber: BPSPL (2013)

Gambar 57. Keberadaan lamun di Tanjung Benoa

Lamun di kawasan Teluk Benoa juga merupakan habitat bagi rumput laut (*Gracillaria sp* dan *Hypnea sp*) yang biasanya hidup berasosiasi dengan lamun jenis *Thalassodendron ciliatum* dan *Enhalus acoroides*. Kedua jenis rumput laut tersebut merupakan hasil laut yang menjadi gantungan mata pencarian sebagian penduduk Pulau Serangan. *Gacillaria sp* dan *Hypnea sp* merupakan bahan baku kuliner tradisional masyarakat Bali khususnya Bali Selatan. Berdasarkan hasil penelitian Sudiarta (2011) dalam Sudiarta *dkk.* (2013), kekayaan jenis lamun di kawasan ini terdiri dari 10 jenis dari 8 genus, 3 sub famili dan 2 famili,

yaitu *Zostrea sp.* (famili *Potamogetonaceae*, sub famili *Zosteroideae*), *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Syringodium isoetifolium* dan *Thalassodendron ciliatum* (famili *Hydrocharitaceae*, sub famili *Cymodoceoidea*), *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, dan *Thalassia hemprichii* (famili *Hydrocharitaceae*, sub family *Hydrocharitaceae*).



Thalassia hemprichii *Halophila ovalis* *Enhalus acoroide* *Thalassodendron*



Syringodium isoetifolium



Cymodocea serrulata



Cymodocea rotundata



Halodule uninervis



Halodule pinifolia



Zostera sp

Gambar 58. Jenis lamun di Teluk Benoa

6.4. PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN

Sebaran tutupan lahan secara time series di kawasan Teluk Benoa dan sekitarnya dapat dilihat pada **Tabel 14, 15** dan **Gambar 59, 60, 61**, seperti berikut.

Tabel 14. Luas tutupan lahan

Tutupan lahan	Tahun		
	luas 2006 (ha)	luas 2012 (ha)	luas 2015 (ha)
lahan aspal	241,83	337,59	490,77
lahan beton	59,7	117,06	169,55
lahan permukiman	1810,14	1862,22	1884,08
lahan kosong	134,46	367,83	320,08
hutan kota	718,78	414,93	390,77
Total	2964,91	3099,63	3255,25

Sumber: Pengolahan data (2016)

Tabel 15. Laju perubahan tutupan lahan

Tutupan Lahan	Tahun		Perubahan	Laju
	2006	2012		
lahan permukiman	1810,14	1862,22	+52,08	2,88%
lahan aspal	241,83	337,59	+95,76	39,08%
lahan beton	59,7	117,06	+57,36	96,08%
lahan kosong	134,46	367,83	+233,37	173,56%
hutan kota	718,78	414,93	-303,85	-42,27%
Total	2964,91	3099,63		

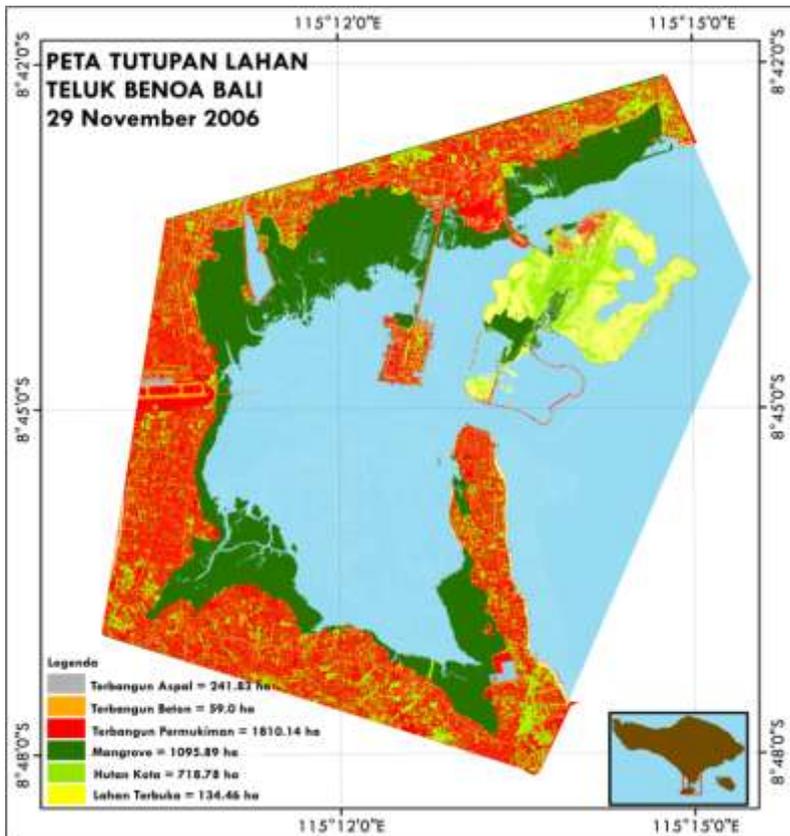
Tutupan Lahan	Tahun		Perubahan	Laju
	2012	2015		
lahan permukiman	1862,22	1884,08	+21,86	1,17%
lahan aspal	337,59	490,77	+153,18	45,37%
lahan beton	117,06	169,55	+52,49	44,84%
lahan kosong	367,83	320,08	-47,75	-12,98%
hutan kota	414,93	390,77	-24,16	-5,82%
Total	3099,63	3255,25		

Sumber: Pengolahan data (2016)

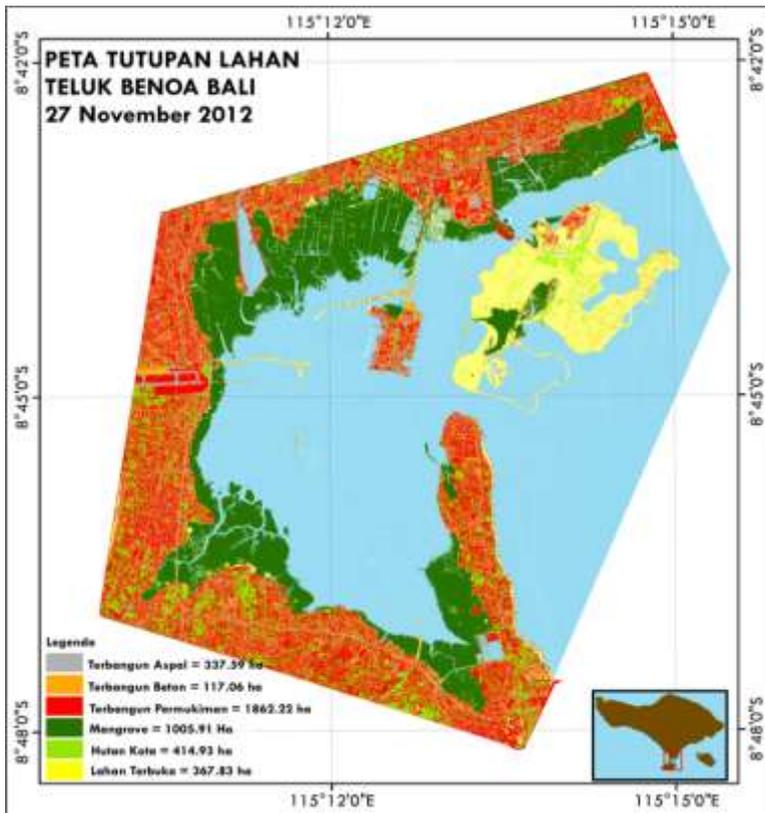
Laju perubahan tutupan lahan pada kawasan Teluk Benoa yang dihitung adalah sebagai berikut:

- Laju perubahan tutupan lahan di kawasan Teluk Benoa pada tahun 2006 ke tahun 2012 yakni: Laju dari sebaran lahan terbangun permukiman dengan nilai positif +2,88% dengan perubahan +52,08 ha; lahan beton dengan nilai positif +96,08% dengan perubahan +57,36 ha; lahan aspal dengan nilai positif +39,08% dengan perubahan +95,76 ha, lahan kosong/terbuka dengan nilai negatif +173,56% dengan perubahan +233,37 ha, dan hutan kota dengan nilai negatif -42,27% dengan perubahan -303,85 ha.
- Laju perubahan tutupan lahan di kawasan Teluk Benoa pada tahun 2012 ke tahun 2015 yakni: Laju dari sebaran lahan terbangun permukiman dengan nilai positif +14% dengan perubahan +21,86 ha; lahan beton dengan nilai positif 34% dengan perubahan +52,49 ha; lahan aspal dengan nilai positif +45,37% dengan perubahan +153,18 ha, lahan kosong/terbuka dengan nilai negatif -12,98% dengan perubahan -47,75 ha, dan hutan kota dengan nilai negatif -5,82% dengan perubahan -24,16 ha.

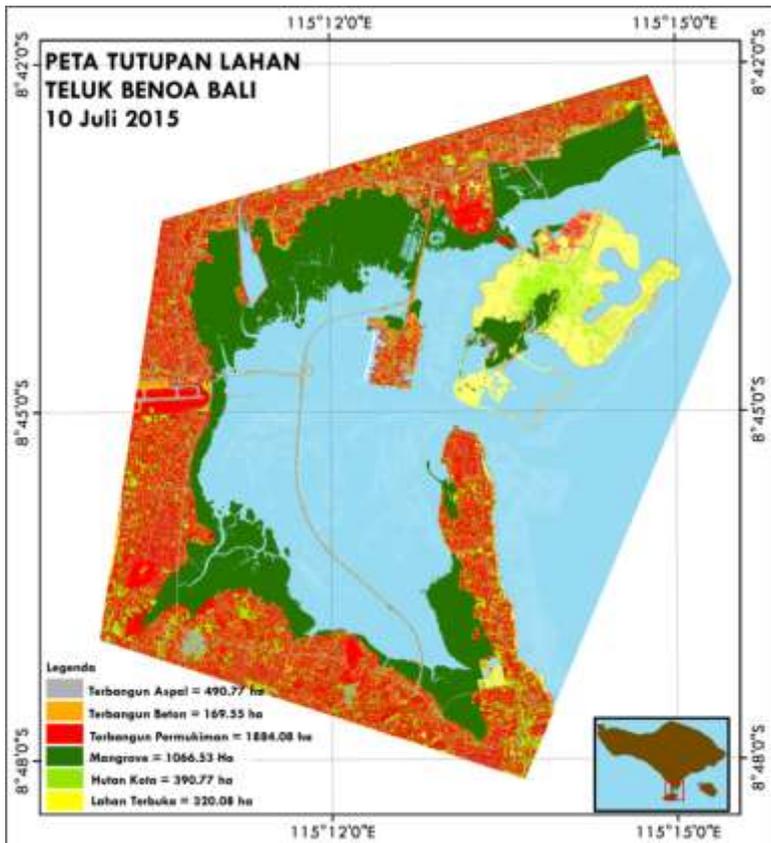
Pada rentang tahun 2006 - 2012 tersebut, terlihat bahwa perubahan lahan terbangun berupa pemukiman dan juga lahan aspal dan beton masih korelasi positif, diduga karena lahan kosong yang bertambah karena ditujukan untuk pembangunan. Dapat terlihat dalam rentang tahun 2012 - 2015 yang menjadikan lahan kosong/terbuka menjadi berkurang (korelasi negatif), sebagai akibat sudah dilakukannya pembangunan pemukiman tersebut. Sedangkan penambahan lahan terbangun beton dan aspal yang berupa pembangunan jalan Tol, tidak merubah tata guna lahan secara signifikan karena dilakukan di atas perairan Teluk Benoa, dampak yang ditimbulkan muncul dengan berkurangnya lahan mangrove pada bagian selatan kawasan Teluk Benoa dan dekat Bandara Ngurah Rai. Untuk korelasi perubahan tata guna lahan dengan hutan kota, terjadi korelasi negatif, baik dalam rentang tahun 2006 - 2012 maupun tahun 2012 - 2015, berarti secara umum berkurangnya hutan kota untuk menjadikan lahan kosong/terbuka, yang dilanjutkan dengan pembangunan pemukiman.



Gambar 59. Peta tutupan lahan tahun 2006



Gambar 60. Peta tutupan lahan tahun 2012



Gambar 61. Peta tutupan lahan tahun 2015

BAB 7. POTENSI KERENTANAN PESISIR

7.1. KEJADIAN SEDIMENTASI

Sedimentasi didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnnya (*suspensi*) atau mengendapnya material fragmental oleh air. Sedimentasi merupakan akibat dari adanya erosi, dan memberikan dampak yang banyak. Di muara sungai, pengendapan sedimen akan mengurangi volume efektifnya. Sebagian besar jumlah sedimen dialirkan oleh sungai-sungai yang mengalir ke muara, hanya sebagian kecil saja yang berasal dari longsor tebing sungai, atau berasal dari longsor tebing oleh limpasan permukaan. Pengendapan akhir atau sedimentasi yang terjadi pada kaki bukit yang relatif datar, sungai, dan muara. Pada aliran sungai, partikel dan unsur hara yang larut dalam aliran permukaan akan mengalir ke sungai besar dan muara, sehingga terjadi pendangkalan. Keadaan tersebut mengakibatkan daya tampung sungai dan muara menjadi turun sehingga timbul banjir dan penyuburan air secara berlebihan atau eutrofikasi. Proses sedimentasi menurut Leeder (1983) menghasilkan: 1) Bahan terlarut, semua bahan organik dan an-organik yang terangkut sebagai larutan oleh air yang mengalir; 2) Bahan padat atau *bed load*, semua bahan kasar dari mineral dan batu yang terangkut di sepanjang dasar sungai; dan 3) Total bahan yang terangkut sungai atau *total stream load* adalah semua bahan organik dan an-organik yang terangkut lewat sebuah stasiun pengukur dalam bentuk suspensi atau *bed load*.



Sumber: Sindonews (2015)

Gambar 62. Kondisi sedimentasi di kawasan perairan Teluk Benoa Bali

Kawasan perairan Teluk Benoa dibentuk oleh batuan sedimen aluvium. Dasar laut berupa pasir yang bercampur dengan fraksi dan karang. Sedimen di dalam teluk pada bagian utara terdiri atas tanah liat

hitam dan pasir berendapan sedimen, mencerminkan masukan aluvium terestrial dari sungai-sungai yang mengalir ke teluk. Ada beranekaragam sedimen yang mengalir ke teluk, ada yang berupa kerikil, pasir, sampai pasir berendapan sedimen lumpur. Kawasan Teluk Benoa merupakan daerah pengendapan sedimen liat dan pasir yang produktif terlebih setelah reklamasi Pulau Serangan, sedimentasi liat terakumulasi pada beberapa tempat yaitu di bagian timur dan selatan. Sedangkan sedimentasi pasir terakumulasi di sebelah barat kawasan Teluk Benoa (KLHK, 2015). Oleh karena itu, kawasan perairan Teluk Benoa merupakan salah satu daerah pesisir yang sangat rawan terkena pendangkalan akibat sedimentasi yang tinggi yang berakibat kepada kerusakan ekosistem pesisir seperti terumbu karang, mangrove dan lamun.

Tabel 16. Luasan sebaran sedimentasi

Tutupan Perairan	Tahun			
	1997	2006	2012	2015
Sedimentasi (ha)	1640,78	1480,57	1531,93	1966,14

Tabel 17. Laju perubahan sebaran sedimentasi

Tutupan Perairan	Tahun		Perubahan (ha)	Laju (%)
	1997	2006		
Sedimentasi	1640,78	1480,57	-160,21	-9,76

Tutupan Perairan	Tahun		Perubahan	Laju
	2006	2012		
Sedimentasi	1480,57	1531,93	51,36	3,47

Tutupan Perairan	Tahun		Perubahan	Laju
	2012	2015		
Sedimentasi	1531,93	1966,14	434,21	28,34

Proses sedimentasi di perairan Teluk Benoa erat kaitannya dengan kejadian banjir di sekitar kawasan teluk dan bagian pinggir DAS

yang bermuara ke teluk. Dalam hal ini selain aliran normal dari sungai – sungai yang ada tersebut yang dapat menjadi masukan terbesar sedimen ke dalam teluk, tentunya kejadian banjir akan semakin memperparah masukan sedimen tersebut. Dalam hal ini, proses sedimentasi di kawasan perairan Teluk Benoa dilakukan dengan pendekatan spasial yaitu analisis citra satelit.

Seperti halnya analisis penentuan karang, untuk nilai sedimentasi di perairan Teluk Benoa, berupa sebaran spasial sedimentasi juga diperoleh dengan algoritma Lyzenga.

Nilai laju perubahan kondisi sedimentasi berdasarkan analisis citra satelit adalah sebagai berikut:

- Laju perubahan pada tahun 1997 ke tahun 2006 : Laju sebaran sedimentasi dengan nilai positif -9,76% dengan perubahan -160,21 ha.
- Laju perubahan pada tahun 2006 ke tahun 2012 : Laju sebaran sedimentasi dengan nilai negatif 3,47% dengan perubahan +51,36 ha.
- Laju perubahan pada tahun 2012 ke tahun 2015 : Laju sebaran sedimentasi dengan nilai negatif 28,34% dengan perubahan +434,21 ha.

Terjadinya pengurangan sedimentasi pada kawasan perairan di Teluk Benoa dari tahun 1997 sampai 2006, diduga salah satunya karena bendungan yang dibuat pada Tukad Badung. Berdasarkan informasi dari diskusi yang dilakukan dengan pihak Balai Wilayah Sungai Bali – Penida, Kemen PUPR di Denpasar, pembangunan bendungan Tukad Badung dilakukan sekitar tahun 1996. Bendungan tersebut salah satu fungsinya, digunakan sebagai penghalang sedimen dari sungai/tukad Badung yang merupakan masukan terbesar sedimentasi di Teluk Benoa. Hal tersebut berkorelasi dengan menurunnya sedimentasi di perairan Teluk Benoa pada rentang beberapa tahun setelah pembangunan tersebut. Artinya sedimentasi yang masuk ke dalam teluk berkurang, sedangkan sedimentasi yang sudah berada di dasar perairannya dapat tergerus oleh arus dan gelombang hingga menuju luar teluk, yang umumnya terjadi saat bulan purnama, yang mana saat-saat tersebut kondisi arus laut menjadi kencang, terutama pada mulut teluk. Kemungkinan lain juga dapat terjadi karena dilakukan pengerukan oleh pihak Pelabuhan Benoa (Pelindo 3), demi menjaga alur pelayaran kapal masuk dan keluar teluk. Namun, dalam rentang sekitar tahun 1995-1998 juga telah terjadinya

perubahan secara signifikan daratan di Pulau Serangan, yang awalnya sekitar 111 ha menjadi 481 ha (Darmawan, 2013). Hal tersebut tentunya juga berdampak pada beberapa pantai di sekitarnya teluk, bahkan terhadap teluk sendiri (kejadian abrasi dan sedimentasi). Sebagai dampak abrasi, terlihatnya abrasi pantai terjadi pada pantai Sanur - Denpasar, dapat terjadi karena perubahan arus dan gelombang yang terjadi. Untuk kejadian sedimentasi, dapat terjadi di dalam teluk sendiri yang diduga berasal dari bahan urugannya. Terlihat pengaruh sedimentasi tersebut dengan kembali bertambahnya sedimentasi yang berada di dalam teluk hingga tahun 2015. Walaupun masukan sedimen dari sungai-sungai besar (salah satunya Tukad Badung) sudah dilakukan pengendalian dengan terbangunnya bendungan, dampak sedimentasi dapat dikendalikan beberapa tahun, yang kemudian kembali terjadi proses tersebut. Ditambah lagi dengan beberapa reklamasi, berupa pembuatan jalan Tol di atas perairan Teluk Benoa, tentunya juga akan berdampak dengan bertambahnya sedimentasi di dalam teluk tersebut.

7.2. KEJADIAN BANJIR

Analisis banjir di Teluk Benoa sebelum dan sesudah adanya pulau-pulau rencana reklamasi memerlukan kajian yang lebih detil dan grid kecil. Dalam hal ini, analisis kejadian banjir dilakukan dengan review hasil perhitungan yang dilakukan oleh Konsultan, diskusi langsung dengan Tim dari Konsultan, diskusi dengan beberapa pakar yang berkaitan dengan bidang Hidrologi dan DAS, serta dengan pendekatan hasil permodelan hidrodinamika.

Secara umum, kejadian hujan di sekitar kawasan Teluk Benoa Bali dengan intensitas tertinggi terjadi pada bulan Desember hingga Maret, dengan nilai kisaran curah hujan sebesar 50 – 200 mm (**Gambar 63**), bahkan terjadi intensitas curah hujan sebesar 921 mm pada tanggal 19 Januari 2013. Hanya pada tahun 2010 - 2011 saja kondisi hujan terjadi hampir merata tiap bulan. Dengan kondisi tersebut, maka akan meningkatkan debit dari sungai - sungai yang bermuara ke Teluk Benoa, selain itu sedimentasi yang masuk teluk juga semakin tinggi.



Gambar 63. Grafik curah hujan kawasan sekitar Teluk Benoa Bali (tahun 2002 – 2014)

Kondisi terakhir yang lebih dikhawatirkan adalah berupa kejadian banjir di pinggir-pinggir aliran DAS, serta pada saat air laut pasang tentunya akan memperparah banjir dekat dengan muara/hilir (level air dapat naik). Hal senada disampaikan oleh Prof. Isril Berd, SU, merupakan ahli hidrologi dan DAS dari Fateta UNAND. Menurut beliau, dari beberapa data yang ada (terutama *realtime* data curah hujan) dan kondisi karakteristik sungai yang bermuara ke Teluk Benoa serta kondisi fisik dari Teluk Benoa sendiri, beberapa hal perlu diperhatikan terkait dengan rencana reklamasi di kawasan perairan Teluk Benoa, yaitunya:

- Enam (6) DAS yang bermuara ke teluk (terutama 2 DAS, Tukad Mati dan Tukad Badung) dapat berpengaruh besar terhadap kestabilan Teluk Benoa. Hal ini karena cukup panjangnya DAS yang ada tersebut dan sangat lebar (lebar Tukad Mati 15 m dan Tukad Badung 32,31 m) (lihat **Tabel 18**).
- Debit sungai dan sedimen, dapat mempengaruhi teluk terutama yang dekat bandara berupa pendangkalan semakin tinggi, level air juga semakin naik.
- Bahaya banjir rob dan juga banjir bandang, sangat perlu diperhatikan karena sangat beriko bahkan sebelum adanya pulau reklamasi.
- Dengan data kejadian hujan yang ada, pada wilayah daratan sekitar akan mengakibatkan semakin tingginya run off, sedimentasi dan debit sungai. Sedangkan pada wilayah teluk

(perairan), berpengaruh terhadap level air, terutama saat kondisi air laut pasang.

- Perlu rekayasa biofisik jika reklamasi di kawasan perairan Teluk Benoa tidak bisa dihindarkan.

Berikut karakteristik sungai – sungai yang bermuara ke dalam Teluk Benoa yang diperoleh dari informasi/diskusi dengan BWS Bali – Penida, Kementerian PUPR (**Tabel 18**):

Tabel 18. Karakteristik sungai yang bermuara ke Teluk Benoa

No	Nama Sungai / DAS	Panjang (km)	Luas DAS (km ²)	Lebar Rata-Rata (m)	Debit Max (m ³ /dt)*	Debit Min (m ³ /dt)*
1	DAS Tukad Buaji	5.401	18.295	-	2.378	0,021
2	DAS Tukad Badung	19.601	52.497	32.31	22.237	2,809
3	DAS Tukad Bualu	2.213	10.896	-	1.416	0,013
4	DAS Tukad Sama	7.866	19.997	-	2.600	0,023
5	DAS Tukad Tuban	0.000	10.040	-	0.006	0,004
6	DAS Tukad Mati	22.429	44.667	15.00	5.807	0,051

Sumber: Permen PU-PR No.4/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai Dokumen RPSDA Wilayah Sungai Bali - Penida (2013)

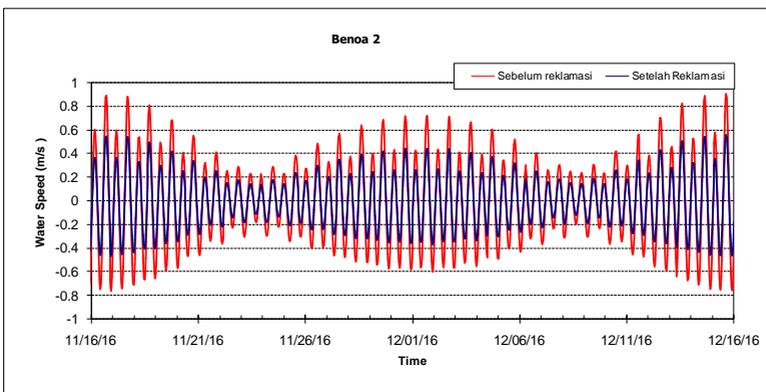
Keterangan : “*” = hasil perhitungan pendekatan dengan curah hujan

Berdasarkan hasil diskusi yang dilakukan dengan Pakar Hidrologi yang merupakan salah satu Tim Ahli Penyusunan AMDAL Teluk Benoa, Ir. Dedi Tjahjadi Abdullah, Dipl.HE, salah satu kajian tim AMDAL berhubungan dengan hidrologi dan prediksi kejadian banjir. Model yang dilakukan dengan melihat *sea level* dan debit sungai yang bermuara ke dalam Teluk Benoa. Dengan dibangunnya pulau reklamasi, hasil model yang dilakukan terkait level air memang pasti akan naik, namun dengan nilai perubahan yang masih dalam rentang bisa dikontrol. Salah satu hasil kajian yang terdapat dalam Dokumen AMDAL Teluk Benoa, yang juga disampaikan oleh beliau, bahwa level air akan dapat naik beberapa centimeter. Kata beliau melanjutkan, paling tinggi kenaikan air pasca ada pulau reklamasi di dalam Teluk Benoa hanya sebesar 20 cm, itupun dengan asumsi debit air sama selama beberapa jam. Sampai naik hingga sekitar 30 – 40 cm pun masih belum berarti, karena masih bisa dikontrol.

Waktu air laut surut, artinya akan membuang air yang di dalam teluk menuju luar teluk. Artinya volume air yang dibuang di Teluk Benoa sebelum ada pulau reklamasi dengan setelah ada reklamasi pasti akan mengurangi volume yang di keluarkan dari dalam teluk karena kondisi normal level air akan sama, sehingga kecepatan arus laut di sekitar Teluk Benoa secara teori pasti akan menurun.

Namun perhitungan terburuk akan naiknya level air lebih tinggi dari hitungan matematika tersebut pasca ada pulau reklamasi dapat saja terjadi, sehingga sangat perlu untuk lebih diperhatikan.

Senada dengan asumsi terburuk naiknya level air pasca ada pulau reklamasi di dalam teluk, juga disampaikan oleh Pakar Hidrodinamika ITB, Muslim Muin, Ph.D. Dari hasil kajian sederhana yang dilakukan dengan model hidrodinamika, terjadi pengurangan nilai kecepatan arus pada perairan Teluk Benoa, dengan penurunan hingga 39 % (**Gambar 64**) dengan adanya pulau – pulau reklamasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan adanya reklamasi akan mengakibatkan terjadinya penurunan kecepatan air di Benoa 2 (mulut teluk), sebelum reklamasi kecepatan maksimum mencapai 0,90 m/s dan setelah adanya reklamasi menjadi 0,55 m/s.



Gambar 64. Perbandingan Kecepatan Air Setelah dan Sebelum Reklamasi di Benoa 2 (Mulut Teluk)

Penurunan kecepatan air di bagian mulut Teluk Benoa tersebut akan mengakibatkan terjadinya sedimentasi/pengendapan sedimen di mulut Teluk Benoa. Sedimentasi yang terjadi di mulut Teluk Benoa jelas

merugikan, sehingga akan mengganggu akses keluar masuk kapal, akibatnya akan memerlukan biaya untuk pemeliharaan jalur masuk dengan pengerukan. Tidak tertutup kemungkinan mulut Teluk Benoa akan tersumbat akibat suplai sedimen dari Littoral Sediment Processes sepanjang Pantai Timur Bali. Selain itu beberapa kondisi dapat terjadi pasca reklamasi tersebut, yaitunya:

- Reklamasi terhadap perairan Teluk Benoa dapat mengakibatkan menurunnya volume air laut yang keluar masuk ke dalam perairan teluk. Jika reklamasi yang dilakukan seluas 40 %, maka akan berakibat menurunnya dinamika volume air laut ke dalam teluk berkisar 40 % juga. Penurunan volume air laut yang memasuki kawasan teluk dapat berakibat pada perubahan kondisi salinitas air di dalam teluk. Hal ini akan mempengaruhi salinitas air di dalam Teluk Benoa yang tentunya akan berdampak pada ekosistem yang ada di dalam Teluk.
- Jika ditinjau dari segi keseimbangan massa, reklamasi yang dilakukan sebanyak 40 % dari luas perairan Teluk Benoa akan mengakibatkan kenaikan muka air akibat hujan sekitar 67 % dibandingkan muka air akibat hujan sebelum reklamasi. Namun demikian jika mulut Teluk Benoa sampai tersumbat bisa berakibat air hujan tidak lagi mengalir keluar dari Teluk Benoa.
- Akibat reklamasi, tinggi muka air dari sungai - sungai kecil yang mengalir terutama pada Daerah Aliran Sungai (DAS) yang bermuara di Teluk Benoa akan mengalami kenaikan. Untuk mengkaji ini masih diperlukan studi lebih lanjut dengan resolusi grid yang lebih tinggi untuk melihat akibat hambatan pulau reklamasi terhadap aliran sungai.
- Simulasi proses hidrodinamika yang dilakukan masih dalam tahap awal, sehingga diperlukan lagi permodelan hidrodinamika dengan sistim grid yang lebih detail untuk perhitungan kenaikan muka air, penurunan salinitas air serta sedimentasi yang memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem Teluk Benoa yang belum dikaji dan belum dilakukan permodelannya. Oleh karena itu, studi lebih lanjut dan komprehensif sangat diperlukan untuk mendapatkan kesimpulan dan hasil yang lebih baik.

Menurut Dr. Agus Maryono yang juga Pakar Hidrologi dan DAS UGM, dengan kondisi eksisting dari Teluk Benoa saat ini, hanya perlu dilakukan restorasi sungai-sungai yang bermuara ke dalam teluk

tersebut, serta perlu suatu konsep yang matang untuk restorasi teluk. Pembuatan bendungan/pintu air (sudah ada Tukad Badung, dan dalam rencana pembangunan di Tukad Mati) di bagian hilir sungai, yang umumnya dilakukan untuk penanganan banjir, merupakan kesalahan dari prinsip restorasi. Penanganan yang seharusnya dipakai adalah mengembalikan lebar sungai ke bentuk semula, sehingga dengan semakin lebarnya aliran tersebut digunakan sebagai pengurangan dampak aliran yang besar dari sungai ke arah muara. Dan lagi, bendungan/pintu air tersebut menghalangi air masuk dari laut yang harusnya cukup dibutuhkan oleh ekosistem yang ada di sungai tersebut. Sehingga, *recovery* alam akan lebih cepat dibandingkan dengan penanganan secara fisik seperti reklamasi yang merupakan isu paling ramai saat ini.

BAB 8. PENUTUP

Teluk Benoa merupakan kawasan perairan teluk yang semi tertutup dengan kemiringan landai yang didominasi oleh pantai bermangrove, dan asosiasinya berupa endapan aluvial dan berlumpur, dengan sedikit kawasan pantai berpasir dan bertembok/*revetment*. Kawasan perairan di Teluk Benoa termasuk perairan dangkal, dengan kedalaman di dalam teluk sekitar 1,5 – 10 m. Pasang surut yang terjadi berupa campuran condong ganda dengan *tidal range* sebesar 3,235 m (tergolong tinggi) untuk data pasang surut tanggal 1 Januari – 31 Agustus 2016. Arus laut di sekitar perairan Teluk Benoa dengan kecepatan 0,001 – 0,883 m/s (luar teluk), 0,001 – 1,715 m/s (mulut teluk) dan 0,005 – 0,802 m/s (dalam teluk), arah arus dominan ke arah Barat Daya dan Barat saat air pasang serta Tenggara dan Timur Laut saat air laut surut.

Kondisi lingkungan/kualitas perairan Teluk Benoa secara umum dalam kondisi tercemar, terutama parameter DO (tidak terdeteksi), kecerahan perairan (1,5-6 m), BOD (rataan 47,49 mg/Lt), Pb (rataan 0,66 mg/Lt), Cd (rataan 0,1 mg/Lt), Nitrat (0,2-0,3 mg/Lt), Ammonia (0-0,33 mg/Lt), Phenol (rataan 2,42 mg/Lt), dan Coliform (0-1100 MPN/100 ml), berada pada luar rentang baku mutu air laut untuk kehidupan biota laut. Untuk parameter suhu (28,50-30,50°C), pH (rataan 8,27), salinitas (31,6-32,8‰), Fe (tidak terdeteksi), Sulfida (tidak terdeteksi), CN (tidak terdeteksi), Minyak & lemak (0-0,2 mg/l), dan TSS (rataan 3.27 mg/l), masih aman untuk kehidupan biota di sekitar perairannya.

Tutupan lahan di sekitar kawasan Teluk Benoa menunjukkan perubahan pada tutupan lahan terbangun (permukiman, aspal, dan beton) dari tahun 2006 - 2012 dengan nilai seluas +205,2 ha, tahun 2012 – 2015 seluas +227,53 ha. Untuk kondisi lahan kosong juga mengalami penambahan dari tahun 2006 – 2012 sebesar +233,37 ha, namun kembali berkurang sebesar -47,75 ha (tahun 2012 – 2015). Sedangkan hutan kota mengalami pengurangan, dengan perubahan pada tahun 2006 - 2012 seluas -303,85 ha dan tahun 2012 – 2015 seluas -24,16 ha. Hal ini mengindikasikan bahwa pembangunan di kawasan Teluk Benoa lebih memanfaatkan tutupan lahan hutan kota sebagai lokasi pembangunan, lebih banyak perubahan terjadi dalam rentang tahun 2006 - 2012. Hal tersebut dapat menjadi salah satu faktor yang mengakibatkan tingginya pengendapan sedimentasi pada kawasan

perairan Teluk Benoa dari 1480,57 ha tahun 2006 menjadi 1531,93 ha tahun 2012 (perubahan negatif +51,36 ha atau negatif +3,47%), dan perubahan dari 1531,93 ha tahun 2012 menjadi 1966,14 ha tahun 2015 (nilai perubahan negatif +434,21 ha dan laju negatif +28,34%). Selain pembangunan yang terjadi secara besar-besaran tersebut, tentunya sedimentasi di perairan Teluk Benoa juga dapat terjadi dari masukan sungai-sungai di sekitarnya.

Dari analisis tutupan mangrove (tahun 2006 - 2012) bernilai negatif -8,21 % yaitu sebesar -89,98 ha. Namun kondisi pada tahun 2012 - 2015 kembali naik dengan nilai positif +6,03% yaitu sebesar +60,62 ha. Klasifikasi citra dengan algoritma *Lyzena* untuk mendeteksi karang di perairan, tidak terlihat adanya karang di area dalam Teluk Benoa, namun di luar teluk menunjukkan perubahan negatif kondisi luasan karang pada tahun 1997 - 2006 sebesar negatif -25,14% yaitu berkurang seluas negatif -69,07 ha. Pada tahun 2006 - 2012 juga terjadi pengurangan luasnya sebesar negatif -44,02 % yaitu perubahan sebesar negatif -90,51 ha. Kondisi tahun 2012 - 2015 mengalami perubahan ke arah yang lebih baik, dengan perubahan sebesar positif +97.70 % yaitu penambahan luasan karang sebesar +112,47 ha. Umumnya kondisi terumbu karang berada pada perairan luar Teluk Benoa (Tanjung Benoa, dekat mulut teluk, dan juga P. Serangan), sedangkan di dalam teluk tidak terlihat adanya terumbu karang hidup.

Kajian banjir masih dalam bentuk pendekatan dan *review* dari hasil yang sudah ada. Kejadian banjir sangat berpeluang besar terjadi jika reklamasi tetap dilakukan, berdasarkan pendekatan kejadian sedimentasi dan model hidrodinamika tahap awal, serta pendapat dari beberapa ahli hidrologi. Untuk nilai besaran banjir yang terjadi masih perlu kajian yang lebih detil dengan data-data terbaru, sehingga dapat diperkirakan angka mendekati sebenarnya perubahan level air di dalam teluk. Pengukuran data terbaru, terutama data arus dan gelombang serta cuaca (terutama angin) sangat diperlukan untuk kondisi eksisting dan permodelan dengan skenario sudah ada pulau reklamasi. Sangat diperlukan kerjasama antar Instansi Pemeritahan terkait untuk mendukung terlaksananya kegiatan, terutama penggunaan data-data terbaru yang diperlukan dalam kajian.

Dengan adanya buku ini, dapat semakin dipahami tentang kondisi umum dari perairan Teluk Benoa berupa aspek fisik perairan, kondisi ekosistem, dan potensi kerentanan pesisir di sekitar kawasan

Teluk Benoa. Penulis berharap, informasi umum yang dipaparkan tentunya berguna bagi siapapun yang membacanya, terkhusus akademisi, praktisi, juga bagi masyarakat dan Instansi terkait. Harapannya dapat menjadi masukan bagi segala pihak, terutama para pemegang keputusan dalam mengambil kebijakannya. Apakah reklamasi di perairan Teluk Benoa dapat terlaksana ataupun tidak, diharapkan menjadi pertimbangan yang lebih ilmiah lagi dan berorientasi kepada kebutuhan dan kesejahteraan masyarakat di sekitarnya. Sehingga dengan perhitungan yang sangat kompleks dan detil, kekhawatiran di masa yang akan datang dapat diminimalisir.

Akhir kata, segala kesalahan tentunya tidak terlepas dari tim penulis sebagai manusia biasa. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari para pembaca, untuk menjadi masukan, pengalaman, dan pembelajaran ke depannya dalam menulis tulisan ilmiah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BBMKG) Denpasar – BMKG. Data Cuaca (Angin dan Curah Hujan) Stasiun Pengamatan di lokasi Bandara Ngurah Rai Bali.
- Balai Wilayah Sungai (BWS) Bali – Penida, Kemen PUPR. 2016. Daftar Sungai yang Bermuara ke Teluk Benoa.
- Bakosurtanal. 2007. Prediksi Pasang Surut 2008. Bidang Medan Gayaberat dan Pasang Surut. Pusat Geodesi dan Geodinamika: Cibinong.
- Bengen, D. G.. 2001. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Laut. Institut Pertanian Bogor.
- Dahuri. R., Rais. J., Ginting. S. P dan Sitepu. M. J. 2013. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: Balai Pustaka. 328 hlm.
- Danial, M. Meddy. 2008. Rekayasa Pantai (Coastal Engineering). Penerbit: Alfabeta. Bandung.
- Darmawan, I. Gede Surya. 2013. Pemanfaatan Lahan Pra dan Pascareklamasi di Pulau Serangan. Program Pascasarjana. Universitas Udayana. Tesis.
- [DKP] Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali. 2013. Penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Bali. Laporan Akhir. Pemerintahan Provinsi Bali. Denpasar.
- [ENVI] Exelis Visual Information Solution Classic help, 2008. ENVI Classic Tutorial: Classification Method.
- Guntur, Dita Prasetyo dan Wawan. 2012. Pemetaan Terumbu Karang. Ghalia Indonesia: Bogor.
- Hadiwidjojo, P., T.C Amin dan H. Samodra. 1998. Peta Geologi Lembar Bali dan Nusa Tenggara. Edisi ke-2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- Hartoko, Agus. 2013. Oseanographic Characteristers and Plankton Resources of Indonesia. Graha Ilmu: Yogyakarta.

http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Handout%20Limnologi_0.pdf.

[Akses Tanggal 20 Januari 2014].

- Husrin, Semeidi., Pranowo, W. Setiyo., Maryono, Agus., Poernomo, Achmad., dan Sulistiyo, Budi. 2015. 11 Langkah Kehati-hatian Reklamasi Teluk Benoa Provinsi Bali. Kertas Kerja Kebijakan. Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Hutagalung, Horas P. 1988. Pengaruh Suhu Air terhadap Organisme Laut. Oseana. Volume XIII. Nomor 4: 153 – 164.
- Jaelani, M.L., N. Lalli dan Y. Marini. 2015. Pengaruh Algoritma Lyzenga dalam Pemetaan Terumbu Karang Menggunakan Worldview-2, Studi Kasus: Perairan PLTU Paiton Probolinggo. Jurnal Penginderaan Jauh 12 (2): 123 132.
- [KemenKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2014. Perencanaan Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI Nomor 34/PERMEN-KP/2014. Jakarta.
- [KemenLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Baku Mutu Air Laut. KepmenLH Nomor 51 tahun 2004. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Wisata Bahari dan Biota Laut. Jakarta.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. Penyusunan Peta Kepekaan Lingkungan Pesisir dan Laut Teluk Benoa Bali. Laporan Akhir. Jakarta. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. Penyusunan Laporan Monitoring Kualitas Air Teluk Benoa-Bali TA-2016. Laporan Akhir.
- Kordi, K.M.G.H. 2010. Ekosistem Terumbu Karang. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kordi, K.M.G.H. 2011. Ekosistem Lamun (Seagrass). Jakarta: Rineka Cipta.
- Lee, Wang. C.D dan Kuo. C.L. 1978. Benthic Macro Invertebrates and Fish Biological Indicators of Water Quality with Reference to Community Diversity Index. Asian Institute Tecnology. Bangkok.

- Leeder. M.R. 1983. Sedimentology Process and Product. London: George Allen & Unwin Press. 344 hlm.
- MARITIM. Batimetri Perairan. <http://maritim.co/batimetri-perairan/>. [Akses Tanggal 19 November 2015].
- Maryono, A. 2008. Eko-Hidrolika Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Maskur, A. 2008. Rekonstruksi Pengaturan Hukum Reklamasi Pantai di Kota Semarang. Tesis. Program Magister Ilmu Hukum. Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Millero, F. J. dan Sohn, M.L. 1992. Chemical Oceanography. Florida: CRC Press. Inc.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. Currents, Longshore Currents. https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/03coastal2.html. [Akses 27 April 2018].
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. Currents, Rip Currents. https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/03coastal2.html. [Akses 27 April 2018].
- Nollet, Leo M. L. 2007. Handbook of Water Analysis (Second Edition). CRC Press.
- Paripurno, Eko Teguh. 2016. Membaca Potensi Risiko Bencana di Teluk Bena. <https://travelnatic.com/membaca-potensi-risiko-bencana-di-teluk-bena/>. [Akses 11 Mei 2018]
- Pascoal, Kimberly. 2015. Understanding Rip Currents. <https://northcoastcourier.co.za/33475/understanding-rip-currents/>. [Akses 27 April 2018]
- [PERDA] Peraturan Daerah. No. 16 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Bali Tahun 2009 – 2029. Pemerintah Daerah Provinsi Bali
- [PERPRES] Peraturan Presiden No. 45 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Sarbagita.
- [PERPRES] Peraturan Presiden No. 51 Tahun 2014 tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden No. 45 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan.

- Poerbandono. 2004. Pemecah Ombak Timbulkan Masalah Baru. Bandung. <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/0604/10/cakrawala/lainnya06.htm>. [Akses Bulan April 2007].
- Rusila Noor, Yus., M. Khazali., dan I. N. N. Suyadiputra. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Ditjen PHKA. Kementerian Kehutanan. Bogor.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. Oseana Volume XXX No. 3. 2005. hlm. 1-6.
- Samskerta, I Putu., Huda Bachtiar, dan Fitri Riandini. 2011. Perubahan Karakteristik Pola Arus Laut Bali Terkait Kejadian ENSO. Kolokium Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.
- Setiawan, Teguh Edi., Haeruddin, dan Churun Ain. 2014. Efisiensi Penggunaan Oil Water Separator Pada Kapal Penangkapan Ikan Untuk Pencegahan Pencemaran Minyak di Laut (Studi Kasus KM. Mantis) di BBPPI Semarang. Diponegoro Journal of Maquares. Vol 3 (3): 112-120.
- Simbolon, Sumiharjon. 2012. Definisi Peta, Batimetri, dan Peta Batimetri. <http://sumiharjons09.student.ipb.ac.id/2012/04/17/definisi-peta-batimetri-dan-peta-batimetri/>. [Akses 30 Oktober 2015].
- SINDONEWS. 2015. Pendangkalan di Teluk Benoa Ancam Mangrove. <https://photo.sindonews.com/view/14790/pendangkalan-di-teluk-benoa-ancam-mangrove> [Akses 11 Mei 2018].
- Stewart, Robert H. 2008. Introduction to Physical Oceanography. Department of Oceanography. Texas A & M University.
- Sudiarta, Ketut., Hendrawan, I Gede., Putra, Ketut Sarjana., dan Dewantama, I Made Iwan. 2013. Kajian Modeling Dampak Perubahan Fungsi Teluk Benoa untuk Sistem Pendukung Keputusan (Decision Support System) dalam Jejaring KKP Bali. Jakarta. Laporan Conservation International Indonesia (CII).
- Talley, Lynne D., George L. Pickard., William J. Emery., dan James H. Swift. 2011. Descriptive Physical Oceanography an Introduction. Academic press is an Imprint of Elsevier. Sixth Edition.

- Tanto, Try Al. 2009. Kinerja OTT PS 1 Sebagai Alat Pengukur Pasang Surut Air Laut di Muara Binuangeun. Provinsi Banten. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB: Bogor.
- Tomczak, Matthias dan J. S. Godfrey. 2001. Regional Oceanography an Introduction.
- TRIBUNNEWS. 2015. Pendukung Reklamasi: Masyarakat Bali Menantikan Jokowi Percepat Setujui RTB. <http://www.tribunnews.com/regional/2015/10/22/masyarakat-bali-menantikan-jokowi-percepat-setujui-rtb> [Akses 11 Mei 2018].
- Verstappen. H.Th (Di Terjemahkan oleh Sutikno). 2014. Geomorfologi Terapan. Survei Geomorfologikal untuk Pengembangan Lingkungan. Yogyakarta: Ombak. 629 hlm.
- Wagiu, M. 2011. Dampak Program Reklamasi Bagi Ekonomi Rumah Tangga Nelayan di Kota Manado. Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis. 7 (1): 12-16.
- Welch, Paul S. 1952. Limnology 2nd Editions. McGraw-Hill Book Company. Inc. New York.
- Wyrski, K. 1961. Physical Oceanography of Southeast Asian Water.
- Yovie. 2012. Total Suspended Solids (TSS). <http://environmentalchemistry.wordpress.com/2012/01/11/total-suspended-solid-tss-2/>. [Akses Tanggal 16 Januari 2014].
- Yusri, Safran. Pengenalan Bentuk Pertumbuhan Karang dan Struktur Rangka Kapur Karang. The Indonesian Coral Reef Foundation (Yayasan Terangi). <http://www.terangi.or.id/publications/pdf/bentukpertumb.pdf>. [Akses Tanggal 19 Maret 2013].

LAMPIRAN - LAMPIRAN



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

PERATURAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 122 TAHUN 2012
TENTANG
REKLAMASI DI WILAYAH PESISIR DAN PULAU-PULAU KECIL

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 34 ayat (3) Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, perlu menetapkan Peraturan Presiden tentang Reklamasi di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil;
- Mengingat : 1. Pasal 4 ayat (1) Undang-undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945;
2. Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 84, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4739);

MEMUTUSKAN:

- Menetapkan : PERATURAN PRESIDEN TENTANG REKLAMASI DI WILAYAH PESISIR DAN PULAU-PULAU KECIL.

BAB I
KETENTUAN UMUM

Pasal 1

Dalam Peraturan Presiden ini yang dimaksud dengan:

1. Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan oleh orang dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan sosial ekonomi dengan cara pengurangan, pengeringan lahan atau drainase.
2. Pengerukan adalah kegiatan penggalian atau pengambilan tanah dan batuan dasar baik di daratan maupun di bawah air.

3. Pengurugan adalah kegiatan penimbunan tanah dan/atau batuan di atas permukaan tanah dan/atau batuan.
4. Pengeringan lahan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengubah perairan dan/atau daratan menjadi lahan kering dengan cara pemompaan dan/atau dengan drainase.
5. Drainase adalah metode pengaliran air permukaan atau air tanah agar perairan berubah menjadi lahan.
6. Material reklamasi adalah material yang digunakan untuk tujuan reklamasi.
7. Kawasan Pemanfaatan Umum adalah bagian dari wilayah pesisir yang ditetapkan peruntukannya bagi berbagai sektor kegiatan.
8. Kawasan Strategis Nasional Tertentu adalah kawasan yang terkait dengan kedaulatan negara, pengendalian lingkungan hidup, dan/atau situs warisan dunia, yang pengembangannya diprioritaskan bagi kepentingan nasional.
9. Bencana pesisir adalah kejadian karena peristiwa alam atau karena perbuatan orang yang menimbulkan perubahan sifat fisik dan/atau hayati pesisir dan mengakibatkan korban jiwa, harta, dan/atau kerusakan di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil.
10. Rencana zonasi adalah rencana yang menentukan arah penggunaan sumber daya tiap-tiap satuan perencanaan disertai dengan penetapan struktur dan pola ruang pada kawasan perencanaan yang memuat kegiatan yang boleh dilakukan dan tidak boleh dilakukan serta kegiatan yang hanya dapat dilakukan setelah memperoleh izin.
11. Ekosistem adalah kesatuan komunitas tumbuh-tumbuhan, hewan, organisme dan non organisme lain serta proses yang menghubungkannya dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas.
12. Rasio manfaat dan biaya [(Benefit Cost Ratio (B/C-R))] adalah nilai perbandingan antara manfaat pada tingkat bunga yang berlaku dari biaya yang didiskontokan dengan tingkat bunga yang sama selama masa pelaksanaan reklamasi.
13. Nilai bersih perolehan sekarang [(Net Present Value (NPV))] adalah selisih antara nilai investasi sekarang dengan nilai penerimaan bersih dimasa yang akan datang.
14. Tingkat bunga pengembalian [(Internal Rate of Return (IRR))] adalah menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan bersih dimasa yang akan datang.
15. Jangka waktu pengembalian investasi [(Return of Investment (ROI))] adalah metode untuk mencari prosentase (%) dari manfaat atas perbandingan dari biaya yang akan dikeluarkan.
16. Prakiraan dampak lingkungan adalah prakiraan pengaruh perubahan pada lingkungan hidup yang diakibatkan oleh reklamasi.

17. Valuasi ekonomi sumber daya alam dan lingkungan hidup adalah upaya pengenaan nilai moneter terhadap sebagian atau seluruh potensi sumber daya alam dan lingkungan hidup, sesuai dengan tujuan pemanfaatannya.
18. Orang adalah orang perseorangan dan/atau badan hukum.
19. Pemerintah Pusat, selanjutnya disebut Pemerintah adalah Presiden Republik Indonesia yang memegang kekuasaan Pemerintahan Negara Kesatuan Republik Indonesia sebagaimana dimaksud dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.
20. Pemerintah Daerah adalah gubernur, bupati/walikota, dan perangkat daerah sebagai unsur penyelenggara pemerintahan daerah.
21. Menteri adalah menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kelautan dan perikanan.
22. Keputusan kelayakan lingkungan hidup adalah keputusan yang menyatakan kelayakan lingkungan hidup dari suatu rencana usaha dan/atau kegiatan yang wajib dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan.
23. Rekomendasi upaya pengelolaan lingkungan hidup dan upaya pemantauan lingkungan hidup, yang selanjutnya disebut rekomendasi UKL-UPL adalah surat persetujuan yang dikeluarkan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, gubernur, bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya terhadap usaha dan/atau kegiatan yang wajib UKL-UPL.
24. Izin lingkungan adalah izin yang diberikan kepada setiap orang yang melakukan usaha dan/atau kegiatan yang wajib analisis mengenai dampak lingkungan hidup atau UKL-UPL dalam rangka perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup sebagai prasyarat untuk memperoleh izin usaha dan/atau kegiatan.

Pasal 2

- (1) Ruang lingkup Peraturan Presiden ini meliputi perencanaan dan pelaksanaan reklamasi wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil.
- (2) Peraturan Presiden ini dikecualikan bagi reklamasi di:
 - a. Daerah Lingkungan Kerja (DLKr) dan Daerah Lingkungan Kepentingan (DLKp) pelabuhan utama dan pelabuhan pengumpul serta di wilayah perairan terminal khusus;
 - b. lokasi pertambangan, minyak, gas bumi, dan panas bumi; dan
 - c. kawasan hutan dalam rangka pemulihan dan/atau perbaikan hutan.
- (3) Reklamasi tidak dapat dilakukan pada kawasan konservasi dan alur laut.

BAB II PERENCANAAN REKLAMASI Pasal 3

- (1) Pemerintah, pemerintah daerah, dan setiap orang yang akan melaksanakan reklamasi wajib membuat perencanaan reklamasi.
- (2) Perencanaan reklamasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan melalui kegiatan:
 - a. penentuan lokasi;
 - b. penyusunan rencana induk;
 - c. studi kelayakan; dan
 - d. penyusunan rancangan detail.

Pasal 4

- (1) Penentuan lokasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (2) huruf a dilakukan berdasarkan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP-3-K) Provinsi, Kabupaten/Kota dan/atau Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Nasional, Provinsi, Kabupaten/Kota.
- (2) Penentuan lokasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi penentuan:
 - a. lokasi reklamasi; dan
 - b. lokasi sumber material reklamasi.
- (3) Penentuan lokasi reklamasi dan lokasi sumber material reklamasi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) wajib mempertimbangkan aspek teknis, aspek lingkungan hidup, dan aspek sosial ekonomi (tabulasi).

Pasal 5

Aspek teknis sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (3) meliputi hidro-oceanografi, hidrologi, batimetri, topografi, geomorfologi, dan/atau geoteknik.

Pasal 6

- (1) Hidro-oceanografi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 meliputi pasang surut, arus, gelombang, dan sedimen dasar laut.
- (2) Hidrologi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 meliputi curah hujan, air tanah, debit air sungai/saluran, dan air limpasan.
- (3) Batimetri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 meliputi kontur kedalaman dasar perairan.
- (4) Topografi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 meliputi kontur permukaan daratan.
- (5) Geomorfologi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 meliputi bentuk dan tipologi pantai.
- (6) Geoteknik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 meliputi sifat-sifat fisis dan mekanis lapisan tanah.

Pasal 7

Aspek lingkungan hidup sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (3) berupa kondisi lingkungan hidup.

Pasal 8

Kondisi lingkungan hidup sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 meliputi kualitas air laut, kualitas air tanah, kualitas udara, kondisi ekosistem pesisir (mangrove, lamun, terumbu karang), flora dan fauna darat, serta biota perairan.

Pasal 9

Aspek sosial ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (3) meliputi demografi, akses publik, dan potensi relokasi.

Pasal 10

- (1) Demografi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 meliputi jumlah penduduk, kepadatan penduduk, pendapatan, mata pencaharian, pendidikan, kesehatan, dan keagamaan.
- (2) Akses publik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 meliputi jalan dan jalur transportasi masyarakat serta informasi terkait pembangunan reklamasi.
- (3) Potensi relokasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 meliputi lahan yang bisa digunakan untuk relokasi penduduk serta fasilitas sarana dan prasarana lainnya.

Pasal 11

Penyusunan rencana induk reklamasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (2) huruf b harus memperhatikan:

- a. kajian lingkungan hidup strategis;
- b. kesesuaian dengan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP-3-K) Provinsi, Kabupaten/Kota dan/atau Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Nasional, Provinsi, Kabupaten/Kota;
- c. sarana prasarana fisik di lahan reklamasi dan di sekitar lahan yang di reklamasi;
- d. akses publik;
- e. fasilitas umum;
- f. kondisi ekosistem pesisir;
- g. kepemilikan dan/atau penguasaan lahan;
- h. pranata sosial;
- i. aktivitas ekonomi;
- j. kependudukan;
- k. kearifan lokal; dan
- l. daerah cagar budaya dan situs sejarah.

Pasal 12

Penyusunan rencana induk sebagaimana dimaksud dalam Pasal 11 paling sedikit memuat:

- a. rencana peruntukan lahan reklamasi;
- b. kebutuhan fasilitas terkait dengan peruntukan reklamasi;
- c. tahapan pembangunan;
- d. rencana pengembangan; dan

e. jangka waktu pelaksanaan reklamasi.

Pasal 13

- (1) Studi kelayakan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat
- (2) huruf c meliputi:
 - a. teknis;
 - b. ekonomi-finansial; dan
 - c. lingkungan hidup.
- (2) Kelayakan teknis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a meliputi kelayakan hidro-oceanografi, hidrologi, batimetri, topografi, geomorfologi, dan geoteknik.
- (3) Kelayakan ekonomi-finansial sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b meliputi kelayakan analisis:
 - a. rasio manfaat dan biaya [(Benefit Cost Ratio (B/C-R));
 - b. nilai bersih perolehan sekarang [(Net Present Value (NPV));
 - c. tingkat bunga pengembalian [(Internal Rate of Return (IRR));
 - d. jangka waktu pengembalian investasi [(Return of Investment (ROI)); dan
 - e. valuasi ekonomi lingkungan sumber daya alam dan lingkungan hidup.
- (4) Kelayakan lingkungan hidup sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c didasarkan atas keputusan kelayakan lingkungan hidup atau rekomendasi UKL-UPL.

Pasal 14

- (1) Rancangan detail sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (2) huruf d disusun berdasarkan rencana induk dan studi kelayakan.
- (2) Rancangan detail sebagaimana dimaksud pada ayat (1) sekurang-kurangnya memuat rancangan:
 - a. penyiapan lahan dan pembuatan prasarana/fasilitas penunjang reklamasi;
 - b. pembersihan dan/atau perataan tanah;
 - c. pembuatan dinding penahan tanah dan/atau pemecah gelombang;
 - d. pengangkutan material reklamasi dari lokasi sumber material darat dan/atau laut;
 - e. perbaikan tanah dasar;
 - f. pengurangan material reklamasi;
 - g. penanganan, penebaran dan penimbunan material reklamasi dari darat dan/atau laut;
 - h. pengeringan, perataan dan pematangan lahan reklamasi; dan
 - i. sistem drainase.
- (3) Penyusunan rancangan detail sebagaimana dimaksud pada ayat (1) wajib memasukkan mitigasi bencana dan memuat rincian waktu pelaksanaan reklamasi.

BAB III

PERIZINAN REKLAMASI

Pasal 15

Pemerintah, pemerintah daerah, dan setiap orang yang akan melaksanakan reklaması wajib memiliki izin lokasi dan izin pelaksanaan reklaması.

Pasal 16

- (1) Untuk memperoleh izin lokasi dan izin pelaksanaan reklaması, Pemerintah, pemerintah daerah dan setiap orang wajib terlebih dahulu mengajukan permohonan kepada Menteri, gubernur, atau bupati/walikota.
- (2) Menteri memberikan izin lokasi dan izin pelaksanaan reklaması pada Kawasan Strategis Nasional Tertentu, kegiatan reklaması lintas provinsi, dan kegiatan reklaması di pelabuhan perikanan yang dikelola oleh Pemerintah.
- (3) Pemberian izin lokasi dan izin pelaksanaan reklaması pada Kawasan Strategis Nasional Tertentu dan kegiatan reklaması lintas provinsi sebagaimana dimaksud pada ayat
(2) diberikan setelah mendapat pertimbangan dari bupati/walikota dan gubernur.
- (4) Gubernur dan bupati/walikota memberikan izin lokasi dan izin pelaksanaan reklaması dalam wilayah sesuai dengan kewenangannya dan kegiatan reklaması di pelabuhan perikanan yang dikelola oleh pemerintah daerah.

Pasal 17

- (1) Permohonan izin lokasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 15 wajib dilengkapi dengan:
 - a. identitas pemohon;
 - b. proposal reklaması;
 - c. peta lokasi dengan koordinat geografis; dan
 - d. bukti kesesuaian lokasi reklaması dengan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP-3-K) dan/atau Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dari instansi yang berwenang.
- (2) Menteri, gubernur, dan bupati/walikota sesuai kewenangannya memberikan atau menolak permohonan izin lokasi dalam waktu paling lambat 20 (dua puluh) hari kerja sejak permohonan diterima secara lengkap.
- (3) Penolakan permohonan sebagaimana dimaksud pada ayat
(2) diberikan secara tertulis disertai alasan penolakan.
- (4) Apabila dalam jangka waktu 20 (dua puluh) hari kerja tidak memberikan atau menolak permohonan, maka permohonan dianggap disetujui dan wajib mengeluarkan izin.
- (5) Setiap pemegang izin lokasi dalam jangka waktu paling lambat 2 (dua) tahun wajib menyusun:
 - a. rencana induk;
 - b. studi kelayakan; dan

c. rancangan detail reklamasi.

Pasal 18

- (1) Permohonan izin pelaksanaan reklamasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 15 wajib dilengkapi dengan:
 - a. izin lokasi;
 - b. rencana induk reklamasi;
 - c. izin lingkungan;
 - d. dokumen studi kelayakan teknis dan ekonomi finansial;
 - e. dokumen rancangan detail reklamasi;
 - f. metoda pelaksanaan dan jadwal pelaksanaan reklamasi; dan
 - g. bukti kepemilikan dan/atau penguasaan lahan.
- (2) Menteri, gubernur, dan bupati/walikota sesuai kewenangannya memberikan atau menolak permohonan izin pelaksanaan reklamasi dalam waktu paling lambat 45 (empat puluh lima) hari kerja sejak permohonan diterima secara lengkap.
- (3) Penolakan permohonan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) diberikan secara tertulis disertai alasan penolakan.
- (4) Apabila dalam jangka waktu 45 (empat puluh lima) hari kerja tidak memberikan atau menolak permohonan, maka permohonan dianggap disetujui dan wajib mengeluarkan izin.
- (5) Setiap pemegang izin pelaksanaan reklamasi dalam jangka waktu paling lambat 1 (satu) tahun wajib melaksanakan:
 - a. pembangunan fisik sejak diterbitkan izin pelaksanaan reklamasi;
 - b. menyampaikan laporan secara berkala setiap 4 (empat) bulan sekali kepada instansi pemberi izin;
 - c. reklamasi sesuai dengan rancangan detail; dan
 - d. reklamasi sesuai dengan izin lingkungan.

Pasal 19

- (1) Izin lokasi reklamasi berlaku untuk jangka waktu 2 (dua) tahun dan dapat diperpanjang paling lama 2 (dua) tahun.
- (2) Izin pelaksanaan reklamasi berlaku untuk jangka waktu paling lama 5 (lima) tahun dan dapat diperpanjang paling lama 5 (lima) tahun dengan mempertimbangkan metode dan jadwal reklamasi.
- (3) Menteri, gubernur, dan bupati/walikota paling lambat 14 (empat belas) hari kerja terhitung sejak menerima permohonan perpanjangan izin pelaksanaan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) telah memberikan perpanjangan atau penolakan perpanjangan permohonan izin pelaksanaan reklamasi.
- (4) Penolakan permohonan perpanjangan sebagaimana dimaksud pada ayat (3) diberikan secara tertulis disertai alasan penolakan.
- (5) Apabila dalam jangka waktu 14 (empat belas) hari kerja tidak memberikan atau menolak permohonan, maka permohonan perpanjangan dianggap disetujui dan wajib mengeluarkan izin.

Pasal 20

- (1) Izin pelaksanaan reklamasi dapat dicabut apabila:
 - a. tidak sesuai dengan perencanaan reklamasi; dan/atau
 - b. izin lingkungan dicabut.
- (2) Pencabutan izin pelaksanaan reklamasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan dengan tahapan:
 - a. memberikan peringatan tertulis sebanyak 3 (tiga) kali berturut-turut, masing-masing dalam tenggang waktu 1 (satu) bulan oleh Menteri, gubernur, dan bupati/ walikota;
 - b. dalam hal peringatan tertulis sebagaimana dimaksud pada huruf a tidak dipatuhi, selanjutnya dilakukan pembekuan selama 1 (satu) bulan; dan
 - c. apabila pembekuan sebagaimana dimaksud pada huruf b tidak dipatuhi, selanjutnya dilakukan pencabutan.

Pasal 21

Ketentuan lebih lanjut mengenai perizinan reklamasi diatur oleh Menteri, gubernur, dan bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya.

BAB IV

PELAKSANAAN REKLAMASI

Pasal 22

- (1) Pelaksanaan reklamasi dilakukan sesuai dengan perencanaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 sampai dengan Pasal 14.
- (2) Pelaksanaan reklamasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan dengan cara:
 - a. pengurangan;
 - b. pengeringan lahan; dan/atau
 - c. drainase.

Pasal 23

Pengurangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 22 ayat (2) huruf a dilaksanakan dengan cara:

- a. pembangunan tanggul mengelilingi daerah yang akan direklamasi;
- b. penebaran material reklamasi dilaksanakan lapis demi lapis melalui penimbunan material dari daratan dan/atau pemompaan secara hidrolis (hydraulic fill) material dari perairan;
- c. perataan lahan reklamasi;
- d. pematangan lahan melalui pemasangan peralatan pengeringan vertikal (vertical drain) dan pemadatan lahan; dan
- e. penimbunan tanah lapisan terakhir (finishing).

Pasal 24

Pengeringan lahan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 22 ayat (2) huruf b dilakukan dengan cara:

- a. pembangunan tanggul kedap air mengelilingi daerah yang akan direklamasi;
- b. pemompaan air dilaksanakan pada lahan yang akan direklamasi;
- c. perbaikan tanah dasar melalui penimbunan dan pemadatan tanah; dan
- d. pembuatan jaringan drainase dan/atau pompanisasi melingkari lahan reklamasi.

Pasal 25

Drainase sebagaimana dimaksud dalam Pasal 22 ayat (2) huruf c dilakukan dengan cara membuat sistem pengaliran air dengan atau tanpa pintu-pintu pengatur dan elevasi muka tanah masih lebih tinggi dari elevasi muka air laut.

Pasal 26

Pelaksanaan reklamasi wajib menjaga dan memperhatikan:

- a. keberlanjutan kehidupan dan penghidupan masyarakat;
- b. keseimbangan antara kepentingan pemanfaatan dan kepentingan pelestarian fungsi lingkungan pesisir dan pulau-pulau kecil; serta
- c. persyaratan teknis pengambilan, pengerukan, dan penimbunan material.

Pasal 27

Keberlanjutan kehidupan dan penghidupan masyarakat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 26 huruf a dilakukan dengan:

- a. memberikan akses kepada masyarakat menuju pantai;
- b. mempertahankan mata pencaharian penduduk sebagai nelayan, pembudidaya ikan, dan usaha kelautan dan perikanan lainnya;
- c. memberikan kompensasi/ganti kerugian kepada masyarakat sekitar yang terkena dampak reklamasi;
- d. merelokasi permukiman bagi masyarakat yang berada pada lokasi reklamasi; dan/atau
- e. memberdayakan masyarakat sekitar yang terkena dampak reklamasi.

Pasal 28

Ketentuan lebih lanjut mengenai pelaksanaan reklamasi terhadap keberlanjutan kehidupan dan penghidupan masyarakat diatur oleh Menteri.

Pasal 29

Untuk menjaga keseimbangan antara kepentingan pemanfaatan dan kepentingan pelestarian fungsi lingkungan pesisir dan pulau-pulau kecil sebagaimana dimaksud dalam Pasal 26 huruf b pelaksana reklamasi wajib mengurangi dampak:

- a. perubahan hidro-oceanografi yang meliputi arus, gelombang, dan kualitas sedimen dasar laut;
- b. perubahan sistem aliran air dan drainase;
- c. peningkatan volume/frekuensi banjir dan/atau genangan;
- d. perubahan batimetri;

- e. perubahan morfologi dan tipologi pantai;
- f. penurunan kualitas air dan pencemaran lingkungan hidup; dan
- g. degradasi ekosistem pesisir.

Pasal 30

- (1) Persyaratan teknis pengambilan, pengerukan, dan penimbunan material sebagaimana dimaksud dalam Pasal 26 huruf c meliputi:
 - a. metode pengambilan, pengerukan, dan penimbunan material yang digunakan tidak mengakibatkan pencemaran lingkungan hidup, merusak ekosistem, semburan lumpur (mud explosion), gelombang lumpur (mud wave), bencana pesisir serta mematikan keberlanjutan kehidupan dan penghidupan masyarakat; dan
 - b. material reklamasi merupakan tanah dominan pasir dan tidak mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3).
- (2) Metode pengambilan material timbunan di darat dapat menggunakan:
 - a. peledakan untuk material batuan; dan/atau
 - b. peralatan mekanik untuk material batuan dan tanah.
- (3) Metode pengerukan material timbunan di perairan dilakukan dengan menggunakan kapal sesuai jenis dan kepadatan material.
- (4) Metode penimbunan material timbunan dilakukan dengan:
 - a. mengangkut material dengan dumptruck, dituangkan di lokasi reklamasi, dihamparkan dengan bulldozer dan diratakan dengan grader, setelah itu dipadatkan untuk lokasi sumber material di darat;
 - b. mengangkut material dengan kapal, ditebarkan dengan cara penyemprotan lapis demi lapis dan dipadatkan untuk lokasi sumber material di perairan; dan
 - c. menggunakan kantong pasir (sand bag) dan silt barricade untuk mencegah pencemaran lingkungan laut.

BAB V

MONITORING DAN EVALUASI

Pasal 31

- (1) Monitoring dan evaluasi reklamasi dilakukan oleh Menteri, menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, gubernur, bupati/walikota atau pejabat yang ditunjuk sesuai dengan kewenangannya.
- (2) Monitoring dan evaluasi sebagaimana yang dimaksud pada ayat (1) dilakukan pada tahap pelaksanaan reklamasi agar sesuai dengan perencanaan dan izin lingkungan.

BAB VI

KETENTUAN PERALIHAN

Pasal 32

- (1) Permohonan izin lokasi reklamasi dan izin pelaksanaan reklamasi yang diajukan sebelum ditetapkan Peraturan Presiden ini diproses sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku sebelum ditetapkan Peraturan Presiden ini.
- (2) Izin lokasi reklamasi dan izin pelaksanaan reklamasi yang telah diterbitkan sebelum ditetapkan Peraturan Presiden ini dinyatakan tetap berlaku sampai dengan jangka waktu izin berakhir.

**BAB VII
KETENTUAN PENUTUP**

Pasal 33

Semua peraturan perundang-undangan yang terkait dengan kegiatan reklamasi di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil yang telah ada, sepanjang tidak bertentangan dengan Peraturan Presiden ini, tetap berlaku sampai dengan dikeluarkannya peraturan pelaksanaan yang baru.

Pasal 34

Peraturan Presiden ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Presiden ini dengan penempatannya dalam Lembaran Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 5 Desember 2012
PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,
ttd.
DR. H. SUSILO BAMBANG YUDHOYONO

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 6 Desember 2012
MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.
AMIR SYAMSUDIN

LEMBARAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2012 NOMOR 267
Salinan sesuai dengan aslinya
SEKRETARIAT KABINET RI
Deputi Bidang Kesejahteraan Rakyat,

ttd.
Agus Sumartono, S.H., M.H.

Profil Penulis



Try Al Tanto, S.Pi.

Try Al Tanto lahir di Pasar Baru (Pesisir Selatan), pada tanggal 22 Juli 1986. Bapak yang telah dikarunia 2 orang anak ini menyelesaikan Sarjana pada Jurusan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2009. Bergabung dengan Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan (saat ini bernama Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan) pada tahun 2011, tepatnya pada UPT Loka Riset Kerentanan Pesisir dan Laut (sekarang bernama Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir) dengan lokasi kantor di Bungus, Padang - Sumatera Barat. Terjun dalam riset-riset kelautan sejak tahun 2010 (saat di Balai Penelitian dan Observasi Laut - BRSDM KKP), dan mulai menjadi Penanggung Jawab Kegiatan tahun 2012. Adapun kegiatan-kegiatan penelitian yang dilaksanakan sebagai Penanggung Jawab yaitunya Kegiatan Penelitian "Identifikasi Kerentanan Pesisir dan Pulau-pulau Kecil terhadap Bencana Laut (Studi Kasus Kab. Sukabumi & Kalsel)" Tahun 2012, "Kerentanan Ekosistem Kawasan Teluk Bungus terhadap Perubahan Tata Guna Lahan" Tahun 2013, "Kajian Kesesuaian dan Daya Dukung Wilayah Potensi Wisata Bahari di Perairan Kota Padang dan Sekitarnya" Tahun 2015, dan "Kajian Dampak Reklamasi Teluk Benoa Terhadap Ekosistem Laut dan Pesisir" Tahun 2016. Hingga sekarang melahirkan beberapa karya tulis ilmiah, serta ikut berpartisipasi dalam kegiatan/diklat nasional dan internasional, diantaranya MOMSEI Summer School Ke-3 di Qingdao China tahun 2012, Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia tahun 2013, MOMSEI Summer School Ke-5 di Jakarta Indonesia tahun 2014, Seminar Sains Atmosfer LAPAN tahun 2014, *Training Course on Basic Oceanography* di Phuket Thailand tahun 2015, serta pertemuan rutin peneliti dalam pembahasan isu-isu terkini berkaitan dengan kelautan. Saat buku ini ditulis, Penulis sedang menempuh Pendidikan Magister Ilmu Kelautan di Institut Pertanian Bogor.



Aprizon Putra, S.Pd., M.Si.

Aprizon Putra lahir di Padang, pada tanggal 18 April 1985. Menyelesaikan Sarjana pada Jurusan Geografi, Universitas Negeri Padang dengan predikat "Dengan Pujian" pada tahun 2012. Begitu lulus, penulis memilih bekerja/bergabung di Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir (LPSDKP), Badan Penelitian dan

Pengembangan Kelautan dan Perikanan (Balitbang KP), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) pada tahun 2014, penulis melanjutkan studi Magister (M.Si) di Pascasarjana Universitas Andalas. Sejak tahun 2012 penulis aktif membantu penelitian yang dilaksanakan oleh LPSDKP dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan (P3SDLP), serta berhasil mendapat dua penghargaan Nasional Adi Bakti Mina Bahari oleh Menteri Kelautan dan Perikanan secara berturut – turut pada tahun 2013 dan 2014 untuk "Penelitian Terbaik Bidang Kelautan" bersama Dr.-Ing. Semeidi Husrin, ST., M.Sc. Pada bulan Desember 2014 penulis terlibat dalam survei Benthic Cruise Phase I di Samudera Hindia yang dilaksanakan oleh P3SDLP bersama *The First Institute of Oceanography* (FIO) China. Selain aktif membantu penelitian, penulis juga aktif dalam melahirkan karya tulis ilmiah diantaranya "Identifikasi Perubahan Luasan *Greenbelt* di Kabupaten Pangandaran - Jawa Barat menggunakan Citra Landsat" yang diterbitkan dalam Jurnal *Akuatika* - Universitas Padjajaran tahun 2015 dan "Kerentanan Pesisir Terhadap Perubahan Iklim di Timur Laut Bali" yang diterbitkan dalam *Majalah Globe* - Badan Informasi Geospasial tahun 2015.



**Dr.-Ing. Semeidi Husrin, ST.,
M.Sc.**

Semeidi Husrin menyelesaikan Sarjana Teknik Kelautan, Institut Teknologi Bandung pada tahun 2002. Setelah bergabung dengan Badan Riset Kelautan dan Perikanan (sekarang bernama Balitbang Kelautan dan Perikanan) pada tahun 2003, beliau melanjutkan studi Master (M.Sc) pada tahun 2005 ke UNESCO-IHE Delft, Belanda jurusan Teknik Pantai dan Pembangunan Pelabuhan dan lulus tahun 2007. Tidak puas dengan studi master, pria kelahiran Bandung, 14 Mei 1979 ini melanjutkan studi Doktor Double Degree pada tahun 2008 - 2013 di bidang Teknik Pantai dan Hidromekanik di TU Braunschweig, Jerman dan Universitas Florence, Italia. Selain produktif dalam melahirkan karya tulis ilmiah, beliau juga telah meraih tiga penghargaan seperti penghargaan internasional pada tahun 2012 di Chennai, India sebagai "Paper Terbaik" pada acara *The 8th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (COPEDEC)* yang disponsori oleh PIANC dan dua Penghargaan Nasional Adhibakti Mina Bahari dari Menteri Kelautan dan Perikanan secara berturut-turut pada tahun 2013 dan 2014 sebagai "Penelitian Terbaik Bidang Kelautan". Selain aktif sebagai peneliti di Balitbang Kelautan dan Perikanan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir (P3SDLP) yang berkantor di Ancol, Jakarta Utara dan Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir (LPSDKP) di Kota Padang, Sumatera Barat, beliau juga aktif membimbing tugas akhir mahasiswa di Institut Teknologi Bandung dan Universitas Padjadjaran Bandung.



Dr.-Ing. Widodo S. Pranowo, ST., M.Si.

Widodo Setiyo Pranowo, menyelesaikan pendidikan dasar hingga menengah di kota kelahirannya Purwokerto. Mengenyam pendidikan di Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Universitas Diponegoro Semarang (1993-1998) dan di Jurusan Geofisika dan Meteorologi Institut Teknologi Bandung (1999-2002). Bergabung di Kementerian Kelautan dan Perikanan sejak di awal tahun 2003. Melalui program *German-Indonesia Tsunami Early Warning System (GITEWS)*, gelar Doktor di bidang Tekno-Matematika diraihinya pada tahun 2010 dari Universitas Bremen dan *Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research*, Jerman. Sejak 2011 menjadi peneliti bidang Oseanografi di Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kelautan dan Perikanan. Dan sejak awal 2014 juga aktif sebagai dosen pengajar di Jurusan Teknik Hidro-Oseanografi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL). Berkesempatan 2016-2017, diundang mengajar di Sekolah Komando dan Staf (SESKO) TNI. Pengalaman di bidang penelitian oseanografi antara lain: terlibat erat di program penelitian Arus Lintas Indonesia "International Nusantara Stratification and Transport" (INSTANT) 2003-2006; Melakukan instalasi dan penganalisan Argo Float di Samudera Hindia Tenggara bekerjasama dengan CSIRO Australia (2004-2005); Menjadi Chief Scientist pada Leg 1 Ekspedisi Wallacea Indonesia (EWI) 2004 dengan rute Makassar – Bonerate – Kakabia – Bau-Bau menggunakan Kapal Riset Phinisi Cinta Laut; Kembali menjadi Chief Scientist dari Ekspedisi Wallacea Indonesia (EWI) 2005 untuk eksplorasi sumberdaya laut dan pesisir Radja Ampat Papua; Menjadi koordinator kerjasama Indonesia-China untuk penelitian "*Monsoon Onset Monitoring and Its Social and Ecosystem Impacts*" (MOMSEI) 2013-2014; Koordinator Topik *Climate Change and The Ocean* (CISKA) pada kerjasama *Indonesia-German Science for Protection Indonesia Marine-Coastal Ecosystems* (SPICE) III 2012-2013, yang kemudian sejak akhir 2014 berubah nama menjadi Science for Marine Ecosystem and Fisheries (SIMEF) dimana Widodo ditunjuk sebagai Program Koordinatornya. Sejak 2014 pula, Widodo ditunjuk menjadi Koordinator *End-Users of Satellite Application for Oil Spill Monitoring* pada program kerjasama Indonesia -

Perancis "Indonesia Infrastructure Development for Space Oceanography" (INDESO). Adapun kasus tumpahan minyak yang pernah turut ditanganinya: bocornya MT. Lucky Lady di Cilacap (2004), meledaknya Sumur Minyak Montara pada 2009 yang berdampak ke Perairan Pulau Rote dan sekitarnya (2010-2012; riset dilanjutkan kembali 2016-2017); bocornya MT. Alyarmouk akibat tabrakan dengan MV. Sinar Kapuas di Selat Singapura (2015). Pada 2017, Widodo diundang oleh pemerintah Republik Korea Selatan (ROK) untuk bergabung sebagai anggota "*Indonesia - Korea Advisory Group on Science, Technology & Innovation*". Widodo juga aktif sebagai editor dan mitra bestari di beberapa jurnal nasional baik yang terakreditasi dan belum. Pengalaman Widodo dalam membimbing tugas akhir sarjana, master, doktoral dibuktikan dengan sejumlah mahasiswa bimbingannya dari berbagai universitas. Beberapa kali Widodo juga diundang sebagai penguji sidang doktoral. Saat ini Widodo masih aktif sebagai peneliti di Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.



AMaFRaD PRESS

Diterbitkan oleh: AMAFRAD Press-

Badan Riset dan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan

Gedung Mina Bahari III, Lantai. 6,

Jl. Medan Merdeka Timur No. 16, Jakarta Pusat 10110.

Telp. (021) 3513300,

Fax. (021) 3513287

No Anggota IKAPI : 501/DKI/2014

P-ISBN 978-602-5791-47-5



e-ISBN 978-602-5791-46-8

