



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
SATKER BALAI WILAYAH SUNGAI NUSA TENGGARA I
Jln. Ahmad Yani No.1 Gerimax Indah Narmada, Lombok Barat, Telp. (0370) 672282 Fax. (0370) 672345

LAPORAN DRAFT FINAL



TAHUN 2013

SURVEI IDENTIFIKASI DESAIN PENGAMANAN PANTAI NUSA TENGGARA BARAT



PT. SUWANDA KARYA MANDIRI
Survey p e m e t a a n - p e r e n c a n a a n - p e n g a w a s a n

Kantor Pusat : Bumi Asri Mekar Rahayu Blok II No.B-7 Telp/Fax.: (022) 5417700 - 5412700 Kopo - Bandung 40218
Kantor Perwakilan : Jl. Sebra III No.10 a, Telp/Fax (0451) 482454, Palu Sulawesi Tengah
Kantor Perwakilan : Jl. Angsoka No. 15 Telp. (0541) 732207 Kota Samarinda - Prov. Kalimantan Timur

KATA PENGANTAR

Sehubungan dengan pelaksanaan pekerjaan "**SID Pengamanan Pantai di NTB**" berdasarkan Surat Perjanjian (Kontrak) antara **Satuan Kerja Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I** dengan **PT. Suwanda Karya Mandiri**, maka dengan ini kami sampaikan:

LAPORAN FINAL

Laporan ini berisi uraian tentang hasil perencanaan yang telah dilakukan oleh konsultan berikut dengan analisis-analisis hidro-oceanografi serta alternatif-alternatif pemilihan jenis konstruksi dan perencanaan bangunan pengaman pantai yang telah di lakukan oleh konsultan

Harapan kami, laporan ini dapat bermanfaat untuk kegiatan dan rencana kerja selanjutnya. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih kepada instansi-instansi terkait yang telah banyak membantu sehingga terselesaikan laporan ini. Saran, masukan dan koreksi sangat diharapkan untuk perbaikan laporan dan antisipasi kegiatan selanjutnya.

Mataram, September 2013
PT. SUWANDA KARYA MANDIRI

Team Leader

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | ii |
| DAFTAR TABEL | iv |
| DAFTAR GAMBAR | v |
| BAB-1 PENDAHULUAN | 1-1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1-1 |
| 1.2 MAKSUD, TUJUAN DAN SASARAN | 1-3 |
| 1.3 WAKTU PELAKSANAAN | 1-3 |
| 1.4 LINGKUP KEGIATAN | 1-3 |
| 1.4.1 Persiapan Administrasi | 1-4 |
| 1.4.2 Penyusunan Rencana Kerja | 1-4 |
| 1.4.3 Pengumpulan Data Sekunder | 1-4 |
| 1.4.4 Pekerjaan Survey Lapangan | 1-5 |
| 1.4.5 Perencanaan Teknis | 1-10 |
| 1.5 PENYERAHAN LAPORAN DAN DISKUSI | 1-12 |
| 1.5.1 Jenis Laporan | 1-12 |
| 1.5.2 Diskusi | 1-15 |
| 1.6 LOKASI PEKERJAAN | 1-16 |
| BAB-2 PENGUMPULAN DATA | |
| 2.1 PENGUMPULAN DATA PRIMER | 2-1 |
| 2.1.1 Survey Topografi | 2-1 |
| 2.1.2 Survey Bathimetri | 2-5 |
| 2.1.3 Survey Hidro-oseanografi | 2-7 |
| 2.1.4 Survey Mekanika Tanah | 2-11 |
| 2.2 PENGUMPULAN DATA SEKUNDER | 2-12 |
| BAB-3 PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA | |
| 3.1 DATA TOPOGRAFI | 3-1 |
| 3.2 DATA BATHIMETRI | 3-4 |
| 3.3 DATA HIDRO-OSEANOGRAMI | 3-5 |
| 3.3.1 Data Pasang Surut | 3-5 |

| | | |
|-------|---------------------|------|
| 3.3.2 | Data Sedimen | 3-10 |
| 3.4 | DATA MEKANIKA TANAH | 3-11 |

BAB-4 ANALISIS PEMODELAN MATEMATIKA

| | | |
|-------|---------------------------------------|------|
| 4.1 | METODOLOGI KAJIAN PERLINDUNGAN PANTAI | 4-1 |
| 4.2 | PEMBENTUKAN GELOMBANG | 4-4 |
| 4.2.1 | Peramalan Gelombang | 4-4 |
| 4.2.2 | Perhitungan Fetch Efektif | 4-5 |
| 4.2.3 | Pembentukan Gelombang | 4-7 |
| 4.2.4 | Gelombang Rencana | 4-8 |
| 4.3 | REFRAKSI DIFRAKSI | 4-13 |
| 4.3.1 | Batimetri Perairan | 4-16 |
| 4.3.2 | Tinggi Gelombang | 4-16 |
| 4.3.3 | Arah Datangnya Gelombang | 4-16 |
| 4.3.4 | Perioda Gelombang | 4-17 |
| 4.4 | PERUBAHAN GARIS PANTAI | 4-23 |
| 4.5 | HIDRODINAMIKA DAN SEDIMENTASI | 4-27 |

BAB-5 ALTERNATIF BANGUNAN PELINDUNG PANTAI

| | | |
|-------|---|------|
| 5.1 | KONSEP PENANGANAN | 5-1 |
| 5.1.1 | Umum | 5-1 |
| 5.1.2 | Pengubahan Laju Angkutan Sedimen Sejajar Pantai | 5-2 |
| 5.1.3 | Pengurangan Energi Gelombang Yang Mengenai Pantai | 5-3 |
| 5.1.4 | Perkuatan Tebing Pantai | 5-3 |
| 5.1.5 | Peninggian Muka Tanah Pantai | 5-4 |
| 5.1.6 | Penambahan Catu Sedimen | 5-4 |
| 5.1.7 | Penanaman Tumbuhan Pelindung Pantai | 5-4 |
| 5.1.8 | Penerapan Produk Hukum | 5-5 |
| 5.2 | ALTERNATIF BANGUNAN PELINDUNG PANTAI | 5-6 |
| 5.2.1 | Revetment/Seawall | 5-6 |
| 5.2.2 | Groin | 5-8 |
| 5.2.3 | Jetty | 5-10 |
| 5.2.4 | (Detached) Breakwater | 5-11 |
| 5.2.5 | Shore-Connected Breakwater | 5-12 |
| 5.2.6 | Offshore Breakwater | 5-13 |
| 5.2.7 | SAND/BEACH NOURISHMENT | 5-14 |
| 5.2.8 | SAND DUNES | 5-14 |

| | | |
|-------|---|------|
| 5.3 | KRITERIA PEMILIHAN ALTERNATIF | 5-22 |
| 5.3.1 | Alternatif Perlindungan Pantai | 5-24 |
| 5.3.2 | Pengujian Alternatif Dengan Model Matematik | 5-25 |
| 5.3.3 | Pemilihan Alternatif | 5-71 |

BAB-6 PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI

| | | |
|-------|---------------------------------|------|
| 6.1 | ALTERNATIF TERPILIH | 6-1 |
| 6.2 | KRITERIA PERENCANAAN | 6-2 |
| 6.2.1 | Kondisi Gelombang Rencana | 6-4 |
| 6.2.2 | Gelombang Tidak Pecah | 6-5 |
| 6.2.3 | Gelombang Pecah Rencana | 6-13 |
| 6.2.4 | Runup Gelombang | 6-13 |
| 6.2.5 | Jenis Material Pelindung | 6-17 |
| 6.3 | PERHITUNGAN DESAIN REVETMENT | 6-24 |
| 6.3.1 | Kondisi Gelombang Pecah | 6-26 |
| 6.3.2 | Menghitung Elevasi Struktur | 6-29 |
| 6.3.3 | Menghitung Berat Batu Pelindung | 6-32 |
| 6.4 | PERHITUNGAN MEKANIKA TANAH | 6-38 |

BAB-7 RENCANA ANGGARAN BIAYA

BAB-8 KESIMPULAN

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|--|------|
| Gambar 2.1 | Bench mark yang dibuat untuk titik referensi. | 2-3 |
| Gambar 2.2 | Pengukuran jarak pada permukaan miring. | 2-4 |
| Gambar 2.3 | Pergerakan perahu dalam menyusuri jalur sounding. | 2-5 |
| Gambar 2.4 | Reader alat GPSMap yang digunakan dalam survei batimetri. | 2-7 |
| Gambar 2.5 | Penempatan GPSMap (tranduser, antena, reader) di perahu. | 2-7 |
| Gambar 2.6 | Pengikatan (levelling) peilschaal. | 2-8 |
| Gambar 2.7 | Arus diukur pada tiga kedalaman laut. | 2-10 |
| Gambar 2.8 | Metode pengambilan sedimen dasar. | 2-11 |
| | | |
| Gambar 3.1 | Pengukuran waterpass. | 3-1 |
| Gambar 3.2 | Hasil survey topografi dan batimetri di Pantai Ampenan dan Sungai Pedolo | 3-3 |
| Gambar 3.3 | Sketsa definisi besaran-besaran yang terlibat dalam koreksi kedalaman. | 3-4 |
| Gambar 3.4 | Bagan alir perhitungan dan peramalan perilaku pasang surut laut. | 3-5 |
| Gambar 3.5 | Perbandingan data pasang surut pengukuran dengan hasil penaksiran di Pantai Ampenan. | 3-6 |
| Gambar 3.6 | Perbandingan data pasang surut pengukuran dengan hasil penaksiran di Pantai Pedolo. | 3-6 |
| | | |
| Gambar 4.1 | Sketsa garis besar analisis traspor sedimen di kawasan pantai. | 4-3 |
| Gambar 4.2 | Daerah Pembentukan Gelombang (Fetch) Lokasi Pantai Ampenan. | 4-6 |
| Gambar 4.3 | Daerah Pembentukan Gelombang (Fetch) Lokasi Pedolo | 4-6 |
| Gambar 4.4 | Diagram alir proses peramalan gelombang berdasarkan data angin. | 4-8 |

| | | |
|-------------|--|------|
| Gambar 4.5 | Waverose di lokasi Pantai Pedolo berdasarkan data angin BMG Bima. | 4-9 |
| Gambar 4.6 | Waverose di lokasi Pantai Ampenan berdasarkan data angin BMG Selaparang. | 4-10 |
| . | 12 | |
| Gambar 4.7 | Perambatan arah gelombang akibat refraksi. | 4-14 |
| Gambar 4.8 | Perambatan arah gelombang akibat difraksi. | 4-15 |
| Gambar 4.9 | Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Barat | 4-18 |
| Gambar 4.10 | Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Barat Daya. | 4-18 |
| Gambar 4.11 | Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Barat Laut. | 4-19 |
| Gambar 4.12 | Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Selatan. | 4-19 |
| Gambar 4.13 | Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Utara. | 4-20 |
| Gambar 4.14 | pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Selatan | 4-20 |
| Gambar 4.15 | pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Barat Daya | 4-21 |
| Gambar 4.16 | pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Barat | 4-21 |
| Gambar 4.17 | pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Barat Laut | 4-22 |
| Gambar 4.18 | pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Utara | 4-22 |
| Gambar 4.19 | Hasil perubahan posisi garis Pantai Gatep (Ampenan.) | 4-25 |
| Gambar 4.20 | Hasil perubahan garis Pantai Gatep (Ampenan.) | 4-25 |
| Gambar 4.1 | Hasil perubahan posisi garis Pantai Pure Segare (Ampenan.) | 4-26 |
| Gambar 4.2 | Hasil perubahan garis Pantai Pura Segare (Ampenan.) | 4-26 |
| Gambar 4.3 | Hasil perubahan posisi garis Pantai Pedolo. | 4-27 |
| Gambar 4.4 | Hasil perubahan garis Pantai Pedolo. | 4-27 |

| | | |
|-------------|--|------|
| Gambar 4.5 | Hasil pemodelan arus Pantai Ampenan, kondisi pasang. | 4-29 |
| Gambar 4.6 | Hasil pemodelan arus Pantai Ampenan, kondisi surut. | 4-30 |
| Gambar 4.7 | Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Ampenan, kondisi pasang. | 4-31 |
| Gambar 4.8 | Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Ampenan, kondisi surut. | 4-32 |
| Gambar 4.9 | Hasil pemodelan arus Pantai Pedolo, kondisi pasang. | 4-33 |
| Gambar 4.10 | Hasil pemodelan arus Pantai Pedolo, kondisi surut. | 4-34 |
| Gambar 4.11 | Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Pedolo, kondisi Surut. | 4-35 |
| Gambar 4.12 | Hasil pemodelan arus Pantai Pedolo (Rencana Groin), kondisi surut. | 4-36 |
| Gambar 4.13 | Hasil pemodelan arus Pantai Pedolo (Rencana Groin), kondisi Pasang. | 4-37 |
| Gambar 4.14 | Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Pedolo, kondisi pasang. | 4-38 |
| Gambar 4.15 | Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Pedolo (Rencana Groin), kondisi pasang. | 4-39 |
| Gambar 4.16 | Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Pedolo (Rencana Groin), kondisi Surut. | 4-40 |
| Gambar 5.1 | Tipikal struktur revetment kombinasi armor rock dan lining beton. | 5-15 |
| Gambar 5.2 | Tipikal struktur revetment kombinasi armor rock dan buis beton. | 5-16 |
| Gambar 5.3 | Tipikal struktur revetment kombinasi lining beton dan buis beton. | 5-17 |
| Gambar 5.4 | Tipikal struktur groin tipe rubble mound. | 5-18 |
| Gambar 5.5 | Tipikal struktur jetty tipe quadrypod dan rubble mound. | 5-19 |
| Gambar 5.6 | Tipikal struktur breakwater tipe tetrapod dan rubble mound. | 5-20 |
| Gambar 5.7 | Tipikal struktur breakwater tipe segmented rubble mound. | 5-21 |
| Gambar 5.8 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-1 Revetment Pantai Gatep. | 5-26 |
| Gambar 5.9 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-2 Seri Breakwater Pantai Gatep. | 5-27 |
| Gambar 5.10 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-3 Seri Breakwater dan Revetment Pantai Gatep. | 5-28 |
| Gambar 5.11 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-4 Seri Groin Pantai Gatep. | 5-29 |

| | | |
|-------------|---|------|
| Gambar 5.12 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-5 Seri Groin dan Revetment Pantai Gatep. | 5-30 |
| Gambar 5.13 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-1 Revetment Pantai Bintaro. | 5-31 |
| Gambar 5.14 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-2 Seri Breakwater Pantai Bintaro. | 5-32 |
| Gambar 5.15 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-3 Seri Breakwater dan Revetment Pantai Bintaro. | 5-33 |
| Gambar 5.16 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-4 Seri Groin Pantai Bintaro. | 5-34 |
| Gambar 5.17 | Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-5 Seri Groin dan Revetment Pantai Bintaro. | 5-35 |
| Gambar 5.18 | Hasil pemodelan posisi garis pantai alternatif-1 revetment lokasi Pantai Pedolo Groin Pantai Pedolo. | 5-36 |
| Gambar 5.19 | Hasil pemodelan posisi garis pantai alternatif-2 jetty lokasi Pantai Pedolo Groin Pantai Pedolo. | 5-37 |
| Gambar 5.20 | Hasil pemodelan posisi garis pantai alternatif-3 breakwater lokasi Pantai Pedolo Groin Pantai Pedolo. | 5-38 |
| Gambar 5.21 | Kondisi arus di perairan Ampenan dengan inputan Q5. | 5-40 |
| Gambar 5.22 | Kondisi arus di perairan Ampenan dengan inputan Q25. | 5-41 |
| Gambar 5.23 | Kondisi arus di perairan Ampenan dengan inputan Q50. | 5-42 |
| Gambar 5.24 | Kondisi sedimentasi di perairan Ampenan dengan inputan Q5. | 5-43 |
| Gambar 5.25 | Kondisi sedimentasi di perairan Ampenan dengan inputan Q25. | 5-44 |
| Gambar 5.26 | Kondisi sedimentasi di perairan Ampenan dengan inputan Q50. | 5-45 |
| Gambar 5.27 | Kondisi arus eksisting di perairan Bima dengan inputan Q5. | 5-46 |
| Gambar 5.28 | Kondisi arus eksisting di perairan Bima dengan inputan Q25. | 5-47 |
| Gambar 5.29 | Kondisi arus eksisting di perairan Bima dengan inputan Q50. | 5-48 |
| Gambar 5.30 | Kondisi sedimentasi eksisting di perairan Bima dengan inputan Q5. | 5-49 |
| Gambar 5.31 | Kondisi sedimentasi eksisting di perairan Bima dengan inputan Q25. | 5-50 |
| Gambar 5.32 | Kondisi sedimentasi eksisting di perairan Bima dengan inputan Q50. | 5-51 |

| | | |
|-------------|--|------|
| Gambar 5.33 | Kondisi arus alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q5. | 5-52 |
| Gambar 5.34 | Kondisi arus alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q25. | 5-53 |
| Gambar 5.35 | Kondisi arus alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q50. | 5-54 |
| Gambar 5.36 | Kondisi sedimentasi alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q5. | 5-55 |
| Gambar 5.37 | Kondisi sedimentasi alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q25. | 5-56 |
| Gambar 5.38 | Kondisi sedimentasi alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q50. | 5-57 |
| Gambar 5.39 | Kondisi arus alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q5. | 5-58 |
| Gambar 5.40 | Kondisi arus alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q25. | 5-59 |
| Gambar 5.41 | Kondisi arus alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q50. | 5-60 |
| Gambar 5.42 | Kondisi sedimentasi alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q5. | 5-61 |
| Gambar 5.43 | Kondisi sedimentasi alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q25. | 5-62 |
| Gambar 5.44 | Kondisi sedimentasi alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q50. | 5-63 |
| Gambar 5.45 | Kondisi arus alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q5. | 5-64 |
| Gambar 5.46 | Kondisi arus alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q25. | 5-65 |
| Gambar 5.47 | Kondisi arus alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q50. | 5-66 |
| Gambar 5.48 | Kondisi sedimentasi alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q5. | 5-67 |
| Gambar 5.49 | Kondisi sedimentasi alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q25. | 5-68 |

| | | |
|-------------|---|------|
| Gambar 5.50 | Kondisi sedimentasi alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q50. | 5-69 |
| Gambar 5.51 | Layout rencana Alternatif-1 revetment. | 5-75 |
| Gambar 5.52 | Layout rencana Alternatif-2 seri pemecah gelombang. | 5-76 |
| Gambar 5.53 | Layout rencana Alternatif-3 revetment dan seri pemecah gelombang. | 5-77 |
| Gambar 5.54 | Layout rencana Alternatif-4 seri groin. | 5-78 |
| Gambar 5.55 | Layout rencana Alternatif-5 revetment dan seri groin. | 5-79 |
| Gambar 5.56 | Tipikal potongan melintang Alternatif-1 revetment (pelindung kaki batu alam dan kubus beton). | 5-80 |
| Gambar 5.57 | Tipikal potongan melintang Alternatif-2 seri pemecah gelombang. | 5-81 |
| Gambar 5.58 | Tipikal potongan melintang Alternatif-3 revetment dan seri pemecah gelombang. | 5-81 |
| Gambar 5.59 | Tipikal potongan melintang Alternatif-4 seri groin. | 5-82 |
| Gambar 5.60 | Tipikal potongan melintang Alternatif-5 revetment dan seri groin. | 5-82 |
| Gambar 6.1 | Ilustrasi rambatan gelombang di pantai dan ujung bangunan. | 6-6 |
| Gambar 6.2 | Hubungan antara α dan β dengan $H/gt2$. | 6-8 |
| Gambar 6.3 | Hubungan antara $Hb/H'0$ dengan $H'0/gt2$. | 6-9 |
| Gambar 6.4 | Tinggi gelombang pecah rencana di kaki bangunan. | 6-10 |
| Gambar 6.5 | Hubungan antara Hb/Ho dan $H/gt2$. | 6-11 |
| Gambar 6.6 | Grafik runup gelombang. | 6-12 |
| Gambar 6.7 | Runup gelombang | 6-14 |
| Gambar 6.8 | Batu lapis pelindung buatan. | 6-15 |
| Gambar 6.9 | Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Tetrapods. | 6-18 |
| Gambar 6.10 | Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Quadripods. | 6-19 |
| Gambar 6.11 | Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Hexapods. | 6-20 |
| Gambar 6.12 | Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Tribars. | 6-21 |
| Gambar 6.13 | Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Modified Cubes. | 6-22 |
| Gambar 6.14 | Gelombang pecah pada dinding vertikal. | 6-26 |
| Gambar 6.15 | Tegangan pada dinding tipe gravitasi. | 6-38 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|------|
| Tabel 3.1 | Komponen Pasang Surut Sesuai Hasil Pengamatan Lokasi Pantai Ampenan | 3-7 |
| Tabel 3.2 | Komponen Pasang Surut Sesuai Hasil Pengamatan Lokasi Sungai Pedolo | 3-8 |
| Tabel 3.3 | Harga Elevasi Acuan di Pantai Ampenan | 3-9 |
| Tabel 3.4 | Harga Elevasi Acuan di Pantai Pedolo | 3-9 |
| Tabel 3.5 | Hasil Analisa Sedimen Layang di Pantai Ampenan dan Pedolo | 3-10 |
| Tabel 3.6 | Hasil Rekapitulasi Analisa Sedimen Dasar di 4 Lokasi | 3-10 |
| Tabel 4.1 | Kriteria Laut Dalam | 4-4 |
| Tabel 4.2 | Distribusi Arah dan Tinggi Gelombang di Lepas Pantai Pedolo. | 4-11 |
| Tabel 4.3 | Distribusi Arah dan Tinggi Gelombang di Lepas Pantai Ampenan. | 4-11 |
| Tabel 4.4 | Gelombang Rencana di Lepas Pantai Pedolo | 4-11 |
| Tabel 4.5 | Gelombang Rencana di Lepas Pantai Ampenan | 4-12 |
| Tabel 5.1 | Debit Banjir Rancangan | 5-39 |
| Tabel 5.2 | Matrikulasi Pemilihan Alternatif Pantai Ampenan | 5-72 |
| Tabel 5.3 | Matrikulasi Pemilihan Alternatif Pantai Bima | 5-73 |
| Tabel 6.1 | Koofisien Stabilitas KD Untuk Berbagai Jenis Batu | 6-16 |
| Tabel 6.2 | Koofisien Lapis | 6-17 |
| Tabel 7.1 | Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Revetment Lokasi Pantai Gatep Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB | 7-2 |
| Tabel 7.2 | Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Breakwater Lokasi Pantai Gatep Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB | 7-3 |
| Tabel 7.3 | Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Revetment Lokasi Pantai Bintaro Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB | 7-4 |
| Tabel 7.4 | Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Breakwater Lokasi Pantai Bintaro Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB | 7-5 |
| Tabel 7.5 | Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Jetty Lokasi Pantai Bima (Muara Sungai Pedolo) Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB | 7-6 |

BAB - 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pantai-pantai di wilayah Provinsi Nusa Tenggara Barat kondisinya saat ini belum mempunyai pola penanganan secara memadai. Beragam fungsi dan manfaat daripantai yang dimanfaatkan selama ini oleh masyarakat, meskipun dalam hal pengelolaanya terkesan masih tradisional atau konvensional baik untuk keperluan pelabuhan, nelayan maupun untuk obyek wisata, sehingga, diperlukan upaya untuk mengelola dan mempertahankan agar fungsinya dapat dipertahankan sebagaimana yang diharapkan.

Adapun permasalahan fisik yang dapat diidentifikasi pada lokasi Pantai di NTB adalah sebagai berikut:

a. Pengurangan daerah Pantai :

- Erosi 12 - 15 m selama 5 th (2.5 – 3 m/th).
- Air pasang yang terjadi dapat tidak mencapai lahan pertanian di sekitar pantai, tetapi daya rusaknya bertambah besar.
- Sebagian lokasi sudah ada penanganan dengan dinding pantai guna mengantisipasi air pasang sekitar 100 m tetapi sudah runtuh semua.
- Abrasi ke pemukiman dan berbahaya terhadap lingkungan, dinding pantai rusak dan terbentuk dinding pantai setinggi 2 meter seperti tampak dalam foto

b. Permasalahan Sedimentasi antara lain:

- Lama muara tertutup diperkirakan lebih dari 0.5 bulan apalagi disaat musim kemarau.

- Pembukaan muara diperkirakan 90 % sebab Kokok Paoqpampang memiliki Baseflow yang relatif besar .
 - Pengaruh sedimentasi kurang dari 1 km² sebab apabila muara tertutup sedimen, maka daerah yang tergenang sekitar lokasi Kokok dan merupakan daerah pertanian.
- c. Permasalahan Lingkungan antara lain:
- Kondisi Pantai sangat terbuka.
 - Merupakan kawasan wisata lokal.

1.2 MAKSUD, TUJUAN DAN SASARAN

- Maksud pekerjaan adalah membuat suatu perencanaan teknis pengamanan pantai maupun bangunan penahan gelombang/pengamanan pantai serta bangunan pelengkap lainnya.
- Tujuan pekerjaan ini adalah untuk mengatasi masalah secara teknis abrasi air laut akibat hantaman gelombang yang mengakibatkan terkikisnya daratan. Hasil dari perencanaan teknis ini diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman bagi pelaksanaan fisik konstruksi selanjutnya.
- Sasaran dari kegiatan ini adalah membuat skala prioritas Penanganan kawasan pantai di NTB dan membuat suatu perencanaan teknis pengamanan pantai maupun bangunan penahan gelombang/pengamanan pantai serta bangunan pelengkap lainnya dari 2(dua) rangking prioritas tertinggi.

1.3 WAKTU PELAKSANAAN

Jangka waktu pelaksanaan yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan ini adalah selama 180 (seratus delapan puluh) hari terhitung sejak diterbitkan Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK).

1.4 LINGKUP KEGIATAN

Lingkup kegiatan ini adalah **Detail Desain Pengamanan Pantai di NTB**. Detail lingkup pekerjaan diuraikan dalam metodologi pelaksanaan sedangkan secara garis besar lingkup kegiatan antara lain :

- Tahap Persiapan
 - Survey Pendahuluan.
 - Penyampaian RMK.
 - Persiapan administrasi dan teknik.
 - Penyampaian Laporan Pendahuluan.
- Tahap Lanjutan :
 - Pengumpulan data sekunder.
 - Pengumpulan data primer : Survey Topografi, bathimetri, Hidro Oceanografi, Mekanika Tanah.
 - Pengolahan data : Topografi, Bathimetri dan pasang surut arus dan sedimen, sample mekanika tanah, angin jam-jaman.
 - Pemodelan : Perubahan Garis Pantai dan Tinggi Gelombang di lokasi rencana.
 - Kalibrasi Pemodelan : Perubahan Garis Pantai, Pola Sedimentasi, dan Tinggi Gelombang.
 - Pra Desain, Detail Desain dan Produk Akhir.

Secara detail lingkup pekerjaan di uraikan dalam metodologi pelaksanaan, sedangkan secara garis besar lingkup kegiatan ini antara lain :

- Pengumpulan data sekunder
- Pengumpulan data primer (survey fotografi, Bathimetri, Hidro oceanografi dan Mekanika Tanah)
- Pengolahan dan Analisa data
- Pemodelan (GENESIS, SMS dan Gelombang)
- Detail Desain

Rincian dari lingkup pekerjaan dijelaskan sebagai berikut :

a. Persiapan

Terdiri dari kegiatan pengumpulan data sekunder dan laporan persiapan survey.

Pengumpulan Data Sekunder, meliputi :

- Peta Topografi dan Bathimetri
- Data-data Klimatologi
- Bangunan pengaman yang sudah ada
- Kondisi kerusakan yang pernah terjadi
- Laporan studi-studi terdahulu yang pernah ada.

Pengumpulan Data Sosial, Ekonomi, Lingkungan dan Kebijaksanaan Pemerintah (minimal data 2 tahun terakhir untuk data sosial dan lingkungan, serta data perencanaan wilayah minimal untuk 5 tahun mendatang) terdiri atas :

- Kependudukan (jumlah, status, mata pencaharian, pendapatan dll).
- Sarana dan prasarana yang ada.
- Dampak yang terjadi dari kerusakan yang pernah ada.
- Peraturan perundang-undangan yang berlaku (Keppres, PP, Perda, dll).
- Rencana Umum Tata Ruang (RUTR) Propinsi dan Kabupaten/Kota.
- Rencana strategi pengembangan pemerintah pusat/provinsi/kabupaten/ kota dalam bidang kepantaian.
- Peraturan-peraturan/kebijakan-kebijakan yang terkait.

Persiapan Survey, meliputi :

- Pembuatan program kerja (jadwal kerja) dan penugasan personil
- Pembuatan peta kerja
- Pemeriksaan alat survey lapangan
- Penyiapan peralatan survey dan personil.

Pembuatan Laporan Pendahuluan

b. Survey Lapangan

Survey Pendahuluan

Maksud dari survey ini adalah untuk melakukan identifikasi awal guna mengetahui kondisi dan permasalahan yang ada di daerah survey, dalam rangka penyiapan konsep dan batasan pelaksanaan pekerjaan, meliputi :

- Kunjungan lapangan untuk melihat kondisi lokasi studi.
- Menghubungi instansi-instansi terkait di daerah sehubungan dengan program pembangunan sektoral/regional dan perencanaan pengembangan wilayah (RUTR dan RDTR) di lokasi studi.
- Inventarisasi kondisi fisik dan permasalahan di lokasi studi serta penilaian tingkat kerusakan pantai yang telah terjadi.
- Penentuan referensi pengukuran dan batas lokasi survey.

Survey Topografi dan Bathimetri

Pekerjaan ini dimaksudkan untuk memperoleh data topografi dan bathimetri yang akan digunakan membuat rencana teknis rinci dalam rangka menunjang pengelolaan dan penanganan kawasan pantai pada lokasi studi. Pekerjaan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

- Pemasangan Bench Mark
- Pengukuran rangka pemetaan daerah (polygon dan waterpass dengan patok setiap 20 - 50 meter).

Pengukuran polygon dilakukan dengan system tertutup (*kring tertutup*) dan setiap daerah yang diukur harus dipasang 1 (satu) unit titik tetap (BM). Titik 0 (nol) ditetapkan berdasarkan pengamatan pasang surut setempat atau tinggi muka air rata-rata (MSL). Pengukuran situasi detail detail dengan kerapatan titik tinggi yang sesuai dengan penggambaran peta skala 1 : 2.000.

- Pengukuran situasi garis pantai dengan koridor ke arah daratan 200 m dan ke arah laut 1 km.
- Pengukuran Bathimetri yang meliputi pengukuran kedalaman air laut dan pos positioning titik-titik pengukuran.
- Kedalaman laut harus diukur dengan echosounder dan lajur pengukuran diambil dengan interval 20 (dua puluh). Rintangan-rintangan navigasi seper pulau karang perlu diukur posisinya. Referensi ketinggian untuk topografi dan bathimetri dibuat sama yaitu titik ketinggian 0,00 diambil sama dengan tinggi muka air rata-rata dikurangi dengan Z0 yaitu yang didefinisikan sebagai LWS

(Lowest Water Spring). Metode pelaksanaan dan peralatan yang digunakan harus sedemikian rupa untuk mendapatkan ketelitian yang dapat diterima untuk dapat digunakan sebagai peta dasar dan detail desain.

Hasil dan kegiatan ini akan terdiri dari:

- Peta dasar topografi dan bathimetri skala 1 : 2.000 dengan interval kontur 0,5 m.
- Peta penampang melintang dengan interval 20 - 50 meter atau sesuai dengan petunjuk, untuk pantai panjang penampang minimal berbatasan dengan permukiman, terhitung dari posisi tinggi muka laut rata-rata (MSL).
- Skala penggambaran horizontal (H) 1 :1.000 dan vertikal (V) 1:1.000.
- Deskripsi kondisi geomorfologi pantai mencakup ruas pantai dan maura kritis dan profilnya, headland, dsb.
- Pekerjaan ini meliputi akumulasi sepanjang maksimum 15 km sejajar pantai pada kedua lokasi WPP Pantai Tanjung Luar dan WPP Gatep; dan ke arah laut sampai dengan -2.0 LLWL.

Survey Hydro Oceanografi

survei pasang surut gunanya menentukan elevasi panting sebagai acuan elevasi muka air dan kalibrasi permodelan matematis, survei arus gunanya : mendapatkan besaran kecepatan dan arah arus, dan pengambilan contoh sedimen gunanya: mengetahui material sedimentasi melayang maupun dasar (bedload).

Survei ini meliputi:

- **Pengamatan Pasang Surut**

Pengamatan pasang surut dilakukan minimum selama 15 (limabelas) hari pengamatan. Pengamatan bisa dilakukan dengan menggunakan alat pengukuran otomatis atau dengan pengamatan visual. Bila pengamatan visual yang dipilih maka pembacaan rambu dilakukan setiap interval satu jam. Lokasi pengamatan diusulkan oleh konsultan agar diperoleh hasil yang terbaik.

- **Pengukuran Arus**

Pengukuran arus dapat dilakukan dengan menggunakan currentmeter atau pelampung untuk mendapatkan kecepatan dan arah arus di laut. Pengukuran

dilakukan pada saat Pasang Purnama (spring tide) dan pasang Perbani (neap tide) masing-masing selama 24 (duapuluhan empat) jam.

□ Pengambilan Contoh Sedimen

Contoh sedimen yang dimaksud adalah contoh sedimen dasar yang diambil beberapa lokasi studi. Contoh sedimen ini diperiksa di laboratorium untuk mendapatkan diameter butir dan kecepatan jatuh, sampel sedimen diambil secara acak/random.

Hasil dari kegiatan ini berupa :

- Data pengamatan pasang surut untuk melakukan analisis pasang surut yang mencakup konstanta pasut, pola pasut, elevasi MSL, LWL, HWL, LLWL, dan lain-lain.
- Data arus mencakup kecepatan dan arah arus maksimum, kecepatan dan arah arus rata-rata, estimasi pola arus daerah nearshore, pola arus daerah litoral dan pola sedimen transport.
- Hasil tes laboratorium terhadap contoh sedimen yang menunjukkan kondisi sedimentasi di sekitar perairan lokasi studi yang meliputi distribusi ukuran sedimen dan indeks properties sedimen.

Penyelidikan Tanah

gunanya mendapatkan data tanah di bawah lokasi bangunan pantai. Untuk mendapatkan gambaran kondisi tanah dasar di lokasi pekerjaan sehingga pelaksanaan pekerjaan perbaikan pantai/muara sungai dapat berjalan sesuai rencana, diperlukan minimal kebutuhan penelitian tanah sebagai berikut :

- Uji sondir atau dengan hand penetrometer jika kondisi tanah memungkinkan sampai kedalaman paling sedikit 6 meter dari permukaan tanah dasar (kecuali jika material keras dijumpai sebelum kedalaman ini tercapai). Jumlah titik hand bor pada tiap lokasi adalah 6 titik (2 lokasi = 12 titik). Tujuan survei ini antara lain untuk memperoleh data parameter tanah terhadap beban dan kemiringan yang dinyatakan dengan nilai kohesi (c) dan Sudut Geser dalam (Internal friction angle =), τ kuat geser tanah, ukuran sedimen dan ρ daya dukung tanah serta parameter lainnya yang diperlukan dalam perencanaan struktur pengamanan pantai. Standar Penetratrion Test dilakukan 3 x pada setiap titik pengeboran atau disesuaikan dengan kebutuhan perencanaan.

Survei Sosial Ekonomi ;

- Melakukan survey identifikasi bangunan dan tanaman yang terdapat di daerah rencana konstruksi dan menentukan perkiraan biaya ganti rugi.
- Melakukan survey kondisi sosial, ekonomi, budaya masyarakat setempat.
- Informasi tentang pemanfaatan pantai yang telah berjalan dan cara-cara pemanfaatan tersebut.
- Jenis-jenis kegiatan lain disekitar pantai yang mungkin akan saling mempengaruhi pekerjaan perbaikan pantai.
- Informasi tentang status tanah, kepemilikan resmi maupun yang bersifat adat atau kepemilikan komunal, dalam rangka kemungkinan pembebasan lahan, tegakan dan bangunan.

c. Analisis Data

Merupakan tahap pengolahan dari data-data yang telah diperoleh, baik dari hasil pengumpulan data sekunder maupun hasil pengumpulan data di lapangan, meliputi :

Analisa Data Sekunder.

Merumuskan hasil pengumpulan data sekunder sehingga dapat memberikan gambaran tingkat pengembangan wilayah berdasarkan kondisi sosial ekonomi dan arahan kebijakan pemerintah yang berkaitan dengan rencana penanganan abrasi pantai.

Analisa Data Topografi dan Bathimetri

Pengolahan dan perhitungan data lapangan hasil pengukuran topografi dan bathimetri sehingga dapat dihasilkan suatu peta lengkap yang dapat memberikan gambaran bentuk permukaan tanah berupa situasi dan ketinggian serta posisi kenampakan yang ada baik untuk area darat maupun area perairan laut di lokasi studi.

Analisa Data Hidro Oceanografi

Melakukan analisa data hasil survey hidro-oceanografi sehingga dapat dilihat gambaran kondisi hidro oceanografi dari perairan di sekitar lokasi studi yang nantinya akan digunakan untuk perencanaan fasilitas-fasilitas penanggulangan abrasi pantai.

Analisa Data Tanah.

Melakukan analisa data hasil penyelidikan tanah, baik dari lapangan maupun laboratorium sehingga dapat dilihat gambaran kondisi tanah di sekitar lokasi studi yang nantinya akan

digunakan untuk perencanaan fasilitas-fasilitas khususnya yang menyangkut perencanaan struktur bangunan penanggulangan abrasi pantai.

d. Perencanaan Teknis

Kegiatan perencanaan dimaksudkan guna membuat rencana teknis rinci bangunan pengamanan pantai berdasarkan kondisi topografi dan bathimetri, karakteristik hidro oceanografi dan kondisi sosial ekonomi, yang akan digunakan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan pengamanan pantai. Kegiatan ini meliputi beberapa hal sebagai berikut :

Konsep Penanggulangan Abrasi dan Pengamanan Pantai

Terjadinya abrasi maupun sedimentasi pada suatu pantai belum tentu hal tersebut merupakan suatu bencana atau kerusakan pantai, melainkan bahwa pantai sedang membentuk keseimbangan sampai pantai suatu saat akan stabil (transportasi sedimen seimbang), hal ini akan dicapai dalam waktu tahunan. Pemikiran ini harus selalu ada dan didahului sebelum kita memperbaiki atau membuat perlindungan pantai. Pada hakikatnya sebuah bangunan Perlindungan pantai (terhadap abrasi) akan menimbulkan erosi ditempat yang tak jauh dari bangunan tersebut.

Membuat arahan bagi rencana penanggulangan abrasi dan pengamanan pantai yang menyangkut jenis penanganan dan strategi yang akan diambil dengan memperhatikan aspek teknis, non teknis dan lingkungan serta yang disesuaikan dengan berbagai kebijakan pemerintah yang terkait. Dari hasil penyusunan konsep ini diharapkan akan dihasilkan beberapa alternatif penanggulangan abrasi dan pengamanan pantai dengan pertimbangannya yang akan disajikan dalam bentuk matriks untuk masing-masing alternatif yang dihasilkan.

Disamping itu, pada tahap ini akan dilakukan permodelan matematik untuk melihat optimasi dari masing-masing alternatif penanganan kerusakan pantai dari segi aspek beberapa parameter berikut ini :

- Transformasi gelombang (refraksi/difraksi)
- Hidrodinamis arus

- Transport sedimen
- Perubahan garis pantai.

Detail Desain

Pada bagian ini perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut :

- ✓ Dengan diketahuinya sebab-sebab terjadinya permasalahan dan kondisi lapangan, dibuat alternatif usaha penanganan awal yang perlu dilakukan. Pengamanan pantai yang diperlukan direncanakan berdasar skenario yang paling menguntungkan dari segi efek terhadap garis pantai eksisting, bahkan dipilih skenario yang menyebabkan garis pantai yang maju dari eksisting.
- ✓ Dilakukan pemilihan material yang paling ekonomis dan mudah didapat di sekitar lokasi ataupun artificial material.
- ✓ Melakukan analisa daya dukung tanah, penurunan, kestabilan terhadap guling, kegagalan lereng dengan menggunakan data hasil analisa laboratorium dan lapangan.
- ✓ Melakukan perhitungan struktur pengamanan dengan menggunakan formula yang lazim dipergunakan dalam perhitungan. Penghitungan adalah terhadap kestabilan hidraulik, kestabilan daya dukung tanah, kestabilan internal struktur.
- ✓ Dari beberapa alternatif usaha penanganan permasalahan, dibuat analisis dengan mempertimbangkan faktor-faktor manfaat, sosial, ekonomi, budaya dan lingkungan serta kemungkinan pelaksanaanya.
- ✓ Dilakukan penggambaran detail design pada peta dasar yang telah dibuat serta perhitungan volume pekerjaan.
- ✓ Membuat Rencana Anggaran Biaya berdasar Harga Satuan Bahan dan Upah yang telah diproyeksikan pada waktu konstruksi. RAB dibuat dengan pembagian sbb:
 - 1) RAB total,
 - 2) RAB berdasarkan tahapan prioritas konstruksi sesuai dengan ketersediaan dana.
- ✓ Kajian Sosial dan Analisa Ekonomi : Dari gambar dapat dihitung biaya pembangunan. Selain biaya pembangunan dalam kajian ekonomi, juga harus dihitung biaya manfaat dan output serta outcome bangunan yang akan dibangun. Agar suatu kegiatan pembangunan menguntungkan, biaya manfaat harus lebih besar dari pada biaya pembangunan. Hal tersebut dapat diukur antara lain, dengan indikator kelayakan EBCR (Economic Benefit Cost Ratio) atau EIRR (Economic

Internal Rate of Return). Kecuali untuk kondisi khusus, antara lain, sebagai tempat ibadah, seperti mesjid, gereja, dan candi serta permukiman penduduk yang miskin, perhitungan biaya manfaat tidak perlu dilakukan.

- ✓ Penyusunan Spesifikasi teknik dan metode pelaksanaan pekerjaan : Metode pelaksanaan dilengkapi dengan data yang menerangkan deskripsi setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan.
- ✓ Kajian rona Lingkungan : Hal yang perlu mendapat perhatian terhadap bangunan pengamanan pantai, bahwa pantai disamping sebagai sumber air juga berfungsi sebagai tempat komunitas kehidupan biota air dan penyangga lingkungan hidup. Kehidupan biota air dan makhluk hidup disekitar pantai dan laut merupakan suatu tempat komunitas kehidupan makhluk hidup yang khas dan sangat rentan keberlangsungan kehidupannya dari pengaruh perubahan lingkungan. Kajian rona lingkungan ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah bangunan yang akan dilaksanakan mempunyai dampak negatif atau tidak terhadap lingkungannya. Penilaian dampak lingkungan dilaksanakan mulai pada saat pelaksanaan sampai pasca pelaksanaan pekerjaan.

1.5 PENYERAHAN LAPORAN DAN DISKUSI

1.5.1 Jenis Laporan

Sesuai dengan ruang lingkup pekerjaan, maka jenis laporan yang harus diserahkan oleh Konsultan adalah:

a. Rencana Mutu Kontrak Detail Desain

Laporan ini harus selesai dan diserahkan untuk dilakukan pembahasan pada saat Pre-Work Meeting, sebelum Kontrak Kerja dilakukan. Laporan ini menguraikan Prosedur Mutu Penyelesaian Pekerjaan dengan jelas tentang pengaturan dan tatacara melaksanakan kegiatan pekerjaan dengan mengikuti petunjuk-petunjuk sesuai prosedur mutu yang telah ditetapkan. Jumlah Laporan dibuat sebanyak 5 (lima) eksemplar.

b. Laporan Pendahuluan (Draft), berisi sekurang-kurangnya :

- 1) Gambaran umum
- 2) Apresiasi terhadap Kerangka Acuan Kerja

- 3) Permasalahan yang akan ditangani konsultan
- 4) Alternatif konsep penanganan
- 5) Rencana kerja penyedia jasa secara menyeluruh
- 6) Mobilisasi tenaga ahli dan tenaga pendukung lainnya
- 7) Jadual kegiatan penyedia jasa

Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya 15 (lima belas) hari sejak SPMK diterbitkan sebanyak 10 (sepuluh) buku laporan.

c. Laporan Pendahuluan

Diserahkan selambat-lambatnya 1 (satu) bulan setelah SPMK diterbitkan sebanyak 5 (lima) buku. Laporan ini merupakan hasil revisi dari laporan pendahuluan (draft) setelah mendapat saran-saran perbaikan dari hasil diskusi sebelumnya.

d. Laporan Bulanan, berisi :

- 1) Perkembangan/realisasi pelaksanaan pekerjaan;
- 2) Realisasi pekerjaan pada bulan berjalan;
- 3) Permasalahan-permasalahan yang ada;
- 4) Program kerja bulan berikutnya;
- 5) Personil dan peralatan yang digunakan.

Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya pada akhir minggu ke-tiga pada bulan berjalan sebanyak 5 (lima) buku setiap bulannya termasuk 1 (satu) buku asli.

e. Laporan Hidro-Oceanografi, berisi analisa terperinci tentang hasil hidrolik dan pemodelan, seperti :

- 1) Analisa Erosi dan sedimentasi di muara pantai
- 2) Analisa gelombang, angin dan pasang surut
- 3) Analisa Data-data masukan terkait

Laporan harus diserahkan sebanyak 5(lima) buku termasuk 1 (satu) set asli.

f. Laporan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Kelayakan Ekonomi, berisi perhitungan volume, anggaran biaya serta analisa kelayakan ekonomi. Laporan harus diserahkan sebanyak 5 (lima) buku termasuk 1 (satu) set asli.

g. Laporan Rona Lingkungan Awal, berisi :

Laporan Rona Lingkungan Awal, berisi kegiatan survey dan analisa lingkungan pada daerah studi. Laporan harus diserahkan 5 (lima) buku termasuk 1 (satu) set asli.

h. Laporan Struktur/Konstruksi

Laporan ini berisi hasil analisis tentang pemilihan tipe bangunan pengaman pantai dan perhitungan stabilitas struktur bangunan. Laporan harus diserahkan 5 (lima) buku termasuk 1 (satu) set asli.

i. Laporan Sosial Ekonomi

Laporan secara rinci tentang hasil survey dan analisa terhadap kondisi sosial dan ekonomi pada kondisi saat ini dan kondisi prediksi 5 tahun mendatang. Laporan harus diserahkan 5 (lima) buku termasuk 1 (satu) set asli.

- j. Laporan Hasil Pengukuran dan Deskripsi BM**, berisi peta lokasi, deskripsi bench mark (BM), hasil pengukuran dan data ukur meliputi pengukuran topografi, bathimetri dan oceanografi. Laporan harus diserahkan 5 (lima) buku termasuk 1 (satu) set asli laporan.
- k. Laporan Penyelidikan Geologi Teknik dan Mekanika tanah**, berisi peta dasar, hasil investigasi lapangan dan hasil penyelidikan laboratorium beserta kesimpulan, dilampiri dokumentasi. Laporan harus diserahkan 5 (lima) buku termasuk 1 (satu) set asli laporan.
- l. Laporan Struktur/Konstruksi**, berisi secara rinci jenis alternatif penanganan struktur yang dihasilkan dan hitungan stabilitas keamanan dari masing-masing struktur. Laporan sebanyak 5 (lima) buku laporan.
- m. Spesifikasi Teknik dan Metode Pelaksanaan**, berisi tentang spesifikasi teknis yang disyaratkan dalam pembangunan dan metode pelaksanaan masing-masing item pekerjaan secara rinci. Laporan harus diserahkan sebanyak 5 (lima) buku termasuk 1 (satu) set asli.
- n. Draft Laporan Interim**, Memuat tentang analisa /evaluasi data dan penjelasan secara rinci tentang pekerjaan yang telah dilaksanakan beserta alternatif bangunan rencana yang diusulkan serta rekomendasi lainnya. Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya 2 (dua) hari kerja sebelum pelaksanaan presentasi interim report, diterbitkan sebanyak 10 (sepuluh) buku laporan.

- o. Laporan Interim**, Penyempurnaan Draft Laporan Interim berdasarkan masukan dan koreksi pada pelaksanaan presentasi Interim Report. Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya 10 hari sesudah pelaksanaan presentasi Interim Report, diterbitkan sebanyak 5 (lima) buku laporan.
- p. Draft Laporan Akhir**, berisi laporan secara rinci berdasarkan tahapan-tahapan analisa yang telah dilakukan dalam pekerjaan ini. Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya 15 (hari) sebelum kontrak berakhir sebanyak 10 (sepuluh)buku laporan.
- q. Laporan Akhir**, berisi semua hal yang berkaitan dengan kegiatan ini, termasuk dengan kesimpulan dan rekomendasi yang dihasilkan dari diskusi akhir antara konsultan, pihak direksi dan Tim teknis BWS NT I. Laporan harus diserahkan sebanyak 5 (lima) buku termasuk 1 (satu) set asli.
- r. Laporan Ringkas (Executive Summary)**, berisi ringkasan hasil desain secara menyeluruh dari awal sampai akhir. Laporan harus diserahkan sebanyak 10(sepuluh) buku termasuk 1 (satu) set asli.
- s. Gambar-Gambar**, dibuat secara digital dengan program Autocad dan dicetak diatas kalkir ukuran minimal 90/95 gram dengan perincian :
 - A1 Kalkir sebanyak 1 (satu) set.
 - A1 Blue Print sebanyak 1 (satu) set.
 - Cetakan dalam ukuran A3 sebanyak 5 (lima) set.
- t. CD-File**

Seluruh kegiatan di salin dalam bentuk CD-file dengan cara membuat direktori pada CD-file sesuai dengan masing-masing jenis laporan yang diserahkan. CD-file yang diserahkan sebanyak 5 (lima) buah.

1.5.2 Diskusi

Diskusi pekerjaan dilakukan sebanyak 3 kali dengan rincian sebagai berikut :

1. Diskusi Pendahuluan

Diskusi pendahuluan dilakukan setelah diserahkannya Laporan Pendahuluan oleh Konsultan kepada pihak Direksi.

2. Diskusi Laporan Pertengahan

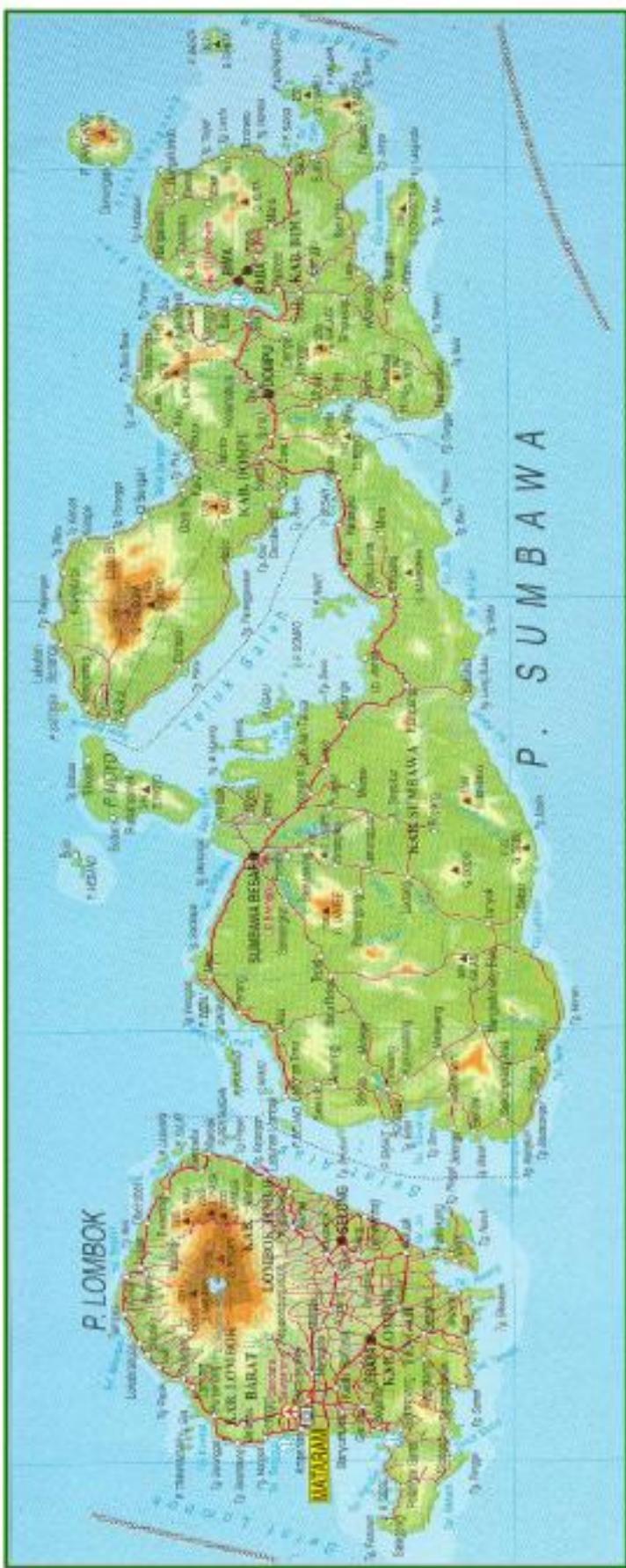
Diskusi ini dilakukan setelah diserahkannya Laporan Pertengahan oleh konsultan kepada pihak Direksi.

3. Diskusi Konsep Laporan Akhir

Diskusi ini dilakukan setelah diserahkannya, Konsep Laporan Akhir oleh Konsultan kepada pihak Direksi.

1.6 LOKASI PEKERJAAN

Lokasi pekerjaan ini adalah pada Wilayah Pantai NTB



Gambar 1.1 Orientasi lokasi pekerjaan Detail Desain Pengamanan Pantai di NTB.

BAB 2

PENGUMPULAN DATA

Tahap pengumpulan data dibagi menjadi dua bagian yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder. Data sekunder adalah data-data yang dikumpulkan dari instansi-instansi terkait maupun laporan-laporan studi sebelumnya. Data primer adalah data yang didapatkan dari survei lapangan dengan pengukuran langsung dan observasi di lapangan atau di wilayah kajian. Semua jenis data tersebut sangat penting bagi kelancaran pekerjaan karena metodologi pekerjaan bisa dilaksanakan jika data telah tersedia secara baik dan lengkap.

2.1 PENGUMPULAN DATA PRIMER

2.1.1 Survey Topografi

Survei ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran bentuk permukaan tanah yang berupa situasi dan ketinggian serta posisi kenampakan yang ada di areal lokasi pekerjaan beserta areal sekitarnya. Areal survei memanjang sejajar dengan garis pantai. Hasilnya kemudian akan dipetakan dengan skala dan interval kontur tertentu.

A Peralatan Survei

Peralatan yang dipergunakan dalam survei topografi antara lain meliputi:

1. Wild T-2 Theodolit (1 buah)
2. Wild Nak.1 Waterpass (1 buah)
3. Rambu ukur (2 set)
4. Pita ukur 50 m (1 buah)
5. Rol meter 3 m (1 buah)
6. Calculator (1 unit)

B Penentuan Azimuth Astronomis

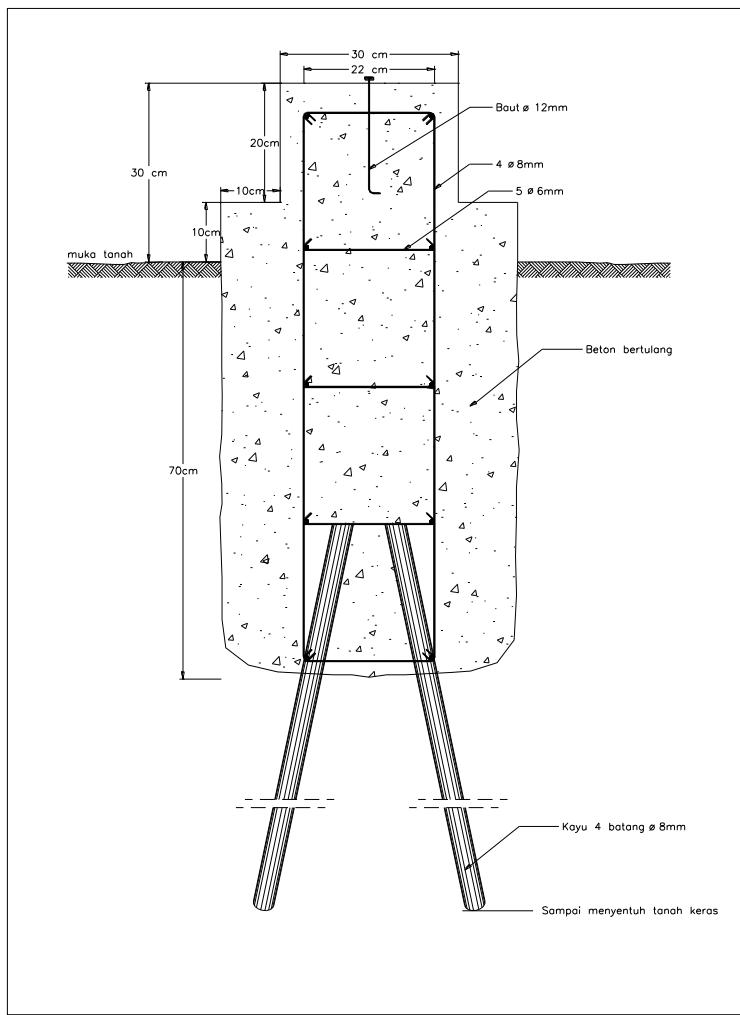
Azimuth astronomis ditentukan dengan menggunakan alat Global Positioning System (GPS). Alat GPS yang dipakai adalah **GPGMap 76CSx** produksi Garmin®.

C Pembuatan Titik Tetap (Bench Mark)

Sebagai titik pengikatan dalam pengukuran topografi perlu dibuat bench mark (BM) dibantu dengan control point (CP) yang dipasang secara teratur dan mewakili kawasan secara merata. Kedua jenis titik ikat ini mempunyai fungsi yang sama, yaitu untuk menyimpan data koordinat, baik koordinat (X,Y) maupun elevasi (Z).

Mengingat fungsinya tersebut maka patok-patok beton ini diusahakan ditanam pada kondisi tanah yang stabil dan aman. Kedua jenis titik ikat ini diberi nomenklatur atau kode, untuk memudahkan pembacaan peta yang dihasilkan. Disamping itu perlu pula dibuat deskripsi dari kedua jenis titik ikat yang memuat sketsa lokasi dimana titik ikat tersebut dipasang dan nilai koordinat maupun elevasinya.

Bentuk bench mark yang dimaksud dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 *Bench mark* yang dibuat untuk titik referensi.

D Penentuan Kerangka Dasar Horizontal

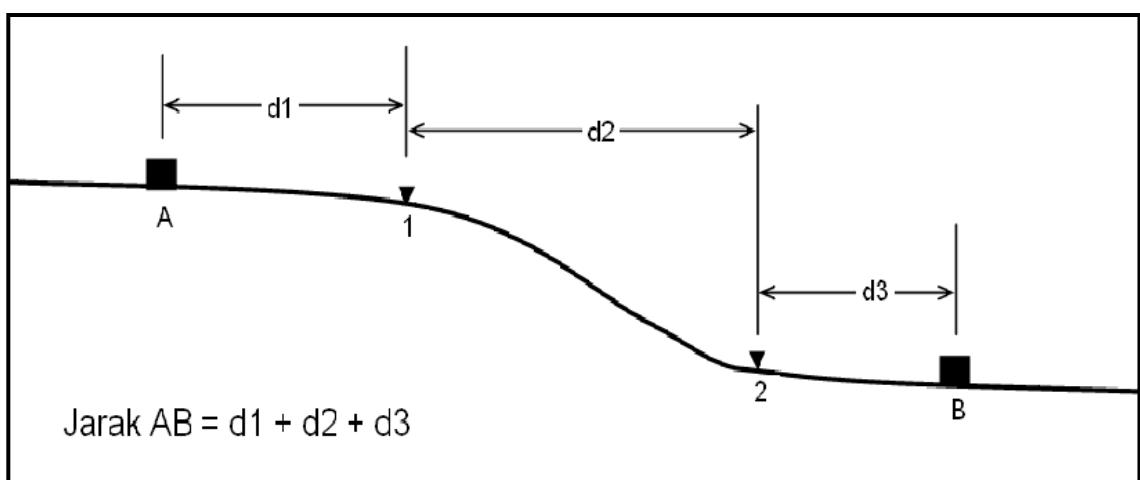
Pengukuran titik kontrol horizontal (titik polygon) dilaksanakan dengan cara mengukur jarak dan sudut menurut lintasan tertutup. Pada pengukuran polygon ini, titik akhir pengukuran berada pada titik awal pengukuran.

Pengukuran sudut dilakukan dengan pembacaan double seri, dimana besar sudut yang akan dipakai adalah harga rata-rata dari pembacaan tersebut. Azimut awal akan ditetapkan dari pengamatan matahari dan dikoreksikan terhadap azimut magnetis.

i. Pengukuran Jarak

Pengukuran jarak dilakukan dengan menggunakan pita ukur 50 meter. Tingkat ketelitian hasil pengukuran jarak dengan menggunakan pita ukur, sangat tergantung pada cara pengukuran itu sendiri dan keadaan permukaan tanah.

Khusus untuk pengukuran jarak pada daerah yang miring dilakukan dengan cara seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.2 Pengukuran jarak pada permukaan miring.

Untuk menjamin ketelitian pengukuran jarak maka sebagai koreksi dilakukan juga pengukuran jarak optis pada saat pembacaan rambu ukur dengan theodolit.

ii. Pengukuran Sudut Jurusan

Sudut jurusan sisi-sisi polygon adalah besarnya bacaan lingkaran horisontal alat ukur sudut pada waktu pembacaan ke suatu titik. Besarnya sudut jurusan dihitung berdasarkan hasil pengukuran sudut mendatar di masing-masing titik polygon. Penjelasan pengukuran sudut jurusan diilustrasikan pada **Gambar 2.5**.

β = Sudut mendatar

α_{AB} = Bacaan skala horisontal ke target patok B

α_{AC} = Bacaan skala horisontal ke target patok C

Pembacaan sudut jurusan polygon dilakukan dalam posisi teropong biasa (B) dan luar biasa (LB) dengan spesifikasi teknis sebagai berikut :

- Jarak antara titik-titik polygon adalah ≤ 100 m.
- Alat ukur sudut yang digunakan Theodolite T2.
- Alat ukur jarak yang digunakan pita ukur 50 meter.
- Jumlah seri pengukuran sudut 4 seri (B1, B2, LB1, LB2).
- Selisih sudut antara dua pembacaan $\leq 5''$ (lima detik).
- Ketelitian jarak linier (KI) ditentukan dengan rumus berikut.

$$KI = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{\sum d} \leq 1:5.000$$

- dimana : f_x = jumlah ΔX dan f_y = jumlah ΔY
- Bentuk geometris polygon adalah loop.

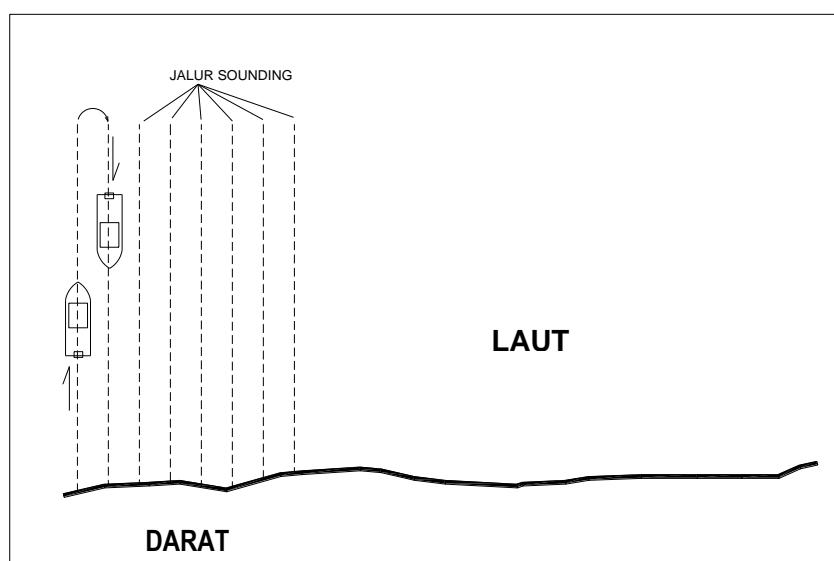
2.1.2 Survey Bathimetri

Survei batimetri atau seringkali disebut dengan pemeruman (*sounding*) dimaksudkan untuk mengetahui keadaan topografi laut. Cara yang dipakai dalam pengukuran ini adalah dengan menentukan posisi-posisi kedalaman laut pada jalur memanjang dan jalur melintang untuk *cross check*. Penentuan posisi-posisi kedalaman dilakukan menggunakan *GPS MAP*.

Metodologi pelaksanaan survei batimetri ini adalah sebagai berikut:

A Penentuan Jalur *Sounding*

Jalur sounding adalah jalur perjalanan kapal yang melakukan sounding dari titik awal sampai ke titik akhir dari kawasan survei. Jarak antar jalur sounding yang digunakan adalah 50 m, sejauh 500 m ke arah laut. Titik awal dan akhir untuk tiap jalur sounding dicatat dan kemudian di-input ke dalam alat pengukur yang dilengkapi dengan fasilitas GPS, untuk dijadikan acuan lintasan perahu sepanjang jalur sounding. Contoh jalur sounding pada kawasan pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Pergerakan perahu dalam menyusuri jalur sounding.

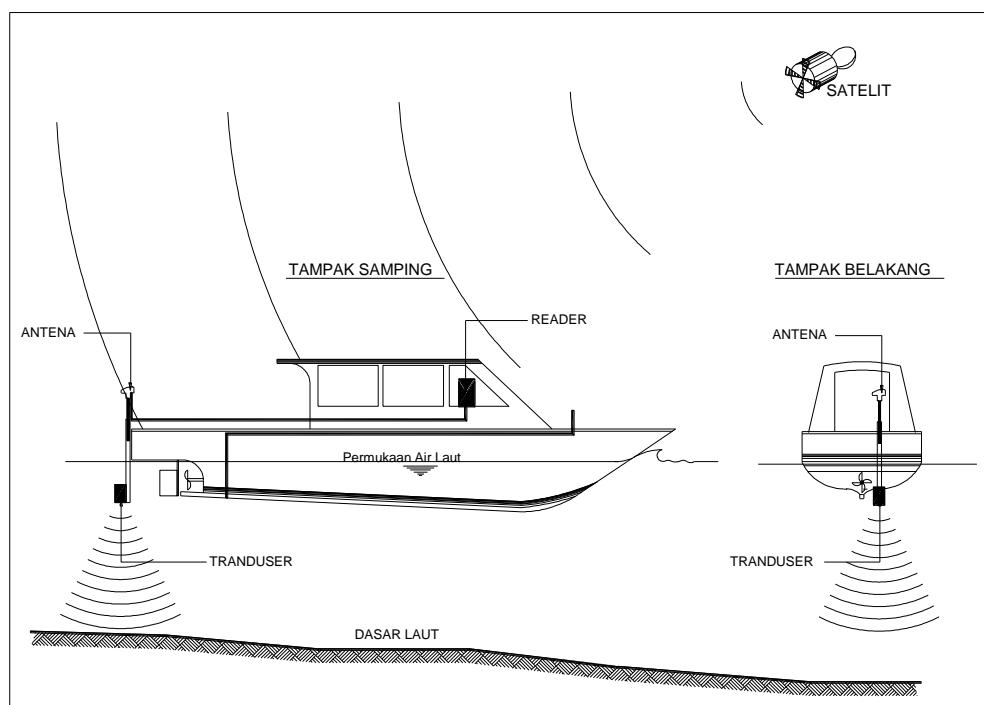
B Peralatan Survei

Peralatan survei yang diperlukan pada pengukuran batimetri adalah :

1. *Echo Sounder GPSMap* dan perlengkapannya. Alat ini mempunyai fasilitas GPS (*Global Positioning System*) yang akan memberikan posisi alat pada kerangka horisontal dengan bantuan satelit. Dengan fasilitas ini, kontrol posisi dalam kerangka horisontal dari suatu titik tetap di darat tidak lagi diperlukan. Selain fasilitas GPS, alat ini mempunyai kemampuan untuk mengukur kedalaman perairan dengan menggunakan gelombang suara yang dipantulkan ke dasar perairan. Gambar alat ini disajikan pada **Gambar 2.4**, sedangkan penempatan alat ini dan perlengkapannya pada perahu dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.
2. Notebook. Satu unit *portable computer* diperlukan untuk menyimpan data yang di-*download* dari alat GPSMap setiap 300 kali pencatatan data.
3. Perahu. Perahu digunakan untuk membawa *surveyor* dan alat-alat pengukuran menyusuri jalur-jalur *sounding* yang telah ditentukan. Dalam operasinya, perahu tersebut harus memiliki beberapa kriteria, antara lain:
4. Perahu harus cukup luas dan nyaman untuk para *surveyor* dalam melakukan kegiatan pengukuran dan *downloading* data dari alat ke komputer, dan lebih baik tertutup dan bebas dari getaran mesin.
5. Perahu harus stabil dan mudah bermanuver pada kecepatan rendah.
6. Kapasitas bahan bakar harus sesuai dengan panjang jalur sounding.
7. Papan duga. Papanduga digunakan pada kegiatan pengamatan fluktuasi muka air di laut.
8. Peralatan keselamatan. Peralatan keselamatan yang diperlukan selama kegiatan survei dilakukan antara lain *life jacket*.



Gambar 2.4 Reader alat GPSMap yang digunakan dalam survei batimetri.



Gambar 2.5 Penempatan GPSMap (tranduser, antena, reader) di perahu.

2.1.3 Survey Hidro-oseanografi

Survei hidro-oseanografi dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi perairan setempat yaitu kondisi pasang surut, arus, dan sedimen.

Sehubungan hal tersebut maka pekerjaan yang dilakukan dalam survei hidro-oseanografi ini meliputi pengamatan pasang surut, pengukuran arus, dan pengambilan contoh sedimen.

A Pengamatan Pasang Surut

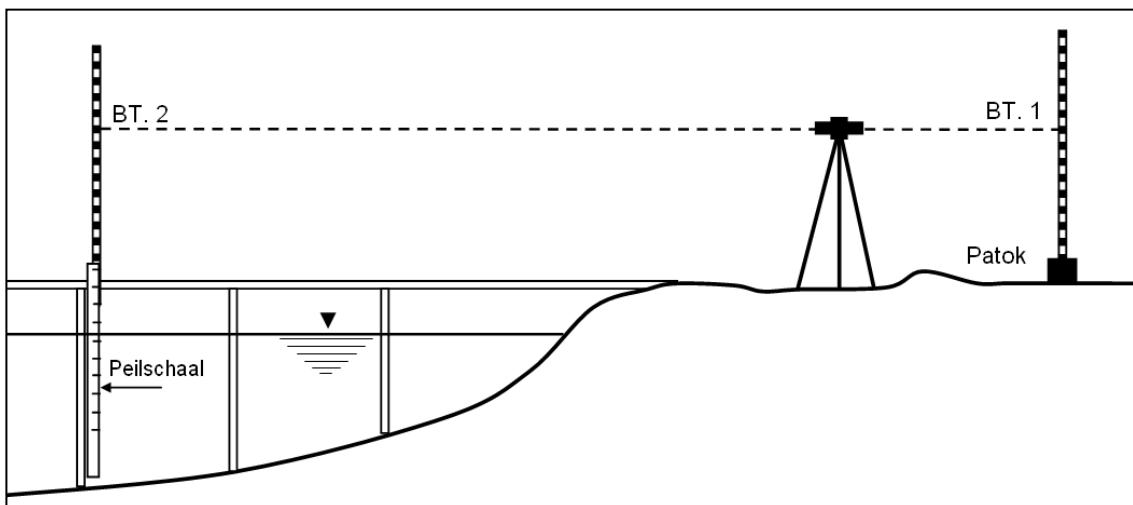
- Pengamatan pasang surut dilaksanakan selama 15 hari dengan pembacaan ketinggian air setiap satu jam. Pengukuran dilakukan pada satu tempat yang secara teknis memenuhi syarat.
- Pengamatan pasut dilaksanakan menggunakan peilschaal interval skala satu cm.
- Hasil pengamatan pada papan peilschaal dicatat pada formulir pencatatan elevasi air pasang surut yang telah disediakan. Kemudian diikatkan (*levelling*) ke patok pengukuran topografi terdekat pada salah satu patok seperti **Gambar 2.6**, untuk mengetahui elevasi nol peilschaal dengan menggunakan Zeiss Ni-2 Waterpass. Sehingga pengukuran topografi, Batimetri, dan pasang surut mempunyai datum (bidang referensi) yang sama.

Elevasi Nol Peilschaal = T.P + BT.1 – BT.2

Dimana : T.P = Tinggi titik patok terdekat dengan *peilschaal*

 BT.1 = Bacaan benang tengah di patok

 BT.2 = Bacaan benang tengah di *peilschaal* .



Gambar 2.6 Pengikatan (levelling) peilschaal.

B Pengukuran Kecepatan Arus

Tujuan pengukuran arus adalah untuk mendapatkan besaran kecepatan dan arah arus yang akan berguna dalam penentuan sifat dinamika perairan lokal. Metoda pelaksanaan pengukuran ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengukuran arus dilakukan pada beberapa lokasi dimana arus mempunyai pengaruh penting. Penempatan titik pengamatan ini disesuaikan dengan kondisi *oceanography* lokal dan ditentukan hasil studi pengamatan/survei pendahuluan (*reconnaissance survey*). Yang dilakukan adalah: pengukuran distribusi kecepatan, dalam hal ini pengukuran dilakukan di beberapa kedalaman dalam satu penampang. Berdasarkan teori yang ada, kecepatan arus rata-rata pada suatu penampang yang besar adalah :

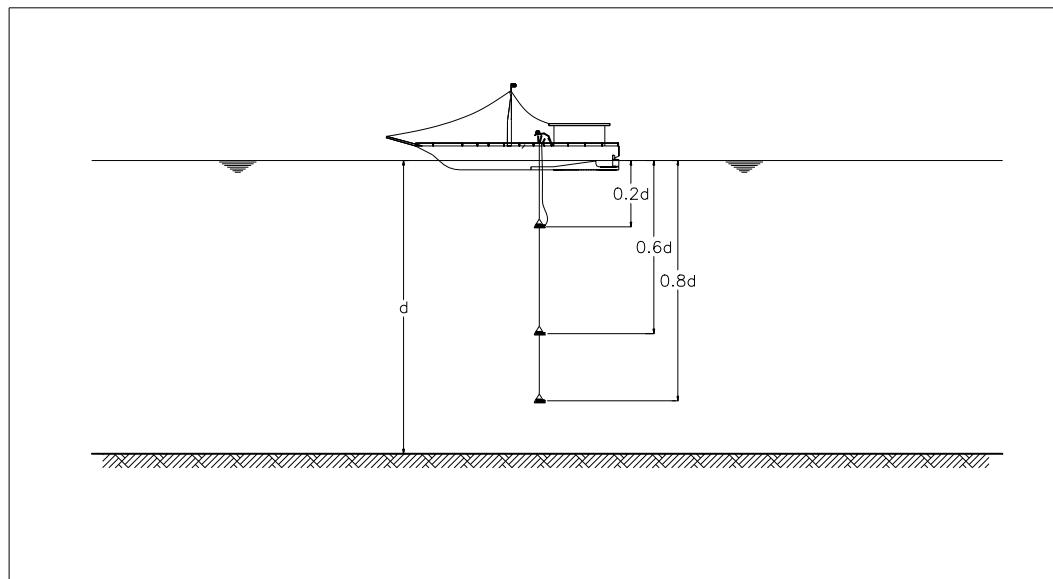
$$V = 0.25 (v_{0.2d} + 2 \times v_{0.6d} + v_{0.8d})$$

dimana :

$v_{0.2d}$ = arus pada kedalaman $0.2d$

d = kedalaman lokasi pengamatan arus.

2. Pengamatan kecepatan arus dilakukan pada kedalaman $0.2d$, $0.6d$, $0.8d$ seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.8**.
3. Pengukuran arus akan dilakukan pada 2 saat, yaitu pada saat pasang tertinggi (*spring tide*) dan surut terendah (*neap tide*). Lama pengukuran masing-masing selama 24 jam dengan interval waktu tertentu, yaitu dari saat surut sampai dengan saat surut berikutnya atau pada saat pasang ke saat pasang berikutnya atau disebut 1 siklus pasang surut.
4. Di samping mengetahui besar arus, arah arus juga diamati.



Gambar 2.7 Arus diukur pada tiga kedalaman laut.

C Pengambilan Contoh Sedimen

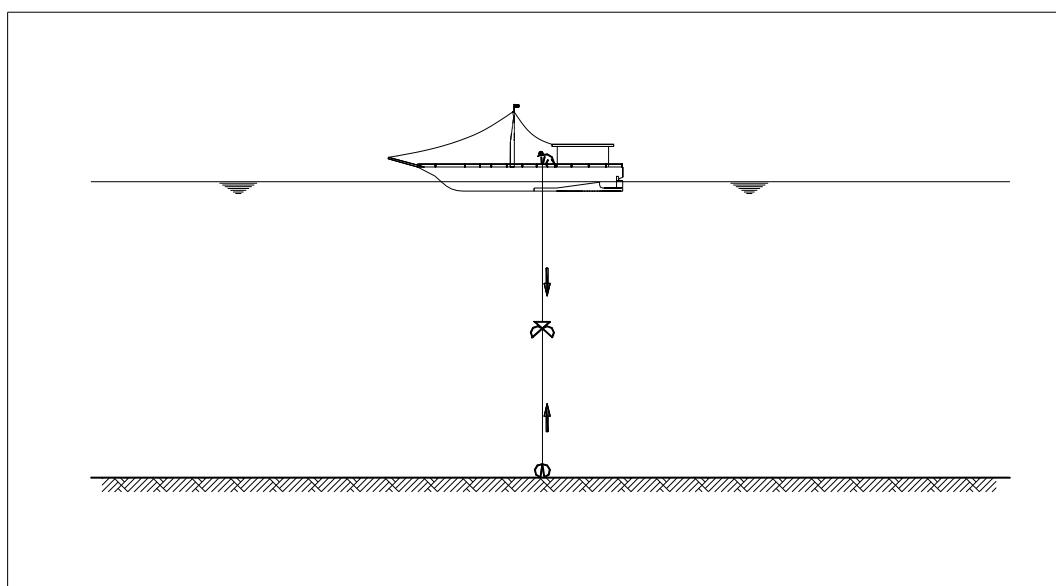
Pekerjaan ini mencakup pengambilan contoh sedimen suspensi dan dasar. Peralatan pengambilan contoh air (sedimen suspensi) menggunakan satu unit botol yang dilengkapi dengan katup-katup pemberat. Botol yang digunakan, dimasukkan pada kedalaman yang dikehendaki di titik pengambilan sampel air. Sampel air yang didapat, disimpan dalam botol plastik untuk di tes di laboratorium.

Dalam pengambilan sampel air, terdapat dua metoda pengambilan yaitu grab sample dan composite sample. Grab sample adalah pengambilan sampel dilakukan dengan sekali ambil pada kedalaman tertentu. Sementara composite sample adalah pengambilan sampel pada kedalaman air yang berbeda dan kemudian digabung menjadi satu sampel. Metoda yang dipilih untuk diterapkan dalam pekerjaan ini adalah composite sample.

Pengambilan contoh sedimen suspensi dilakukan pada kedalaman yang sama dengan pengukuran arus seperti yang ditampilkan sebelumnya pada **Gambar 2.8**. Lokasi yang dianggap mewakili kondisi sedimentasi di sepanjang pantai adalah sebanyak 5 titik pada masing-masing kawasan pantai.

Sementara pengambilan sampel sedimen dasar menggunakan satu unit grabber seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.8**. Grabber dengan kondisi “mulut” terbuka diturunkan dengan mengulur tali hingga membentur tanah dasar laut/sungai. Saat tali

ditarik kembali, secara otomatis mulut grabber akan menggaruk material di bawahnya hingga tertutup. Dengan demikian grabber yang telah memuat material dasar ditarik ke atas. Sampel material dasar tersebut dimasukkan ke dalam wadah plastik yang diberi tanda untuk dites di laboratorium.



Gambar 2.8 Metode pengambilan sedimen dasar.

2.1.4 Survey Mekanika Tanah

Pekerjaan penyelidikan tanah dilakukan guna mendapatkan data-data serta gambaran mengenai keadaan, jenis dan sifat-sifat mekanis tanah di lokasi kajian. Data-data tersebut untuk selanjutnya digunakan sebagai kriteria untuk menentukan daya dukung tanah, sistem pondasi, kedalaman tiang dan untuk memperkirakan besarnya settlement.

Pengeboran dilakukan dengan menggunakan alat bor tangan hingga kedalaman maksimum sekitar 5 m dari permukaan tanah.

Penyelidikan tanah melalui boring juga memberikan beberapa hal penting antara lain :

- Letak lapisan tanah.
- Perkiraan jenis lapisan tanah.
- Perkiraan ketebalan tiap jenis lapisan tanah.

Pengambilan contoh tanah untuk di uji laboratorium yang selanjutnya dapat diperoleh parameter-parameter tanah yang diperlukan sehubungan dengan perencanaan.

2.2 PENGUMPULAN DATA SEKUNDER

Pengumpulan data sekunder dilaksanakan untuk melengkapi data-data primer yang telah dikumpulkan di lapangan pada saat yang bersamaan. Data sekunder yang diperoleh meliputi data-data untuk melengkapi data-data primer atau lapangan yang berasal dari penelitian langsung di lapangan dan hasil studi terdahulu yang dapat dijadikan acuan untuk pekerjaan selanjutnya. Pengumpulan data sekunder yang dilakukan dapat diuraikan sebagai berikut:

- Data angin.
- Data klimatologi.
- Peta batimetri Dishidros TNI-AL.
- Daftar harga satuan (bahan dan upah).

BAB 3

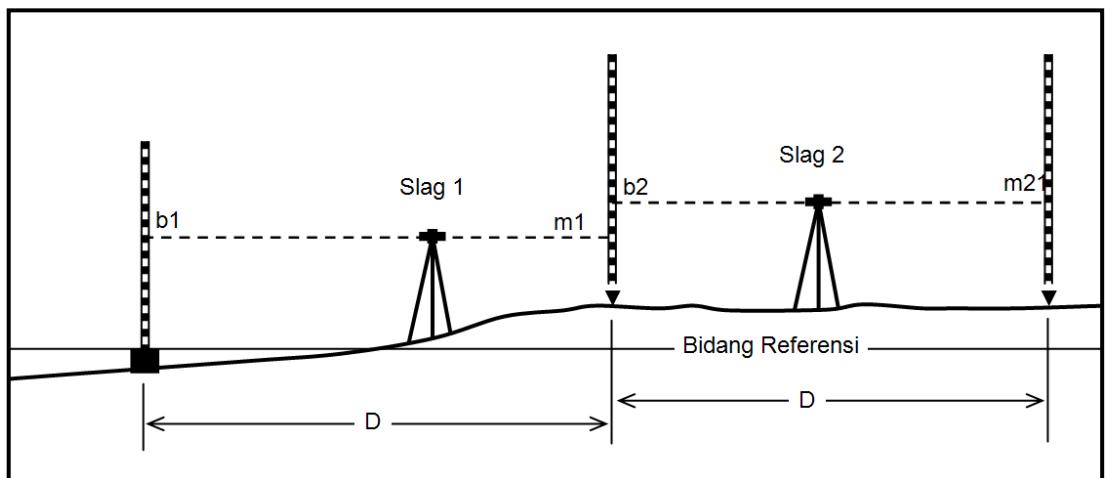
PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Setelah pengumpulan data sekunder dan pengumpulan data primer selesai, data-data tersebut diolah dan dianalisa di studio (kantor). Pengolahan dan analisa data-data diisajikan berikut ini.

3.1 DATA TOPOGRAFI

Kerangka dasar vertikal diperoleh dengan melakukan pengukuran sifat datar pada titik-titik jalur polygon. Seluruh ketinggian di-traverse net (titik-titik kerangka pengukuran) telah diikatkan terhadap BM.

Penentuan posisi vertikal titik-titik kerangka dasar dilakukan dengan melakukan pengukuran beda tinggi antara dua titik terhadap bidang referensi seperti diilustrasikan **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Pengukuran waterpass.

Spesifikasi teknis pengukuran waterpass adalah sebagai berikut:

1. Jalur pengukuran dibagi menjadi beberapa seksi.
2. Tiap seksi dibagi menjadi slag yang genap.
3. Setiap pindah slag rambu muka menjadi rambu belakang dan rambu belakang menjadi rambu muka.
4. Pengukuran dilakukan double stand pergi pulang pembacaan rambu lengkap Benang Atas, Benang Tengah, dan Benang Bawah.
5. Selisih pembacaan stand 1 dengan stand 2 lebih kecil atau sama dengan 2 mm.
6. Jarak rambu ke alat maksimum 75 m.
7. Setiap awal dan akhir pengukuran dilakukan pengecekan garis bidik.
8. Toleransi salah penutup beda tinggi (T) ditentukan dengan rumus berikut:

$$T = (8\sqrt{D}) \text{ mm}$$

dimana D = Jarak antara 2 titik kerangka dasar vertikal dalam satuan kilometer.

Hasil pengukuran lapangan terhadap kerangka dasar vertikal diolah dengan menggunakan *spreadsheet* sebagaimana kerangka horisontalnya. Ketinggian relatif tersebut pada proses selanjutnya akan dikoreksi dengan pengikatan terhadap elevasi muka air laut paling surut (*Lowest Low Water Level - LLWL*) yang dihitung sebagai titik ketinggian nol (+0.00).

Pengolahan data hasil pengukuran topografi dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penggambaran. Sesuai dengan cara pengukuran maka pengolahan dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan :

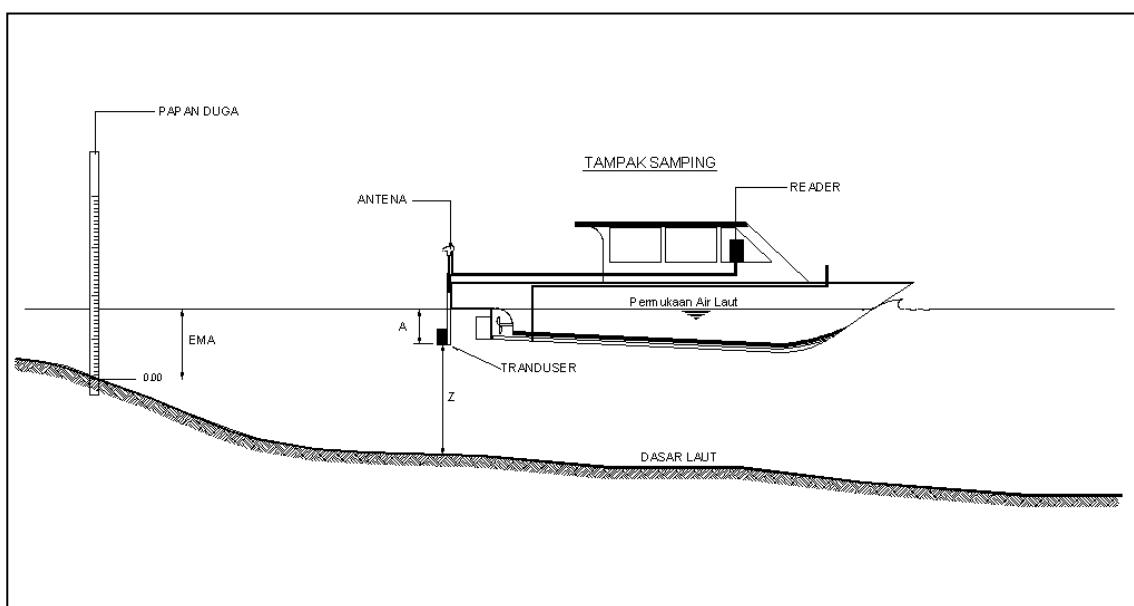
- Perhitungan poligon utama dan waterpass utama.
- Perhitungan poligon cabang dan waterpass cabang.
- Perhitungan titik-titik detail.
- Plotting dan penggambaran peta situasi (dengan skala umum 1:2000 untuk detail dan 1:10.000 untuk lingkup pekerjaan).

Dari hasil gambar yang diperoleh dapat diketahui jenis topografi lahan yang diukur dan pengolahan data hasil pengukuran topografi dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penggambaran. Hasil dari survei topografi ini selanjutnya digambarkan ke dalam suatu bentuk peta situasi topografi yang telah digabung dengan peta batimetri seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.

Gambar 3.2 Hasil survey topografi dan batimetri di Pantai Ampenan dan Sungai Pedolo

3.2 DATA BATHIMETRI

Data yang tercatat pada alat Eco Sounding Atlas Deso Ps.20 adalah jarak antara tranducer alat ke dasar perairan. Tranducer tersebut diletakkan di bagian belakang kapal, di bawah permukaan air yang terpengaruh oleh pasang surut. Oleh sebab itu diperlukan suatu koreksi kedalaman terhadap jarak tranducer ke permukaan air dan koreksi kedalaman terhadap pasang surut. **Gambar 3.3** menampilkan sketsa definisi besaran-besaran panjang yang terlibat dalam proses koreksi tersebut.



Gambar 3.3 Sketsa definisi besaran-besaran yang terlibat dalam koreksi kedalaman.

Keterangan gambar:

EMA = Elevasi muka air diukur dari nol papan duga.

Z = Kedalaman air hasil sounding (jarak dasar perairan ke tranducer)

A = Jarak tranducer ke muka air

Dari definisi-definisi di atas maka elevasi dasar saluran dihitung dari nol papan duga adalah (ED):

$$ED = Z + A - EMA$$

Hasil dari koreksi pertama (koreksi terhadap jarak *tranducer* ke muka air dan terhadap pasang surut) menghasilkan elevasi dasar perairan terhadap nol papan duga. Elevasi ini kemudian diikatkan kepada elevasi *LLWL* yang dihitung pada pengolahan data pasang surut.

3.3 DATA HIDRO-OSEANOGRAFI

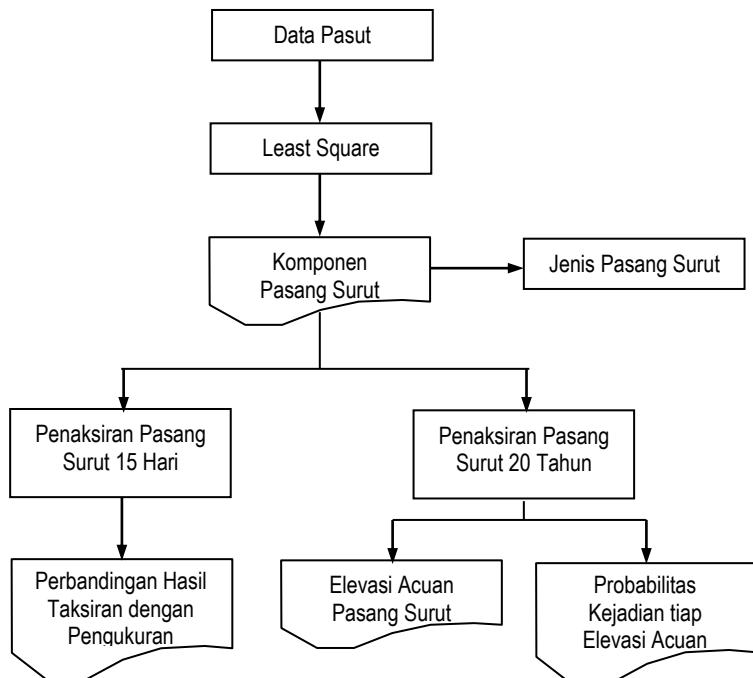
3.3.1 Data Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut dengan alur sebagaimana disajikan oleh **Gambar 3.5**. Perhitungan konstanta pasang surut dilakukan dengan menggunakan metode Least Square. Hasil pencataan diambil dengan interval 1 jam sebagai input untuk *Least Square* dan konstanta pasang surut. Dengan konstanta pasang surut yang ada pada proses sebelumnya dilakukan penentuan jenis pasang surut menurut rumus berikut :

$$NF = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

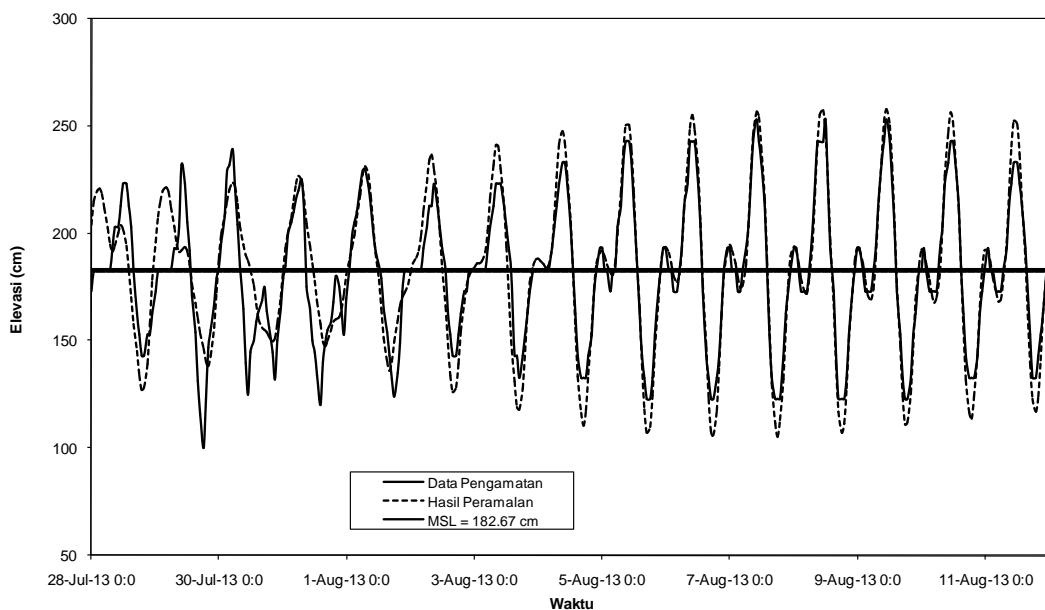
dimana jenis pasut untuk nilai NF:

- | | |
|------------|--------------------------------------|
| 0 - 0,25 | = semi diurnal |
| 0,25 - 1,5 | = mixed type (semi diurnal dominant) |
| 1,5 - 3,0 | = mixed type (diurnal dominant) |
| >3,0 | = diurnal |

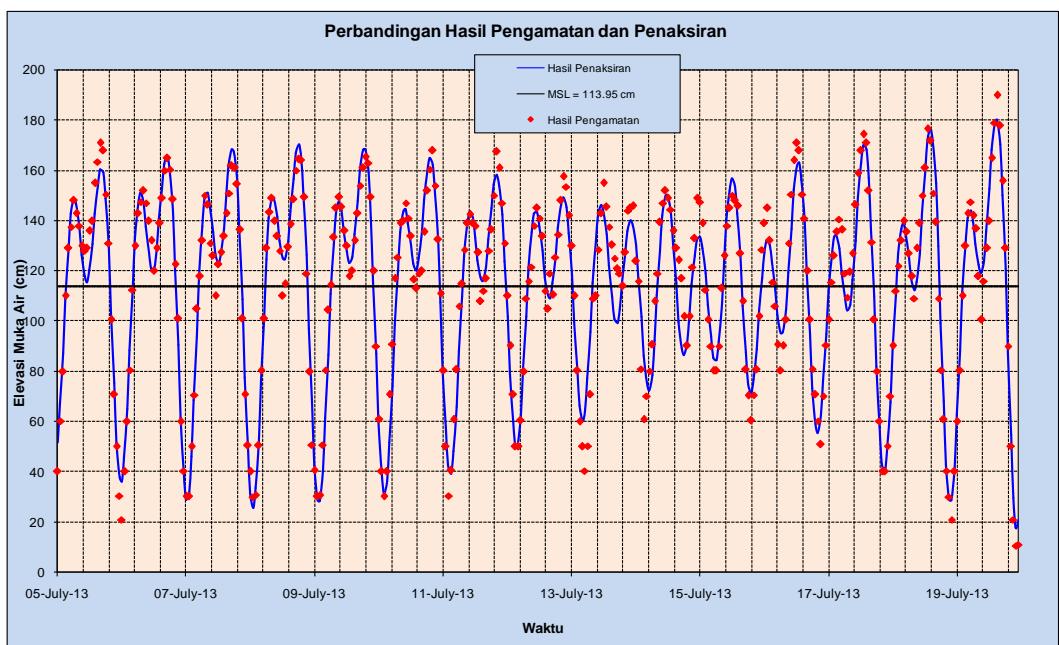


Gambar 3.4 Bagan alir perhitungan dan peramalan perilaku pasang surut laut.

Selanjutnya dilakukan peramalan pasang surut yang dipilih bersamaan dengan masa pengukuran yang dilakukan di lokasi pekerjaan. Hasil peramalan tersebut dibandingkan dengan pembacaan elevasi di lapangan untuk melihat kesesuaiannya, terlihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Perbandingan data pasang surut pengukuran dengan hasil penaksiran di Pantai Ampenan.



Gambar 3.6 Perbandingan data pasang surut pengukuran dengan hasil penaksiran di Pantai Pedolo.

Pengikatan terhadap LLWL dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$ED_{LLWL} = ED - E_{LLWL}$$

Keterangan: ED_{LLWL} = Elevasi dasar perairan relatif terhadap LLWL

ED = Elevasi dasar perairan relatif terhadap nol papan duga

E_{LLWL} = Elevasi LLWL relatif terhadap nol papan duga

Dengan demikian LLWL berada pada elevasi + 0.00 m.

Tahap terakhir, dan juga merupakan hasil akhir, dari rangkaian kegiatan pada pekerjaan survei batimetri adalah pembuatan gambar. Gambar yang dihasilkan terdiri dari gambar situasi yang menampilkan titik-titik dan kontur-kontur kedalaman, serta keadaan umum di lokasi pekerjaan.

Langkah selanjutnya dari pengolahan data pasang surut adalah mencari harga elevasi-elevasi acuan dari karakteristik perairan di wilayah proyek. Untuk mencari harga elevasi-elevasi tersebut, digunakan nilai-nilai komponen pasang surut dari hasil peramalan.

Tabel 3.1 Komponen Pasang Surut Sesuai Hasil Pengamatan Lokasi Pantai Ampenan

| Konstituen | Amp (cm) | Fasa (derajat) |
|------------|----------|----------------|
| M_2 | 52.00 | 168.00 |
| S_2 | 12.89 | -65.67 |
| N_2 | 8.07 | 208.80 |
| K_2 | 0.33 | 87.94 |
| K_1 | 8.90 | -31.67 |
| O_1 | 52.74 | 12.54 |
| P_1 | 0.47 | 163.35 |
| M_4 | 38.94 | -19.04 |
| MS_4 | 10.86 | -48.17 |
| S_0 | 182.67 | |

dimana :

A : amplitudo

g : beda fase

M_2 : komponen utama bulan (semi diurnal)

S_2 : komponen utama matahari (semi diurnal)

N_2 : komponen eliptis bulan

K_2 : komponen bulan

K_1 : komponen bulan

- O_1 : komponen utama bulan (diurnal)
 P_1 : komponen utama matahari (semi diurnal)
 M_4 : komponen utama bulan (kuarter diurnal)
 MS_4 : komponen utama matahari-bulan

Berdasarkan konstanta-konstanta utama pasang surut di atas diketahui bahwa tipe pasang surut di Pantai Ampenan adalah **Tipe Semi Diurnal Dominant**, dengan *Bilangan Formzahl* yaitu 0,95.

Tabel 3.2 Komponen Pasang Surut Sesuai Hasil Pengamatan Lokasi Sungai Pedolo

| Konstituen | Amp (cm) | Fasa (derajat) |
|------------|---------------|----------------|
| M_2 | 36.49 | 249.65 |
| S_2 | 16.84 | 129.10 |
| N_2 | 5.64 | 248.29 |
| K_2 | 18.61 | 211.05 |
| K_1 | 50.37 | 255.63 |
| O_1 | 22.52 | 228.28 |
| P_1 | 26.47 | -53.93 |
| M_4 | 1.01 | -64.93 |
| MS_4 | 0.43 | 37.91 |
| S_0 | 114.36 | |

dimana :

- A : amplitudo
 g : beda fase
 M_2 : komponen utama bulan (semi diurnal)
 S_2 : komponen utama matahari (semi diurnal)
 N_2 : komponen eliptis bulan
 K_2 : komponen bulan
 K_1 : komponen bulan
 O_1 : komponen utama bulan (diurnal)
 P_1 : komponen utama matahari (semi diurnal)
 M_4 : komponen utama bulan (kuarter diurnal)
 MS_4 : komponen utama matahari-bulan

Berdasarkan konstanta-konstanta utama pasang surut di atas diketahui bahwa tipe pasang surut di Pantai Sungai Pedolo adalah **Tipe Semi Diurnal Dominant**, dengan *Bilangan Formzahl* yaitu 1,34

Dengan konstanta di atas, dilakukan pula peramalan pasang surut untuk masa 20 tahun sejak tanggal pengamatan. Hasil peramalan ini dibaca untuk menentukan elevasi-elevasi acuan pasang surut yang menjadi ciri daerah tersebut sebagaimana disajikan pada **Tabel 3.3 dan Tabel 3.4**.

Dari elevasi acuan pasang surut yang ada maka ditetapkan nilai MSL sebagai elevasi nol acuan. Disamping itu dari peramalan untuk masa 20 tahun ke depan akan didapatkan nilai probabilitas dan prosentase dari masing-masing elevasi acuan di bawah.

Tabel 3.3 Harga Elevasi Acuan di Pantai Ampenan

| Elevasi-elevasi acuan | | Peilschaal (cm) | MSL (cm) | LLWL (cm) |
|------------------------------|---------|------------------------|-----------------|------------------|
| Highest High Water Level | (HHWL) | 330.51 | 147.81 | 280.14 |
| Mean High Water Spring | (MHWS) | 318.44 | 135.74 | 268.07 |
| Mean High Water Level | (MHWL) | 230.36 | 47.66 | 179.99 |
| Mean Sea Level | (MSL) | 182.70 | 0.00 | 132.33 |
| Mean Low Water Level | (MLWL) | 132.88 | -49.82 | 82.51 |
| Mean Low Water Spring | (MLWS) | 63.59 | -119.11 | 13.22 |
| Lowest Low Water Level | (LLWL) | 50.37 | -132.33 | 0.00 |
| Tunggang pasang (cm) | | | 280.14 | |

Tabel 3.4 Harga Elevasi Acuan di Pantai Pedolo

| Elevasi-Elevasi Acuan Terhadap | | Peilschaal (cm) | MSL (cm) | MLWS (cm) |
|---------------------------------------|-----------|------------------------|-----------------|------------------|
| Highest High Water Level | (HHWL) : | 185.7 | 71.8 | 167.7 |
| Mean High Water Spring | (MHWS) : | 182.9 | 68.9 | 164.8 |
| Mean High Water Level | (MHWL) : | 157.1 | 43.2 | 139.1 |
| Mean Sea Level | (MSL) : | 114.0 | 0.0 | 95.9 |
| Mean Low Water Level | (MLWL) : | 74.7 | -39.2 | 56.7 |
| Mean Low Water Spring | (MLWS) : | 18.0 | -95.9 | 0.0 |
| Lowest Low Water Level | (LLWL) : | 10.4 | -103.5 | -7.6 |

HHWL : Highest High Water Level

MHWS : Mean High Water Spring

MHWL : Mean High Water Level

MSL : Mean Sea Level

MLWL : Mean Low Water Level

MLWS : Mean Low Water Spring

LLWL : Lowest Low Water Level

Dari elevasi acuan pasang surut yang ada ditetapkan MSL sebagai elevasi nol acuan.

3.3.2 Data Sedimen

Hasil survei sedimen layang telah diteliti dalam laboratorium, untuk mendapatkan konsentrasi sedimen pada tiap-tiap lokasi. Hasil analisa sedimen layang dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.5 Hasil Analisa Sedimen Layang di Pantai Ampenan dan Pedolo

| Lokasi | Hasil Analisa Sedimen Layang (mg/l) | Salinitas (%) |
|-------------------|-------------------------------------|---------------|
| Sungai Ampenan -1 | 496 | 29.4 |
| Pantai Ampenan -2 | 23 | 304 |
| Sungai Pedolo -1 | 9 | 28.7 |
| Pantai Pedolo - 2 | 14 | 28.5 |

Sedimen dasar juga diteliti dalam laboratorium untuk mendapatkan distribusi ukuran sedimen dari tiap-tiap lokasi. Hasil rekapitulasi analisa sedimen dasar dapat dilihat pada **Tabel 3.5**, dari tabel dibawah diketahui bahwa sedimen dasar didominasi oleh pasir (*sand*).

Tabel 3.6 Hasil Rekapitulasi Analisa Sedimen Dasar di 4 Lokasi

| Pantai | Grain Size Analysis | | | | |
|--------------------|---------------------|------------|----------|----------|----------|
| | # 200 (%) | Gravel (%) | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) |
| Pantai Pula Segara | 1 | 14 | 84 | 1 | 0 |
| Pantai Lewata | 42 | 2 | 55 | 38 | 4 |
| Sungai Meningting | 1 | 4 | 95 | 1 | 0 |
| Sungai Pedolo | 59 | 5 | 36 | 49 | 10 |

3.4 DATA MEKANIKA TANAH

Penyelidikan tanah melalui boring memberikan beberapa hal penting antara lain:

- Perkiraan jenis lapisan tanah.
- Perkiraan ketebalan tiap jenis lapisan tanah.
- Pengambilan contoh tanah untuk di uji laboratorium yang selanjutnya dapat diperoleh parameter-parameter tanah yang diperlukan sehubungan dengan perencanaan.

Pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan selama pekerjaan boring berlangsung adalah:

- Pengambilan contoh tanah tak terganggu (*undisturbed sample*).
- Pengambilan contoh tanah terganggu (*disturbed sample*) pada setiap meter kedalaman.

Tes laboratorium yang dilakukan terhadap contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) yang diambil melalui pengeboran dimaksudkan untuk mendapatkan data-data besaran index tanah serta sifat mekanisnya. Sedangkan test untuk contoh tanah terganggu (*disturbed sample*) dimaksudkan untuk mendapatkan data mengenai jenis tanah, bentuk tanah, warna serta sifat butiran tanah, kandungan mineral dalam tanah serta sifat mekanis secara deskriptif.

Sehubungan maksud tersebut maka test laboratorium yang dilaksanakan pada contoh tanah *undisturbed* maupun *disturbed* meliputi:

- Grain Size
- Atterberg Limit
- In situ Bulk and Dry Density
- Natural Moisture Content
- Shear Strength Characteristic
- Consolidation Characteristic
- Permeability Characteristic
- Lithologic description

BAB 4

ANALISIS DAN PEMODELAN MATEMATIKA

4.1 METODOLOGI KAJIAN PERLINDUNGAN PANTAI

Metodologi kajian perlindungan pantai dan penentuan dimensi bangunan pelindung pantai, secara umum disajikan pada **Gambar 4.1**, dengan ringkasan di bawah ini.

Kegiatan pengolahan-analisa data dilakukan untuk memperoleh informasi teknik tentang:

1. Gelombang rencana yang akan bekerja sehingga dapat direncanakan bangunan pelindung pantai yang sesuai.
2. Kuantitas dan pola transpor sedimen yang terjadi sehingga dapat ditentukan skema perlindungan pantai yang akan dilakukan.
3. Elevasi puncak bangunan pelindung pantai.

Garis besar kegiatan pengolahan dan analisa data disajikan di bawah ini:

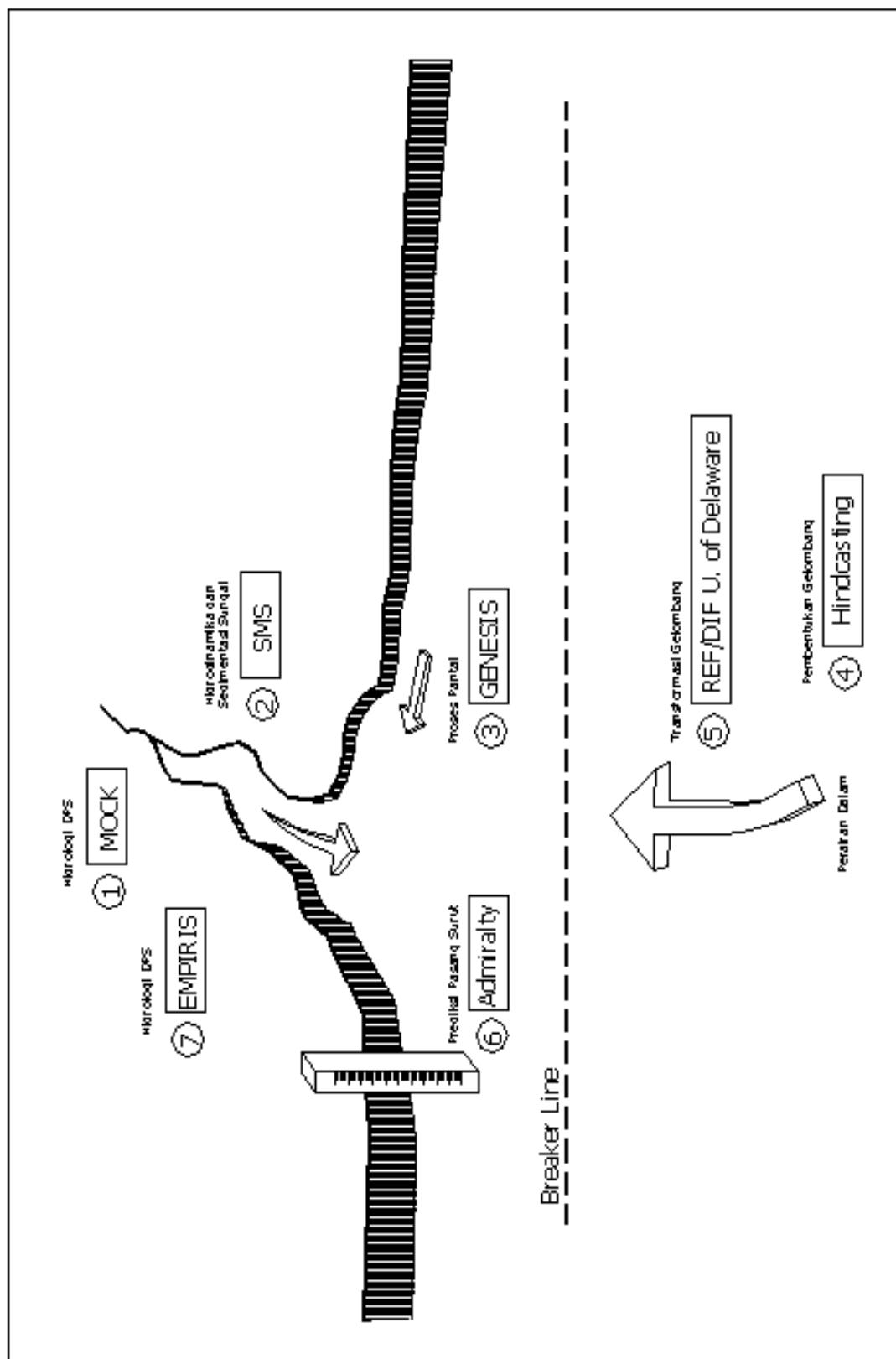
Data angin jam-jaman jaman (satu data tiap satu jam) diolah menjadi data gelombang jam-jaman. Data gelombang jam-jaman diolah dan dianalisa untuk memperoleh data gelombang rencana (ekstrim). Dengan analisa refraksi-difraksi akan diperoleh tinggi gelombang yang akan bekerja pada bangunan yang direncanakan, sehingga diperoleh dimensi struktur perlindungan pantai sesuai dengan tinggi gelombang yang diperkirakan akan terjadi.

Data gelombang jam-jaman (seri waktu) digunakan untuk melakukan simulasi perubahan garis pantai guna memperkirakan perubahan garis pantai yang akan terjadi

untuk berbagai kondisi/skema perlindungan pantai. Dari kegiatan ini didapatkan layout pelindung pantai dengan dimensi dan tata letak yang definitif.

Dari kegiatan simulasi perubahan garis pantai akan diperoleh bentuk akhir garis pantai yang diharapkan dan besar volume transpor sedimen di sekitarnya. Bentuk akhir yang stabil ini dapat dipercepat dengan penambahan material pasir pantai hingga mengikuti bentuk yang stabil tersebut.

Data pengamatan pasang surut diolah dan dianalisa untuk memperoleh elevasi-elevasi penting muka air. Elevasi puncak bangunan diperoleh dengan memperhitungkan kondisi pasang surut, tinggi gelombang yang akan bekerja, pergerakan lidah gelombang di lereng bangunan (run up), dan ruang bebas (freeboard). Dimensi lainnya juga ditentukan berdasarkan kondisi tinggi gelombang yang akan bekerja serta kondisi fisik lainnya seperti tanah dasar.



Gambar 4.1 Sketsa garis besar analisis traspor sedimen di kawasan pantai.

4.2 PEMBENTUKAN GELOMBANG

4.2.1 Peramalan Gelombang

Untuk mendapatkan gelombang rencana, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan peramalan gelombang berdasarkan data angin. Data angin ini diperoleh dari analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Peramalan gelombang dalam pekerjaan ini dilakukan mengikuti Metode yang diberikan dalam *Shore Protection Manual (Coastal Engineering Research Center, US Army Corp of Engineer)* edisi 1984 yang merupakan acuan standar bagi praktisi pekerjaan-pekerjaan pengembangan, perlindungan, dan pelestarian pantai.

Metode peramalan gelombang dapat dibedakan atas metode peramalan gelombang laut dalam dan peramalan gelombang laut dangkal. Beda metode laut dalam dan dangkal adalah bahwa dalam metode laut dangkal diperhitungkan faktor gesekan antara gerak air dan dasar laut, yang mana akan mengurangi tinggi gelombang yang terbentuk. Di laut dalam, gerak gelombang yang terjadi di bagian atas perairan (upper ocean) praktis tidak mengimbas ke bagian bawah dekat dasar laut (karena pada laut yang dalam, jarak vertikal dari dasar laut ke permukaan, jauh). Oleh karenanya, gelombang dan pembentukan gelombang di laut dalam tidak terpengaruh oleh keadaan di dekat dasar laut.

Kriteria laut “dalam” dan “dangkal” didasarkan pada perbandingan antara panjang gelombang L dan kedalaman dasar laut d, bukan pada harga mutlak kedalaman perairan. Nilai batasnya dapat diilah pada **Tabel 4.1** berikut:

Tabel 4.1 Kriteria Laut Dalam

| Klasifikasi | d/L |
|--------------|--------------|
| Laut dalam | $> 1/2$ |
| Transisi | $1/25 - 1/2$ |
| Laut dangkal | $< 1/25$ |

Untuk melakukan peramalan gelombang di suatu perairan diperlukan masukan berupa data angin dan peta batimetri. Interaksi antara angin dan permukaan air menyebabkan timbulnya gelombang (istilah lebih tepatnya adalah gelombang akibat angin atau wind

waves, untuk membedakan jenis gelombang yang ditimbulkan oleh angin ini dengan misalnya, gelombang akibat kapal, dan sebagainya). Peta perairan lokasi dan sekitarnya diperlukan untuk menentukan besarnya “fetch” atau kawasan pembentukan gelombang.

4.2.2 Perhitungan Fetch Efektif

Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. Adanya kenyataan bahwa angin bertiup dalam arah yang bervariasi atau sembarang, maka panjang fetch diukur dari titik pengamatan dengan interval 5° .

Panjang fetch dihitung untuk 8 arah mata angin dan ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$L_{f_i} = \frac{\sum L f_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i}$$

dimana:

$L f_i$ = panjang fetch ke-i

α_i = sudut pengukuran fetch ke-i

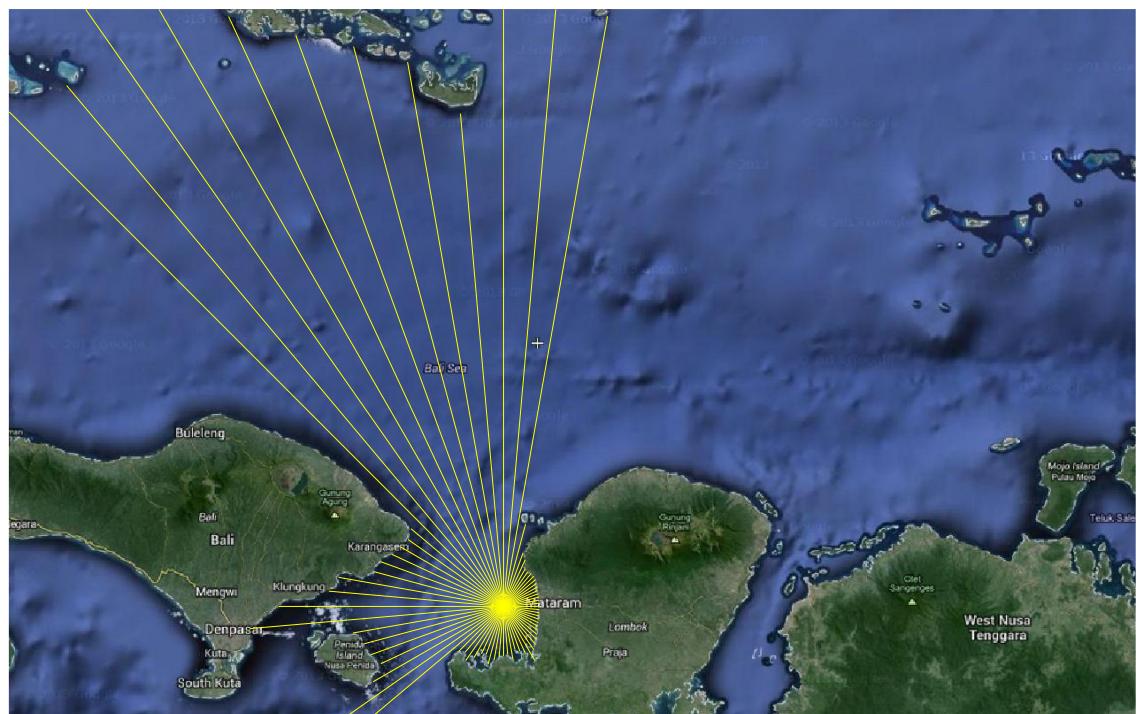
i = jumlah pengukuran fetch

Jumlah pengukuran “i” untuk tiap arah mata angin tersebut meliputi pengukuran-pengukuran dalam wilayah pengaruh fetch (22.5° searah jarum jam dan 22.5° berlawanan arah jarum jam). Panjang daerah pembentukan gelombang atau fetch ditentukan sebagai berikut:

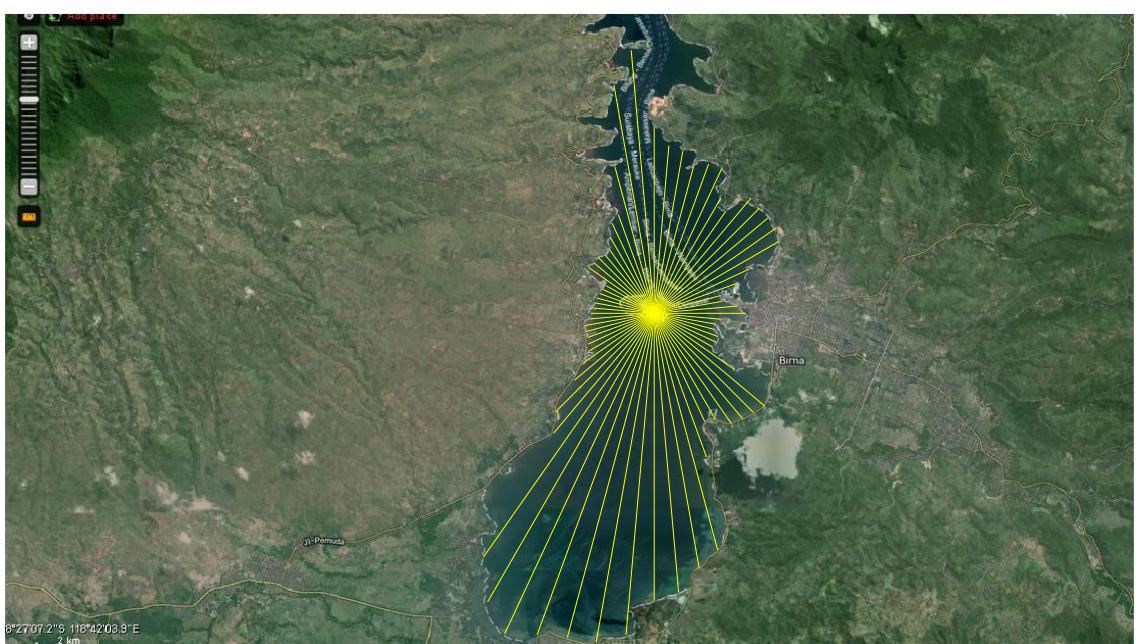
Pertama ditarik garis-garis fetch setiap selang sudut lima derajat.

- a). Tiap penjuru angin (arah utama) mempunyai daerah pengaruh selebar $22,5$ derajat sebelah kiri dan kanannya.
- b). Penjang garis fetch dihitung dari wilayah kejauhan sampai ke daratan di ujung lainnya. Jika hingga batas peta tidak terdapat daratan, maka panjang fetch tersebut dibatasi oleh batas peta tersebut.
- c). Masing-masing garis fetch dalam daerah pengaruh suatu penjuru angin (arah utama) diproyeksikan ke arah penjuru tersebut.
- d). Panjang garis fetch diperoleh dengan membagi jumlah panjang proyeksi garis-garis fetch dengan jumlah cosinus sudutnya.

Peta fetch kawasan perairan pantai Ampenan ditampilkan pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Daerah Pembentukan Gelombang (Fetch) Lokasi Pantai Ampenan.



Gambar 4.3 Daerah Pembentukan Gelombang (Fetch) Lokasi Pedolo

4.2.3 Pembentukan Gelombang

Pembentukan gelombang di laut dalam dianalisa dengan formula-formula empiris yang diturunkan dari model parametrik berdasarkan spektrum gelombang **JONSWAP** (*Shore Protection Manual, 1984*). Prosedur peramalan tersebut berlaku baik untuk kondisi fetch terbatas (*fetch limited condition*) maupun kondisi durasi terbatas (*duration limited condition*) sebagai berikut:

$$\frac{gH_{m_0}}{U_A^2} = 0.0016 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{gT_p}{U_A^2} = 0.2857 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\frac{gt_d}{U_A} = 68.8 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{2}{3}}$$

dalam persamaan tersebut, $U_A = 0.71U_{10}^{1.23}$ adalah faktor tekanan angin, dimana U_A dan U_{10} dalam m/detik. Hubungan antara T_p dan T_s diberikan sebagai $T_s = 0.95 T_p$.

Persamaan tersebut di atas hanya berlaku hingga kondisi gelombang telah terbentuk penuh (*fully developed sea condition*), sehingga tinggi dan perioda gelombang yang dihitung harus dibatasi dengan persamaan empiris berikut:

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0.243$$

$$\frac{gT_p}{U_A} = 8.13$$

$$\frac{gt_d}{U_A} = 7.15 \times 10^4$$

dimana:

H_{m0} = tinggi gelombang signifikan menurut energi spektral

T_p = perioda puncak gelombang

Dalam bentuk bagan alir, metode peramalan gelombang disajikan pada **Gambar 4.4**. Distribusi arah dan tinggi gelombang hasil peramalan gelombang disajikan dalam bentuk waverose seperti pada **Gambar 4.5**. Tabel Distribusi dan prosentase kejadian gelombangnya ditampilkan pada **Tabel 4.2**.

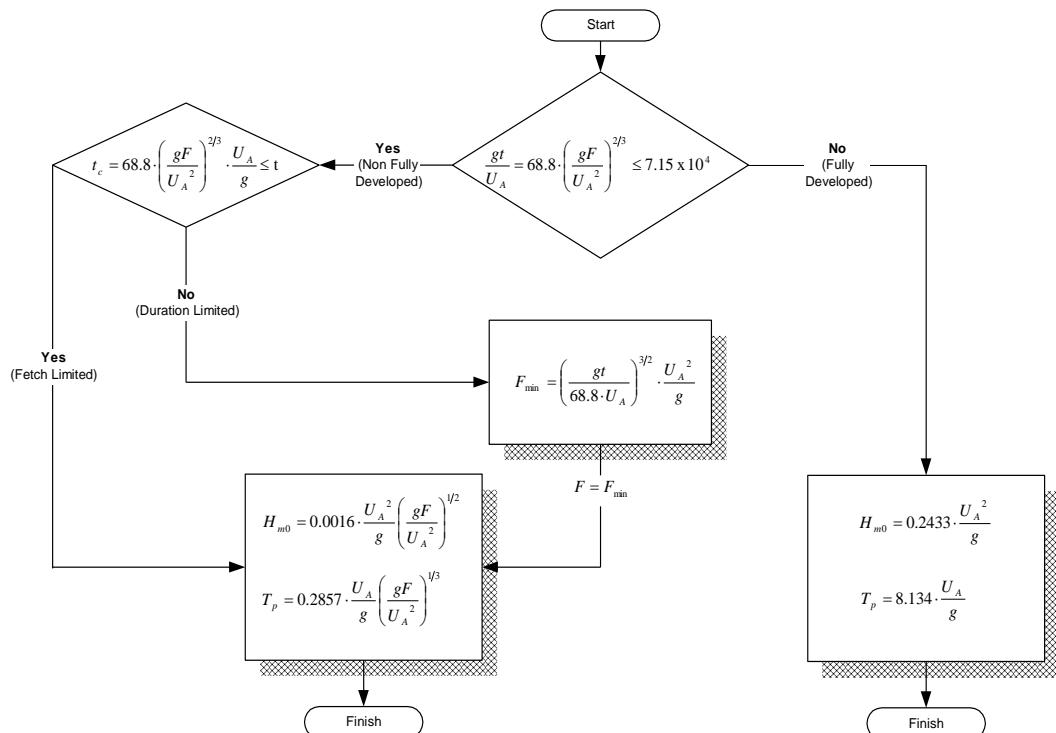
4.2.4 Gelombang Rencana

Hasil Peramalan gelombang yang berupa series waktu kejadian gelombang akibat angin, masih belum dapat langsung digunakan untuk perencanaan. Perencanaan memerlukan suatu tinggi (dan periode) gelombang yang biasanya didasarkan pada suatu fenomena statistik yang dikenal dengan nama periode ulang.

Dalam kajian ini tinggi gelombang rencana yang dipakai ditentukan berdasarkan analisis harga ekstrim dari data gelombang terbesar tahunan hasil peramalan gelombang.

Tinggi gelombang rencana untuk perairan Ampenan dan Pedolo disajikan dalam **Tabel 4.3**.

Setelah itu, perioda gelombang rencana ditentukan berdasarkan data hubungan antara tinggi gelombang signifikan dengan perioda gelombang seperti diperlihatkan pada **Gambar 4.6**.



H_s = significant wave height

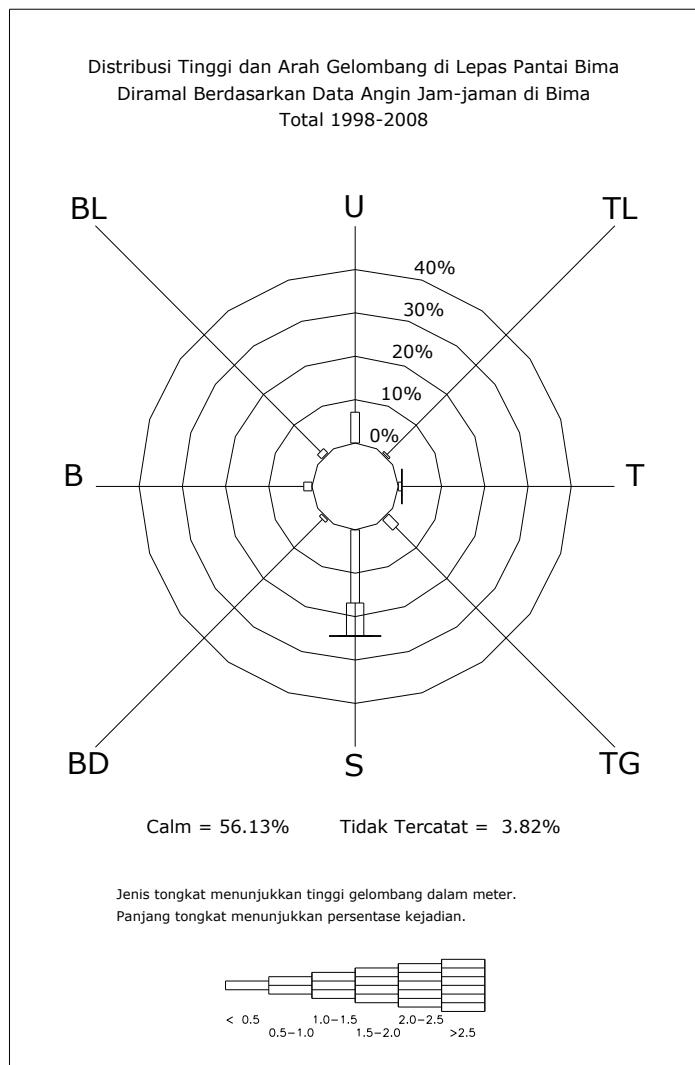
T_p = peak wave period

F = effective fetch length

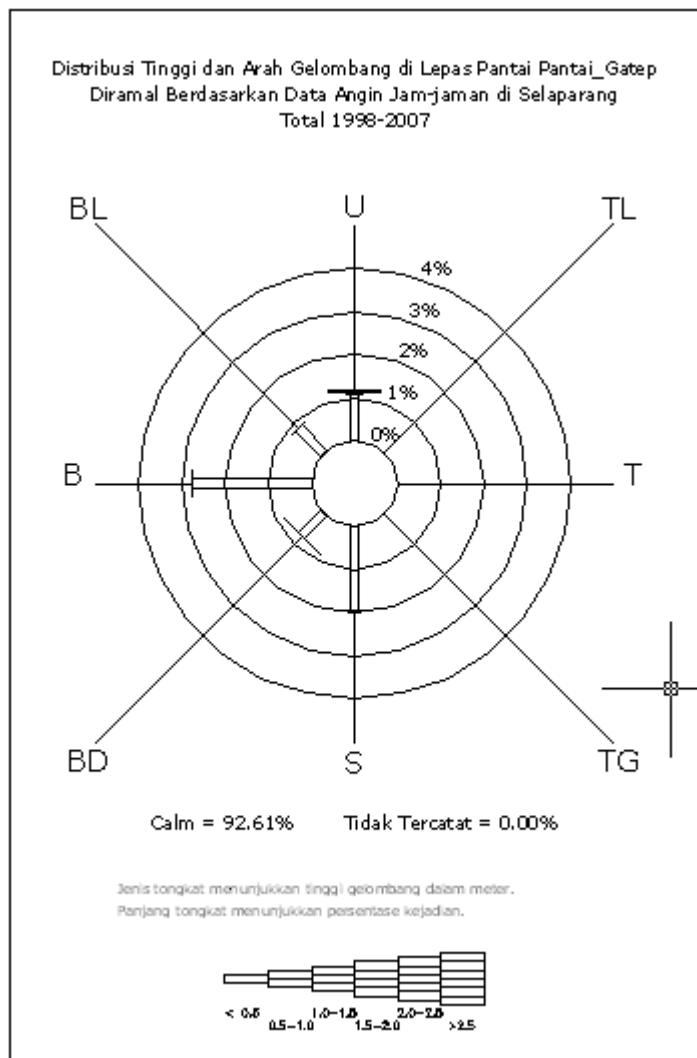
U_A = wind stress factor (modified wind speed)

t = wind duration

Gambar 4.4 Diagram alir proses peramalan gelombang berdasarkan data angin.



Gambar 4.5 Waverose di lokasi Pantai Pedolo berdasarkan data angin BMG Bima.



Gambar 4.6 Waverose di lokasi Pantai Ampenan berdasarkan data angin BMG Selaparang.

Tabel 4.2 Distribusi Arah dan Tinggi Gelombang di Lepas Pantai Pedolo.

| Arah | Tinggi Gelombang (m) | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|-------|--------|
| | < 0.5 | 0.5-1.0 | 1.0-1.5 | 1.5-2.0 | 2.0-2.5 | > 2.5 | Total |
| Utara | 7.107 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 7.11 |
| Timur Laut | 0.439 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.44 |
| Timur | 0.791 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.80 |
| Tenggara | 3.274 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 3.27 |
| Selatan | 16.862 | 7.592 | 0.000 | 0.016 | 0.000 | 0.015 | 24.48 |
| Barat Daya | 0.706 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.71 |
| Barat | 1.907 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.91 |
| Barat Laut | 1.336 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 1.34 |
| Bergelombang | | | | | | = | 40.06 |
| Tidak Bergelombang (<i>calm</i>) | | | | | | = | 56.13 |
| Tidak Tercatat | | | | | | = | 3.82 |
| Total | | | | | | = | 100.00 |

Tabel 4.3 Distribusi Arah dan Tinggi Gelombang di Lepas Pantai Ampenan.

| Arah | Tinggi Gelombang (m) | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|-------|--------|
| | < 0.5 | 0.5-1.0 | 1.0-1.5 | 1.5-2.0 | 2.0-2.5 | > 2.5 | Total |
| Utara | 1.084 | 0.031 | 0.006 | 0.008 | 0.005 | 0.013 | 1.15 |
| Timur Laut | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 |
| Timur | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 |
| Tenggara | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 |
| Selatan | 1.937 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.94 |
| Barat Daya | 0.713 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.71 |
| Barat | 2.771 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2.77 |
| Barat Laut | 0.815 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.82 |
| Bergelombang | | | | | | = | 7.39 |
| Tidak Bergelombang (<i>calm</i>) | | | | | | = | 92.61 |
| Tidak Tercatat | | | | | | = | 0.00 |
| Total | | | | | | = | 100.00 |

Tabel 4.4 Gelombang Rencana di Lepas Pantai Pedolo

| Periode Ulang (tahun) | Utara | | Selatan | | Barat Daya | | Barat | | Barat Laut | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | Tinggi Gel. (m) | Periode Gel. (dt) |
| 1 | 0.44 | 2.41 | 0.61 | 2.77 | 0.35 | 2.19 | 0.21 | 1.76 | 0.18 | 1.65 |
| 2 | 0.46 | 2.46 | 0.72 | 2.97 | 0.37 | 2.24 | 0.26 | 1.93 | 0.20 | 1.72 |
| 3 | 0.48 | 2.50 | 0.83 | 3.16 | 0.39 | 2.29 | 0.31 | 2.08 | 0.22 | 1.79 |
| 5 | 0.5 | 2.54 | 0.96 | 3.36 | 0.41 | 2.34 | 0.36 | 2.21 | 0.32 | 2.10 |
| 10 | 0.53 | 2.61 | 1.14 | 3.62 | 0.43 | 2.39 | 0.42 | 2.36 | 0.58 | 2.71 |
| 25 | 0.57 | 2.69 | 1.40 | 3.95 | 0.46 | 2.46 | 0.50 | 2.54 | 1.12 | 3.59 |
| 50 | 0.6 | 2.75 | 1.62 | 4.20 | 0.47 | 2.48 | 0.56 | 2.67 | 1.67 | 4.26 |
| 100 | 0.63 | 2.81 | 1.86 | 4.46 | 0.49 | 2.52 | 0.61 | 2.77 | 2.32 | 4.90 |
| 200 | 0.66 | 2.86 | 2.12 | 4.71 | 0.51 | 2.57 | 0.67 | 2.88 | 3.06 | 5.51 |

Tabel 4.5 Gelombang Rencana di Lepas Pantai Ampenan

| Periode Ulang (tahun) | Selatan | | Barat Daya | | Barat | | Barat Laut | | Utara | |
|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | Tinggi Gel. (m) | Periode Gel. (dt) |
| 1 | 0.34 | 2.17 | 0.25 | 1.92 | 0.40 | 2.32 | 0.38 | 2.27 | 1.38 | 3.81 |
| 2 | 0.45 | 2.43 | 0.35 | 2.20 | 0.50 | 2.54 | 0.44 | 2.41 | 2.03 | 4.45 |
| 3 | 0.56 | 2.65 | 0.45 | 2.43 | 0.60 | 2.73 | 0.50 | 2.54 | 2.68 | 4.97 |
| 5 | 0.69 | 2.89 | 0.57 | 2.67 | 0.73 | 2.95 | 0.56 | 2.65 | 3.31 | 5.41 |
| 10 | 0.87 | 3.17 | 0.74 | 2.97 | 0.89 | 3.20 | 0.63 | 2.78 | 3.98 | 5.83 |
| 25 | 1.11 | 3.49 | 0.96 | 3.30 | 1.11 | 3.49 | 0.73 | 2.95 | 4.70 | 6.23 |
| 50 | 1.29 | 3.71 | 1.14 | 3.53 | 1.30 | 3.72 | 0.81 | 3.08 | 5.16 | 6.47 |
| 100 | 1.48 | 3.92 | 1.34 | 3.77 | 1.49 | 3.93 | 0.88 | 3.18 | 5.58 | 6.67 |
| 200 | 1.69 | 4.13 | 1.54 | 3.98 | 1.70 | 4.14 | 0.95 | 3.28 | 5.96 | 6.85 |

4.3 REFRAKSI DIFRAKSI

Gelombang pada kawasan pantai (*coastal area*) berasal dari laut lepas pantai. Penyebaran gelombang dipengaruhi oleh kontur dasar perairan dimana pergerakan gelombang ditransformasikan menurut variasi topografi dasar perairan tersebut. Ada beberapa tipe transformasi gelombang, diantaranya: pendangkalan (*shoaling*), pecah (*breaking*), refraksi (*refraction*), difraksi (*diffraction*) dan lain-lain. Untuk keperluan pekerjaan ini lebih ditekankan pada analisa refraksi/difraksi saja.

Refraksi adalah peristiwa berubahnya arah perambatan dan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman dasar laut. Ilustrasi secara sederhana dapat dilihat pada **Gambar 4.6**. Gelombang akan merambat lebih cepat pada perairan yang dalam dari pada perairan yang dangkal. Hal ini menyebabkan puncak gelombang membekok dan menyesuaikan diri dengan kontur dasar laut.

Parameter-parameter yang penting pada analisa refraksi gelombang adalah:

K_s : koefisien pendangkalan

K_r : koefisien refraksi

dimana:

$$K_s = \sqrt{\frac{C_{g_o}}{C_g}}$$

$$K_s = \sqrt{\frac{b_o}{b}}$$

C_g : kecepatan ‘grup’ gelombang

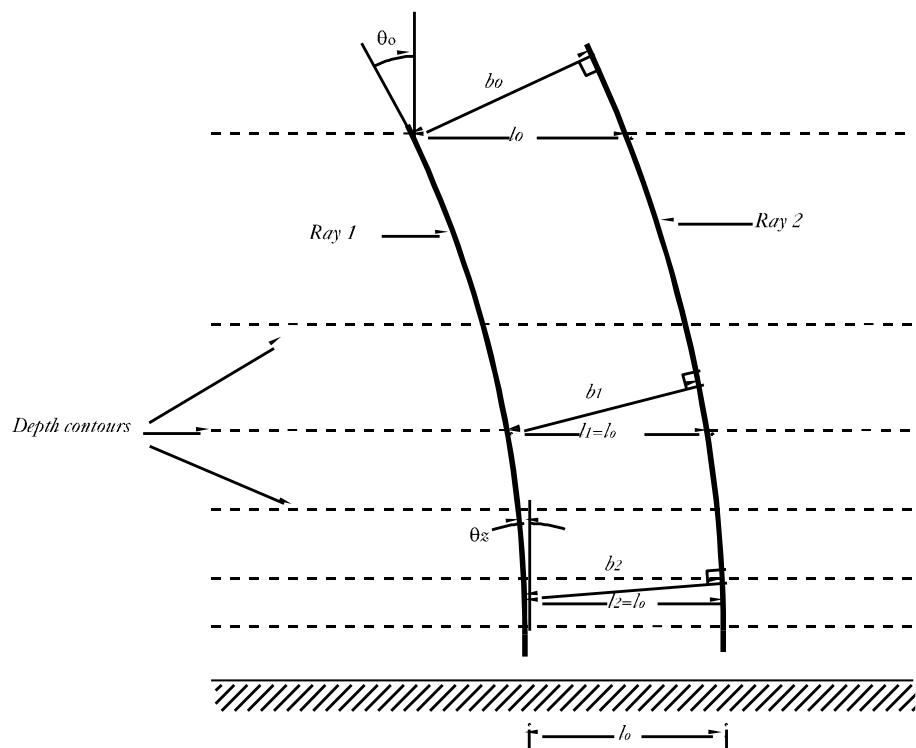
(subscript “o” menyatakan ‘laut dalam’)

Sementara, tinggi gelombang yang terjadi pada perairan dangkal (H) dapat dihitung sebagai berikut:

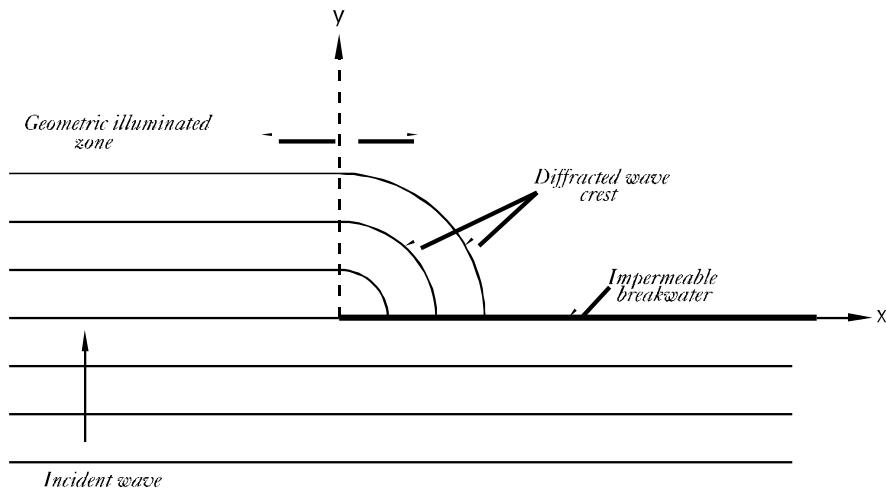
$$H = H_o \cdot K_s \cdot K_r$$

Difraksi adalah peristiwa transmisi energi gelombang dalam arah kesamping (lateral) dari arah perambatan gelombang. Peristiwa ini terjadi apabila terdapat bangunan laut

yang menghalangi perambatan gelombang seperti yang diilustrasi pada **Gambar 4.7**. Pada bagian yang terlindung oleh bangunan laut, tetap terbentuk gelombang akibat transmisi lateral tadi. Fenomena difraksi tidak terbatas pada perairan dangkal saja karena difraksi terjadi dimana terdapat bangunan laut yang menghalangi perambatan gelombang.



Gambar 4.7 Perambatan arah gelombang akibat refraksi.



Gambar 4.8 Perambatan arah gelombang akibat difraksi.

Model numerik yang mula-mula dikembangkan untuk mensimulasikan proses refraksi menggunakan pendekatan lintasan gelombang (misalnya, **Wilson 1966**), dimana perhitungan dilakukan dengan mengikuti lintasan gelombang mulai dari perairan dalam sampai ke perairan dangkal sampai syarat batas menghentikannya (gelombang pecah, atau lintasan telah sampai ke batas perairan). Pendekatan ini secara intuitif karena seakan pemodel mengikuti jalannya gelombang dari titik ke titik. Namun dalam prakteknya, pendekatan ini menyulitkan praktisi rekayasa pantai karena pemodel tidak tahu dari awal akan menuju kemana lintasan gelombang yang diikutinya. Bila keadaan gelombang di suatu titik ingin diketahui, maka harus ada lintasan yang menuju ke titik atau dekat titik tersebut. Maka, harus dicoba banyak lintasan gelombang, dan biasanya diperlukan interpolasi serta penyesuaian dari pemodel dalam menginterpretasikan arti pola lintasan gelombang di perairan yang ditinjau.

Pendekatan lain yang belakangan lebih populer adalah dengan menggunakan sifat bebas putar dari angka gelombang (misalnya, **Cialone & Kraus 1987**). Angka gelombang k didefinisikan sebagai $k = (2\pi/L)$ dimana L adalah panjang gelombang. Angka gelombang bebas putar (*irrotational*) secara matematika dinyatakan sebagai dimana adalah operator matematika “del”, sedangkan x adalah notasi perkalian cross. Dengan pendekatan ini dimungkinkan untuk mendapatkan solusi di titik-titik petak numerik (grid) yang tetap dalam ruang. Dengan demikian, pola petak numerik dapat didesain sesuai dengan kebutuhan kajian.

Apabila keadaan yang ditinjau melibatkan bangunan laut, maka biasanya sulit untuk menerapkan model refraksi saja, karena konsep refraksi tidak berlaku di daerah yang terlindung oleh bangunan laut. Oleh karena itu, peneliti numerik mengembangkan model yang mampu sekaligus memperhitungkan proses refraksi dan difraksi (misalnya, **b & Liu, 1980**). Model kombinasi refraksi-difraksi seperti inilah yang akan digunakan dalam pekerjaan ini untuk mensimulasikan proses refraksi-difraksi di kawasan perairan proyek. Dipilih model numerik REF/DIF yang disusun oleh Center for Applied Coastal Research, University of Delaware, USA, untuk digunakan dalam analisa refraksi/difraksi di perairan lokasi studi.

Untuk eksekusi model refraksi/difraksi gelombang dibutuhkan masukan data sebagai berikut:

4.3.1 Batimetri Perairan

Agar memberikan hasil yang baik, analisa refraksi/difraksi memerlukan kawasan perairan yang agak luas. Pada bagian peta tersebut akan digambarkan kawasan perairan untuk analisa refraksi/difraksi. Pada batas laut paling luar dari perairan diambil suatu anggapan bahwa gelombang yang ada atau terbentuk berupa gelombang sempurna yang belum mengalami refraksi/difraksi. Sedang pada kawasan di sebelah dalam (dekat pantai) dilakukan simulasi yang lebih teliti

4.3.2 Tinggi Gelombang

Tinggi gelombang yang digunakan sebagai data masukan model numerik ini adalah tinggi gelombang yang diperoleh dari hasil pasca-kiraan gelombang berdasarkan data angin. Data angin sekunder yang digunakan diusahakan diambil dari lokasi pengamatan yang mempunyai karakteristik tidak jauh berbeda dengan karakteristik lokasi kajian. Lokasinya juga digarapkan tidak terlalu jauh dari lokasi kajian.

4.3.3 Arah Datangnya Gelombang

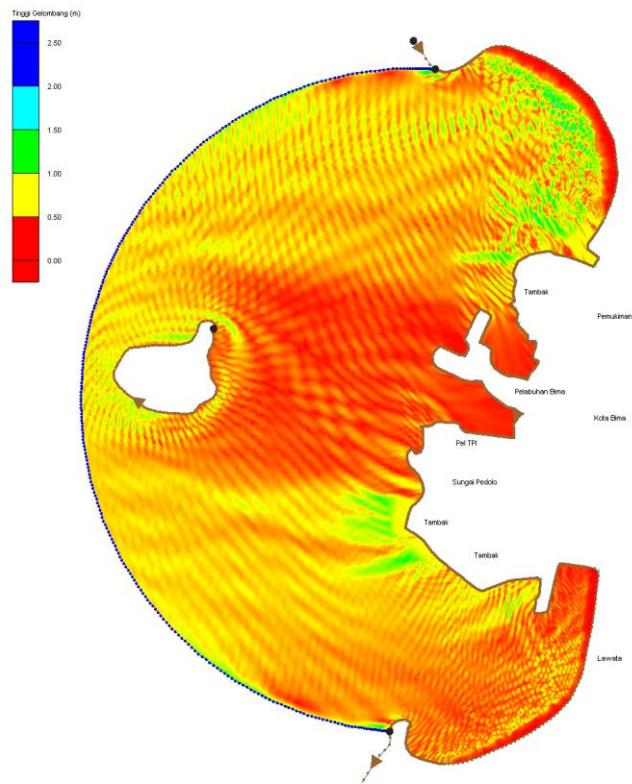
Untuk daerah kajian refraksi/difraksi di kawasan ini, arah yang ditinjau adalah arah-arah yang menghadap ke laut bebas atau relatif bebas.

4.3.4 Perioda Gelombang

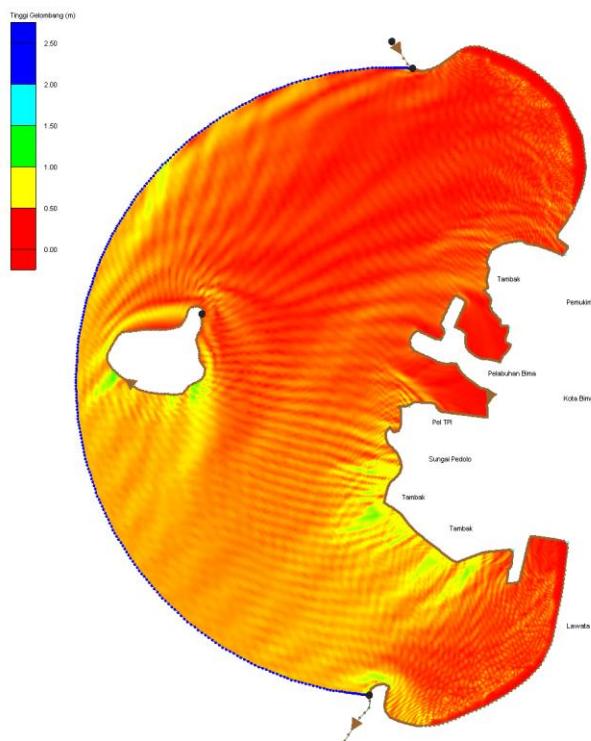
Dalam proses perhitungan tinggi gelombang rencana, informasi mengenai perioda (dan arah) gelombang telah “hilang” karena besaran yang menjadi obyek perhitungan adalah tinggi gelombang.

Tinggi gelombang rencana yang diperlukan sebagai data input model REF/DIF ini ditetapkan dengan cara sebagai berikut:

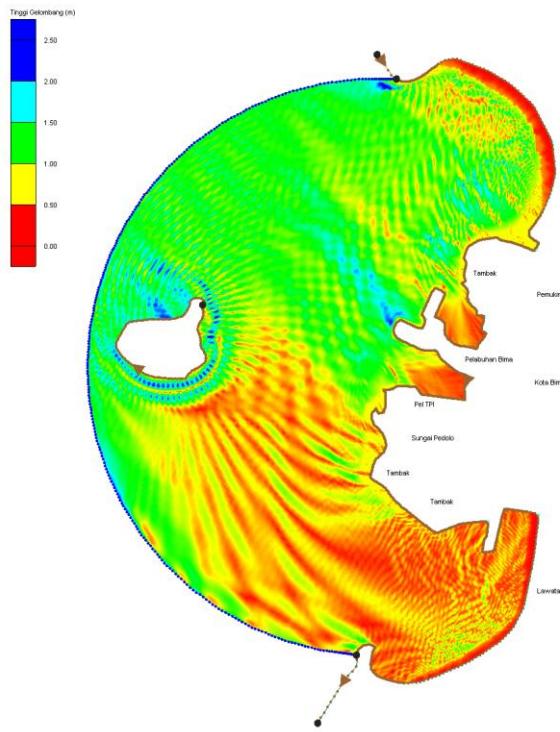
- a. Dari hasil pasca-kiraan gelombang, diambil tinggi gelombang yang terbesar dengan periodanya untuk tiap arah yang mendatangkan gelombang, tiap tahun.
- b. Dari tabel tersebut untuk tiap tahun diambil gelombang terbesar, tidak peduli arahnya. Dengan mengambil gelombang terbesar tanpa mempedulikan arah, maka informasi mengenai arah gelombang sudah hilang dalam analisa selanjutnya.
- c. Dilakukan analisa harga ekstrim berdasarkan data gelombang terbesar tahunan yang telah tersusun dari langkah sebelumnya. Dengan cara analisa harga ekstrim yang didasarkan pada tinggi gelombang ini, maka informasi mengenai perioda gelombang hilang dalam langkah selanjutnya.
- d. Metode yang digunakan terdiri dari beberapa distribusi yaitu Log Normal, Log Pearson III, Pearson III dan Gumbell.
- e. Analisa frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Kejadian pada suatu kurun waktu tertentu tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi terdapat suatu kemungkinan dalam 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian 10 tahunan.
- f. Pemilihan distribusi yang sesuai.
- g. Dari distribusi tersebut dipilih distribusi yang mewakili nilai gelombang yang terjadi.



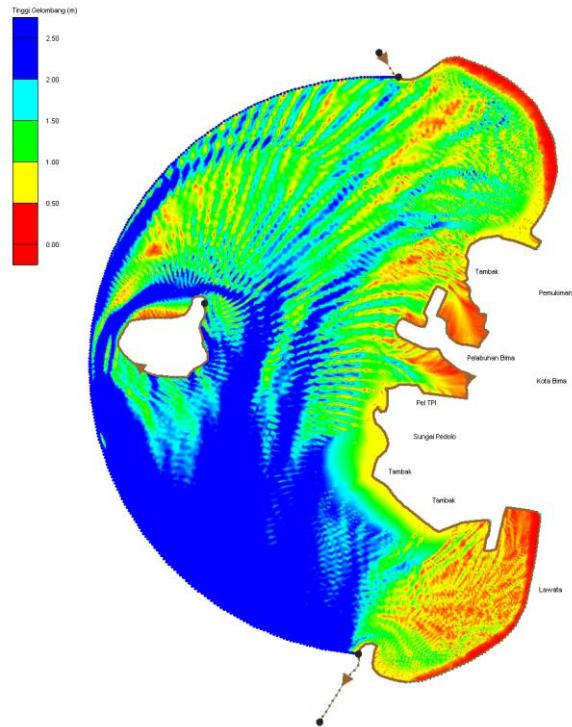
Gambar 4.9 Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Barat



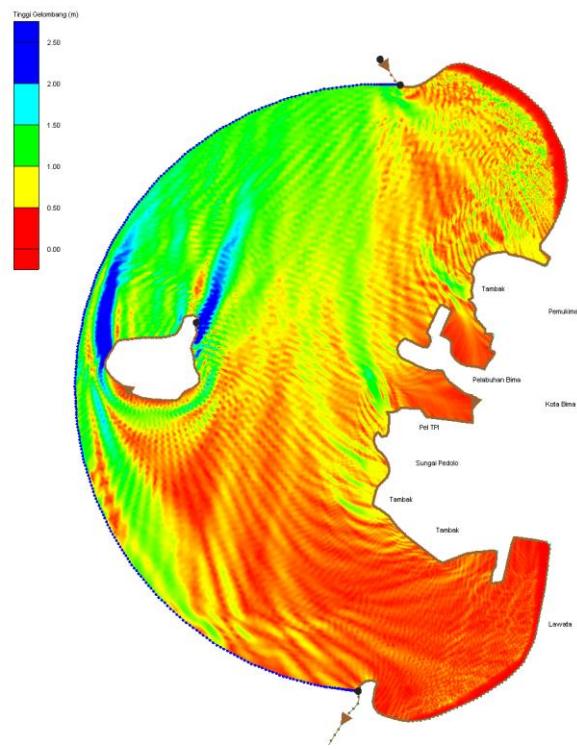
Gambar 4.10 Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Barat Daya.



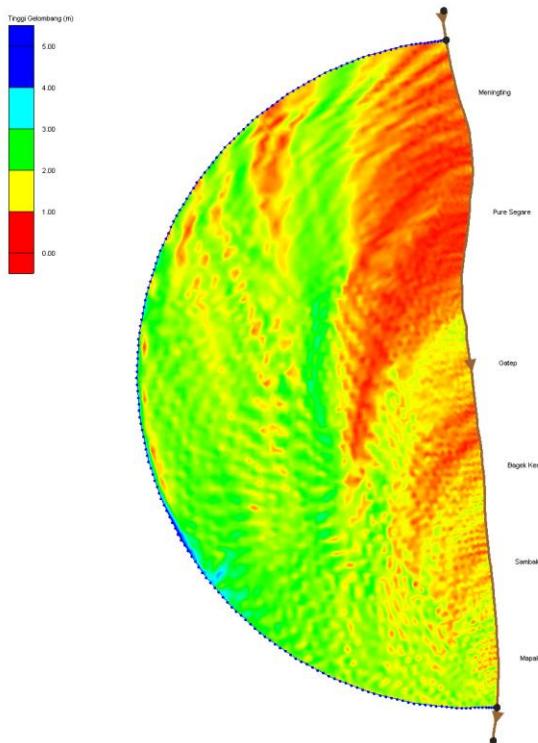
Gambar 4.11 Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Barat Laut.



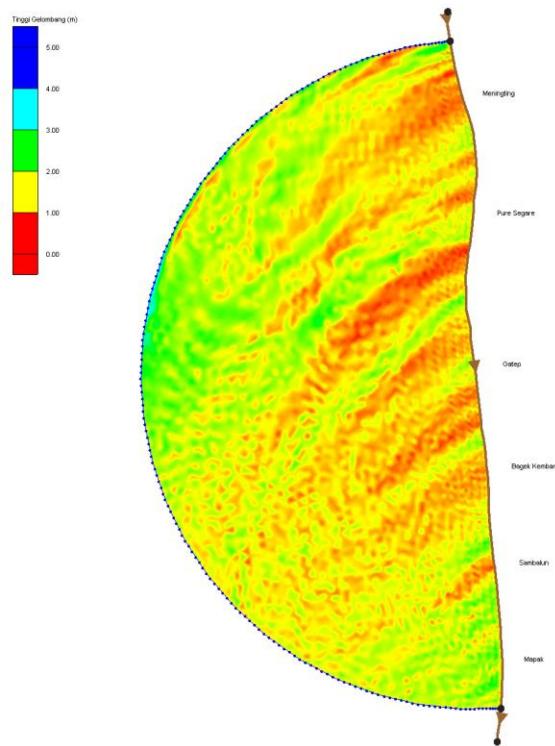
Gambar 4.12 Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Selatan.



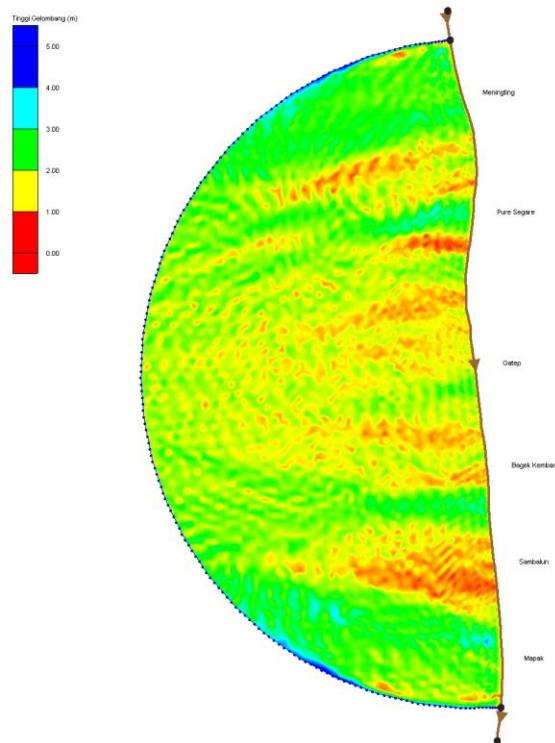
Gambar 4.13 Hasil pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Pedolo arah gelombang dari Utara.



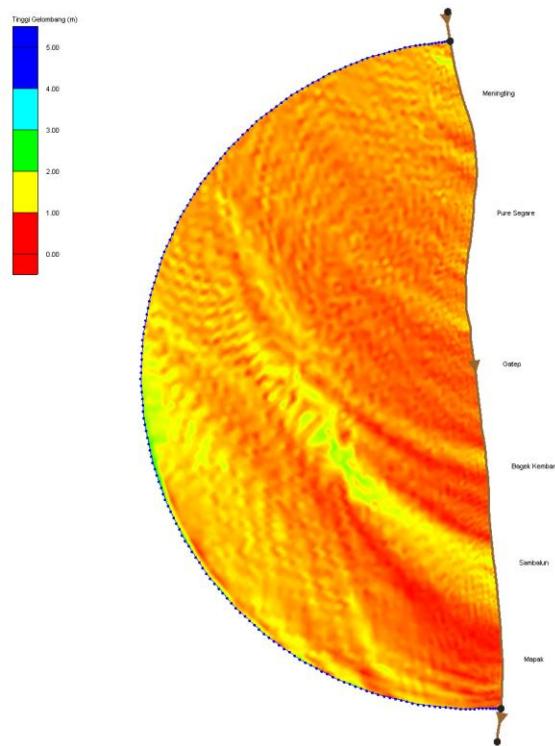
Gambar 4.14 pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Selatan



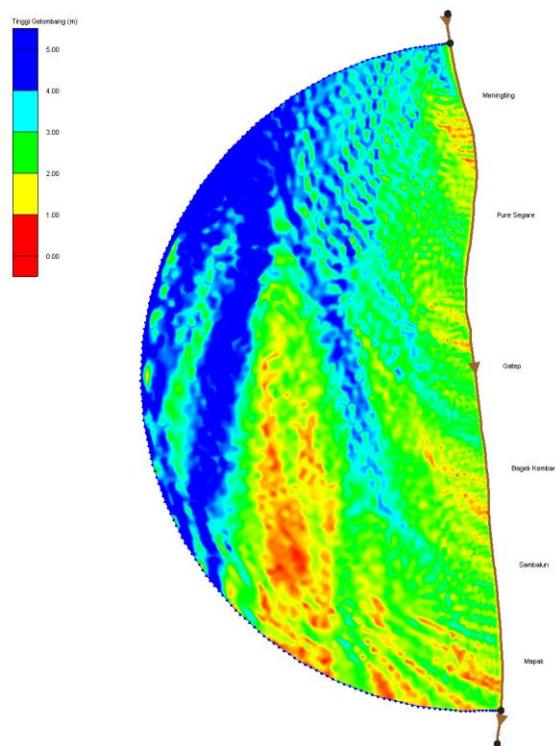
Gambar 4.15pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Barat Daya



Gambar 4.16pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Barat



Gambar 4.17pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Barat Laut



Gambar 4.18pemodelan refraksi/difraksi lokasi Pantai Ampenan arah gelombang dari Utara

4.4 PERUBAHAN GARIS PANTAI

Permasalahan dalam perencanaan lingkungan pantai adalah menentukan pola pergerakan sedimen atau pola perubahan garis pantai yang telah terjadi maupun yang akan terjadi pada kurun waktu tertentu. Dengan mengetahui pola yang terjadi maka perencanaan pembangunan lingkungan pantai tersebut dapat berhasil dengan optimal.

Analisis angkutan sedimen untuk mendapatkan parameter-parameter berikut ini:

- i). Laju angkutan sedimen dasar, baik yang diakibatkan oleh arus saja atau kombinasi arus dan gelombang.
- ii). Laju pengendapan sedimen melayang di kolam pelabuhan dan alur pelayaran.

Berdasarkan Shore Protection Manual, 1984 (SPM 1984), angkutan materi sedimen sejajar pantai disebut longshore transport. Penamaan longshore transport ini sama artinya dengan littoral transport atau pergerakan littoral drift, yaitu sedimen yang bergerak pada zone littoral. Zone littoral di dalam terminologi pantai adalah daerah perairan dari garis pantai hingga tepat sebelum daerah gelombang pecah

Dalam menentukan pola pergerakan sedimen atau pola perubahan garis pantai yang terjadi maupun yang akan terjadi pada kurun waktu tertentu, Konsultan menggunakan program simulasi **GENESIS** (*Generalized Model for Simulating Shoreline Change*) dari US Army Corps of Engineers (ASCE). Metodologi analisis dari program simulasi GENESIS diuraikan berikut ini.

Longshore transport rate (Q), atau tingkat angkutan sedimen sejajar pantai, lazim mempunyai satuan meter kubik per tahun (dalam SI). Karena pergerakannya sejajar pantai, maka ada dua kemungkinan arah pergerakan, yaitu ke arah kanan dan kiri relatif terhadap seorang pengamat yang berdiri di pantai menghadap ke laut. Pergerakan dari kanan ke kiri diberi notasi Q_{lt} , dan pergerakan dari kiri ke kanan Q_{rt} , sehingga didapat tingkat angkutan sedimen ‘kotor’ (gross) $Q_g = Q_{lt} + Q_{rt}$, dan tingkat angkutan ‘bersih’ (net) $|Q_n| = Q_{lt} - Q_{rt}$. Nilai Q_g digunakan untuk meramalkan tingkat pendangkalan pada suatu alur perairan yang terbuka, Q_n untuk desain alur yang dilindungi dan

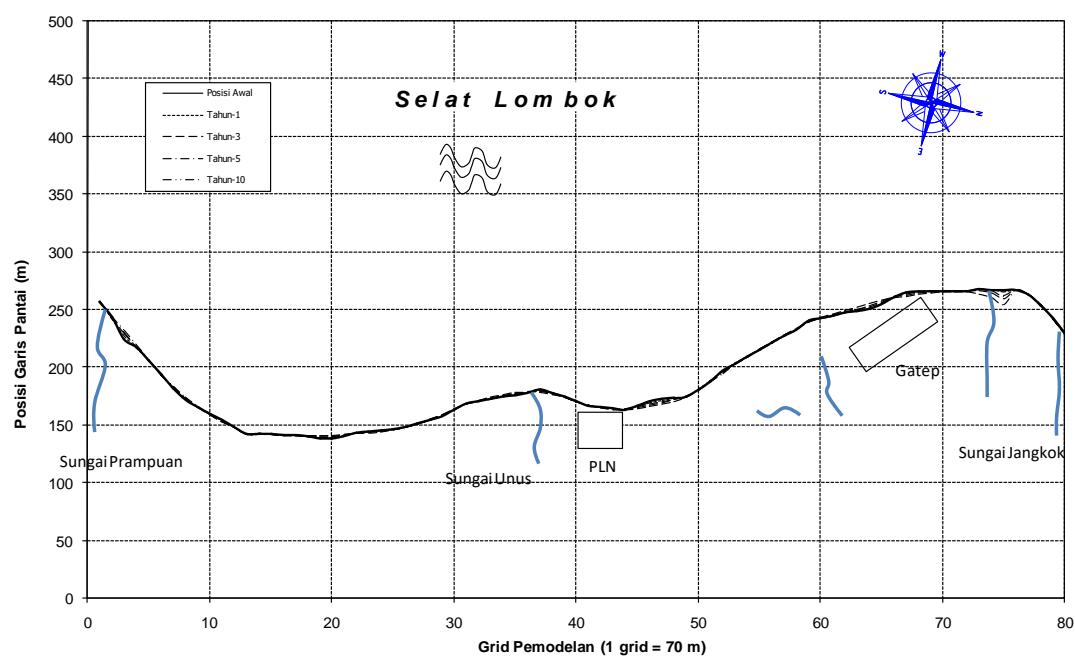
perkiraan erosi pantai, dan Q_{lt} serta Q_{rt} untuk desain penumpukan sedimen di ‘belakang’ sebuah struktur pantai yang menahan pergerakan sedimen.

Data masukan yang dibutuhkan pada GENESIS adalah sebagai berikut:

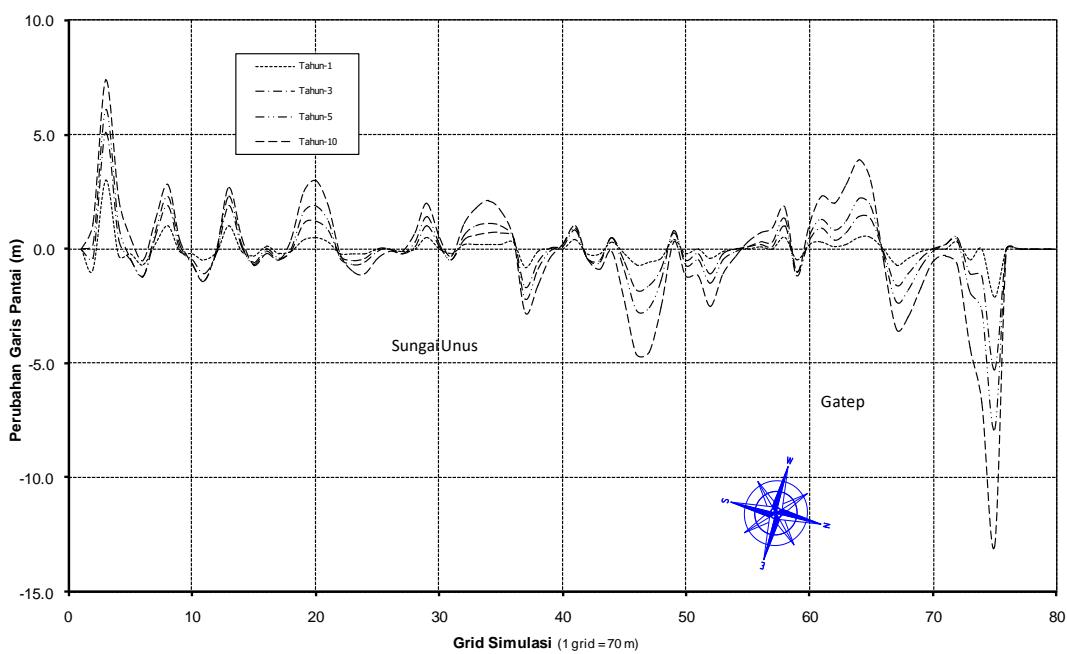
- a). Data posisi awal garis pantai berupa koordinat (x,y). *Fixed boundaries* dari garis pantai yang akan ditinjau adalah posisi dimana perubahan garis pantai tersebut dapat dianggap tidak signifikan terhadap hasil simulasi, atau pada sebuah struktur yang rigid (misalnya karang). Batasan ini diperlukan karena di dalam simulasi, perubahan garis pantai pada kedua titik batas tersebut di atas besarnya dianggap nol.
- b). Time series data gelombang lepas pantai atau gelombang laut dalam, tinggi gelombang, perioda dan arah rambat gelombang terhadap garis normal pantai untuk selang waktu tertentu. Untuk pantai dengan kontur batimetri yang sejajar pantai maka data gelombang ini akan dihitung pergerakan akibat refraksi dan difraksi secara internal *GENESIS* sendiri.
- c). Grid simulasi yang melingkupi garis pantai serta perairan dimana gelombang akan merambat. Jumlah grid pada arah sumbu x untuk program ini terbatas hingga 80 buah.
- d). Struktur bangunan pantai eksisting atau yang direncanakan dan data struktur-struktur laut lainnya yang berada pada perairan yang ditinjau.
- e). Data-data lain seperti ukuran butiran (D_{50}), parameter kalibrasi, posisi seawall, beach fill yang diakibatkan oleh masuknya sedimen dari sungai, dan parameter-parameter lain.

Program GENESIS ini, dengan data-data masukan di atas dapat memberikan perkiraan nilai longshore transport rate serta perubahan garis pantai akibat angkutan sedimen tersebut tanpa maupun dengan adanya struktur pada pantai untuk jangka waktu tertentu.

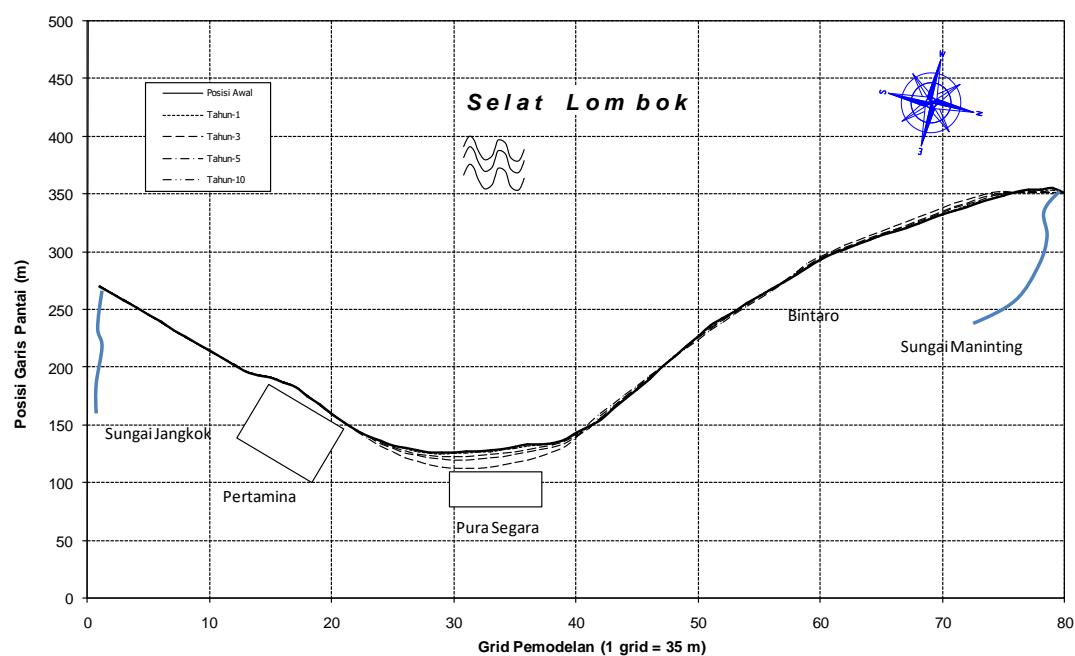
Hasil pemodelan perubahan garis kondisi eksisting disajikan sebagai berikut.



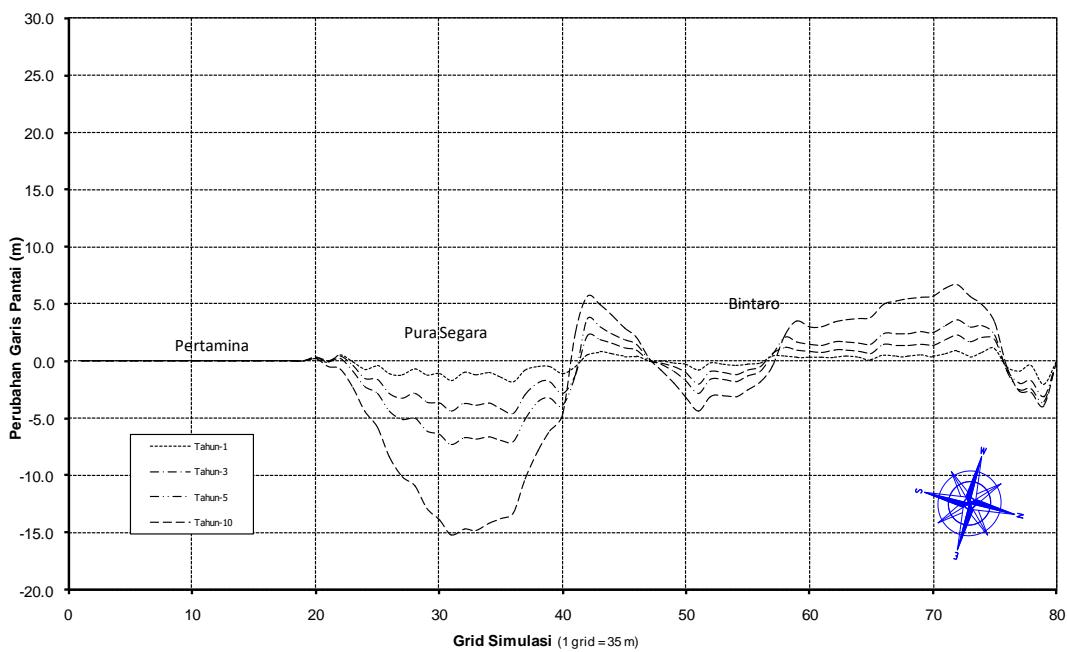
Gambar 4.19 Hasil perubahan posisi garis Pantai Gatep (Ampenan.)



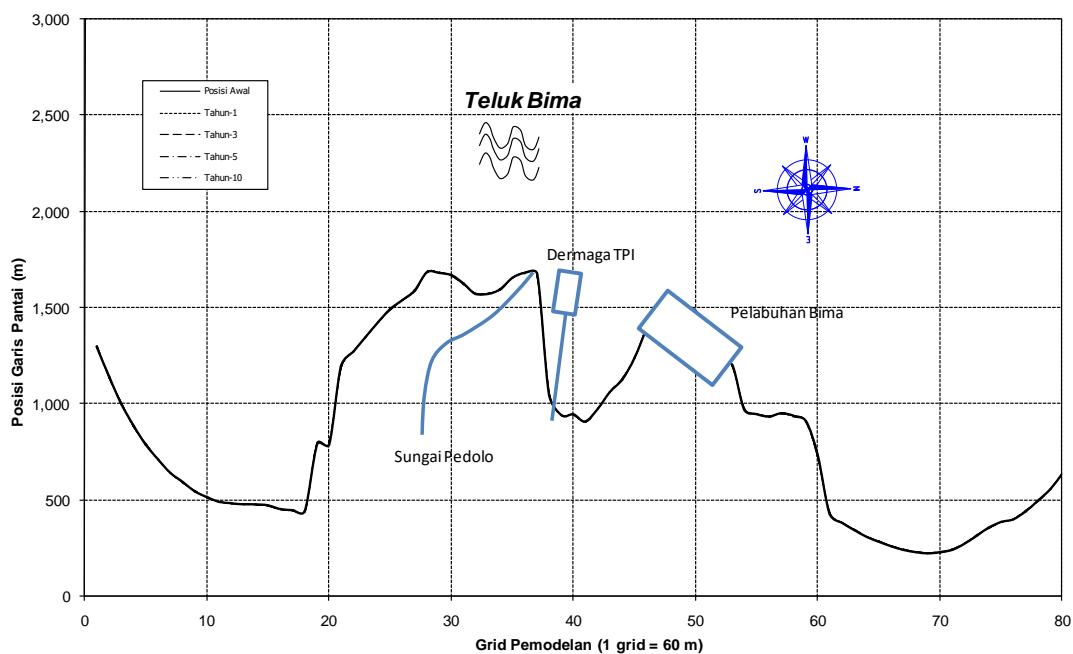
Gambar 4.20 Hasil perubahan garis Pantai Gatep (Ampenan.)



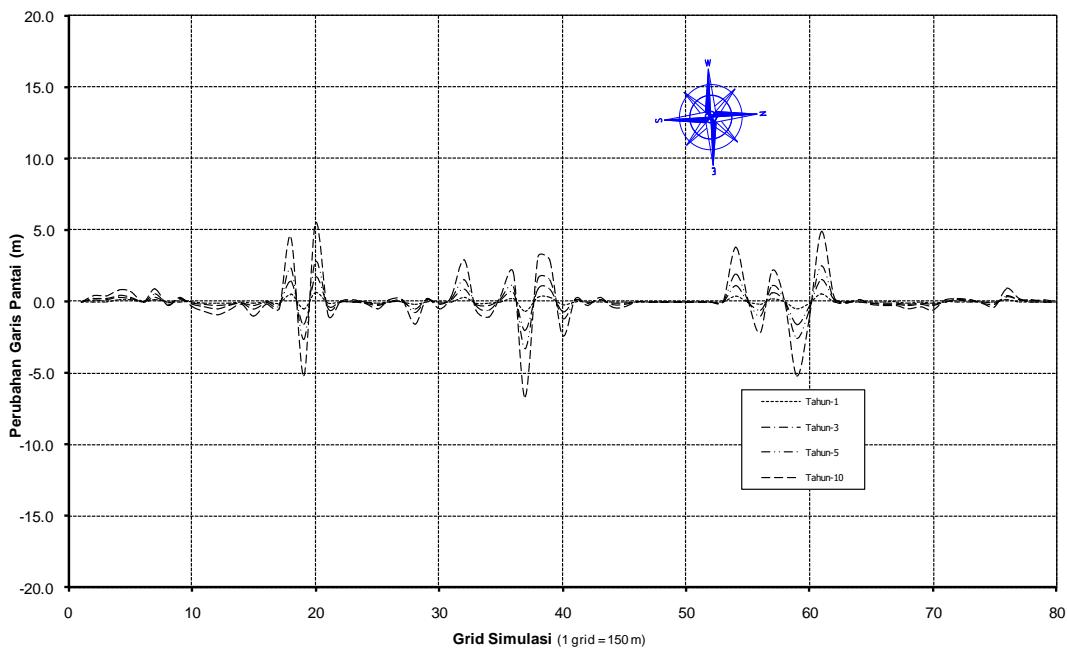
Gambar 4.1 Hasil perubahan posisi garis Pantai Pure Segare (Ampenan.)



Gambar 4.2 Hasil perubahan garis Pantai Pura Segare (Ampenan.)



Gambar 4.3 Hasil perubahan posisi garis Pantai Pedolo.



Gambar 4.4 Hasil perubahan garis Pantai Pedolo.

4.5 HIDRODINAMIKA DAN SEDIMENTASI

Perangkat lunak yang akan digunakan dalam simulasi ini adalah *Surface-Water Modelling System* (SMS) dari Boss International. SMS adalah prosesor pra dan pasca

untuk pemodelan elemen hingga dan elemen beda hingga. Program inti dari SMS ini adalah program pemodelan hidrodinamika yang dapat menghitung elevasi muka air dan kecepatan aliran untuk suatu masalah aliran.

SMS sangat cocok untuk perhitungan numerik dengan mesh (grid) yang besar dan kompleks (sampai beberapa ribu elemen). Mesh elemen hingga serta kondisi batas yang diperlukan untuk perhitungan dapat dibuat secara interaktif dan disimpan dalam file-file yang spesifik. File-file tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan hidrodinamika. File-file solusi perhitungan memberikan informasi elevasi muka air, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen, atau data fungsional lain disetiap node dari mesh yang dapat dibaca untuk plot vektor, kontur berwarna, atau kurva yang berubah terhadap waktu sehingga terbentuk animasi dinamis.

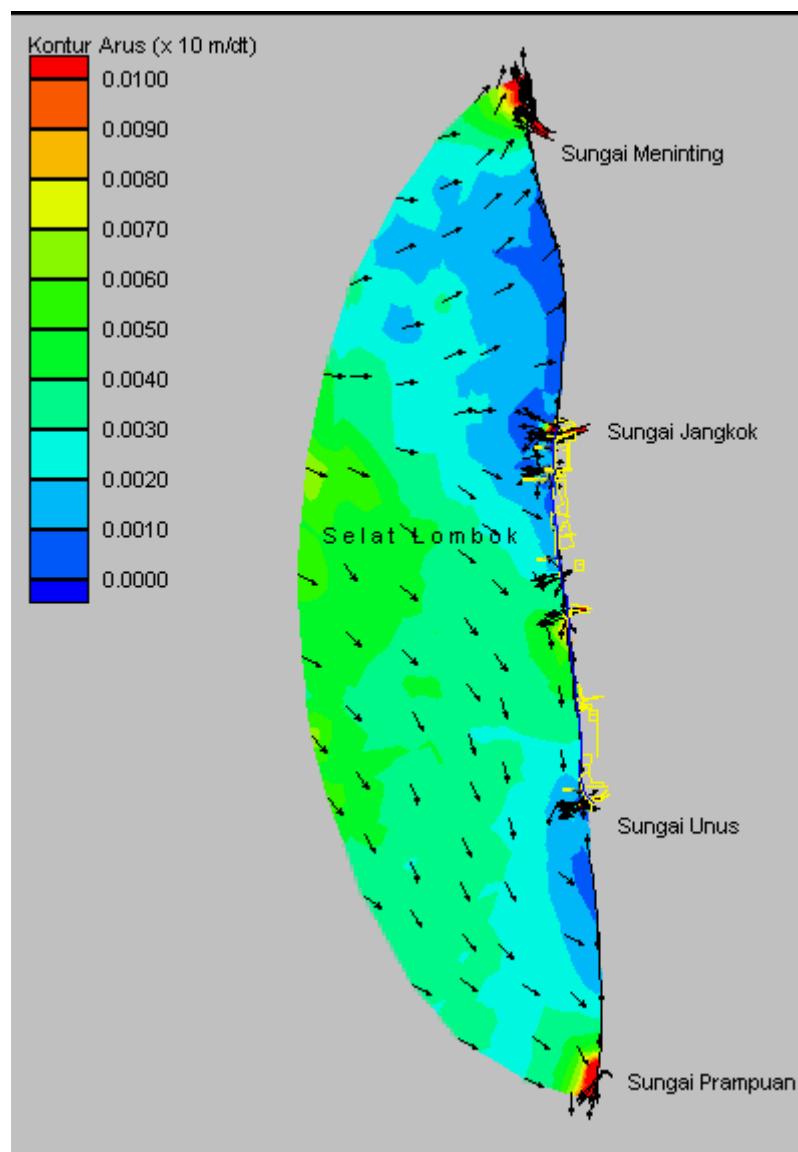
Dalam program SMS terdapat beberapa modul program penting untuk membuat simulasi. Terkait dengan pekerjaan ini modul yang akan digunakan adalah:

- a). GFGEN (Geometri File Generation) adalah file untuk membuat geometri dan file mesh elemen hingga untuk menjadi masukan sistem pemodelan SMS. Program ini melakukan pemeriksaan rutin mesh dan menyusun kembali mesh. Program GFGEN ini hanya membutuhkan file geometri ASCII sebagai input.
- b). RMA2 (Resources Management Associates-2) adalah program inti dari SMS. RMA2 adalah program elemen hingga dua dimensi untuk menyelesaikan masalah hidrodinamika. RMA2 dapat digunakan untuk menghitung elevasi muka air dan kecepatan aliran pada titik-titik node dalam suatu mesh elemen hingga yang mewakili badan air di daerah studi, seperti sungai, kolam, muara, atau pelabuhan.
- c). SED-2D adalah program pemodelan numerik 2-dimensi, yang dirata-ratakan dalam arah vertikal (kedalaman), untuk mensimulasi proses transportasi sedimen dalam saluran terbuka, seperti sungai, estuari dan perairan teluk. SED-2D dapat memprediksi dengan cukup akurat untuk pergerakan sedimen yang berupa pasir maupun lempung pada kondisi aliran langgeng maupun tak langgeng, dengan asumsi kecepatan dan arah aliran dapat dianggap seragam pada seluruh kedalaman.

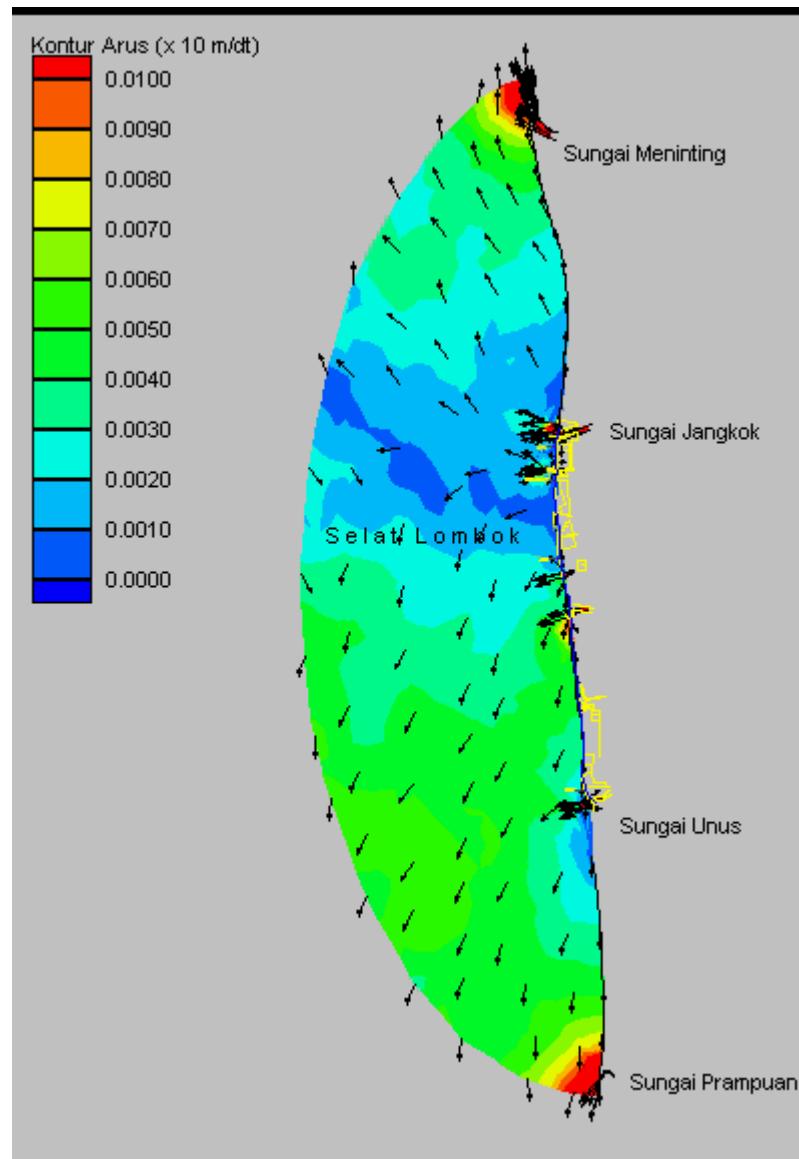
Dalam simulasi hidrodinamika dan sedimentasi ada beberapa tahapan pekerjaan yang perlu dilakukan dengan urutan tertentu. Dimulai dengan pembuatan mesh (grid perhitungan numerik), kemudian masukan data elevasi muka air, serta parameter

viskositas Eddy dan nilai Manning untuk menjalankan RMA2. Solusi hidrodinamika yang didapatkan dari RMA-2 beserta data sedimen digunakan sebagai data masukan untuk menjalankan SED-2D. Dengan menjalankan SED-2D didapatkan batimetri baru akibat pergerakan sedimen.

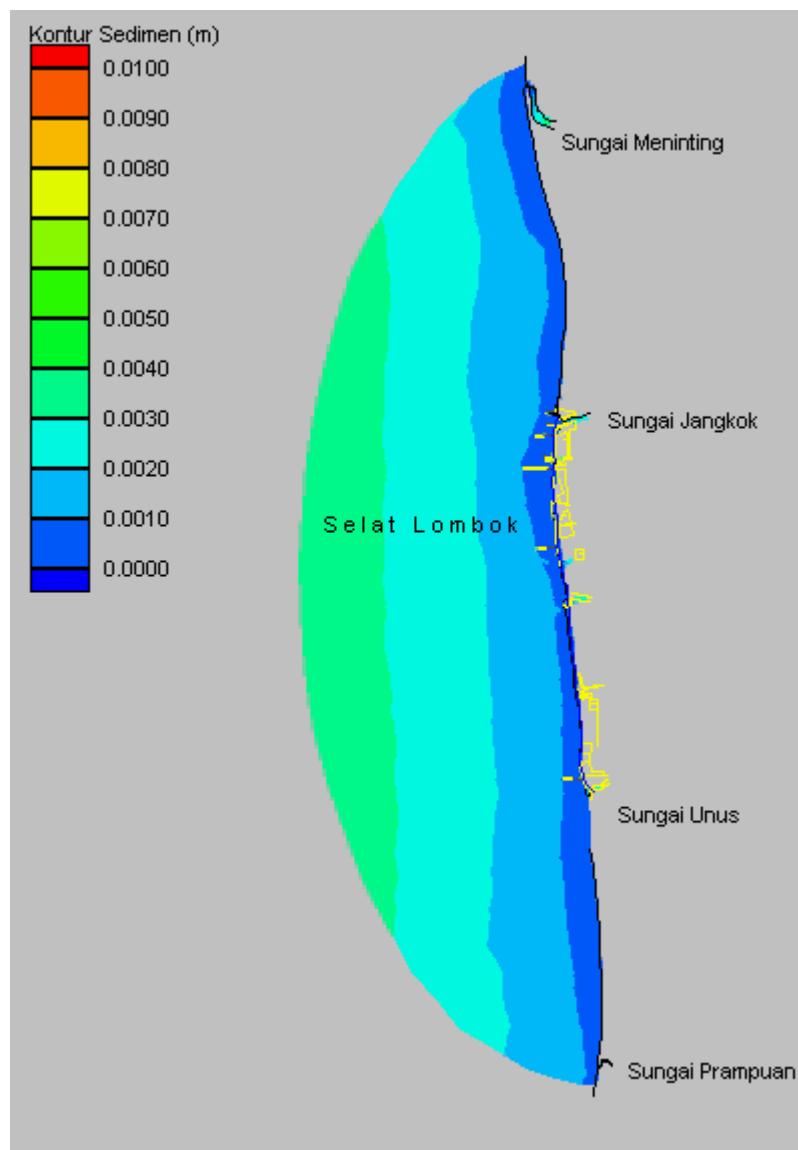
Berikut disampaikan, elemen rencana pembuatan model arus dan sedimentasi.



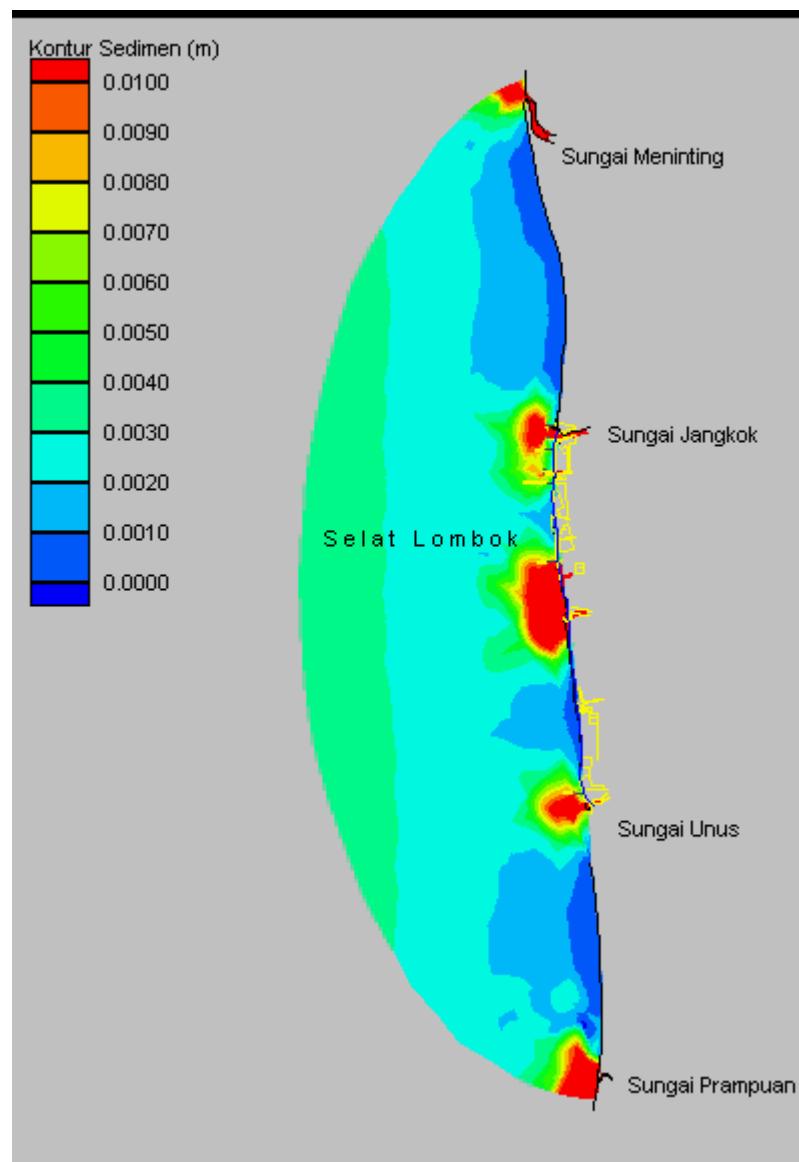
Gambar 4.5 Hasil pemodelan arus Pantai Ampenan, kondisi pasang.



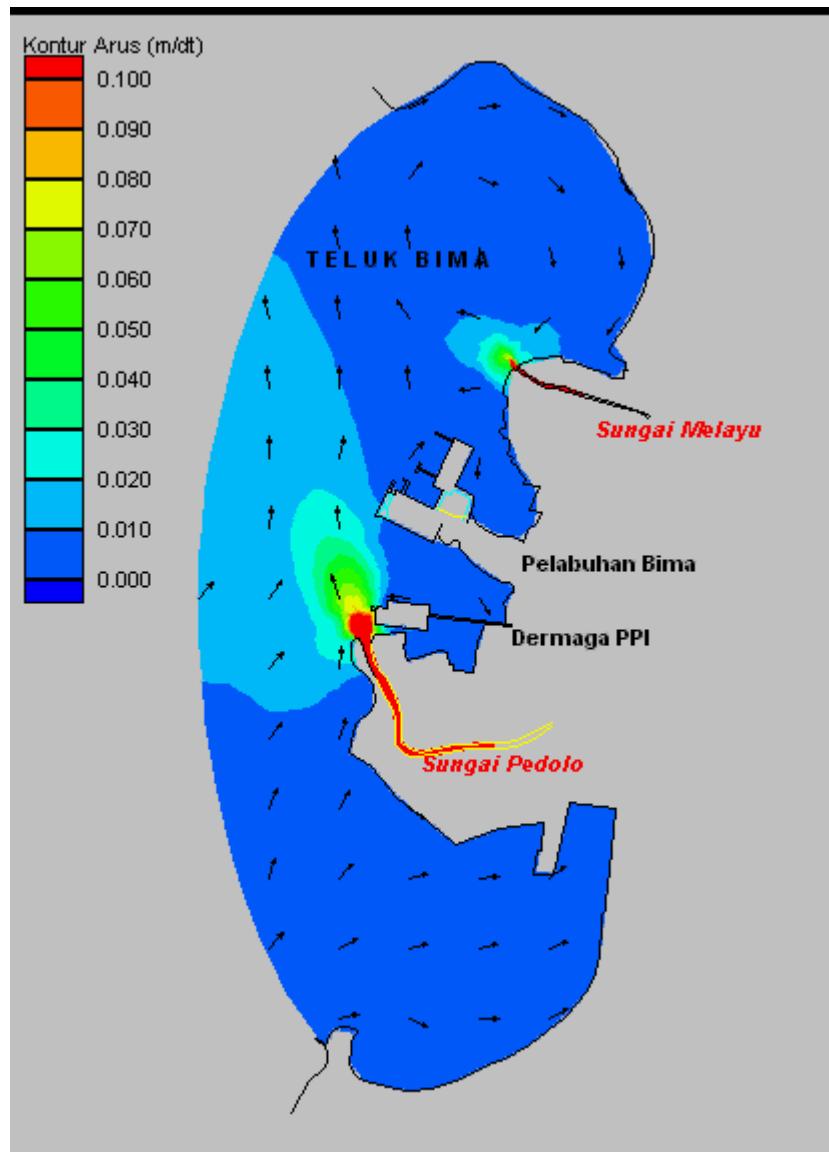
Gambar 4.6 Hasil pemodelan arus Pantai Ampenan, kondisi surut.



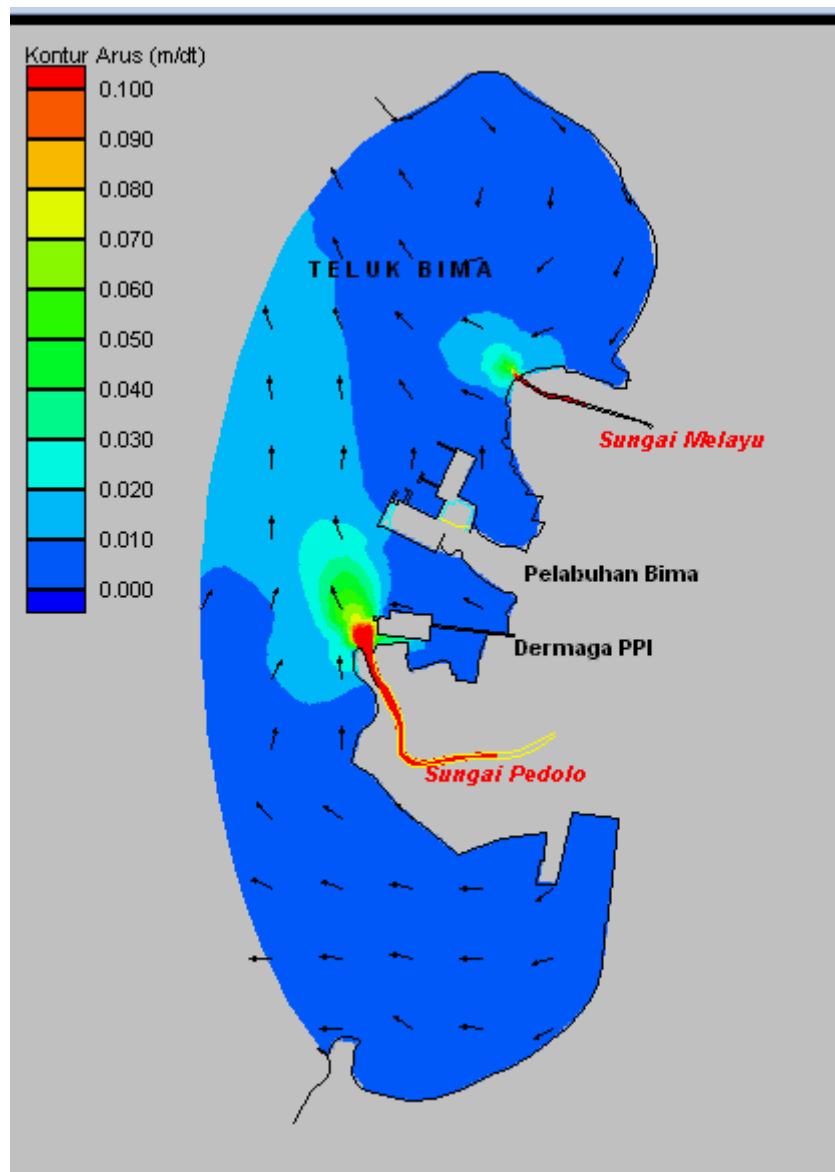
Gambar 4.7 Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Ampenan, kondisi pasang.



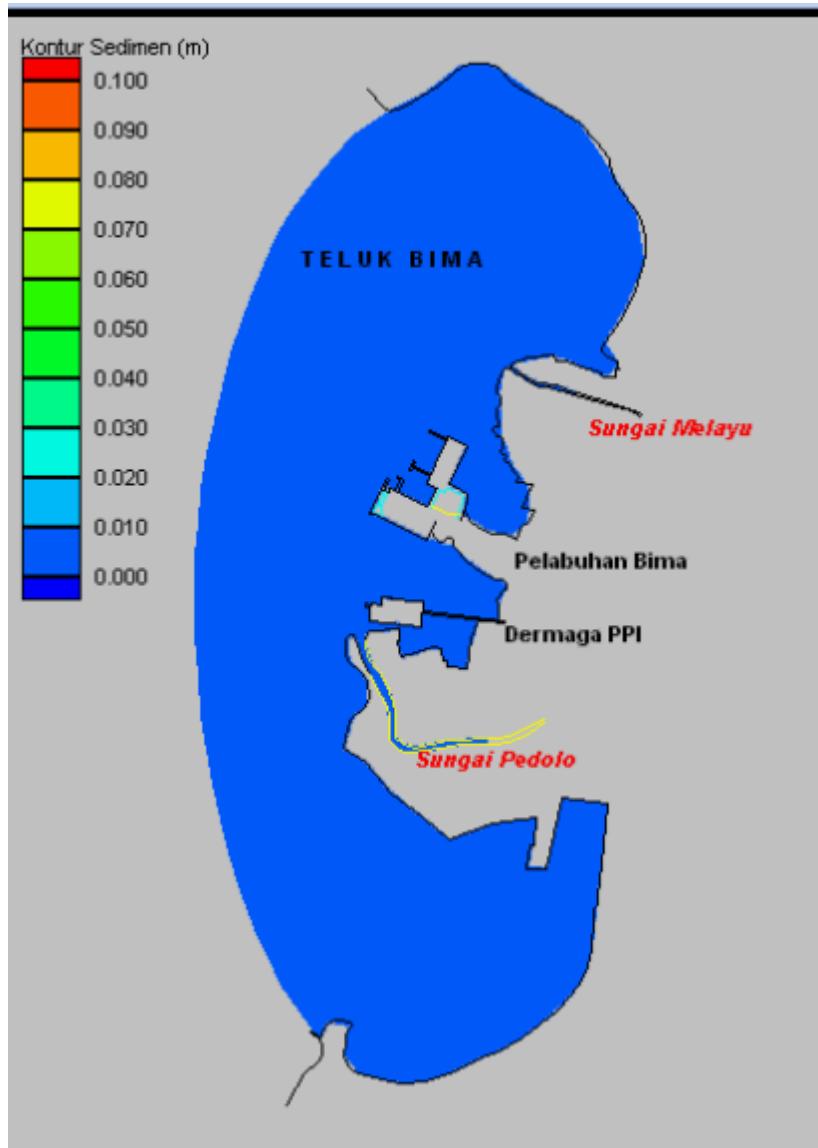
Gambar 4.8 Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Ampenan, kondisi surut.



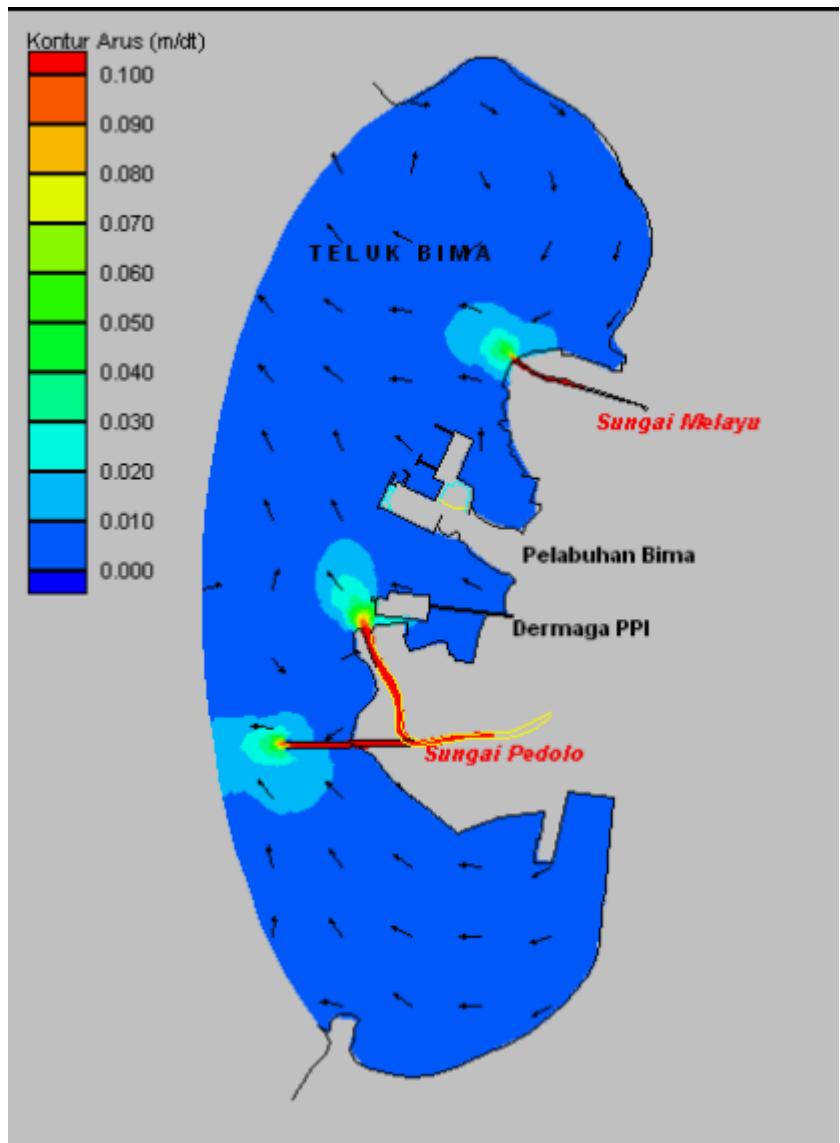
Gambar 4.9 Hasil pemodelan arus Pantai Pedolo, kondisi pasang.



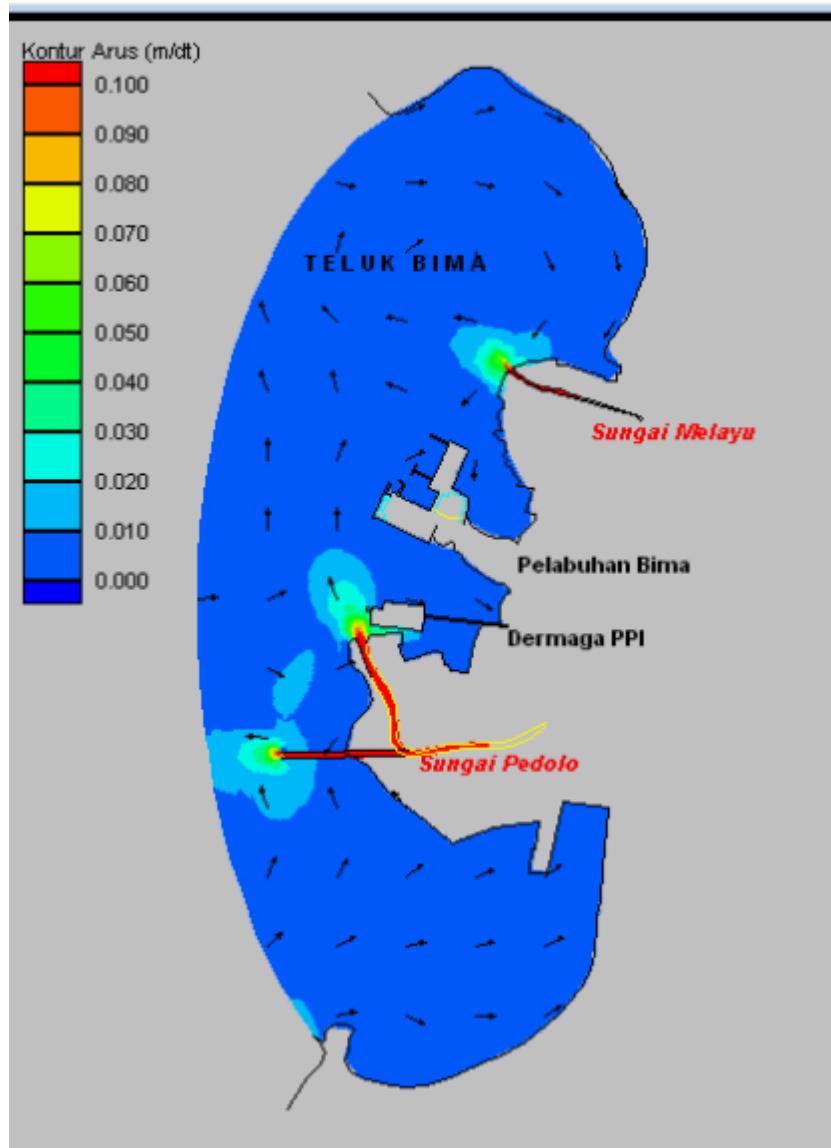
Gambar 4.10 Hasil pemodelan arus Pantai Pedolo, kondisi surut.



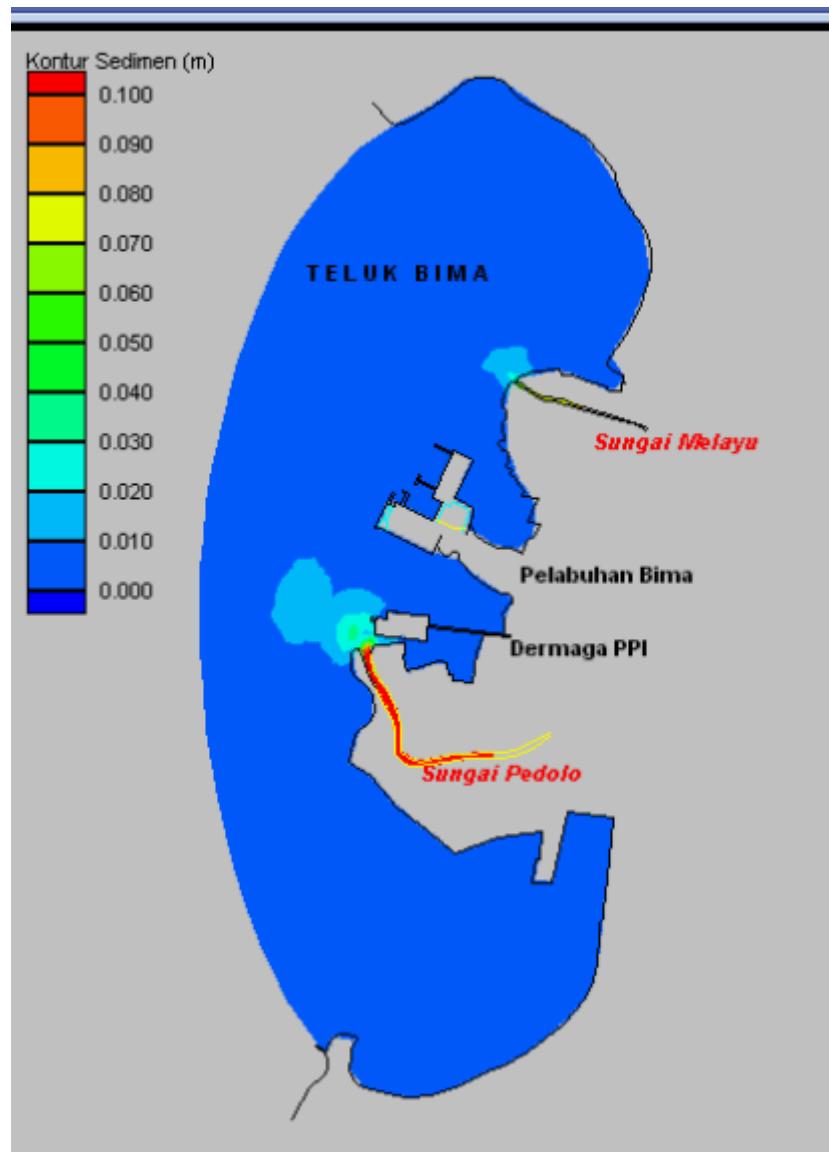
Gambar 4.11 Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Pedolo, kondisi Surut.



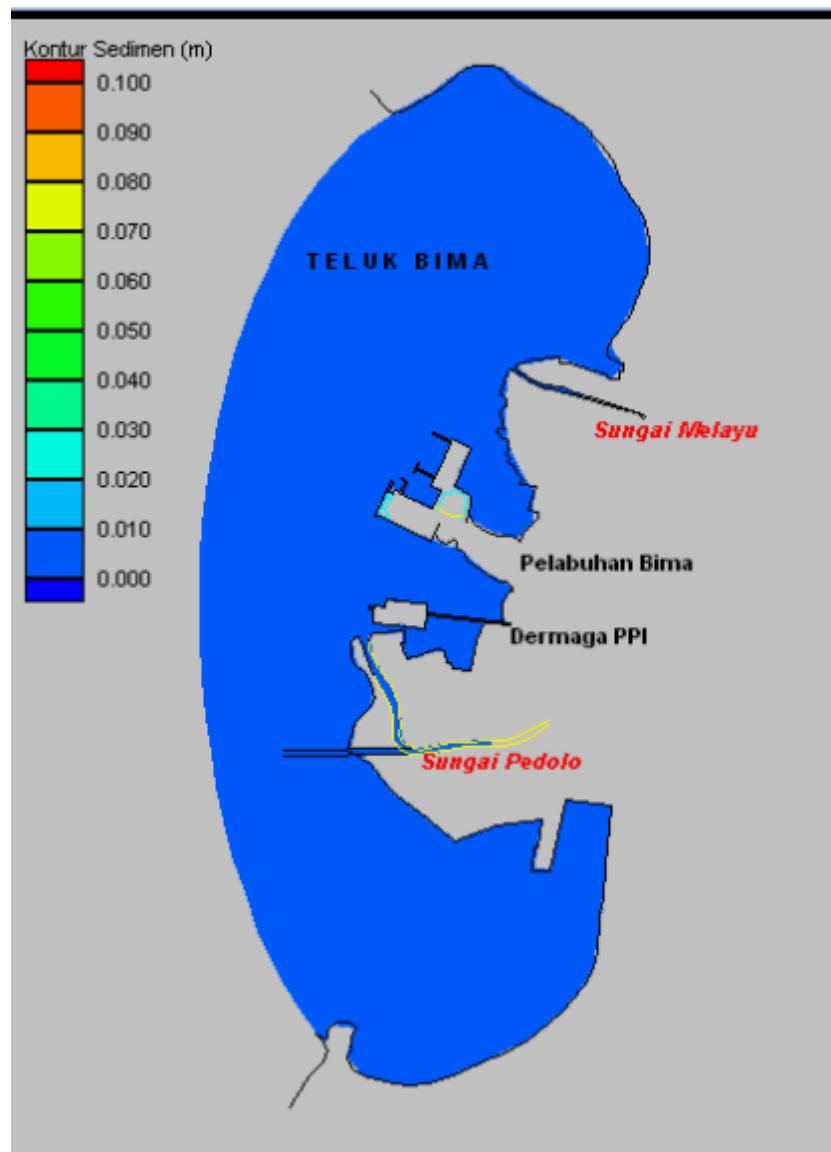
Gambar 4.12 Hasil pemodelan arus Pantai Pedolo (Rencana Groin), kondisi surut.



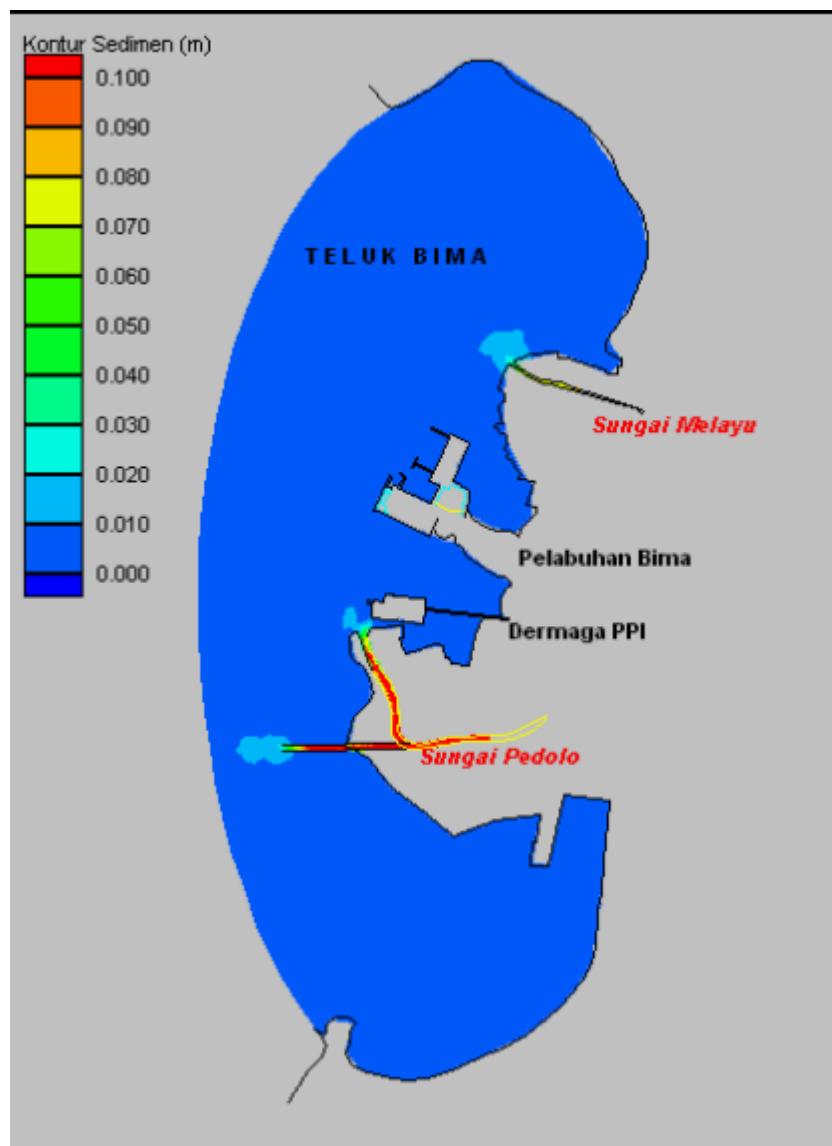
Gambar 4.13 Hasil pemodelan arus Pantai Pedolo (Rencana Groin), kondisi Pasang.



Gambar 4.14 Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Pedolo, kondisi pasang.



Gambar 4.15 Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Pedolo (Rencana Groin), kondisi pasang.



Gambar 4.16 Hasil pemodelan Sedimentasi Pantai Pedolo (Rencana Groin), kondisi surut.

BAB 5

ALTERNATIF BANGUNAN PELINDUNG PANTAI

5.1 KONSEP PENANGANAN

5.1.1 Umum

Alam pada umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai alami yang efektif. Pada pantai berpasir, lindungan alami tersebut berupa hamparan pasir yang merupakan penghancur energi yang efektif, serta bukit pasir (*sand dune*) yang merupakan cadangan pasir. Disamping itu bukit pasir juga merupakan pelindung daerah belakang pantai dari amukan badai yang setiap saat mengancamnya. Sedangkan pada pantai lumpur/tanah liat, alam menyediakan tumbuhan pantai seperti pohon api-api dan bakau (*mangrove*) yang dapat tumbuh subur pada jenis tanah ini. Tumbuhan pantai ini akan memecahkan energi gelombang yang datang ke pantai. Akar-akar pohon akan menghambat laju kecepatan air sehingga terjadi proses pengendapan material pantai di sekitar tumbuhan tersebut.

Bila lindungan alamiah itu tidak ada, maka untuk melindungi pantai terhadap erosi dapat dilakukan dengan cara artifisial atau buatan, baik dengan membuat bangunan pengaman pantai maupun dengan cara-cara lainnya. Pada uraian berikut ini akan ditinjau beberapa cara perlindungan terhadap bahaya erosi pantai.

Pada dasarnya erosi pantai dapat terjadi apabila angkutan sedimen yang terjadi pada suatu pantai lebih besar daripada catu sedimen yang berasal dari sungai-sungai yang bermuara sepanjang pantai tersebut atau tebing pantai tersebut tidak mampu menahan gempuran gelombang (meskipun angkutan sedimen di pantai tersebut sangat kecil).

Namun umumnya proses erosi yang terjadi di alam tidak terjadi hanya karena suatu sebab saja dan biasanya terjadi oleh gabungan antara beberapa hal.

Penanganan yang dapat dilakukan dapat digolongkan berdasarkan kinerja masing-masing alternatif, tergantung dari penyebab timbulnya permasalahan. Terdapat 7 (tujuh) cara untuk mengurangi atau mencegah kerusakan pantai akibat erosi, yaitu :

1. Mengubah laju angkutan sedimen sejajar pantai.
2. Mengurangi energi gelombang yang mengenai pantai.
3. Memperkuat tebing pantai sehingga tahan terhadap gempuran gelombang.
4. Meninggikan muka tanah pantai
5. Menambah suplai sedimen ke pantai (*beach nourishment*).
6. Mengadakan penghijauan pada daerah pantai.
7. Penerapan Produk Hukum

5.1.2 Pengubahan Laju Angkutan Sedimen Sejajar Pantai

Cara ini cukup efektif apabila pantai yang akan diamankan berupa pantai pasir. Apabila pantai berupa lumpur (*silt*) atau tanah liat (*clay*) hasilnya belum tentu memuaskan. Oleh karena itu cara ini biasanya digunakan untuk pantai berpasir. Guna menambah laju angkutan sedimen sejajar pantai dapat dilakukan dengan mengatur atau mengurangi angkutan sepanjang pantai (*longshore transport*). Bangunan yang dipergunakan untuk mengurangi atau mengatur longshore transport tersebut biasanya berupa satu seri krib laut (*groin*) yang dibangun menjorok ke arah laut. Arah bangunan bisanya tegak lurus garis pantai tetapi untuk kondisi batimetri tertentu arah bangunan dapat membentuk sudut tertentu terhadap garis pantai. *Groin* dapat berbentuk lurus (huruf I) atau berbentuk huruf L, T atau Y. Fungsi utama bangunan ini adalah memperkecil kecepatan arus yang sejajar dengan garis pantai sehingga gerakan sedimen sepanjang pantai dapat dikurangi. *Groin* dapat dibuat dari berbagai bahan seperti kayu, baja, maupun tumpukan batu. Dari sifat kelulusan airnya dikenal *groin* permeabel dan impermeabel. Yang dimaksud dengan *groin* permeabel yaitu suatu *groin* dengan type konstruksi yang mampu meloloskan air maupun sedimen dalam jumlah tertentu, sedangkan *groin* impermeabel terbuat dari konstruksi kedap air. Hal lain yang menentukan efektifitas suatu *groin* dalam mengatur angkutan pasir sepanjang pantai adalah tinggi, panjang dan jarak *groin* tersebut.

Kelemahan konstruksi *groin* adalah terjadinya erosi di bagian hilir *groin* (*down drift*), sehingga masalah ini harus diperhatikan untuk mendapatkan usia *groin* yang cukup panjang. Disamping itu kelemahan yang lain adalah konstruksi ini kurang efektif untuk pantai berlumpur.

Terdapat konstruksi lain yang mirip dengan *groin* tetapi dengan dimensi yang relatif agak panjang, yang biasanya dipergunakan untuk stabilitas muara sungai atau saluran drainase, konstruksi ini dikenal dengan nama *jetty* atau *training jetty*. Untuk merancang bangunan tersebut diperlukan data angkutan sedimen sepanjang pantai. Besarnya angkutan sedimen sepanjang pantai tersebut dapat diperkirakan dengan mengetahui karakteristik gelombang yang mengenai pantai. Oleh karena itu untuk merancang bangunan tersebut sekurang-kurangnya diperlukan data gelombang (baik besar maupun arahnya), peta batimetri serta data sedimen.

5.1.3 Pengurangan Energi Gelombang Yang Mengenai Pantai

Pengurangan energi gelombang yang menghantam pantai dapat dilakukan dengan membuat bangunan pemecah gelombang sejajar pantai (*breakwater*). Dengan adanya bangunan ini gelombang yang datang menghantam pantai sudah pecah pada suatu tempat yang agak jauh dari pantai, sehingga energi gelombang yang sampai di pantai cukup kecil. Pemecah gelombang ini dapat berupa bangunan yang berada di atas permukaan air ataupun yang berada di bawah air. Terdapat pula pemecah gelombang berupa bangunan terapung (*floating break water*), namun konstruksi jenis ini jarang dipakai. Apabila konstruksinya terendam di bawah muka air (seperti *reef breakwater*), perlu dipertimbangkan dengan seksama besarnya energi gelombang yang masih bisa diteruskan ke arah pantai.

5.1.4 Perkuatan Tebing Pantai

Perkuatan tebing pantai dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya pemasangan bangunan perlindungan pantai (*revetment/riprap*), dan pemasangan dinding / tembok laut (*sea wall*).

Bangunan tersebut berfungsi melindungi tanah di belakang dinding / revetment dari gempuran gelombang. Ada dua macam revetment, yaitu permeabel revetment (*concrete block*, tumpukan batu, bronjong/gabion) dan *impermeabel revetment* (*aspalt revetment*).

Fungsi maupun bentuk revetment dan dinding / tembok laut pada prinsipnya adalah sama, yang berbeda adalah ukurannya. Dinding laut biasanya untuk melindungi pantai terhadap gelombang yang cukup besar, sedang revetment untuk perlindungan terhadap gelombang yang relatif kecil, misalnya pada kolam pelabuhan, reservoir/bendungan, jalan air (water way) ataupun pantai dengan gelombang kecil.

Kelemahan bangunan ini adalah kemungkinan terjadinya penggerusan yang cukup dalam di kaki bangunan, sehingga dapat mengganggu stabilitas bangunan. Oleh karenanya pada bagian kaki bangunan ini harus dibuatkan suatu perlindungan erosi (toe protection) yang cukup baik.

5.1.5 Peninggian Muka Tanah Pantai

Salah satu cara untuk meninggikan muka tanah pantai adalah dengan cara membuat dunes (gundukan) dengan pasir atau dengan vegetasi seperti tanaman-tanaman pantai. Dengan cara ini maka permasalahan erosi pantai akan berkurang karena terhalang oleh adanya dunes (gundukan) tersebut. Cara ini biasa dilakukan pada pantai berpasir, sedangkan untuk pantai lumpur hal ini sulit dilakukan. Gundukan pasir (*sand dunes*) biasanya terjadi secara alami dengan bantuan angin dan gelombang.

5.1.6 Penambahan Catu Sedimen

Cara ini biasa dilakukan pada pantai berpasir, sedangkan untuk pantai lumpur hal ini sulit dilakukan. Penambahan suplai sedimen dapat dilakukan dengan sand nourishment yaitu dengan menambahkan catu sedimen dari darat atau dari tempat lain pada tempat yang potensial akan tererosi. Penambahan atau pemberian pasir ini dapat dilakukan dengan menggunakan bahan dari laut maupun dari darat, tergantung ketersediaan material dan kemudahan transportasinya. Cara ini sesungguhnya merupakan cara yang cukup baik dan tidak memberikan dampak negatif pada pantai lain di sekitarnya, namun perlu dilakukan secara menerus.

5.1.7 Penanaman Tumbuhan Pelindung Pantai

Penanaman tumbuhan pelindung pantai seperti pohon bakau (*mangrove*) atau pohon api-api sangat cocok untuk pantai lumpur atau lempung. Pohon bakau selain dapat mematahkan energi gelombang juga bermanfaat untuk beberapa hal seperti berikut ini:

- Perlindungan dan pelestarian terhadap kehidupan pantai, seperti ikan, burung dan satwa-satwa lain yang hidup di daerah tersebut.
- Membantu mempercepat pertumbuhan pantai, lumpur yang terbawa air dapat diendapkan di sela-sela akar.
- Sebagai daerah green belt yang dapat berfungsi sebagai daerah produksi oksigen.

Yang perlu diperhatikan dalam penanaman pohon bakau ini adalah pemenuhan dan penyediaan syarat-syarat agar pohon tersebut dapat hidup. Untuk keperluan ini perlu dilakukan penelitian khusus oleh instansi terkait.

5.1.8 Penerapan Produk Hukum

Penerapan produk hukum ini termasuk juga salah satu alternatif penanganan. Produk hukum ini berupa undang-undang pembatasan dan pelarangan terhadap:

- Penambangan material pantai.
- Pengambilan karang.
- Perusakan tumbuhan pelindung pantai.
- Penggalian pasir di sekitar pantai dan lain-lainnya.

Adanya undang-undang pembatasan dan pelarangan hal-hal tersebut di atas, dapat mengurangi permasalahan yang akan timbul. Sebaliknya apabila tidak ada undang-undang yang membatasi, akan menyebabkan kegiatan seperti penambangan material pantai, pengambilan karang, perusakan tumbuhan pelindung pantai, penggalian pasir di sekitar pantai yang semena-mena, maka akan timbul permasalahan yang baru. Oleh karena itu penerapan produk hukum sebagai salah satu alternatif penanganan sangatlah penting.

5.2 ALTERNATIF BANGUNAN PELINDUNG PANTAI

Surf zone merupakan lokasi terjadinya aktivitas angkutan sedimen di daerah pantai. Maju mundurnya posisi garis pantai sangat tergantung pada laju dan arah angkutan sedimen di surf zone. Besar dan arah angkutan sedimen sangat tergantung pada laju dan arah arus di surf zone. Arus di surf zone umumnya terjadi akibat induksi gelombang (*wave induced current*).

Untuk mengurangi energi gelombang dan intensitas arus sejajar pantai akibat induksi gelombang, diperlukan suatu bangunan pemecah gelombang (PG). Dengan adanya bangunan PG ini diharapkan prilaku arus sejajar pantai akibat induksi gelombang dapat dikendalikan sehingga laju angkutan sedimen di surf zone dapat berkurang. Berkurangnya laju angkutan sedimen di surf zone mengakibatkan garis pantai menjadi relatif stabil.

Jenis-jenis bangunan perlindungan pantai yang dapat digunakan untuk mengendalikan posisi garis pantai adalah sebagai berikut:

5.2.1 Revetment/Seawall

Revetment/Seawall adalah bangunan berupa dinding penahan gempuran gelombang yang ditempatkan di sepanjang kawasan yang akan dilindungi. Penggunaan *seawall* dimaksudkan untuk memperkuat tepi pantai agar tidak terjadi pengikisan pantai akibat gempuran gelombang. Tetapi bila dinding penahan tidak direncanakan dengan baik, dapat berakibat kerusakan yang terjadi berlangsung relatif cepat. Karena itu pada bagian dasar perlu dirancang suatu struktur pelindung erosi yang cukup baik.

Jenis-jenis *Revetment/Seawall*:

5.2.1.1 Concrete Curved-Face Seawall

Seawall jenis ini terbuat dari bahan material beton, dengan bentuk melengkung pada pagian mukanya. Struktur masif ini dapat menahan gelombang besar dan mengurangi gerusan (*scour*).

5.2.1.2 Concrete Combination Stepped And Curved-Face Seawall

Seawall jenis ini terbuat dari bahan material beton, dengan bentuk kombinasi antara bentuk tangga dan bentuk melengkung pada bagian muka. Struktur masif ini dapat menahan gelombang besar dan mengurangi gerusan (*scour*).

5.2.1.3 Concrete Stepped-Face Seawall

Seawall yang terbuat dari beton dengan bentuk tangga ini didesain untuk kestabilan melawan gelombang moderate (sedang).

5.2.1.4 Rubble-Mound Seawall

Seawall ini terbuat dari bahan material batu alam. Struktur ini dapat menahan gelombang yang keras sekali. Walaupun gerusan pada pantai bagian depan masih dapat terjadi, batuan alam (*quarry stone*) pada seawall dapat mengatur kembali posisinya tanpa menyebabkan struktur runtuh (*failure*).

5.2.1.5 Concrete Revetment

Struktur ini termasuk struktur kaku (*rigid*) dengan bahan material beton. Revetment beton yang rigid ini dapat memberikan perlindungan yang baik sekali, tetapi tempatnya harus kering (*dewatered*) selama tahap konstruksi, sehingga beton dapat diletakkan.

5.2.1.6 Quarystone Revetment

Struktur ini termasuk struktur fleksibel dengan bahan material batu alam. Struktur yang fleksibel ini juga dapat memberikan perlindungan yang baik sekali dan dapat tahan terhadap konsolidasi minor atau penurunan tanpa menyebabkan struktur runtuh.

5.2.1.7 Interlocking Concrete-Block Revetment

Struktur ini termasuk struktur fleksibel dengan bahan material blok beton. Struktur ini juga dapat memberikan perlindungan yang baik sekali terhadap gelombang. Stabilitas sambungan antar blok beton sangat tergantung pada interlocking sambungannya.

Tipikal dari struktur *revetment* disajikan dalam **Gambar 5.1a** sampai dengan **Gambar 5.1c**.

5.2.2 Groin

Groin adalah bangunan pengendali sedimen yang ditempatkan menjorok dari pantai ke arah laut lepas. Bentuk *groin* bisa berbentuk I, T, atau L. Struktur tambahan sejajar pantai yang terletak di ujung *groin* bisa tidak diperlukan jika *groin* cukup panjang melewati kawasan perpindahan sedimen. Tujuan pembuatan *groin* adalah untuk mengurangi laju angkutan sedimen sejajar pantai. Kelemahan *groin* adalah erosi yang sering terjadi di sebelah hilirnya (*down drift*), sehingga untuk melindungi suatu kawasan pantai secara menyeluruh perlu pertimbangan berapa panjang kawasan pantai yang akan dilindungi (berapa lebar *groin field*) dan bagaimana konfigurasi *groin* yang memenuhi syarat. Selain itu, *groin* kurang efektif dipakai pada pantai berlumpur.

Keuntungan yang diperoleh dari pemakaian *groin*, antara lain:

- *Groin* efektif untuk menahan angkutan sedimen searah memanjang pantai (longshore transport).
- *Groin* dapat dibangun dengan penempatan peralatan di darat.
- *Groin* tidak merubah karakter surf zone. Tinggi gelombang sepanjang pantai setelah pembangunan *groin* tidak berubah sehingga tidak mengganggu kegiatan selancar dan renang di sekitar pantai.
- *Groin* dapat dirancang menggunakan bahan berbeda-beda, misalnya *rubble-mound*, *sheet pile* baja, dan *sheet pile* beton, *sheet pile* kayu dan sebagainya.
- Dengan mengatur dimensi dan permeabilitasnya, *groin* dapat dirancang menahan angkutan sedimen sejajar pantai secara baik atau memperkenankan pelepasan pasir ke laut lepas (*sand bypassing*).

Kerugian penggunaan *groin*, antara lain :

- Tidak efektif mencegah kehilangan pasir ke laut lepas (*off shore sand losses*).
- *Groin* dapat mengakibatkan *rip current* yang berkembang di sepanjang sisinya, sehingga dapat menimbulkan kehilangan pasir ke laut lepas.
- *Groin* dapat menimbulkan gerusan pantai di sebelah hilirnya (*down drift*).

Jenis-jenis *groin* yang sering digunakan antara lain:

5.2.2.1 Timber Groin

Groin ini terbuat dari kayu dan merupakan struktur yang kedap (*impermeable*) dan disusun oleh *sheet piles* yang didukung oleh wales dan tiang bundar (*round piles*).

5.2.2.2 Steel Groin

Groin dengan bahan baja ini ada beberapa macam, diantaranya timber-steel sheet-pile groin, cantilever-steel sheet-pile groin, dan cellular-steel sheet-pile groin.

Groin jenis cantilever-steel sheet pile ini digunakan apabila gelombang dan bebannya berukuran sedang (*moderate*). Pada struktur ini, sheet piles merupakan kerangka dasar dari struktur.

Groin jenis *cellular-steel sheet-pile* ini terdiri dari sel-sel dengan ukuran yang bervariasi dan setiap sel terdiri dari dinding semicircular yang dihubungkan dengan diafragma. Setiap sel kemudian diisi dengan pasir atau aggregate untuk menjamin stabilitas struktur.

5.2.2.3 Concrete Groin

Salah satu *groin* dengan bahan material beton adalah *prestressed-concrete sheet pile groin*. *Groin* jenis ini termasuk struktur yang kedap atau impermeabel.

5.2.2.4 Rubble-Mound Groin

Groin jenis ini terbuat dari material batuan alam. Konstruksinya terdiri dari lapisan inti (*core of quarry-run material*) pada bagian tengah, yaitu material halus agar *groin* rapat air, dan ditutup dengan lapis lindung (*armor*) yang terbuat dari batuan alam dan/atau buatan. Batu lapis lindung yang digunakan harus mempunyai berat yang cukup untuk menahan gelombang rencana. Apabila permeabilitas *groin* jenis ini menjadi masalah, maka ruang kosong (*void*) antara batuan pada puncak *groin* dapat diisi dengan suntikan beton atau aspal sehingga akan meningkatkan stabilitas struktur untuk menahan gelombang.

5.2.2.5 Asphalt Groins

Groin jenis ini terbuat dari aspal. Keefektifan *groin* jenis ini tergantung dari modifikasi perencanaan pada campuran, dimensi dan rangkaian dari konstruksi.

Tipikal dari struktur *groin* disajikan dalam **Gambar 5.2**.

5.2.3 Jetty

Jetty adalah bangunan pengarah aliran (*training jetty*), terutama pada mulut sungai yang bermuara di pantai, fungsinya selain mengurangi laju angkutan sedimen sejajar pantai, juga untuk menormalisasi muara sungai. Struktur yang panjang ini ditempatkan menjorok dari pantai ke arah laut lepas. Material pokok dari konstruksi *jetty* adalah batuan, beton, baja dan kayu. Aspal kadang-kadang digunakan sebagai bahan pengikat.

Jenis-jenis *jetty*:

5.2.3.1 Rubble-Mound Jetty

Struktur rubble-mound adalah tumpukan dari batuan dengan ukuran dan bentuk yang berbeda-beda yang diletakkan secara random/sembarang. Kemiringan sisi dan ukuran unit batuan didesain/direncanakan sedemikian rupa sehingga struktur mampu menahan gelombang. Rubble-mound *jetty* dapat menyesuaikan diri (beradaptasi) dengan kedalaman air yang bervariasi dan sebagian besar kondisi tanah dasar. Keuntungan dari struktur *jetty* jenis ini adalah apabila struktur mengalami penurunan, maka komponen batuan akan mengatur dirinya kembali sehingga dapat meningkatkan stabilitas dan kerusakan dapat diperbaiki. Tumpukan batuan akan lebih banyak menyerap gelombang daripada memantulkan gelombang. Kerugiannya adalah struktur jenis ini memerlukan jumlah material yang sangat besar. Apabila ukuran dan unit batuan tidak ekonomis, maka bahan beton dapat digunakan.

5.2.3.2 Sheet-Pile Jetty

Kayu, baja dan beton *sheet piles* digunakan untuk konstruksi *jetty* jenis ini dimana gelombang yang terjadi tidak terlalu keras. Salah satu *jetty* jenis sheet pile adalah *cellular-steel sheet-pile*. Jetty jenis ini memerlukan sedikit perawatan dan sesuai untuk konstruksi di kedalaman sampai 12 meter pada setiap jenis tanah dasar. Struktur *sheet pile* baja termasuk ekonomis dan dapat dikonstruksi secara cepat tetapi mudah rusak akibat gelombang badai selama konstruksi. Apabila agregat kasar yang digunakan untuk mengisi struktur, maka kelangsungan struktur akan lebih lama daripada menggunakan isian berupa pasir.

Tipikal dari struktur *jetty* disajikan dalam **Gambar 5.3.**

5.2.4 (Detached) Breakwater

Detached breakwater adalah jenis pemecah gelombang yang ditempatkan secara terpisah-pisah pada jarak tertentu dari garis pantai dengan posisi sejajar pantai. Struktur pemecah gelombang ini dimaksudkan untuk melindungi pantai dari hantaman gelombang yang datang dari arah lepas pantai. Dengan dibangunnya detached *breakwater* ini, karakteristik gelombang datang akan terganggu oleh adanya struktur baru tersebut. Sebagian gelombang yang datang akan dipantulkan dan dipecahkan; kemungkinan lain yaitu sebagian gelombang akan terus melampaui struktur dan melewati celah (gap) di antaranya. Adanya rintangan ini akan mengakibatkan pembelokan arah dan perubahan karakteristik gelombang, yaitu tinggi, panjang dan arahnya. Gejala semacam ini disebut difraksi gelombang. Gelombang yang melalui celah yang terdapat di antara *breakwater* akan mengalami proses pembelokan (*difraksi*) menuju bagian belakang *breakwater* (sisi darat). Pembelokan gelombang menuju belakang *breakwater* mengakibatkan angkutan sedimen ke arah yang sama sehingga endapan sedimen terjadi di belakang *breakwater*. Lambat laun sedimen yang tertahan dibelakang *breakwater* akan menumpuk dan membentuk tombolo. Pembentukan tombolo memerlukan waktu cukup lama. Selain itu *breakwater* juga bermanfaat menahan sedimen yang terbawa arus pasang surut ke arah laut.

Keuntungan penggunaan *Detached Breakwater*, antara lain :

- Cukup efektif menahan angkutan sedimen sejajar pantai (*longshore transport*) dan terutama angkutan sedimen ke arah lepas pantai (*off-shore transport*).
- Kemampuan dalam menstabilkan pantai telah terbukti baik.
- Dapat dirancang untuk mempertahankan estetika pantai karena konstruksinya dapat dirancang dengan posisi ambang tenggelam (*submerged breakwater*).
- Pembangunannya dapat dirancang agar tidak sulit dengan memanfaatkan bahan yang tersedia di tempat, misalnya konstruksi *rubble-mound*, penuangan batu.
- Dengan rancangan yang mengijinkan overtopping, maka kualitas air di belakang *Detached Breakwater* dapat diperbaiki.
- Penempatan *Detached Breakwater* di sekitar pantai dapat mereduksi tinggi gelombang di sepanjang pantai.

Kelemahan *breakwater* jenis ini antara lain :

- Agak sukar dibangun karena terpisah dari pantai dan memerlukan bangunan sementara atau bangunan terapung untuk menunjang alat-alat konstruksi yang diperlukan.
- Dapat mengubah karakter surf zone dan dapat membatasi kegiatan-kegiatan khusus di pantai, misalnya selancar angin, pemandian di sekitar bangunan.
- Berbahaya bagi pelayaran sehingga memerlukan instalasi dan perawatan yang kontinu untuk navigasi pelayaran.
- Berbahaya bagi para perenang.
- Perencanaan yang kurang baik akan menimbulkan permasalahan kualitas air karena buruknya sirkulasi air di belakangnya.
- Dapat menyebabkan terbentuknya tombolo. Ini menimbulkan masalah hambatan angkutan sejajar pantai yang cukup serius dan mengakibatkan masalah gerusan pada bagian hilir (*downdrift*).
- Pembentukan tombolo memerlukan waktu cukup lama, sehingga selama tombolo belum terbentuk masih terjadi perpindahan sedimen sejajar pantai.
- Tombolo tidak dapat menghentikan seluruh perpindahan sedimen, melainkan hanya sekitar 50 % saja.
- Pembentukan tombolo yang sempurna masih diragukan karena masih dipengaruhi parameter lainnya, antara lain jarak/celah (gap) antar *Detached Breakwater*, panjang dan jaraknya dari garis pantai.

Berdasarkan letaknya maka *Breakwater* dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

5.2.5 Shore-Connected Breakwater

Merupakan struktur pemecah gelombang yang melindungi areal pantai dan terutama pelabuhan. Terletak dekat garis pantai dan umumnya dibangun untuk keperluan navigasi dengan tujuan mendapatkan kondisi perairan yang tenang dalam area pelabuhan, sehingga memberikan perlindungan dan kemudahan fasilitas bongkar-muat pada kapal-kapal yang akan berlabuh maupun fasilitas pelabuhan itu sendiri.

Breakwater jenis ini ada beberapa macam, yaitu

5.2.5.1 Rubble-Mound Breakwater

Breakwater jenis ini dapat beradaptasi/menyesuaikan diri terhadap kedalaman air yang bervariasi dan dapat didesain untuk menahan gelombang yang besar.

5.2.5.2 Stone-Asphalt Breakwater

Pemakaian bahan stone-asphalt merupakan perkembangan baru dalam disain konstruksi *breakwater*. Beberapa persyaratan yang ada, misalnya: diperlukan pabrik pencampuran dan perlengkapan yang khusus akan membatasi penggunaannya, terutama pada proyek-proyek yang besar. Di samping itu, memerlukan perawatan teratur untuk menghadapi masalah aliran plastis dari stone-asphalt yang disebabkan oleh pemanasan matahari.

5.2.5.3 Cellular-Steel Sheet-Pile Breakwater

Breakwater jenis ini digunakan apabila gelombang badai tidak terlalu besar. Struktur cellular-steel sheet-pile memerlukan sedikit perawatan dan sesuai untuk konstruksi yang dibuat di atas segala jenis tanah dasar pada kedalaman sampai 12 meter. Struktur steel sheet-pile mempunyai keuntungan dari segi ekonomi dan kecepatan konstruksi, tetapi mudah rusak akibat gelombang badai selama konstruksi.

5.2.5.4 Concrete-Caisson Breakwater

Breakwater jenis ini dibangun dari kerangka beton bertulang yang terapung pada kedudukannya, dan diturunkan pada fondasi yang telah disiapkan, dan diisi dengan batuan atau pasir untuk memenuhi kestabilannya dan kemudian ditutup dengan beton atau batu-batuan. Struktur ini konstruksinya dibuat dengan atau tanpa dinding sandaran untuk perlindungan dan kenahanan terhadap gelombang.

5.2.6 Offshore Breakwater

Merupakan struktur yang direncanakan untuk menghasilkan perlindungan terhadap aksi gelombang pada sebuah area atau garis pantai yang berada di sisi dalam stuktur tersebut. Sesuai dengan namanya maka offshore *breakwater* dibangun di laut lepas (*offshore*).

Breakwater jenis ini biasanya diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu:

- a. Rubble-mound breakwater

b. Cellular-steel sheet-pile breakwater

Yang sering digunakan dari tipe offshore *breakwater* ini adalah konstruksi rubble-mound. Bahan material kayu dan beton caisson juga dapat digunakan dalam konstruksi *breakwater*. Variasi dari offshore *breakwater* adalah *breakwater* yang mengambang/mengapung. Struktur ini didesain terutama untuk melindungi pelabuhan kapal kecil dan tidak direkomendasikan untuk aplikasi pada pantai terbuka.

Tipikal dari struktur *breakwater* disajikan dalam **Gambar 5.4a** dan **Gambar 5.4b**.

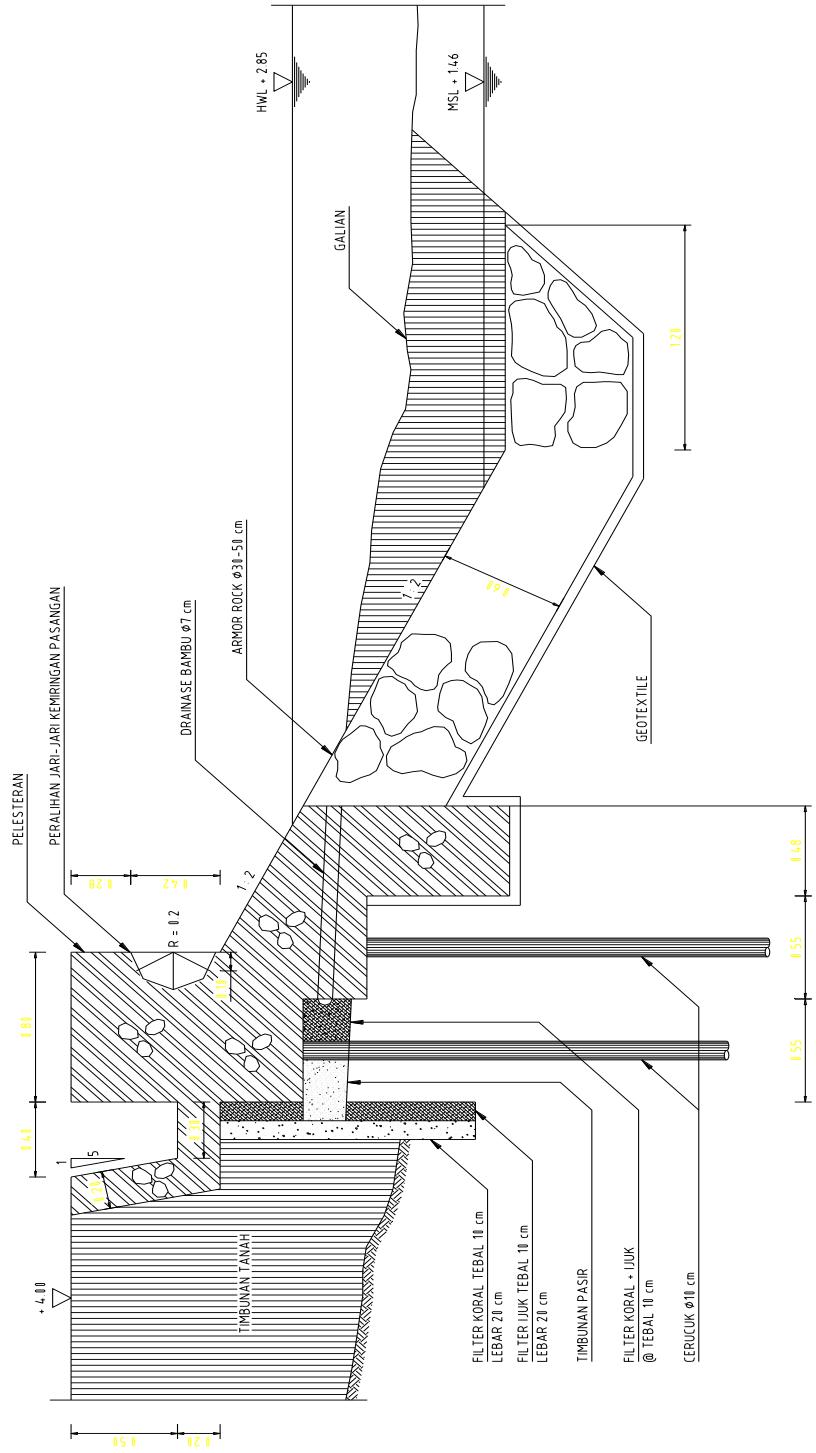
5.2.7 SAND/BEACH NOURISHMENT

Sand/Beach Nourishment adalah tindakan pengisian kembali dengan material bahan sedimen (biasanya pasir) untuk menggantikan sedimen yang terbawa air laut. Biasanya pengisian dilakukan setiap tahun sehingga upaya ini menjadi kurang efisien. Bahan pengisi pasir dapat diambil dari pasir laut maupun darat, tergantung ketersediaan bahan di lapangan dan kemudahan pengangkutannya dari lokasi pengambilan ke lokasi pengisian.

5.2.8 SAND DUNES

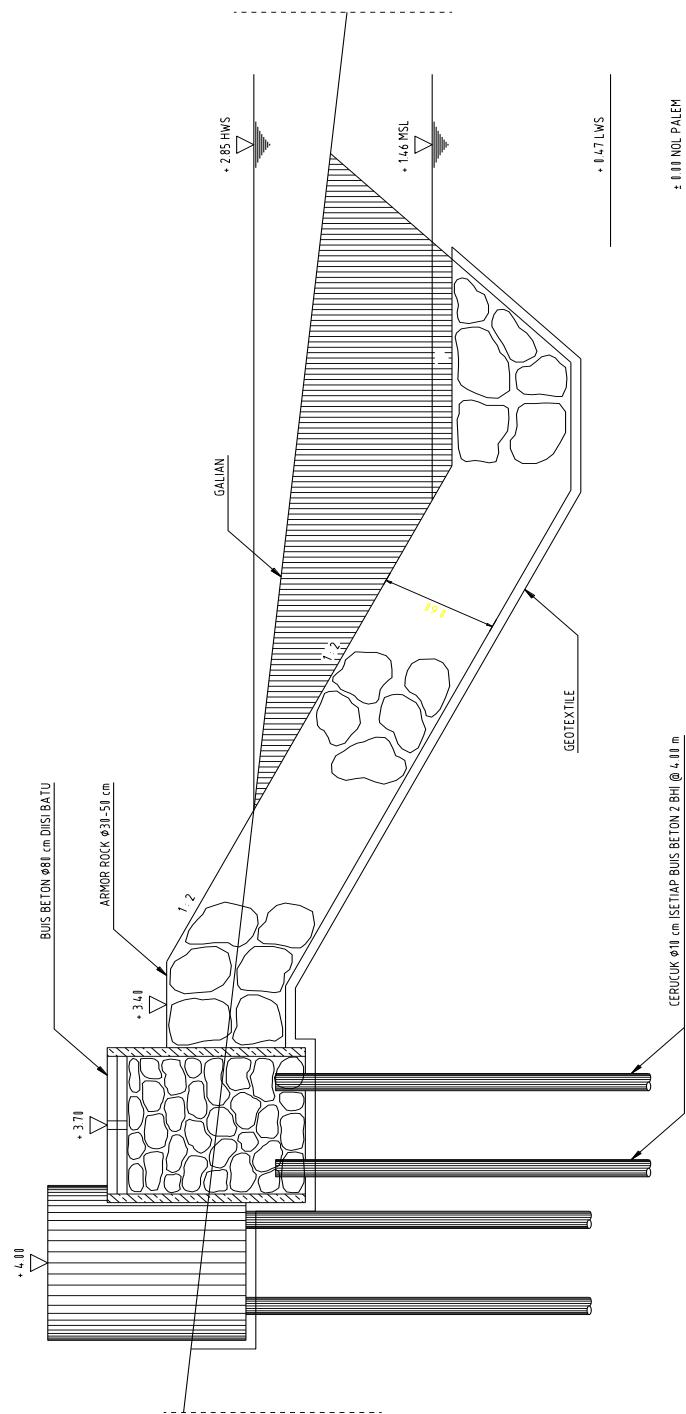
Sand dunes berfungsi sebagai “dinding” tempat penyimpanan pasir pantai selama air pasang dan juga berfungsi sebagai semacam tanggul/perlindungan untuk menghalangi air pasang dan gelombang yang merusak kawasan *backshore*. Sand dunes merupakan salah satu struktur pengaman pantai non rigid (tidak kaku) yang terbentuk secara alami oleh kombinasi gerakan pasir, angin dan tetumbuhan pantai. Jika tidak terganggu oleh aktivitas manusia, *sand dunes* seringkali membentuk sistem perlindungan kontinyu yang dapat diandalkan dari waktu ke waktu.

Contoh layout bangunan perlindungan pantai untuk **seri groin** diperlihatkan pada **Gambar 5.5**. Sedangkan contoh bangunan **pemecah gelombang sejajar pantai** ditunjukkan pada **Gambar 5.6**. Untuk **revetment** ditunjukkan pada **Gambar 5.7**, dan contoh layout untuk bangunan perlindungan pantai yang dikombinasikan dengan **pengisian pasir** diperlihatkan pada **Gambar 5.8a** dan **5.8b**.

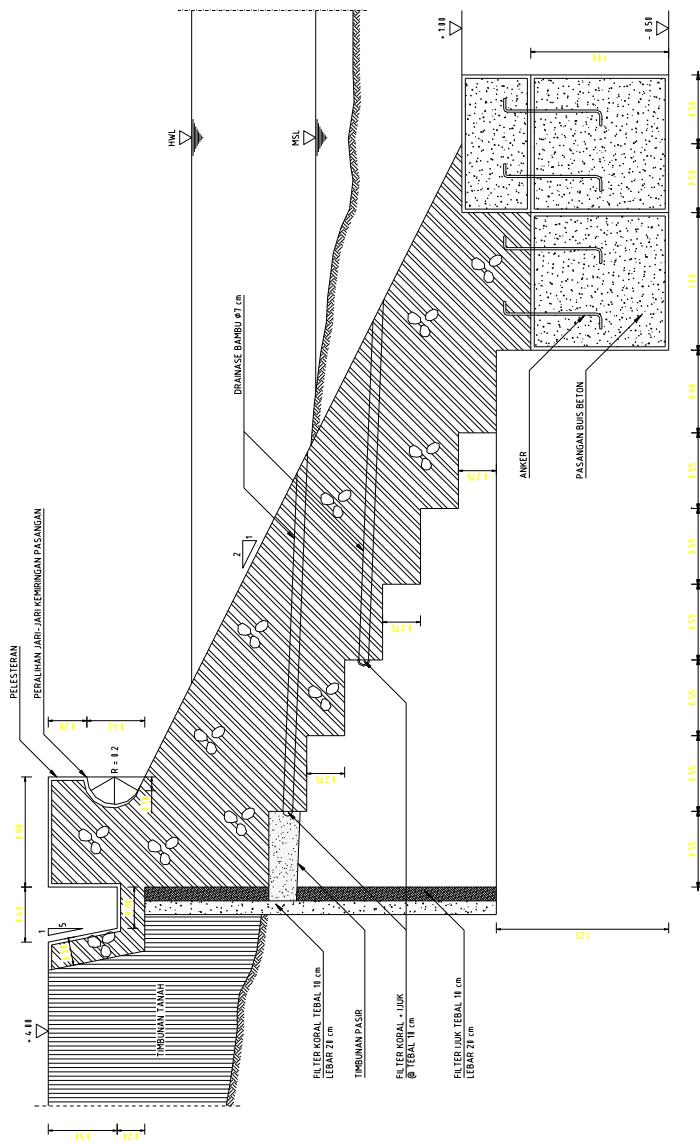


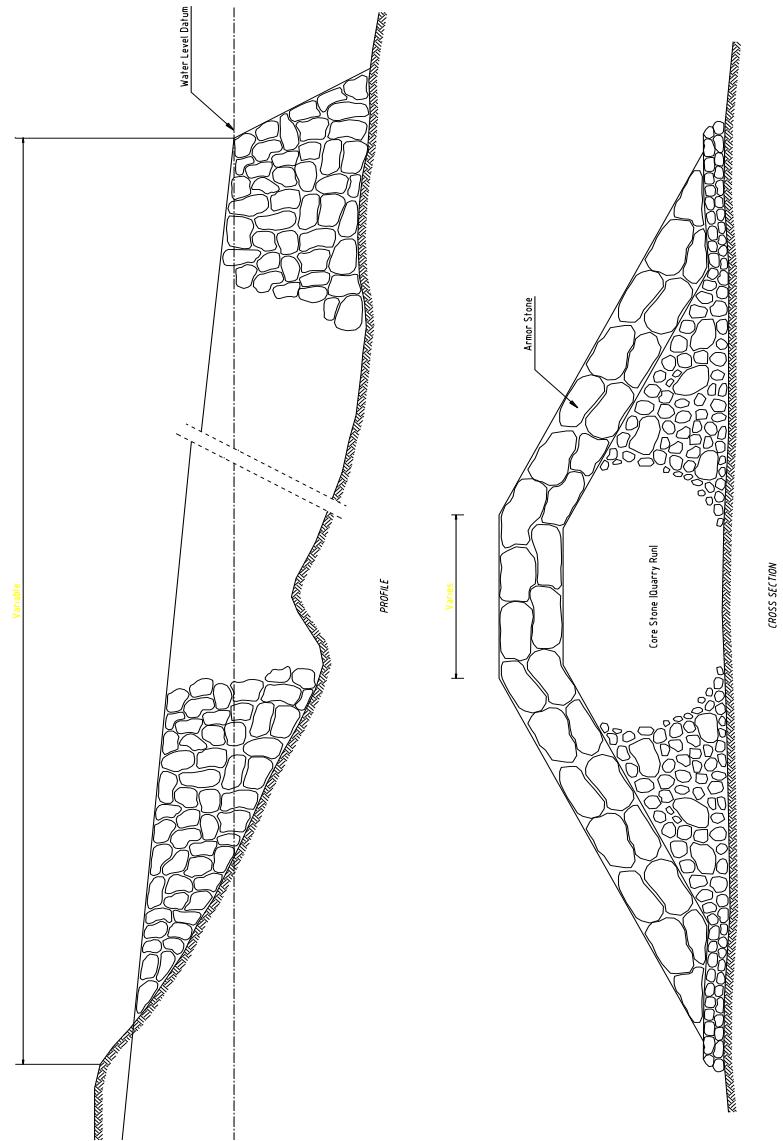
Gambar 5.1 Tipikal struktur revetment kombinasi armor rock dan lining beton.

Gambar 5.2 Tipikal struktur revetment kombinasi *armor rock* dan buis beton.

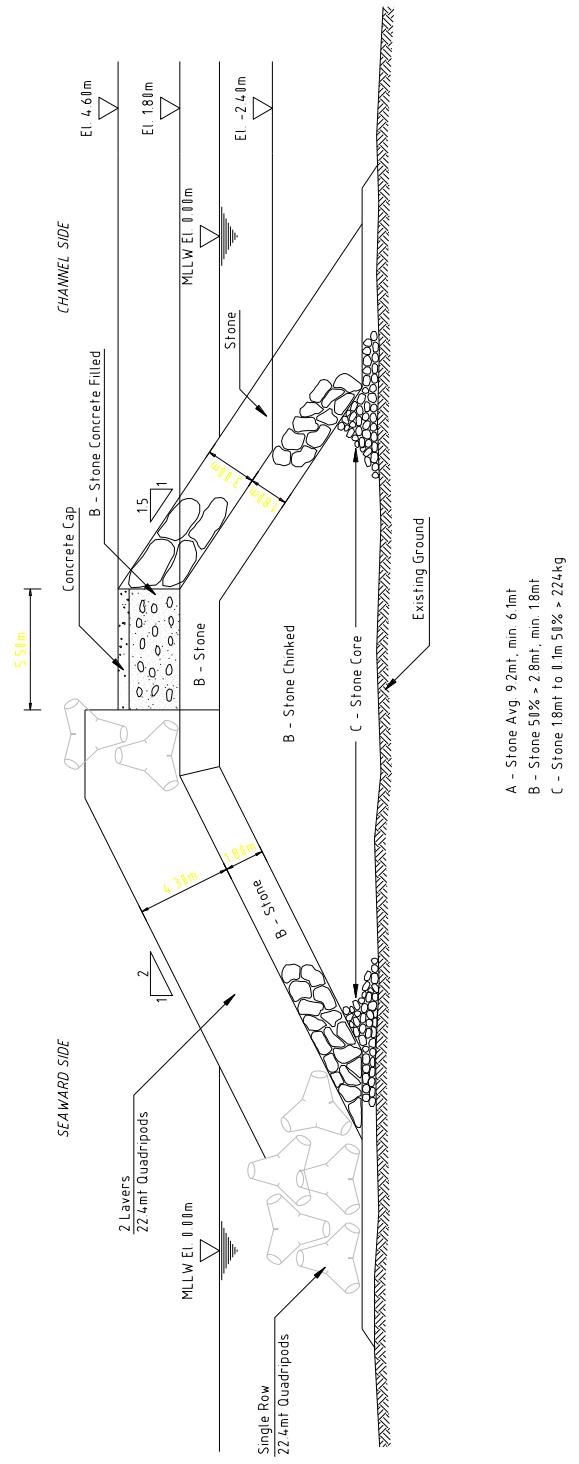


Gambar 5.3 Tipikal struktur *revetment* kombinasi lining beton dan buis beton.



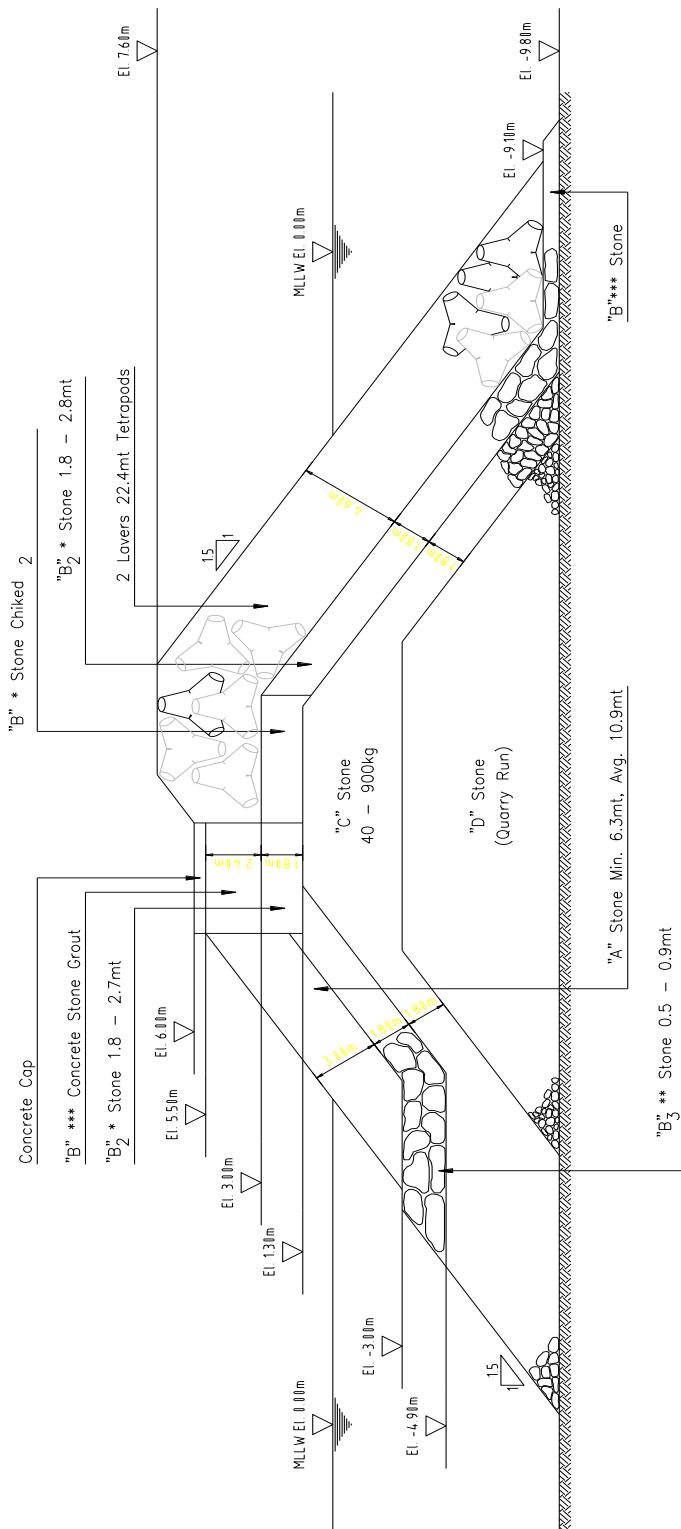


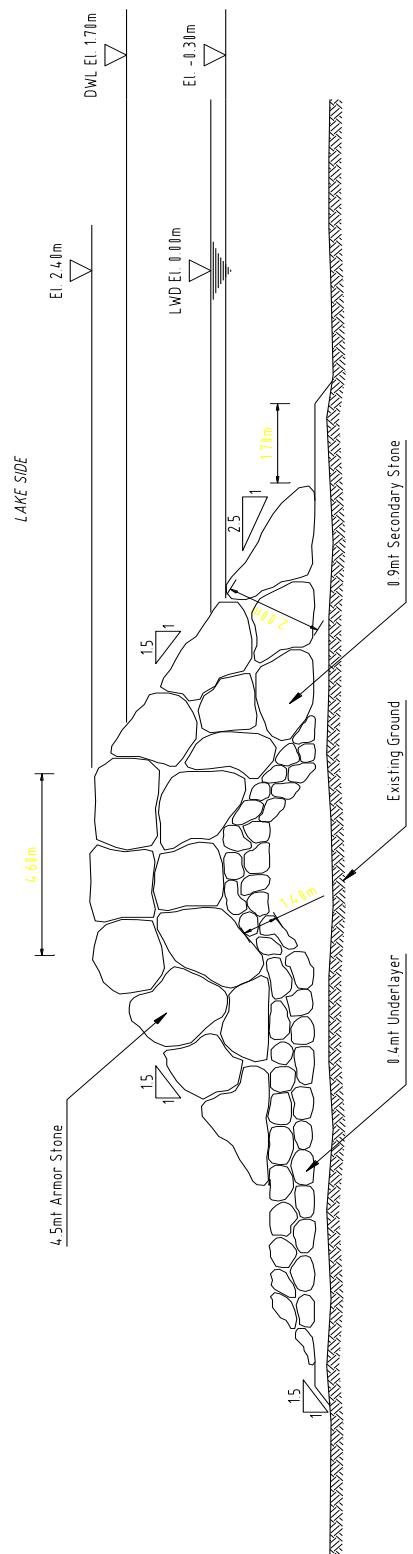
Gambar 5.4 Tipikal struktur *groin tip rubble mound*.



Gambar 5.5 Tipikal struktur jetty tipe quayrype dan rubble mound.

Gambar 5.6 Tipikal struktur breakwater tipe tetrapod dan rubble mound.





Gambar 5.7 Tipikal struktur breakwater tipe segmented rubble mound.

5.3 KRITERIA PEMILIHAN ALTERNATIF

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan struktur perlindungan pantai (jetty, revetment dan seawall, dan breakwater) adalah sebagai berikut.

1. Kondisi hidro-oseanografi: batimetri, gelombang, pasut, dan arus.
2. Kondisi geoteknik tapak struktur.
3. Sumber material (borrow area) yang tersedia: jumlah, kualitas, dan jarak sumber material ke lokasi proyek.
4. Kemudahan pelaksanaan konstruksi: jalan masuk ke proyek (access road) dan setting peralatan konstruksi di lapangan.
5. Alokasi dana yang tersedia.

Perencanaan struktur perlindungan pantai harus melibatkan gaya-gaya yang akan bekerja pada struktur tersebut. Gaya-gaya yang harus diperhitungkan dalam perencanaan:

1. Layout dari bangunan. Orientasi dari bangunan terhadap gelombang dan area yang akan diproteksi sangatlah menentukan keberhasilan fungsi dari bangunan pantai, dan sejauh mana sistem ini akan berpengaruh terhadap lingkungan sekitar
2. Pengaruh bangunan terhadap topografi sekitar. Profil alami daerah pantai merupakan keseimbangan alami dari aksi gelombang laut, suplai sedimen, dan bentuk topografi pantai (berupa proses berulang yang temporer, dan proses permanen jangka panjang). Pembangunan bangunan pantai akan merubah keseimbangan tersebut, yang bisa berpengaruh kepada daerah yang diproteksi bangunan pantai dan daerah sekitarnya. Sebagai contoh, pembangunan bangunan pantai yang sejajar dengan garis pantai dapat menyebabkan terbentuknya tombolo pada garis pantai, berupa daerah yang maju dan daerah yang tererosi. Pembangunan bangunan pantai yang melintang dari garis pantai dapat menyetop transpor sedimen arah garis pantai, sehingga daerah yang semestinya mendapat suplai sedimen akan tererosi secara parah, dan terjadi endapan sedimentasi yang terkonsentrasi pada suatu area.
3. Harmonisasi dengan lingkungan sekitar. Ketenangan air yang dihasilkan oleh bangunan pantai di sisi lain juga mengurangi sirkulasi air di daerah yang dinaunginya. Pada banyak kasus, terjadi penurunan kualitas air yang signifikan,

yang pada akhirnya menurunkan kualitas hidup di perairan tersebut. Pada sisi landscaping, bahkan pembangunan bangunan pantai tertentu dapat merusak keindahan dan keterpaduan antara komponen lingkungan.

4. Kondisi desain dari bangunan pantai, dalam mendesain bangunan pantai kondisi-kondisi dibawah ini sekurang-kurangnya harus dipertimbangkan, yaitu:
 - i. Ketenangan air yang diharapkan.
 - ii. Arah angin. Angin merupakan salah satu unsur pembentuk gelombang, sehingga data perilaku angin dapat menggambarkan perilaku gelombang secara umum. Keberadaan badai atau typhoon juga dapat menghasilkan kondisi gelombang-gelombang ekstrem pada desain.
 - iii. Level pasang surut. Keadaan pasang surut termasuk menentukan tinggi dari BW, pola sirkulasi air pada daerah sekitar bangunan pantai dll.
 - iv. Gelombang laut. Gelombang laut, arahnya menentukan layout gelombang. Gelombang sendiri memberikan gaya pada bangunan pantai.

Kedalaman air menentukan jenis bangunan pantai yang efektif untuk dibangun, selain itu kondisi geoteknis akan menentukan daya dukung tanah terhadap bangunan pantai yang pada akhirnya akan mempengaruhi kestabilan bangunan pantai. Pemilihan jenis struktur bangunan pantai dapat dilakukan setelah mempelajari karakteristik dari jenis-jenis bangunan pantai dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut:

1. Layout dari bangunan
2. Kondisi lingkungan
3. Kondisi pelayanan
4. Kondisi/kesiapan konstruksi
5. Aspek Ekonomi
6. Waktu konstruksi
7. Tingkat kepentingan bangunan pantai
8. Ketersediaan material konstruksi
9. Pemeliharaan

Secara umum proses desain penampang bangunan pantai adalah sebagai berikut:

1. Persiapan data-data kondisi desain
2. Penentuan penampang bangunan pantai
 - Penentuan elevasi vertikal bangunan pantai
 - Penentuan dimensi horisontal bangunan pantai (dimensi awal)
3. Analisa stabilitas terhadap gaya-gaya eksternal yang bekerja (dimensi akhir)
 - Stabilitas suprastruktur & komponen pendukung
 - Stabilitas pondasi
4. Desain komponen pelindung.
 - Foot Protection
 - Deformed Concrete Blocks/Armouring Stone

5.3.1 Alternatif Perlindungan Pantai

Pada perencanaan lokasi studi ini jenis alternatif struktur perlindungan pantai yang akan ditinjau ada beberapa jenis, yaitu:

Pantai Ampenan:

1. Alternatif Revetment
2. Alternatif Seri Breakwater
3. Alternatif Revetment dan Seri Breakwater
4. Alternatif Seri Groin
5. Alternatif Revetment dan Seri Groin

Pantai Ampenan:

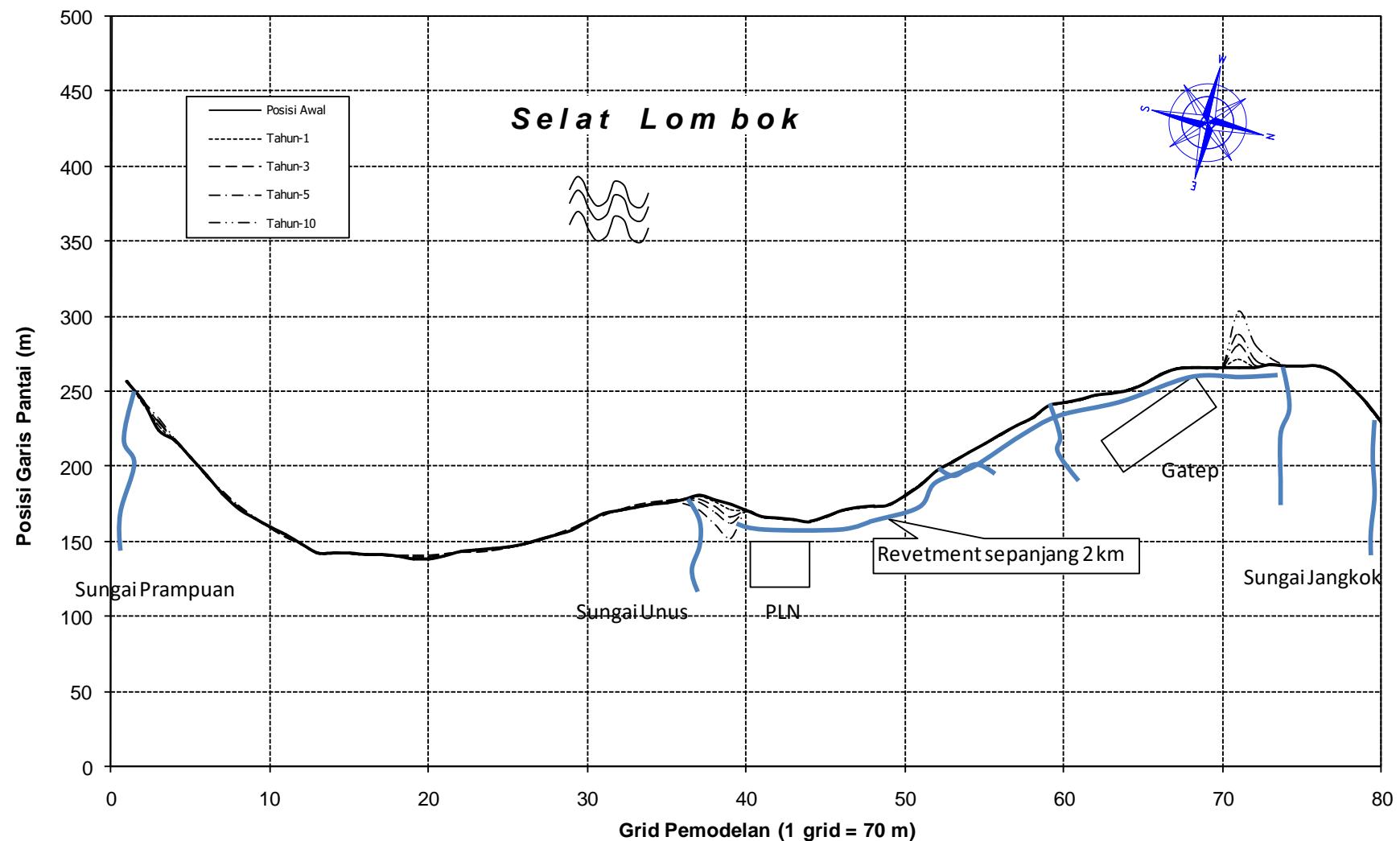
1. Alternatif Revetment
2. Alternatif Seri Jetty
3. Alternatif Seri Breakwater

Jenis-jenis alternatif tersebut akan dibandingkan terhadap berbagai aspek dan parameter sehingga pada akhirnya akan diketahui alternatif mana yang paling unggul.

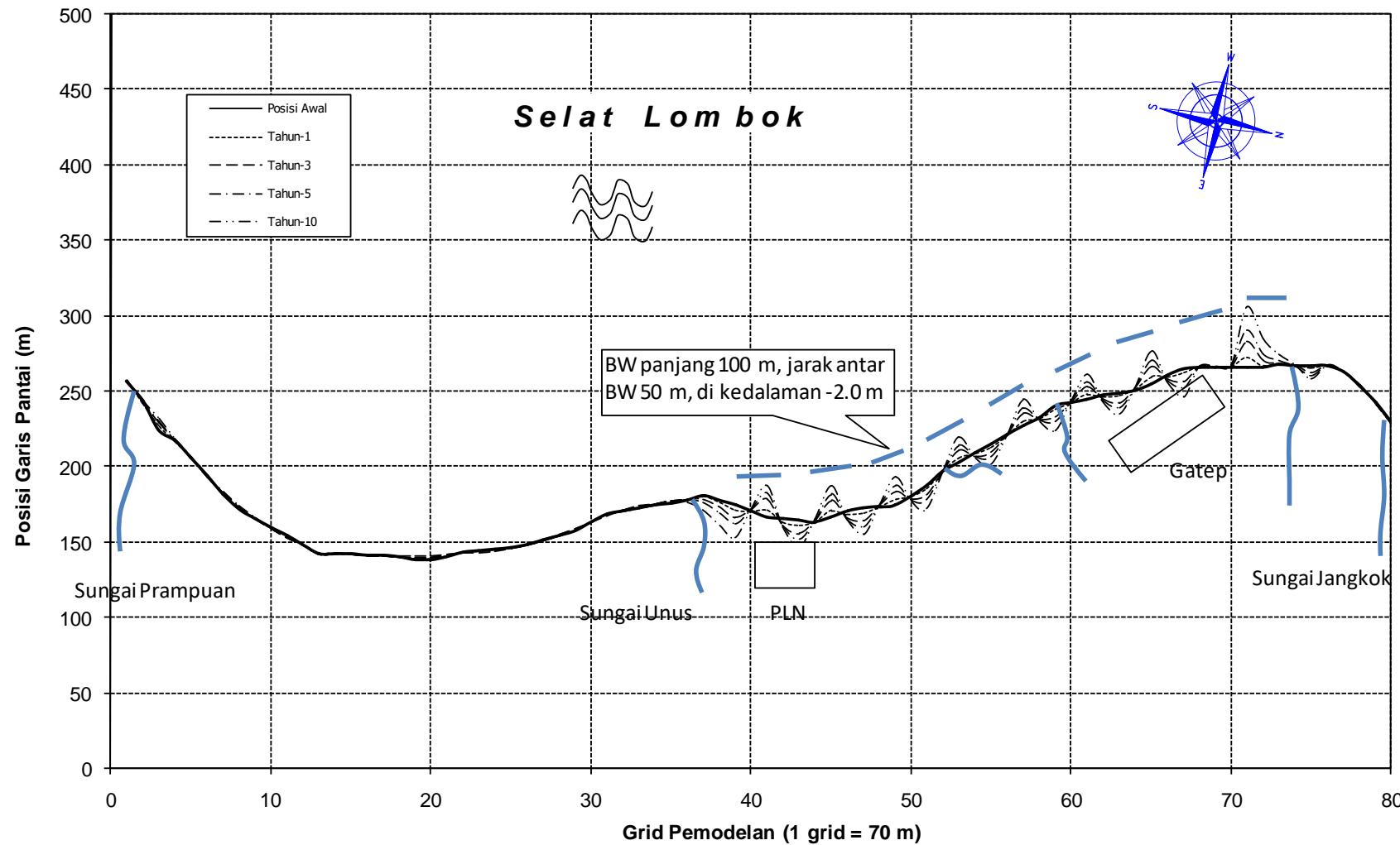
5.3.2 Pengujian Alternatif Dengan Model Matematik

Pada pembahasan kali ini setiap alternatif akan ditinjau dengan melakukan pemodelan, sehingga akan diketahui alternatif mana yang paling effektif dari segi teknis. Untuk proses pemilihan selanjutnya akan dilakukan penilaian dan pembobotan untuk masing-masing alternatif sehingga akan diketahui alternatif yang paling unggul baik dari segi teknis maupun non teknis.

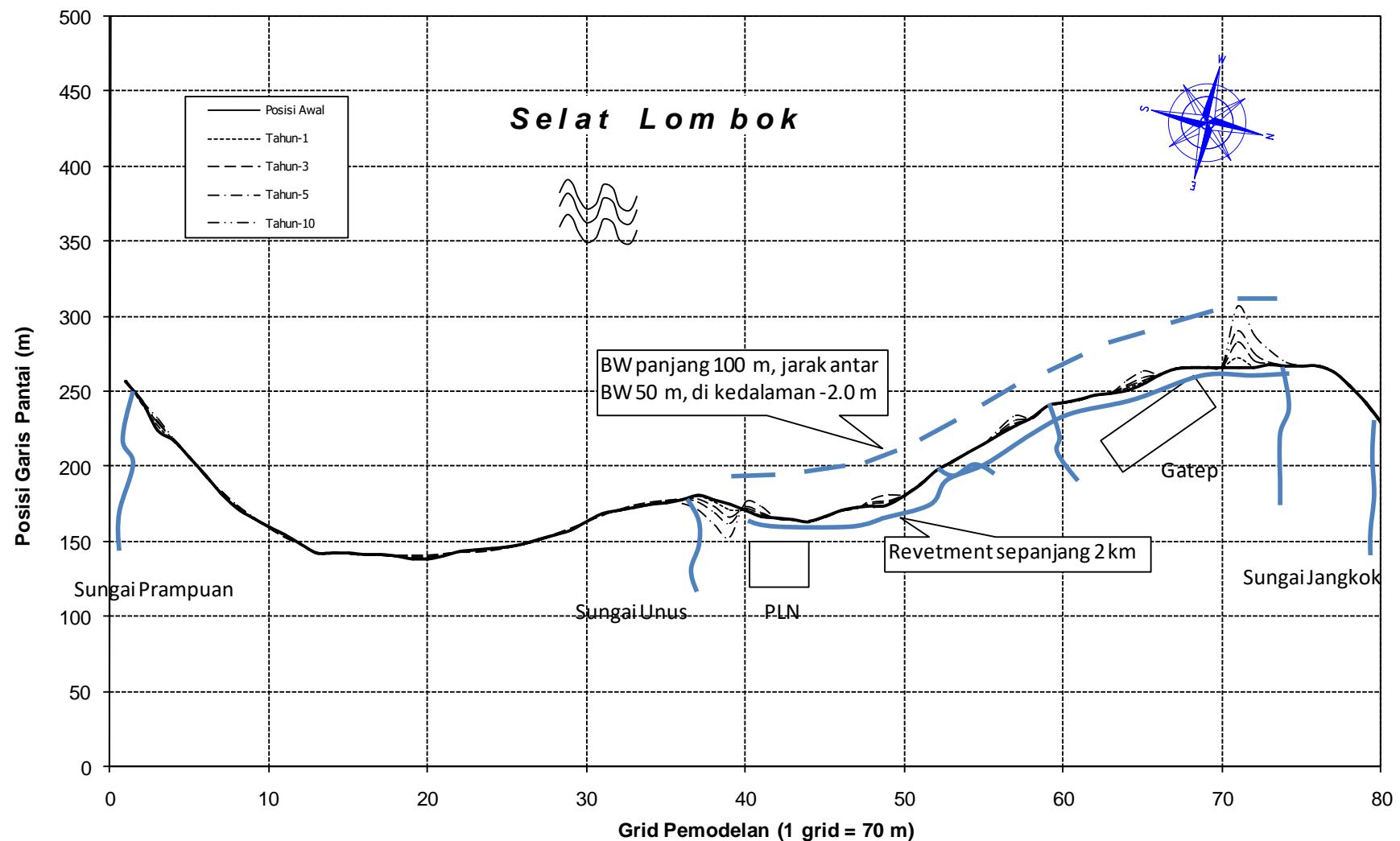
Permasalahan di Pantai Ampenan adalah gelombang besar yang mengakibatkan kerusakan fasilitas umum dan abrasi, sedangkan permasalahan Pantai Bima adalah sedimentasi Muara Sungai Pedolo yang mengakibatkan banjir di Kota Bima. Pantai Ampenan pengujian alternatif lebih fokuskan pengujian gelombang, dalam hal ini perubahan garis pantai (Genesis). Pantai Bima, pengujian alternatif lebih di fokuskan pengujian sedimentasi, dalam hal ini arus dan sedimentasi (SMS).



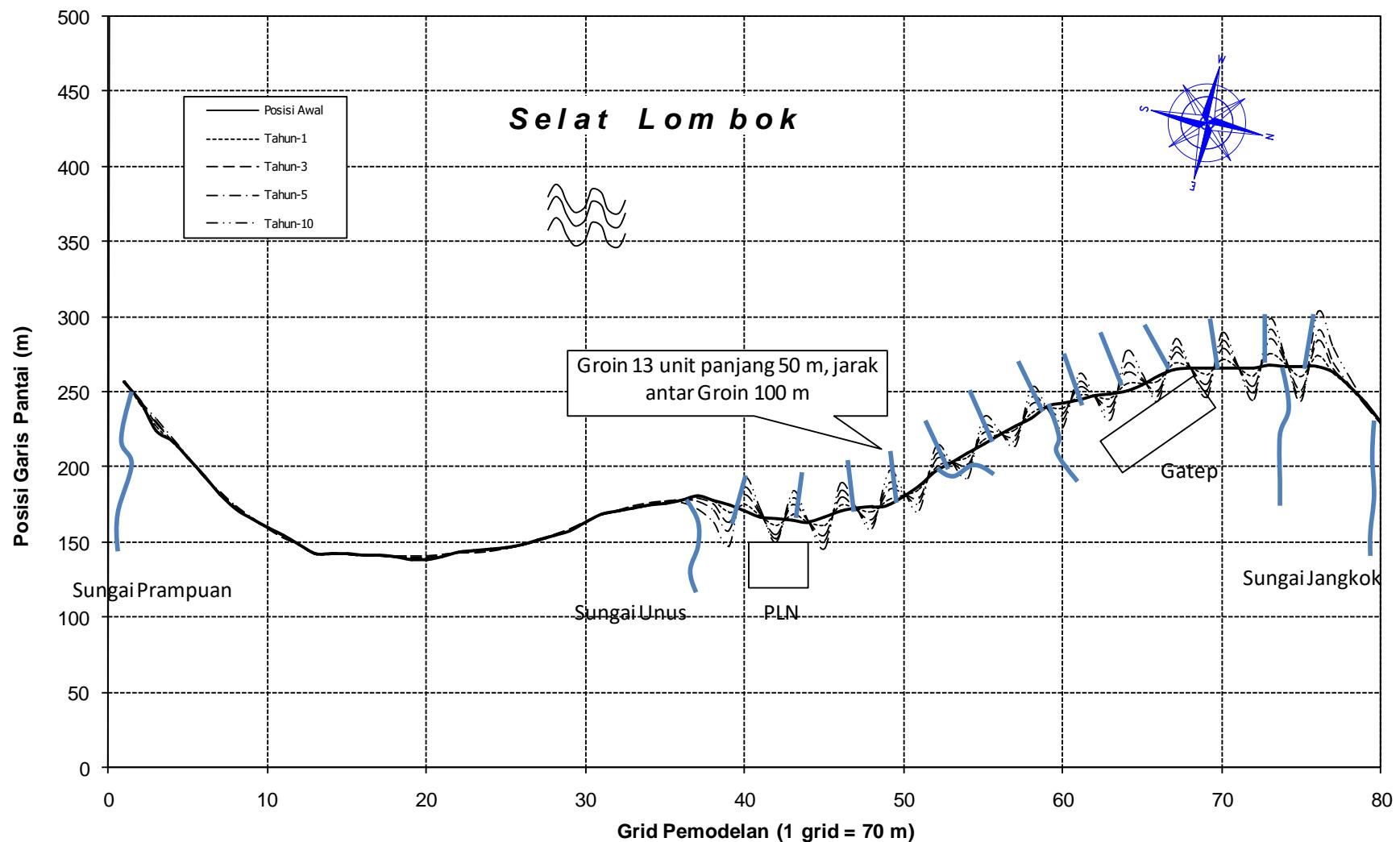
Gambar 5.8 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-1 Revetment Pantai Gatep.



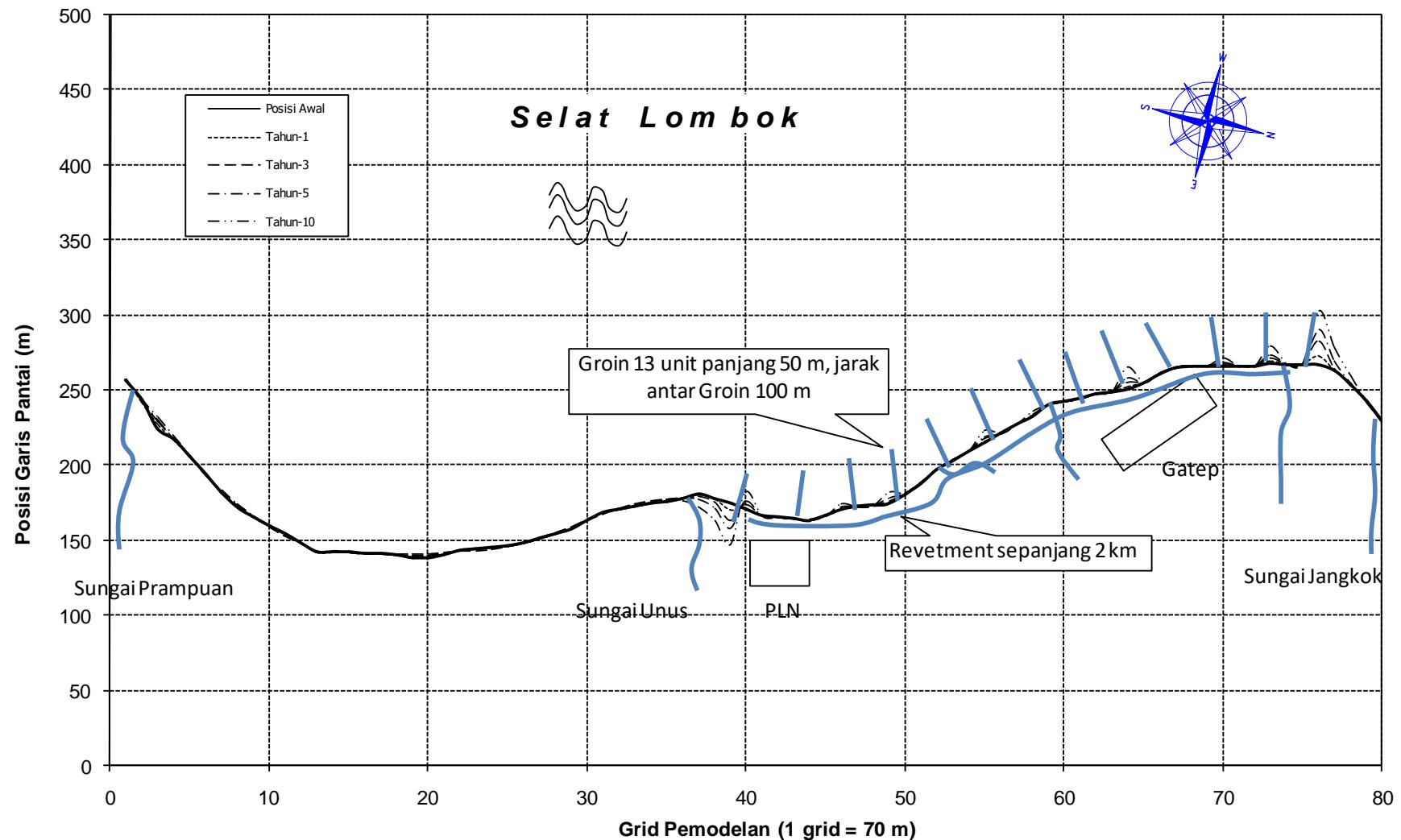
Gambar 5.9 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-2 Seri Breakwater Pantai Gatep.



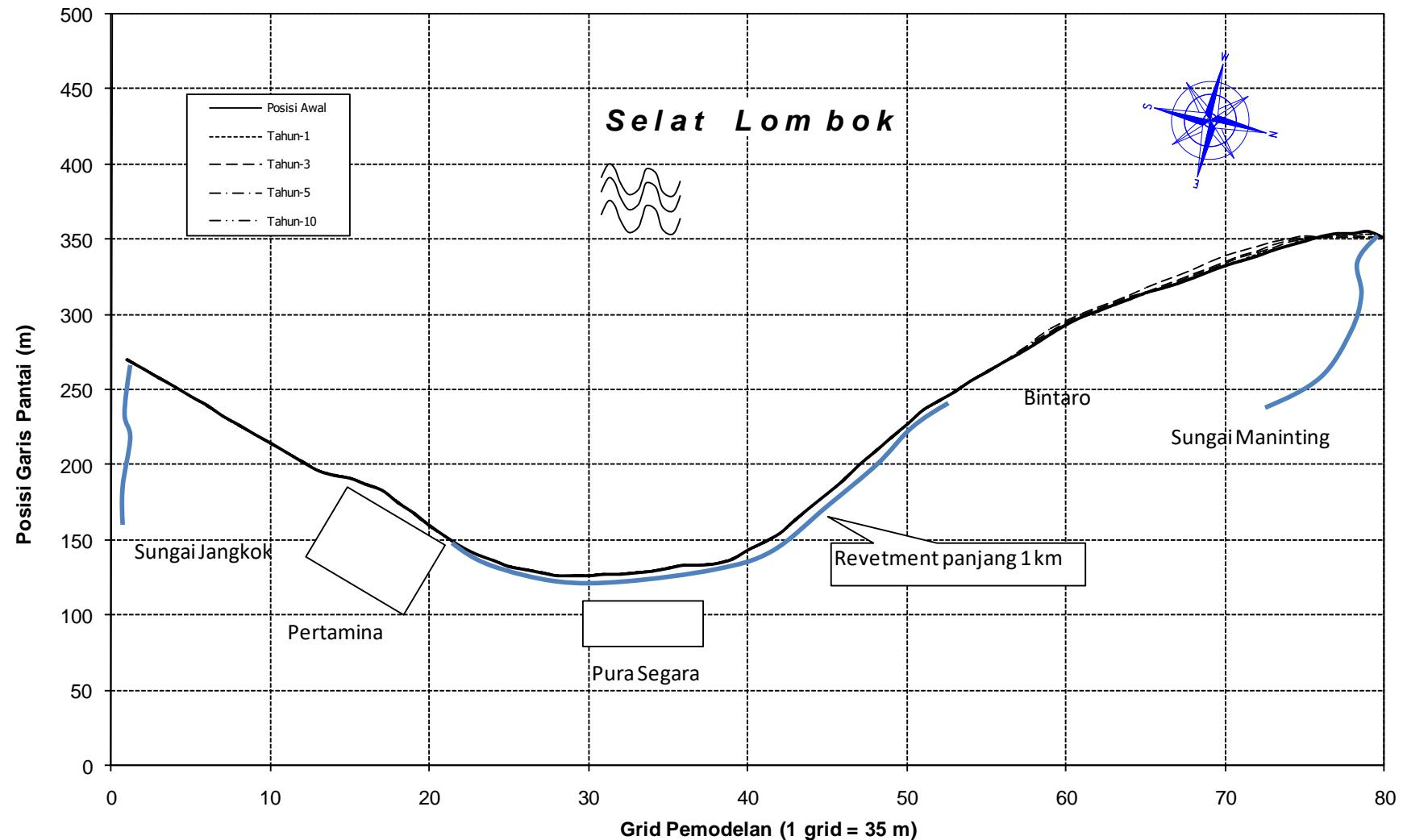
Gambar 5.10 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-3 Seri Breakwater dan Revetment Pantai Gatep.



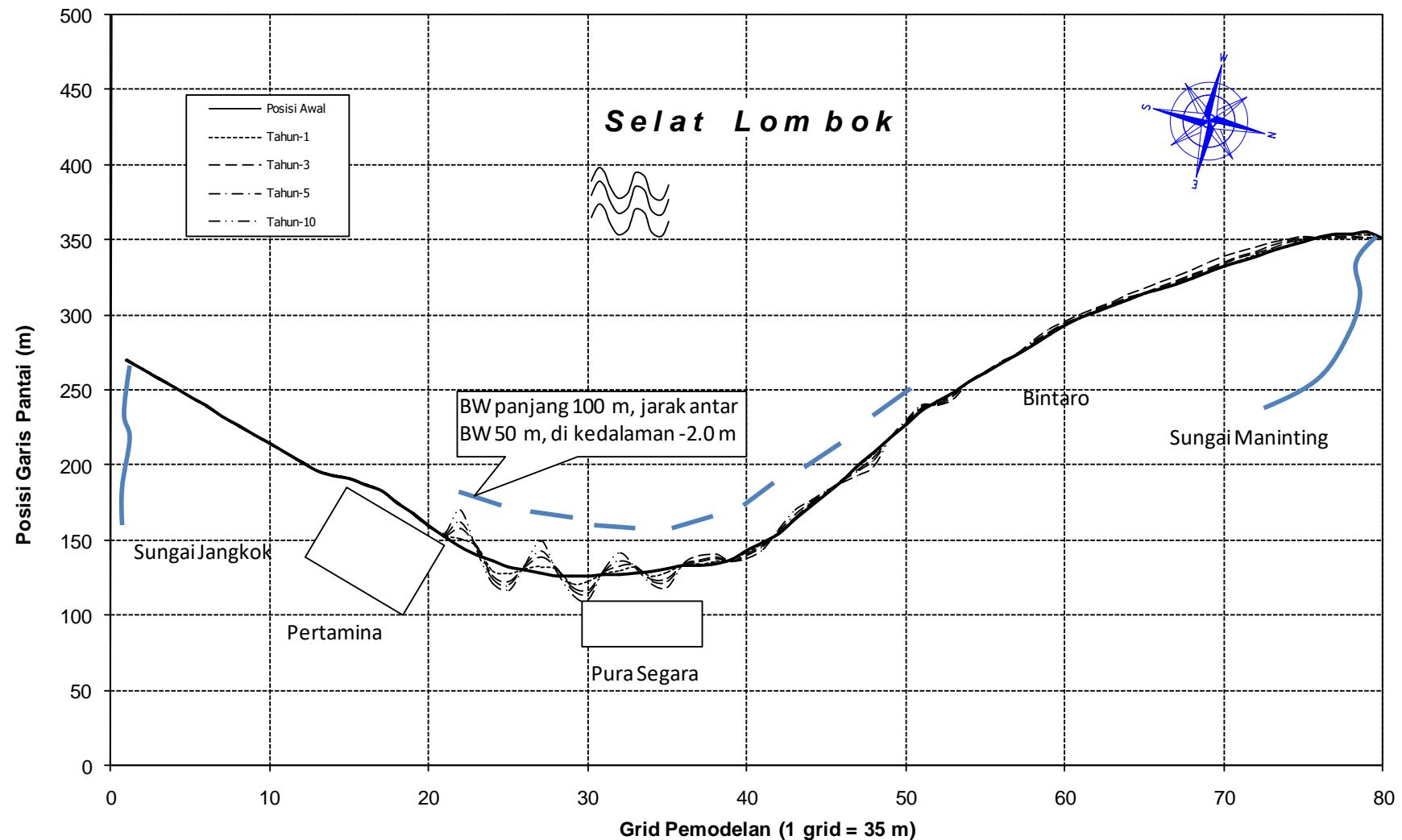
Gambar 5.11 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-4 Seri Groin Pantai Gatep.



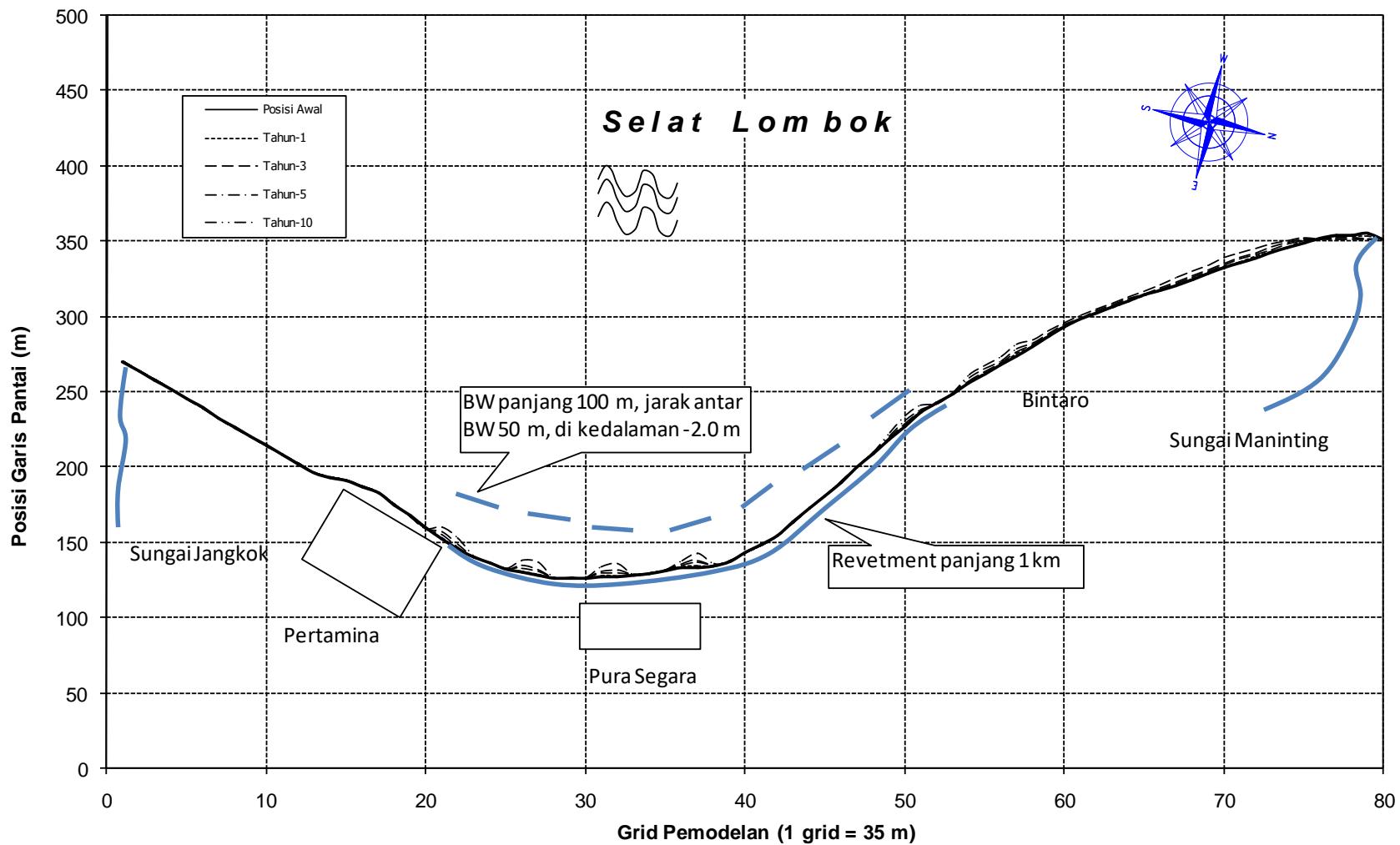
Gambar 5.12 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Pantai Gatep Alternatif-5 Seri Groin dan Revetment Pantai Gatep.



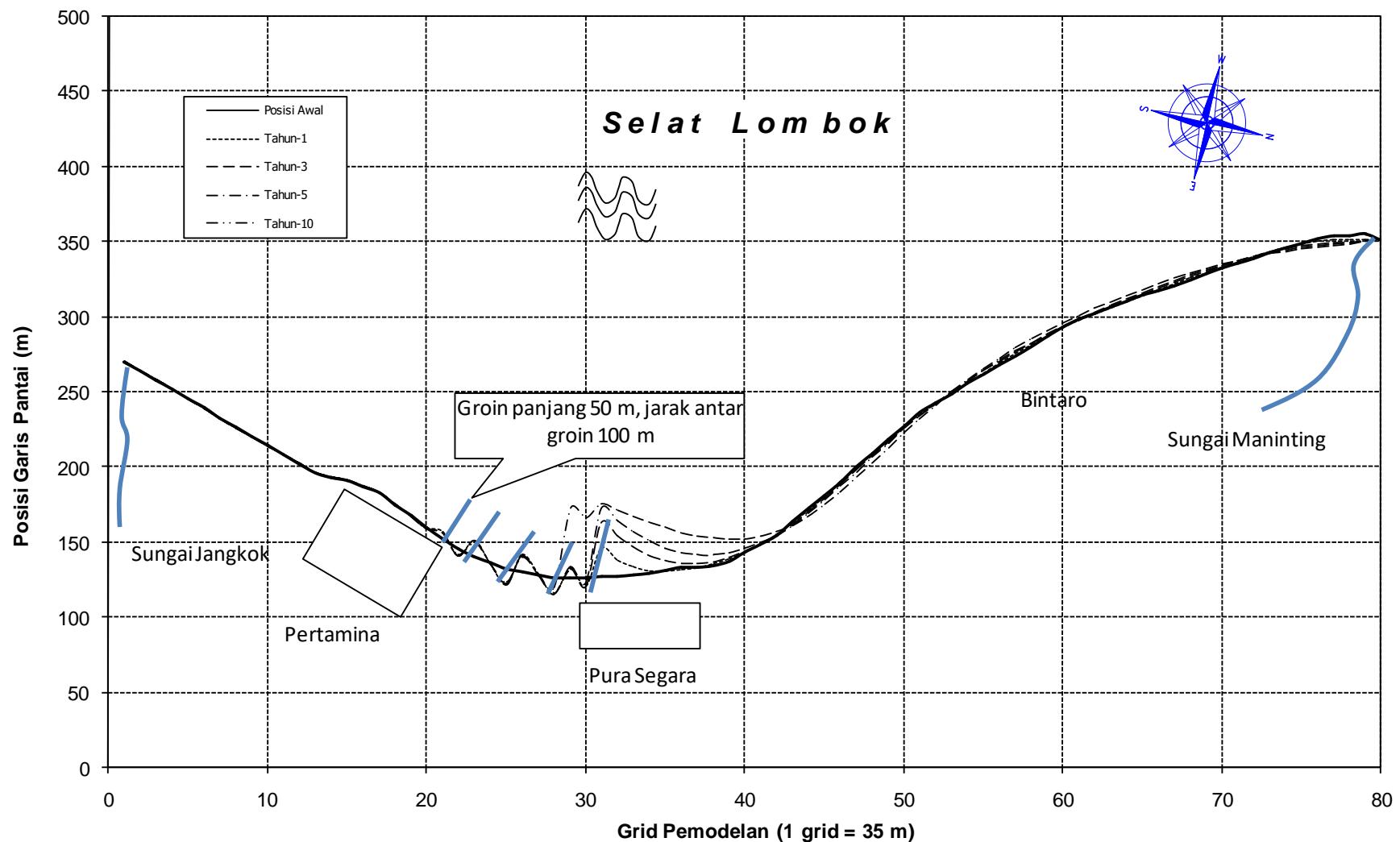
Gambar 5.13 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-1 Revetment Pantai Bintaro.



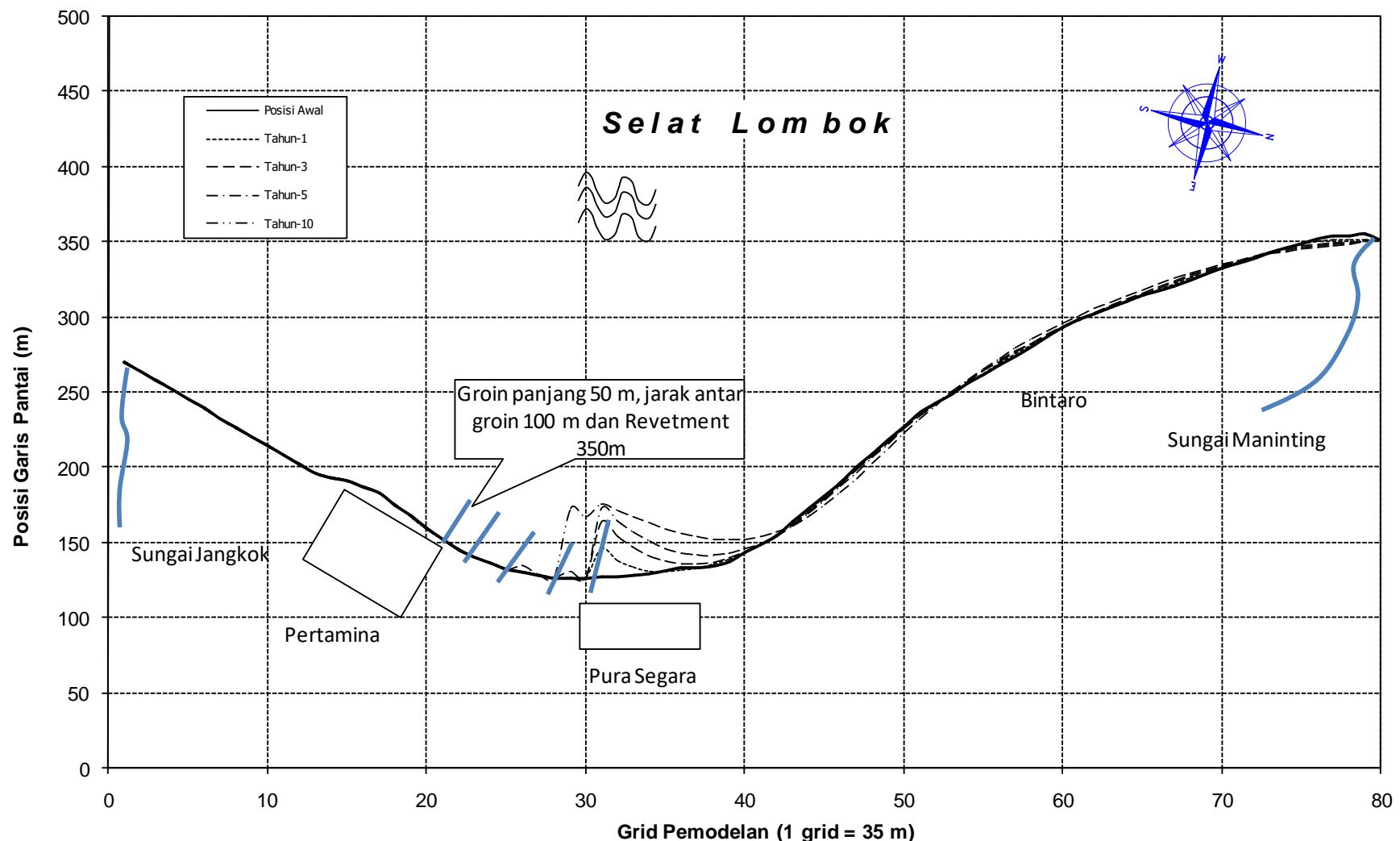
Gambar 5.14 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-2 Seri Breakwater Pantai Bintaro.



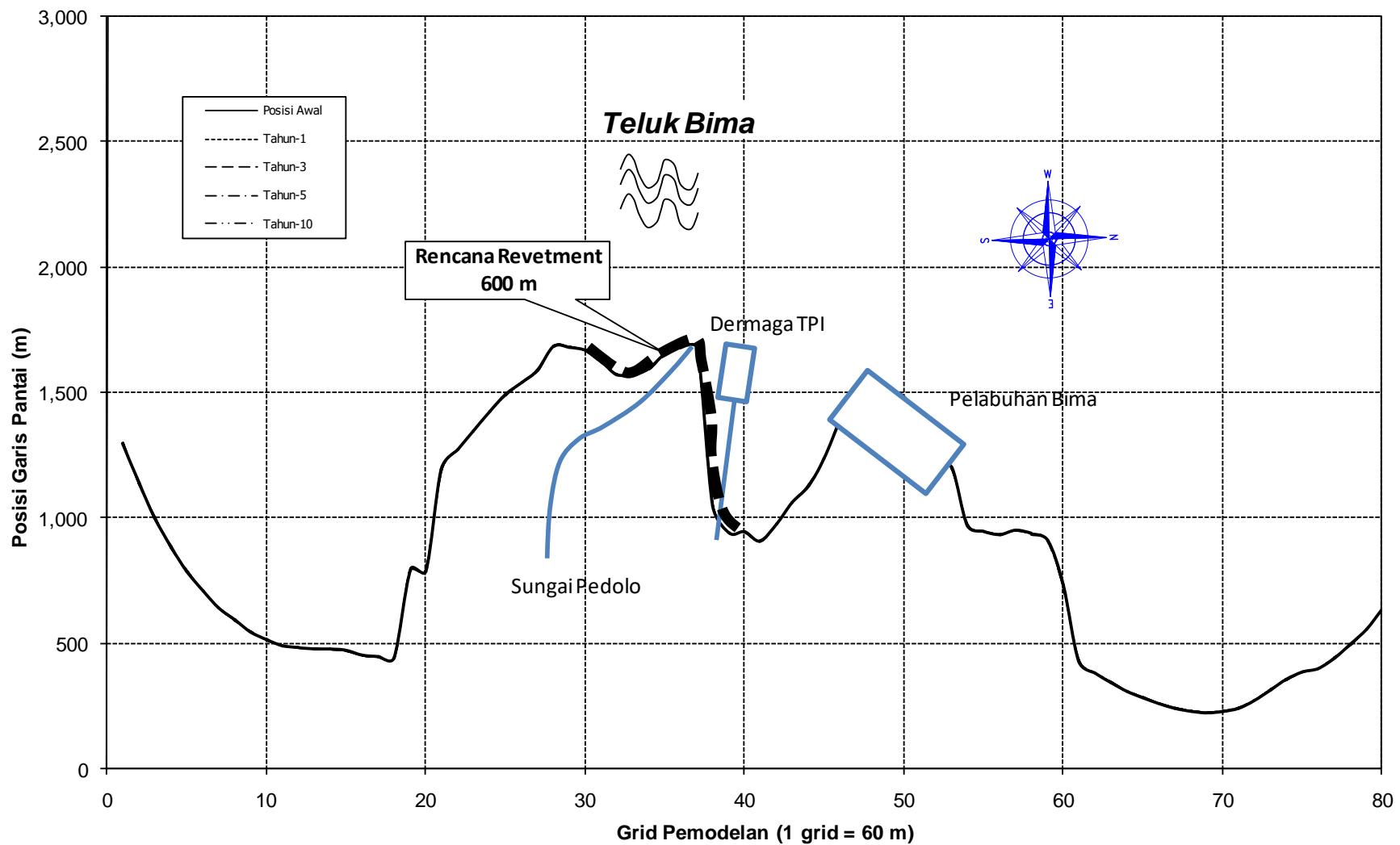
Gambar 5.15 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-3 Seri Breakwater dan Revtement Pantai Bintaro.



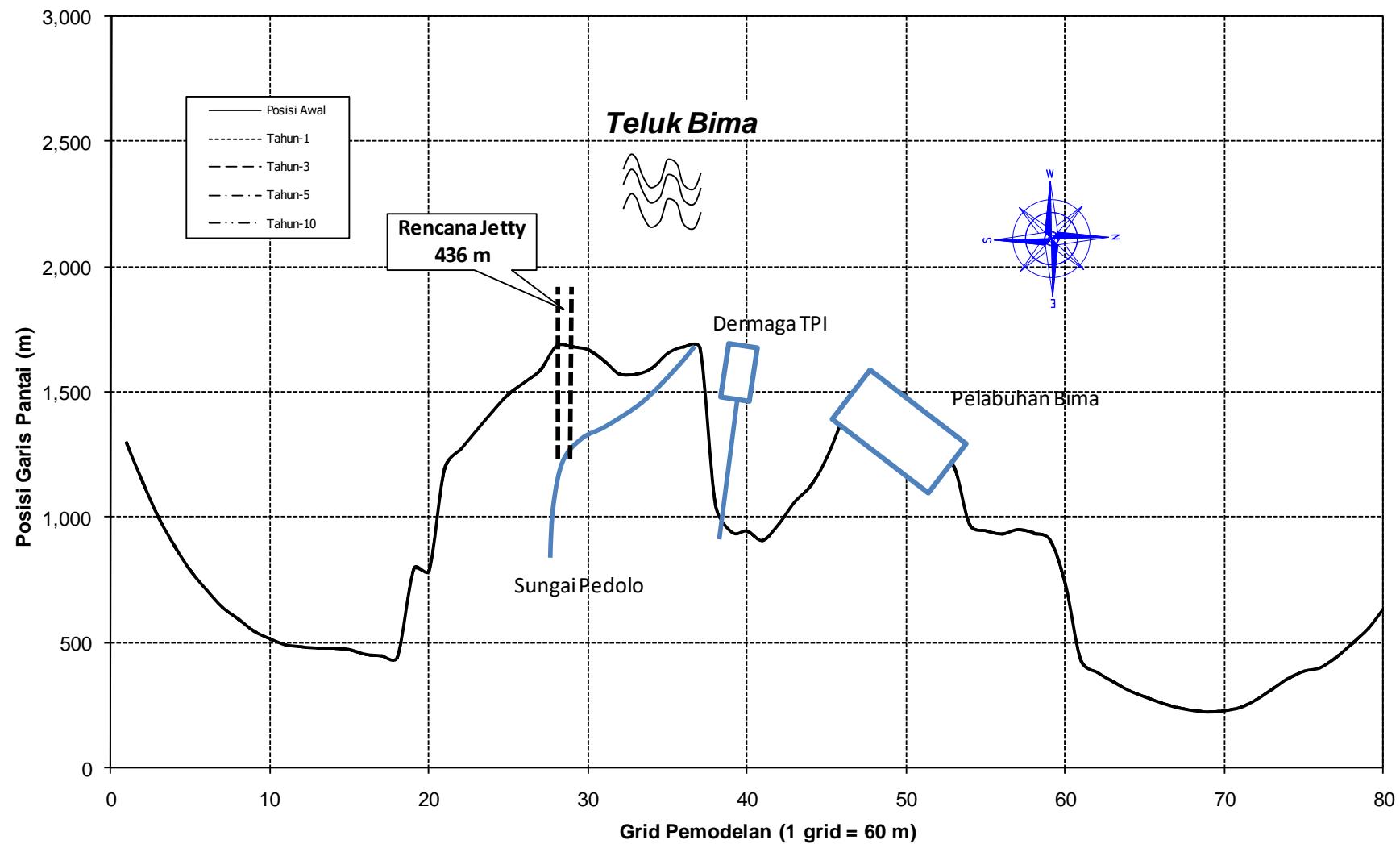
Gambar 5.16 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-4 Seri Groin Pantai Bintaro.



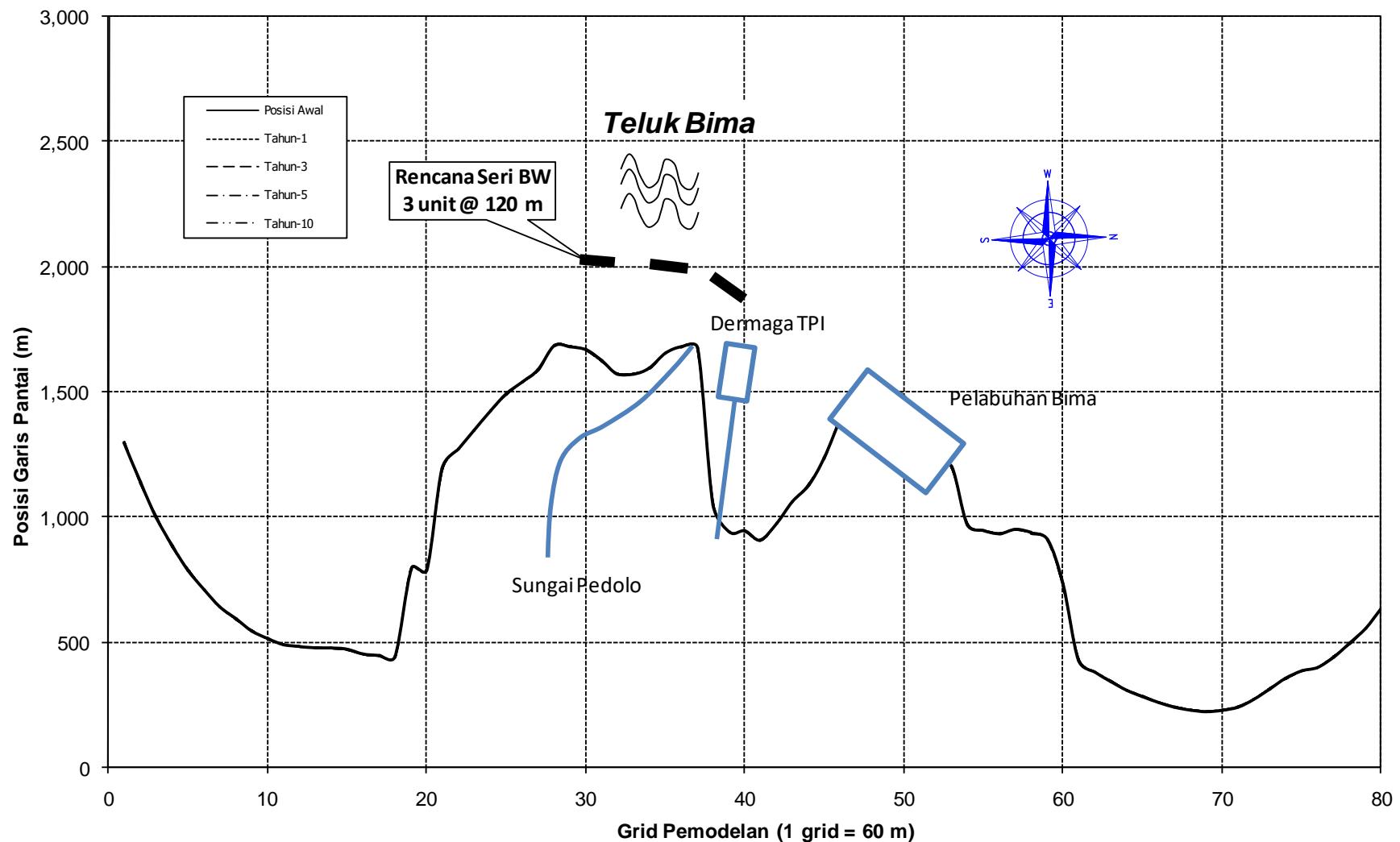
Gambar 5.17 Hasil pemodelan posisi garis pantai lokasi Bintaro Alternatif-5 Seri Groin dan Revetment Pantai Bintaro.



Gambar 5.18 Hasil pemodelan posisi garis pantai alternatif-1 revetment lokasi Pantai Pedolo Groin Pantai Pedolo.



Gambar 5.19 Hasil pemodelan posisi garis pantai alternatif-2 jetty lokasi Pantai Pedolo Groin Pantai Pedolo.



Gambar 5.20 Hasil pemodelan posisi garis pantai alternatif-3 breakwater lokasi Pantai Pedolo Groin Pantai Pedolo.

Pemodelan arus dan sedimentasi juga dilakukan untuk mengetahui distribusi arus serta sedimentasi di lokasi studi. Inputan untuk debit sungai digunakan Q5, Q25 dan Q50, dimana untuk lokasi Pantai Ampenan debit diperoleh dari Katalog Sungai di BWS Nusa Tenggara I Tahun 2011, sedangkan lokasi Pantai Bima diperoleh dari Laporan Akhir: Detail Desain Pengendalian Banjir Sungai Pedolo Tahun 2010.

Tabel 6.1 Debit Banjir Rancangan

Hasil Analisis Hidrologi DAS Jangkok

| NO | KALA ULANG [T] (tahun) | HUJAN RANCANGAN [R] (mm) | DEBIT BANJIR RANCANGAN [Q] METODE HSS. NAKAYASU (m^3/dtk) |
|----|---------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 2 | 231 | 438 |
| 2 | 5 | 304 | 568 |
| 3 | 10 | 352 | 655 |
| 4 | 25 | 413 | 764 |
| 5 | 50 | 459 | 845 |
| 6 | 100 | 504 | 926 |
| 7 | 200 | 549 | 1.006 |
| 8 | 1000 | 653 | 1.191 |

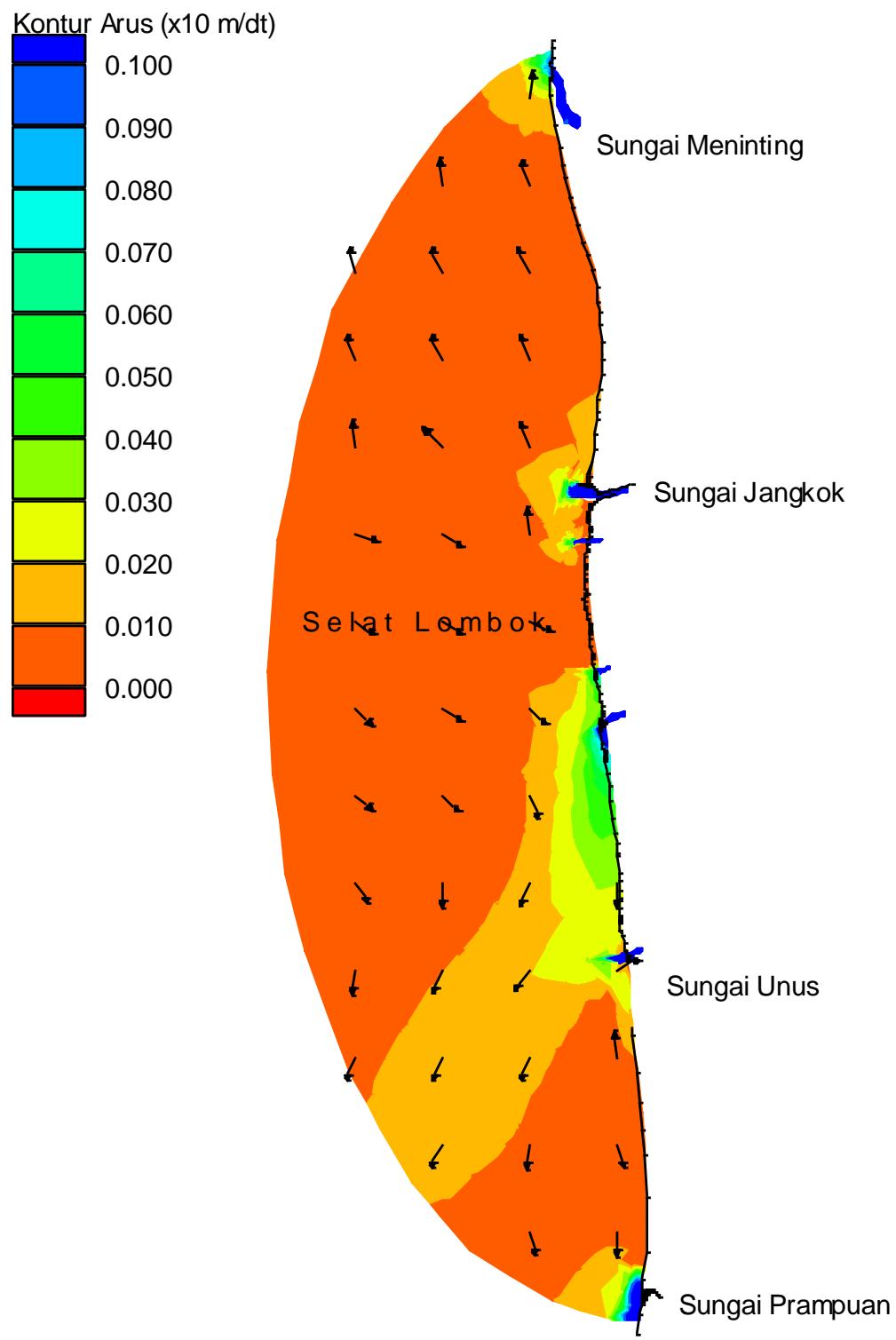
Hasil Analisis Hidrologi DAS Ancar

| NO | KALA ULANG [T] (tahun) | HUJAN RANCANGAN [R] (mm) | DEBIT BANJIR RANCANGAN [Q] METODE HSS. NAKAYASU (m^3/dtk) |
|----|---------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 2 | 238 | 166 |
| 2 | 5 | 290 | 200 |
| 3 | 10 | 316 | 217 |
| 4 | 25 | 343 | 234 |
| 5 | 50 | 359 | 245 |
| 6 | 100 | 374 | 255 |
| 7 | 200 | 387 | 263 |
| 8 | 1000 | 414 | 280 |

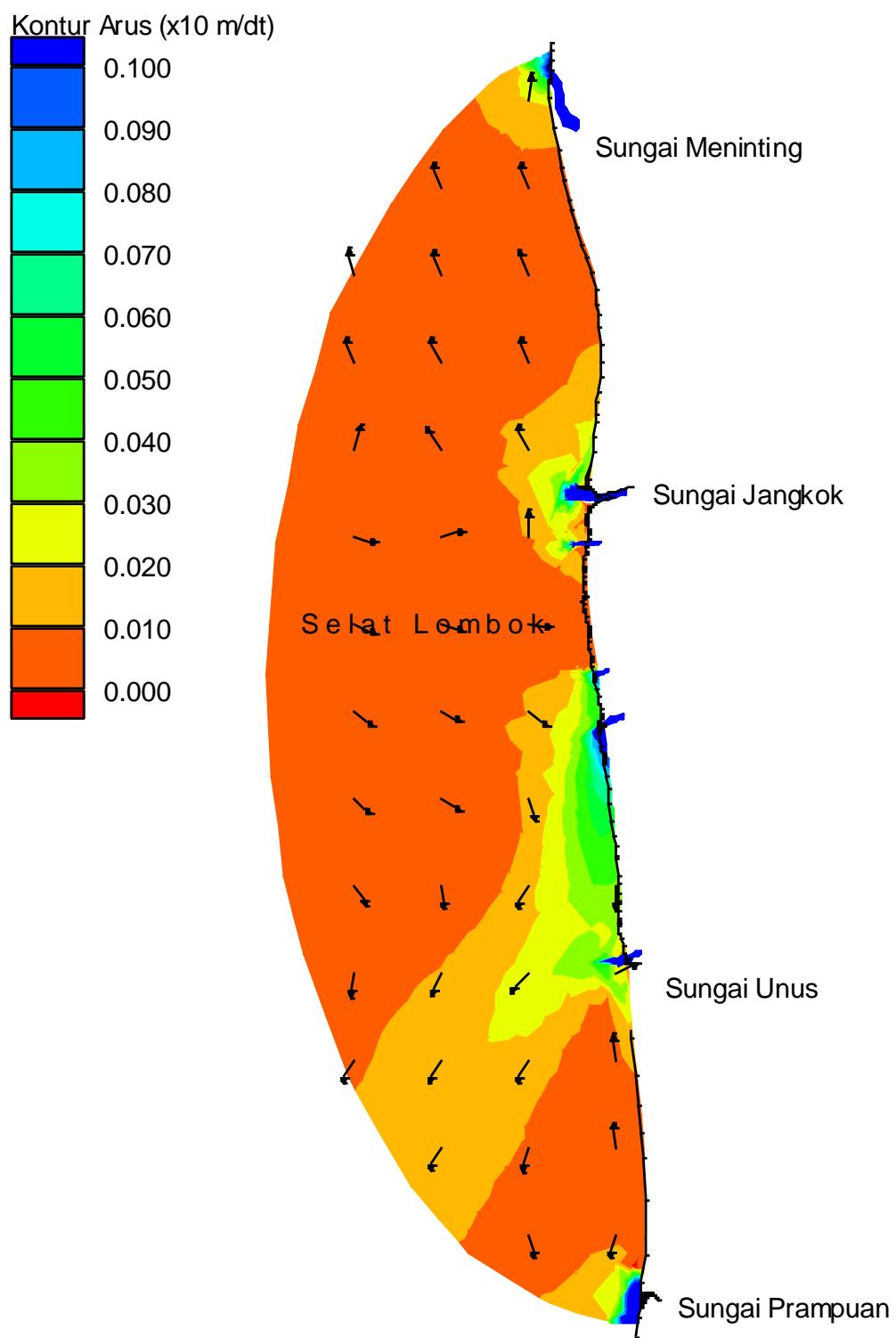
. Hasil Analisis Hidrologi DAS Unus

| NO | KALA ULANG [T] (tahun) | HUJAN RANCANGAN [R] (mm) | DEBIT BANJIR RANCANGAN [Q] METODE HSS. NAKAYASU (m^3/dtk) |
|----|---------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 2 | 252 | 248 |
| 2 | 5 | 306 | 297 |
| 3 | 10 | 336 | 325 |
| 4 | 25 | 370 | 357 |
| 5 | 50 | 394 | 378 |
| 6 | 100 | 415 | 398 |
| 7 | 200 | 436 | 417 |
| 8 | 1000 | 479 | 457 |

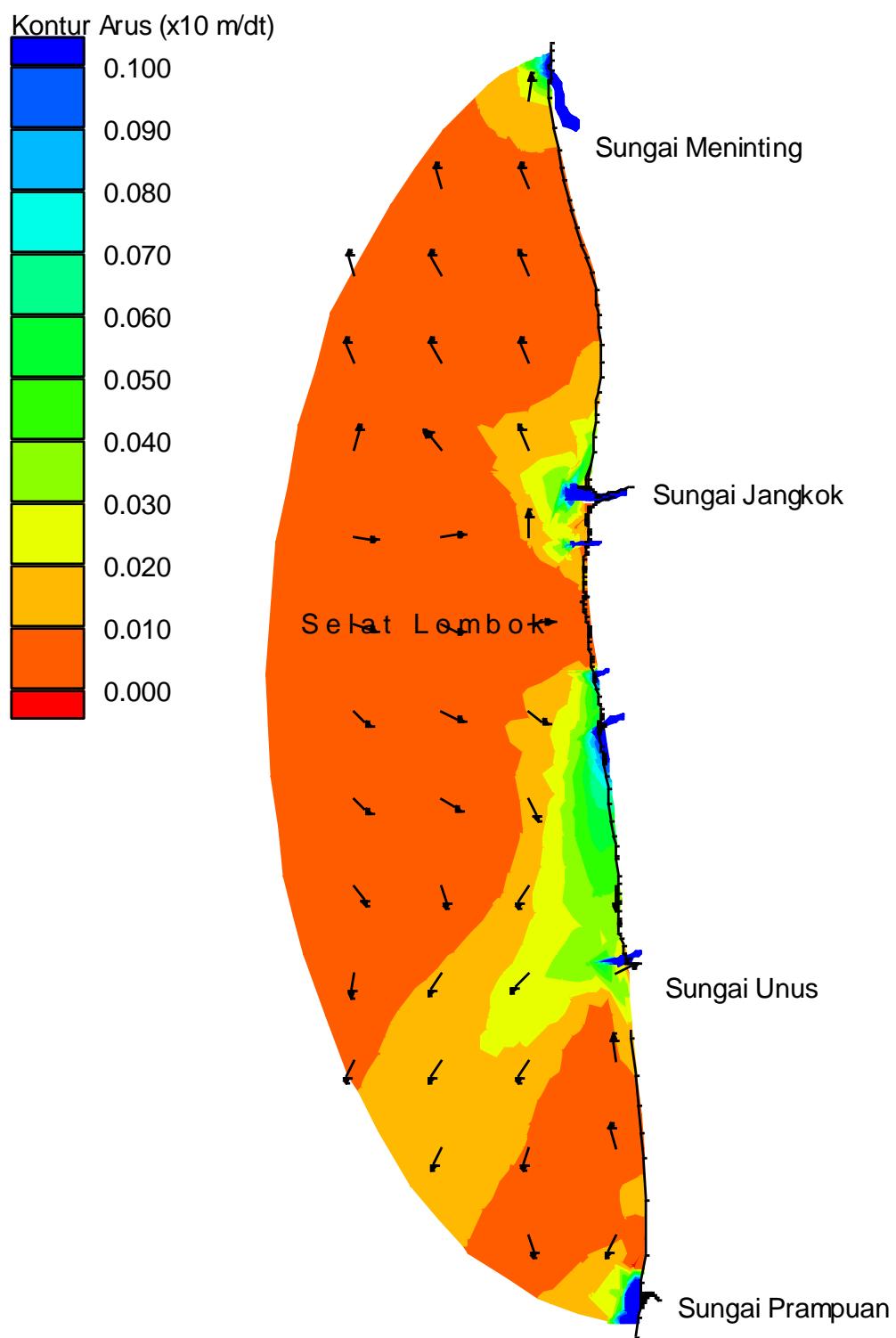
| Kala Ulang | Pedolo ($m^3/detik$) | Sadia ($m^3/detik$) | Ntebo ($m^3/detik$) | Tembe/kendo ($m^3/detik$) | Dodu ($m^3/detik$) | Doro ($m^3/detik$) | Lampe ($m^3/detik$) | Melayu ($m^3/detik$) |
|------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 2 | 190.071 | 116.979 | 28.027 | 48.217 | 32.090 | 8.883 | 32.115 | 61.898 |
| 5 | 233.294 | 143.580 | 34.400 | 59.182 | 39.387 | 10.903 | 39.418 | 75.973 |
| 10 | 255.069 | 156.982 | 37.611 | 64.706 | 43.064 | 11.921 | 43.097 | 83.064 |
| 25 | 272.989 | 168.010 | 40.253 | 69.252 | 46.089 | 12.758 | 46.125 | 88.900 |
| 50 | 290.370 | 178.708 | 42.816 | 73.661 | 49.023 | 13.571 | 49.062 | 94.560 |
| 100 | 301.671 | 185.662 | 44.482 | 76.528 | 50.931 | 14.099 | 50.971 | 98.240 |



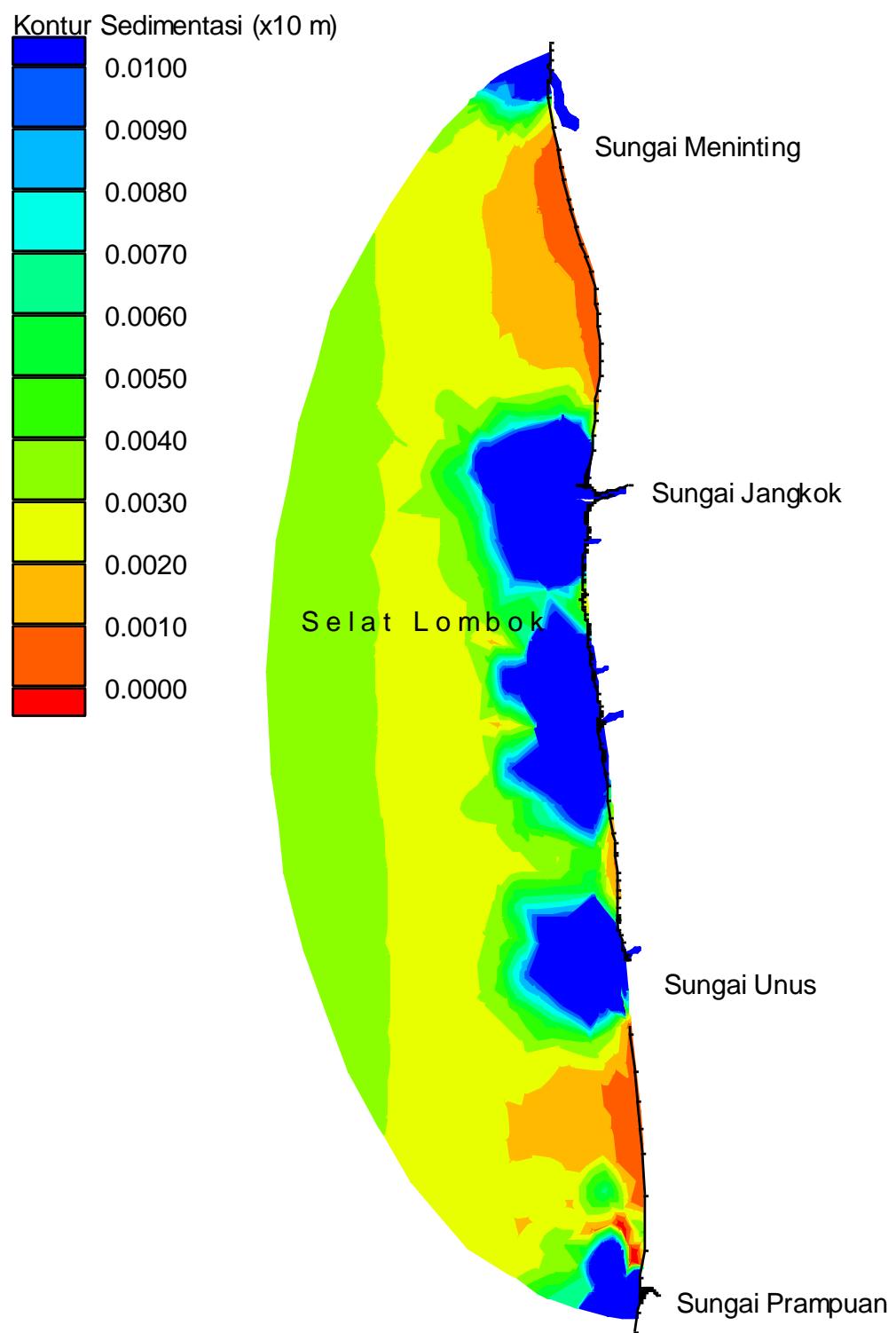
Gambar 5.21 Kondisi arus di perairan Ampenan dengan inputan Q5.



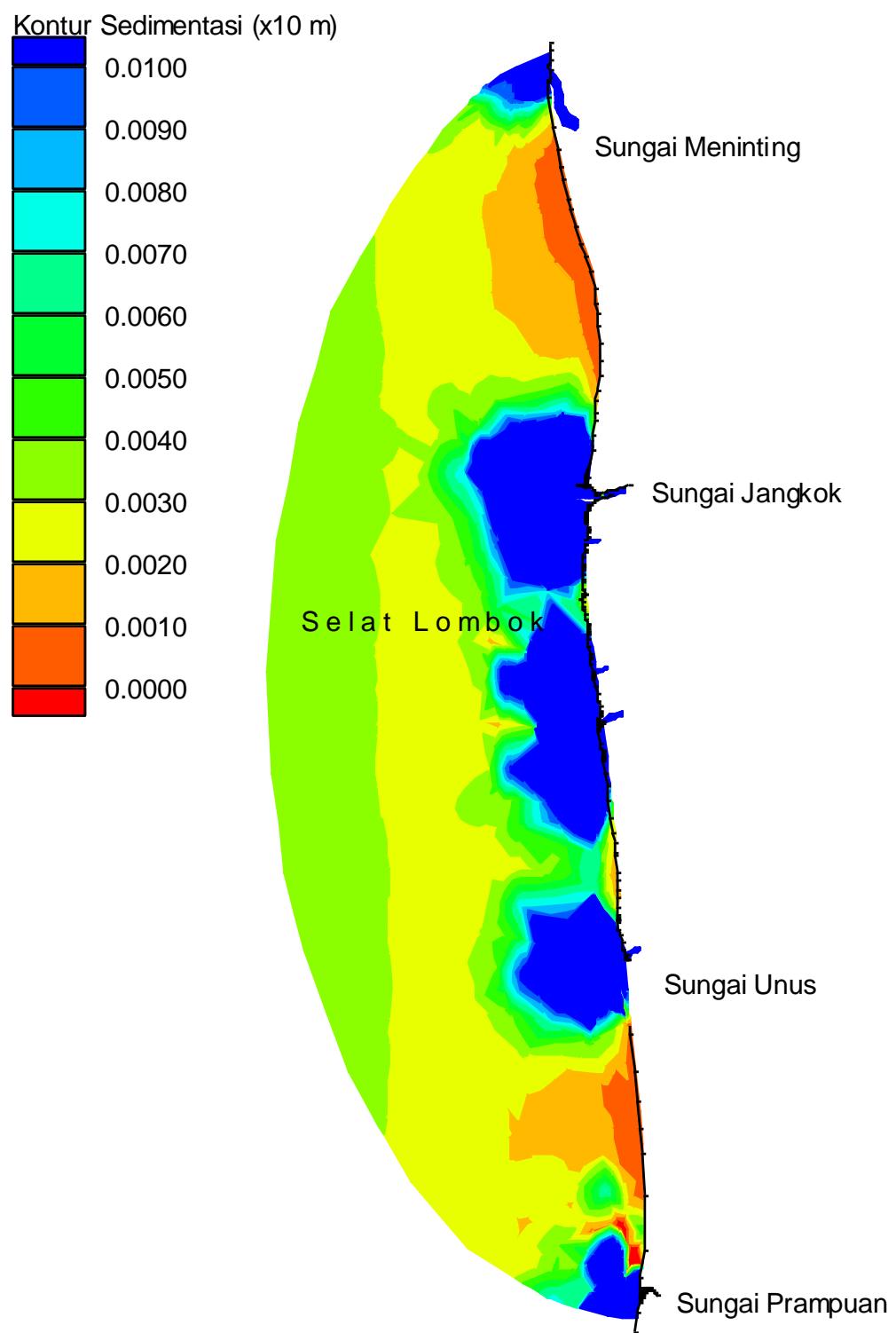
Gambar 5.22 Kondisi arus di perairan Ampenan dengan inputan Q25.



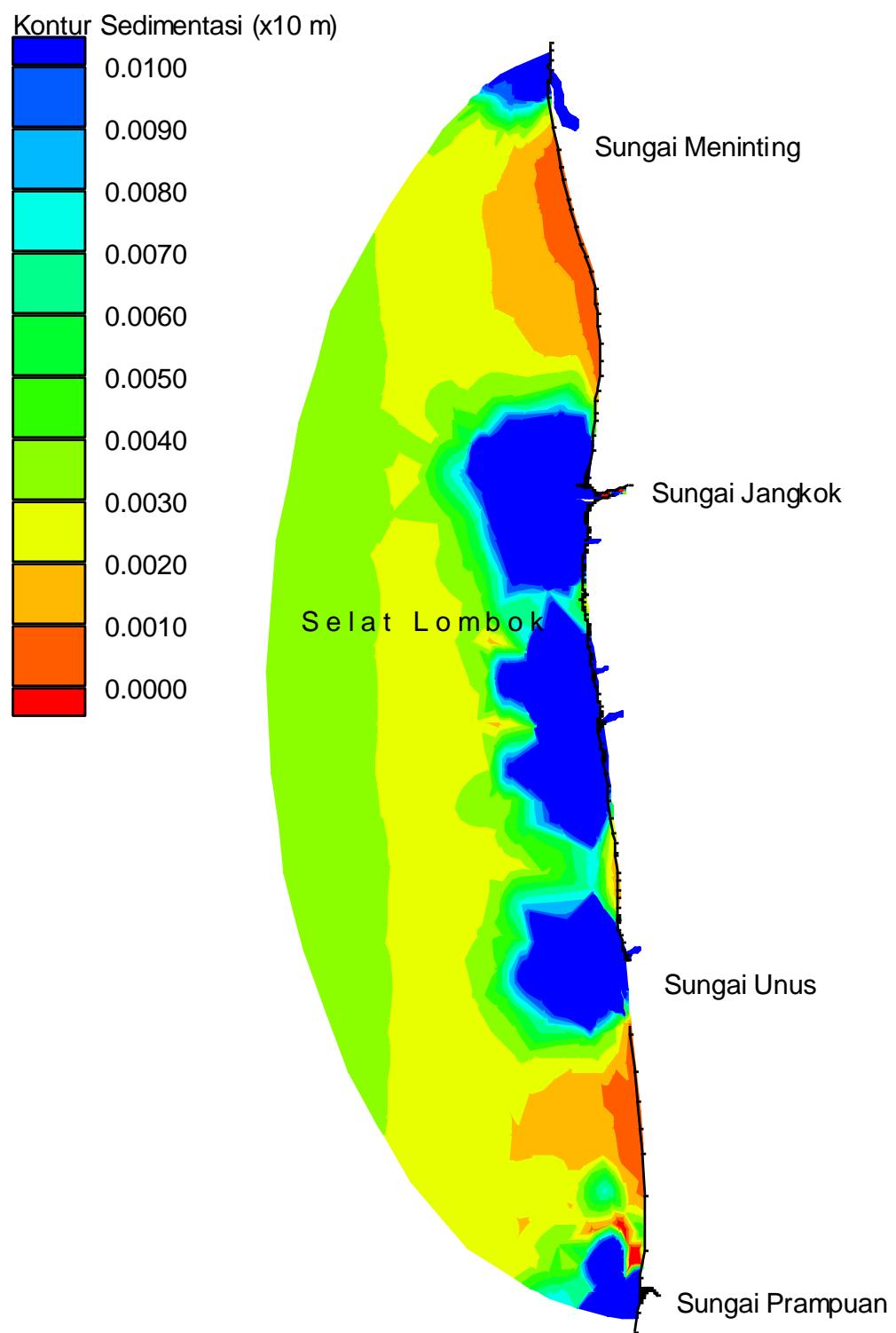
Gambar 5.23 Kondisi arus di perairan Ampenan dengan inputan Q50.



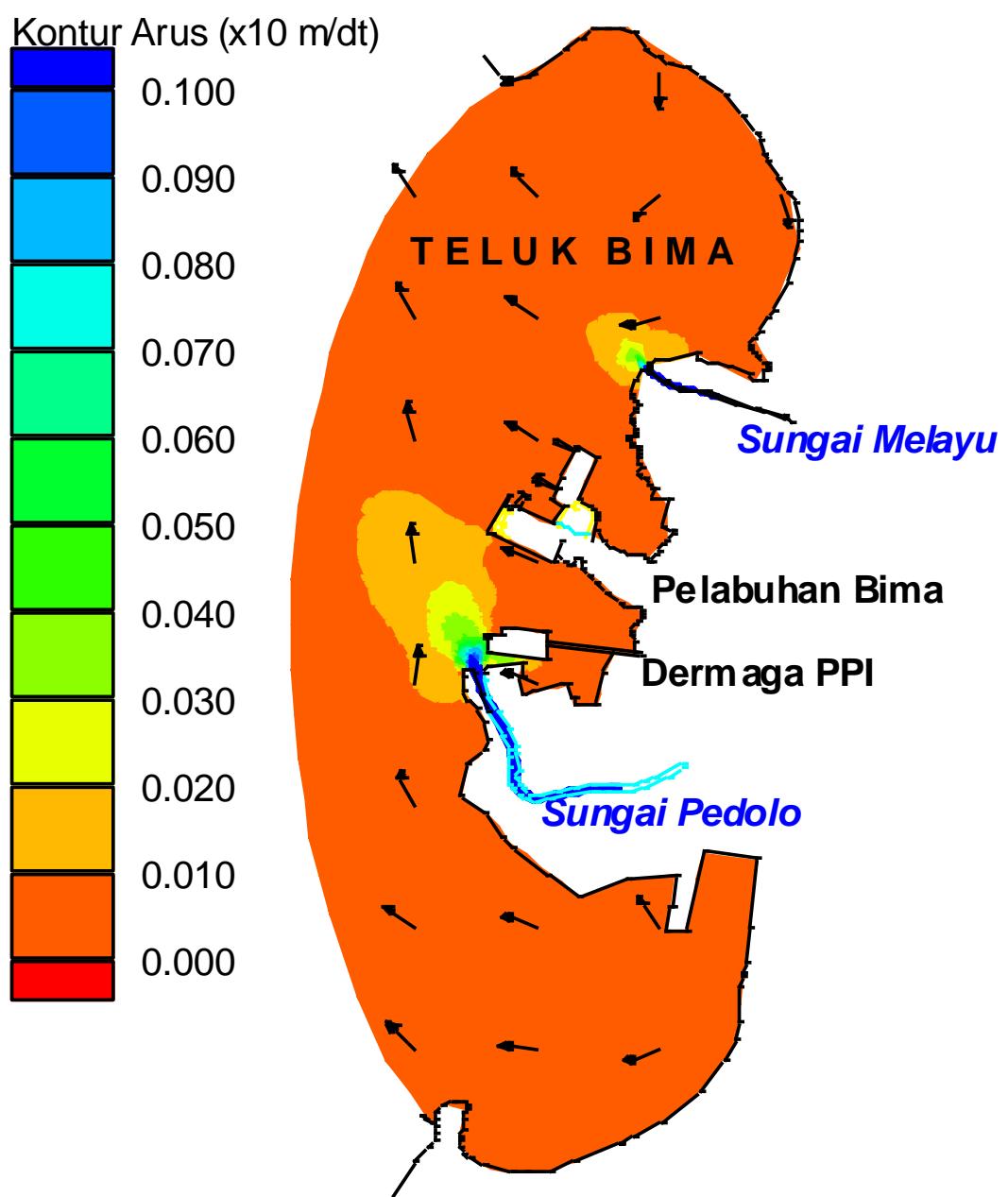
Gambar 5.24 Kondisi sedimentasi di perairan Ampenan dengan inputan Q5.



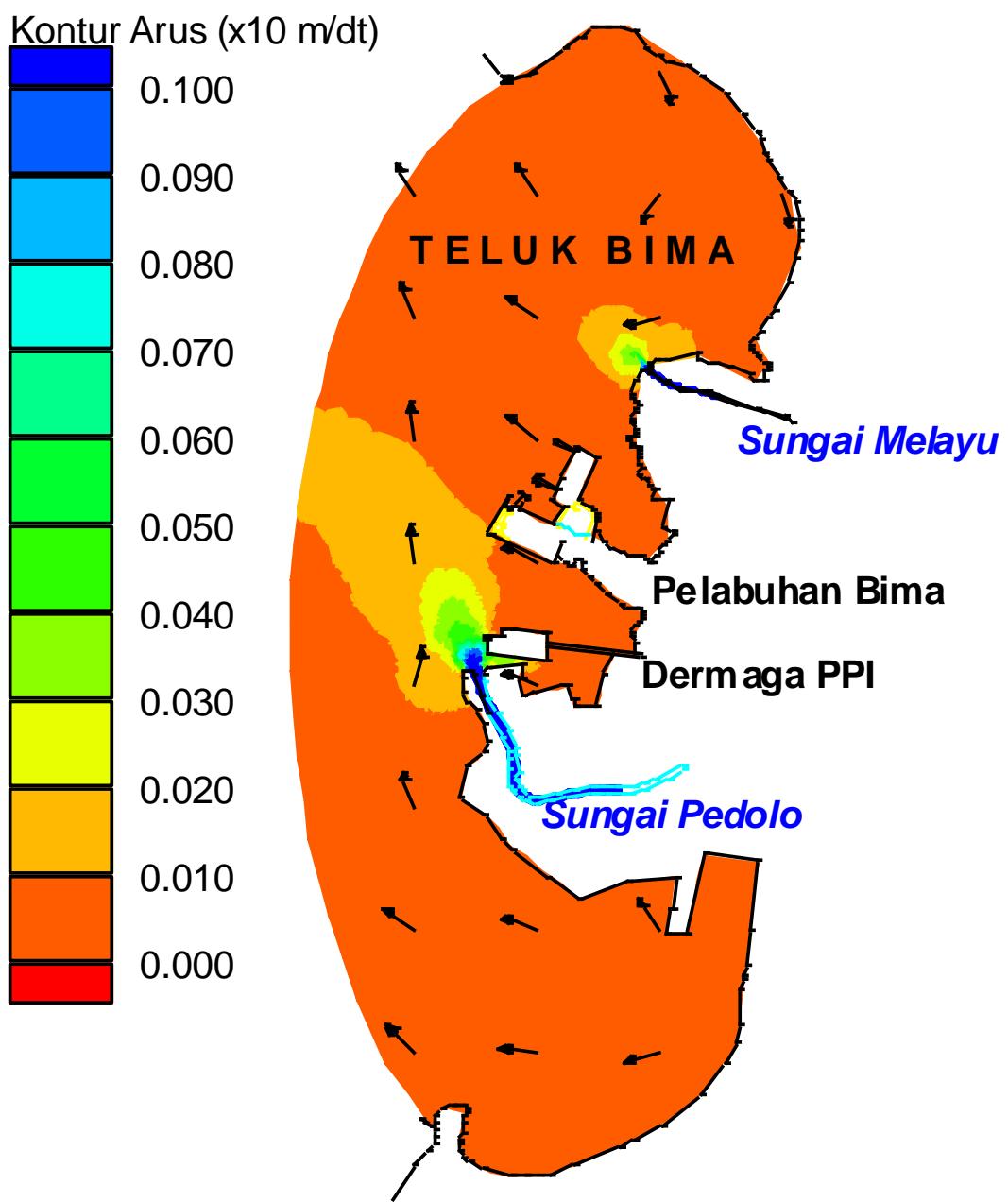
Gambar 5.25 Kondisi sedimentasi di perairan Ampenan dengan inputan Q25.



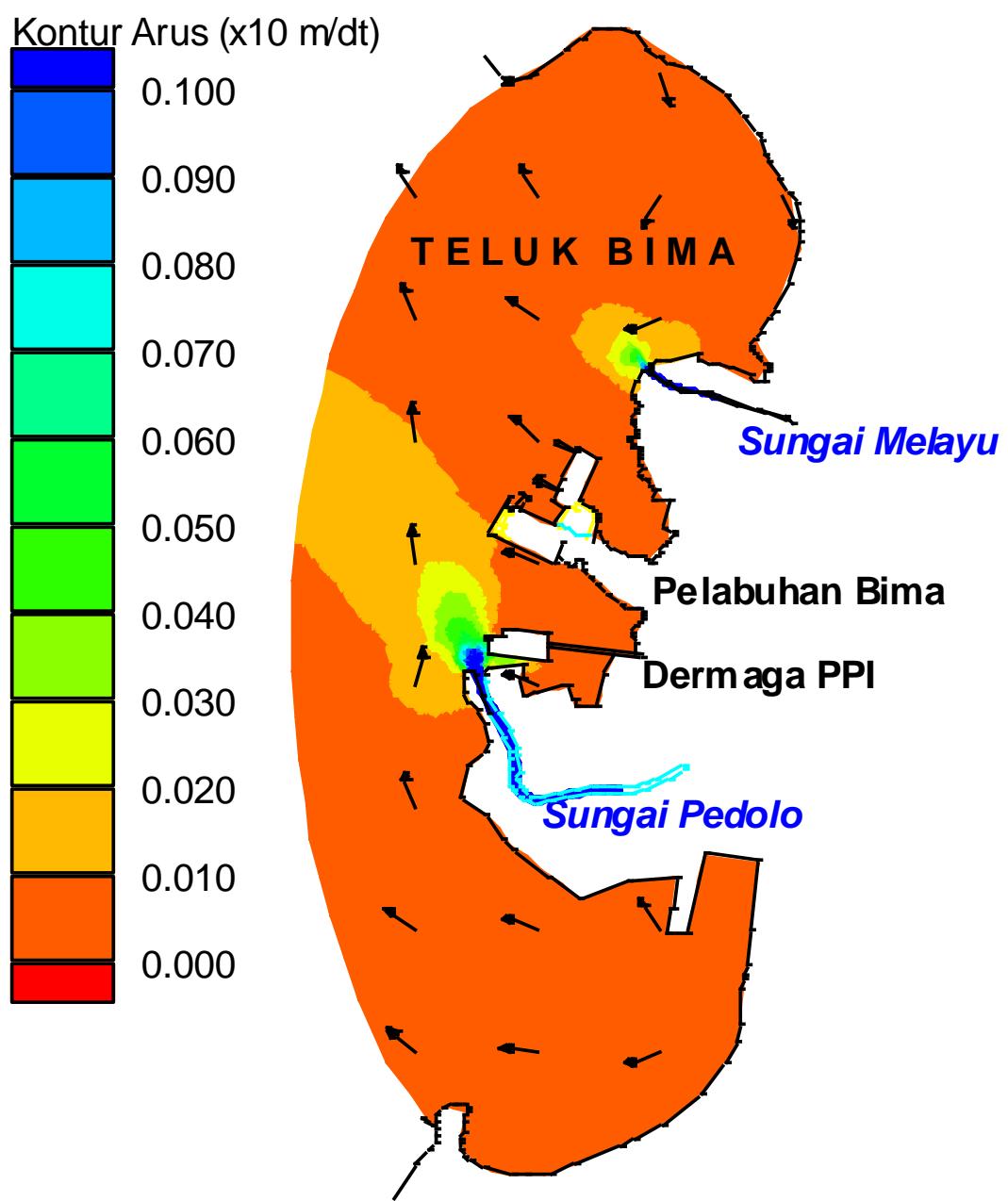
Gambar 5.26 Kondisi sedimentasi di perairan Ampenan dengan inputan Q50.



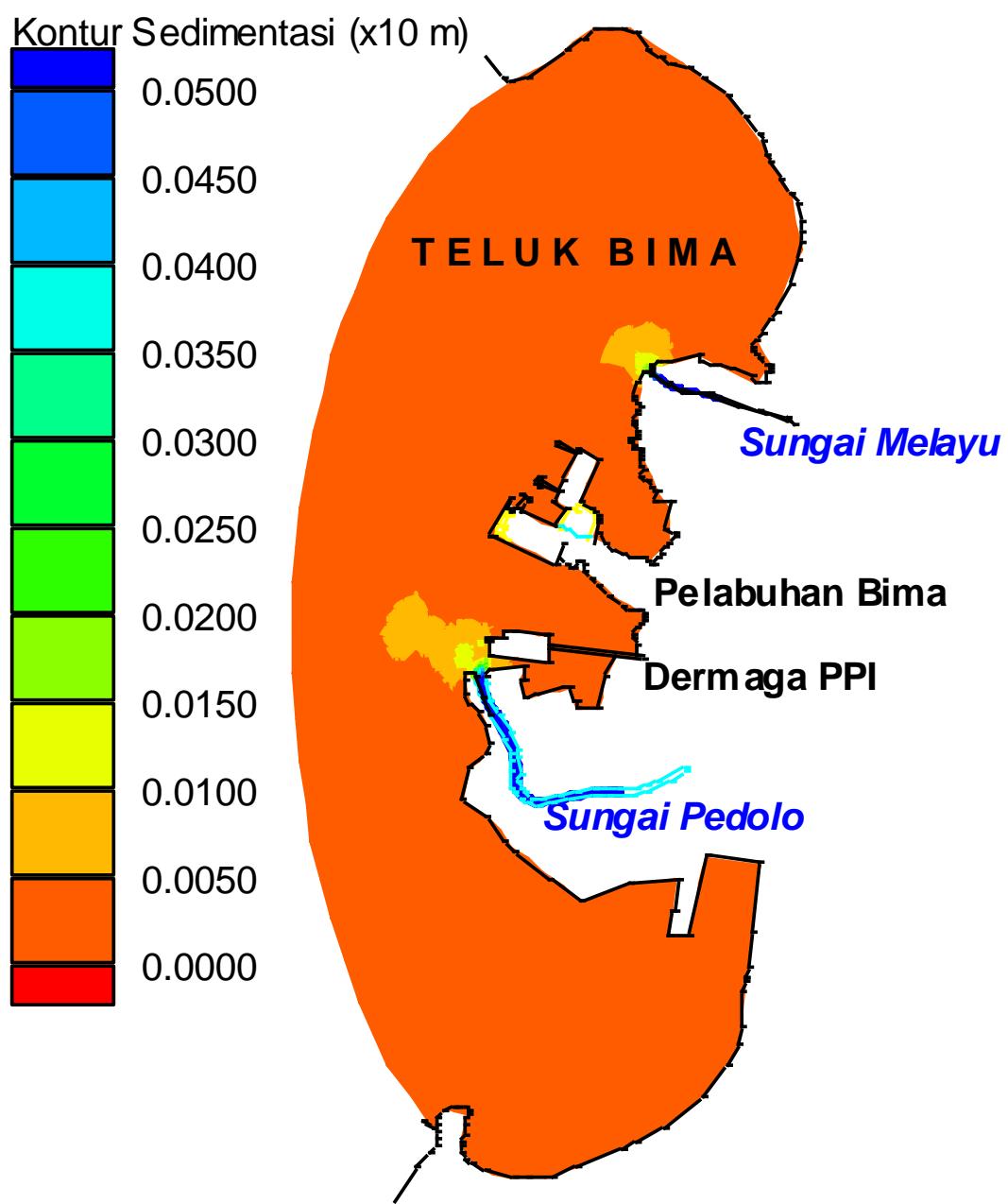
Gambar 5.27 Kondisi arus eksisting di perairan Bima dengan inputan Q5.



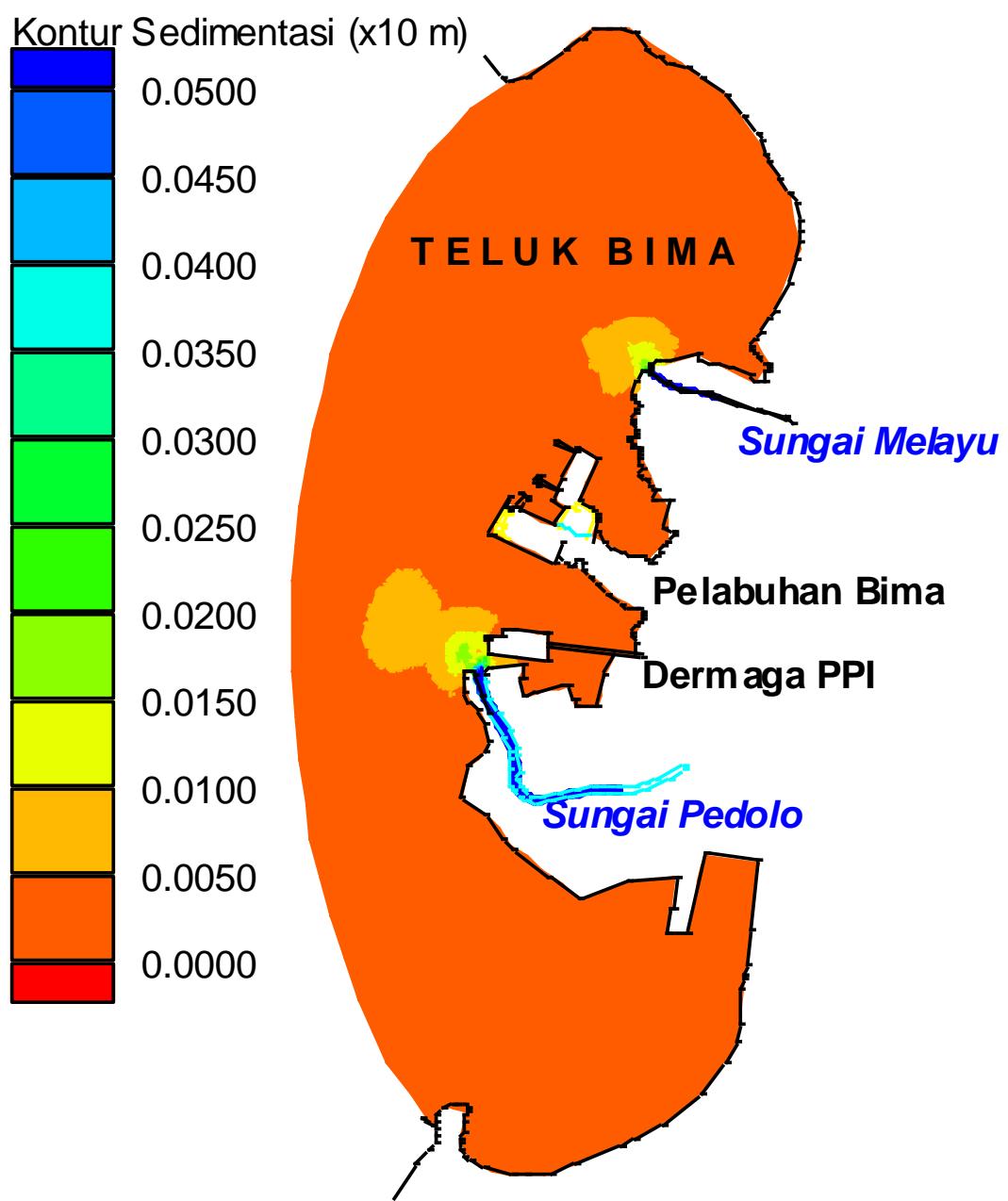
Gambar 5.28 Kondisi arus eksisting di perairan Bima dengan inputan Q25.



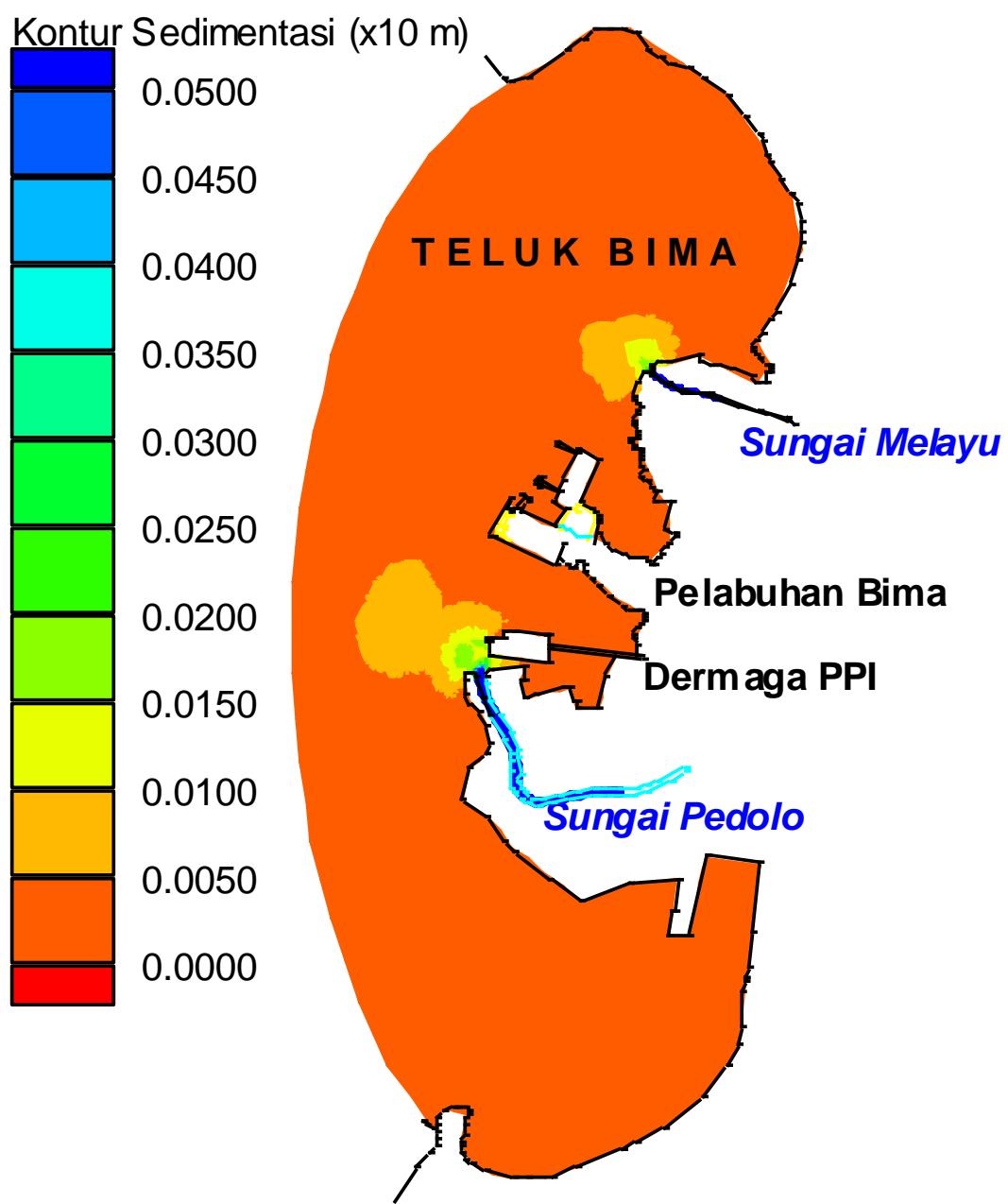
Gambar 5.29 Kondisi arus eksisting di perairan Bima dengan inputan Q50.



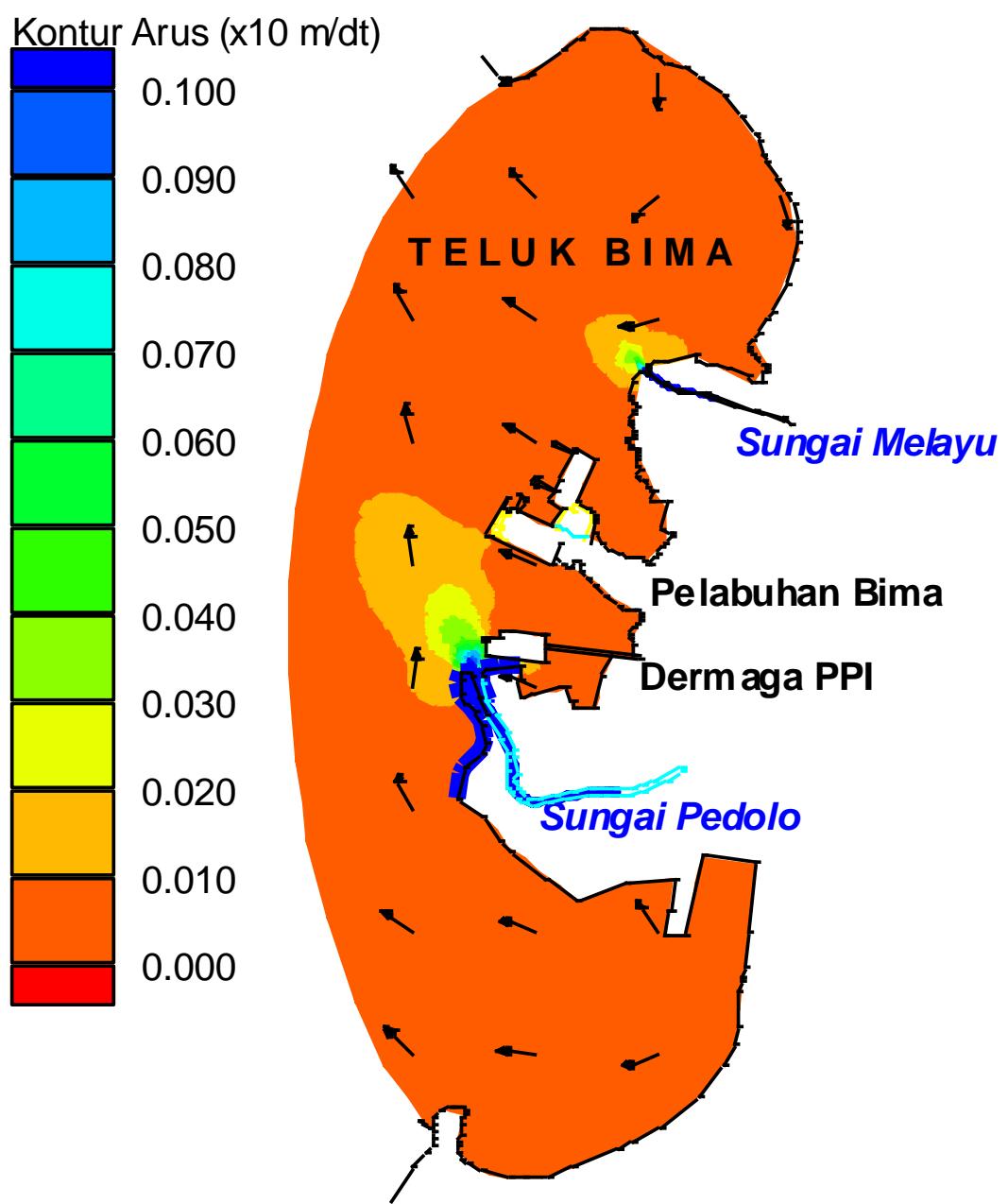
Gambar 5.30 Kondisi sedimentasi eksisting di perairan Bima dengan inputan Q5.



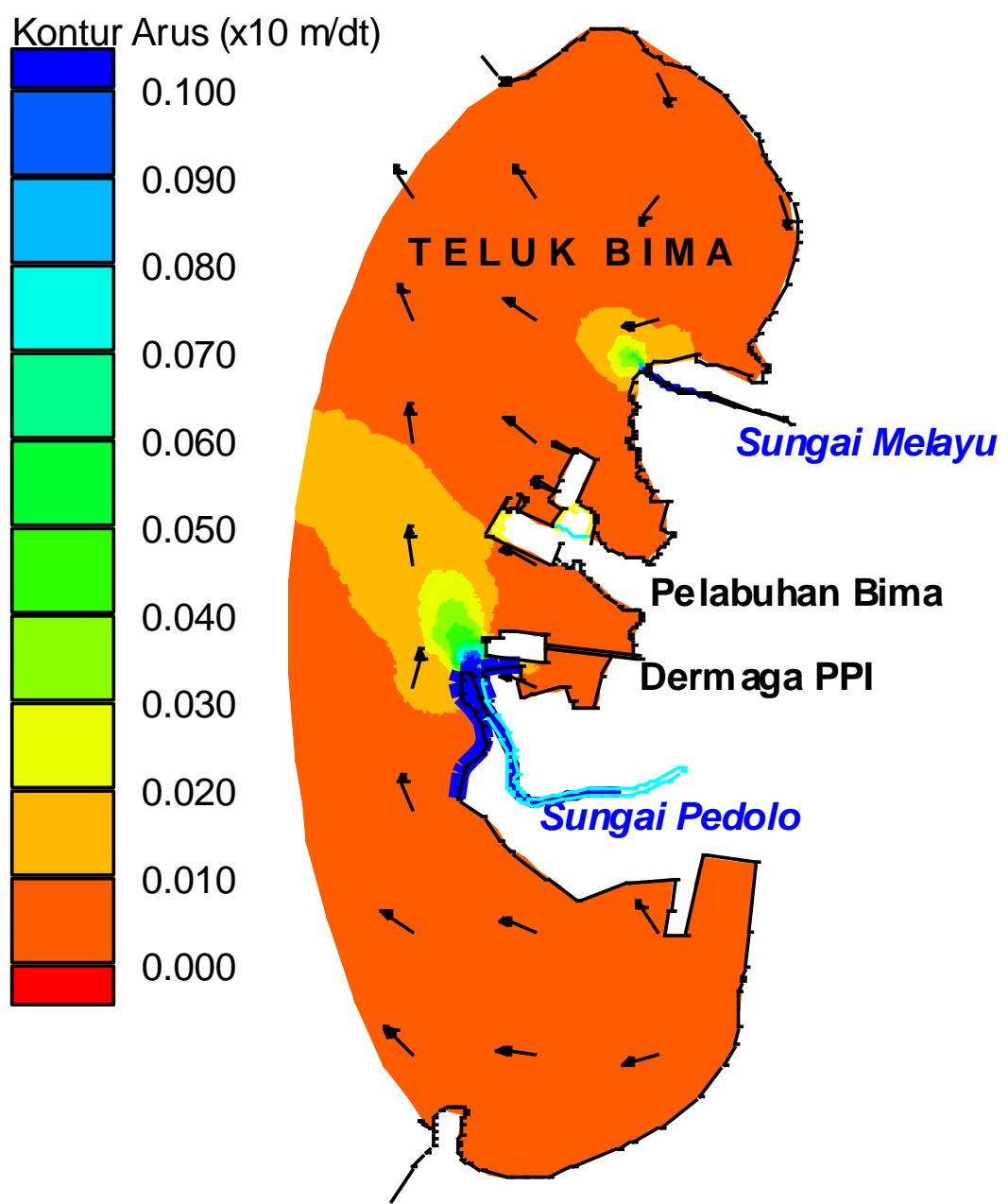
Gambar 5.31 Kondisi sedimentasi eksisting di perairan Bima dengan inputan Q25.



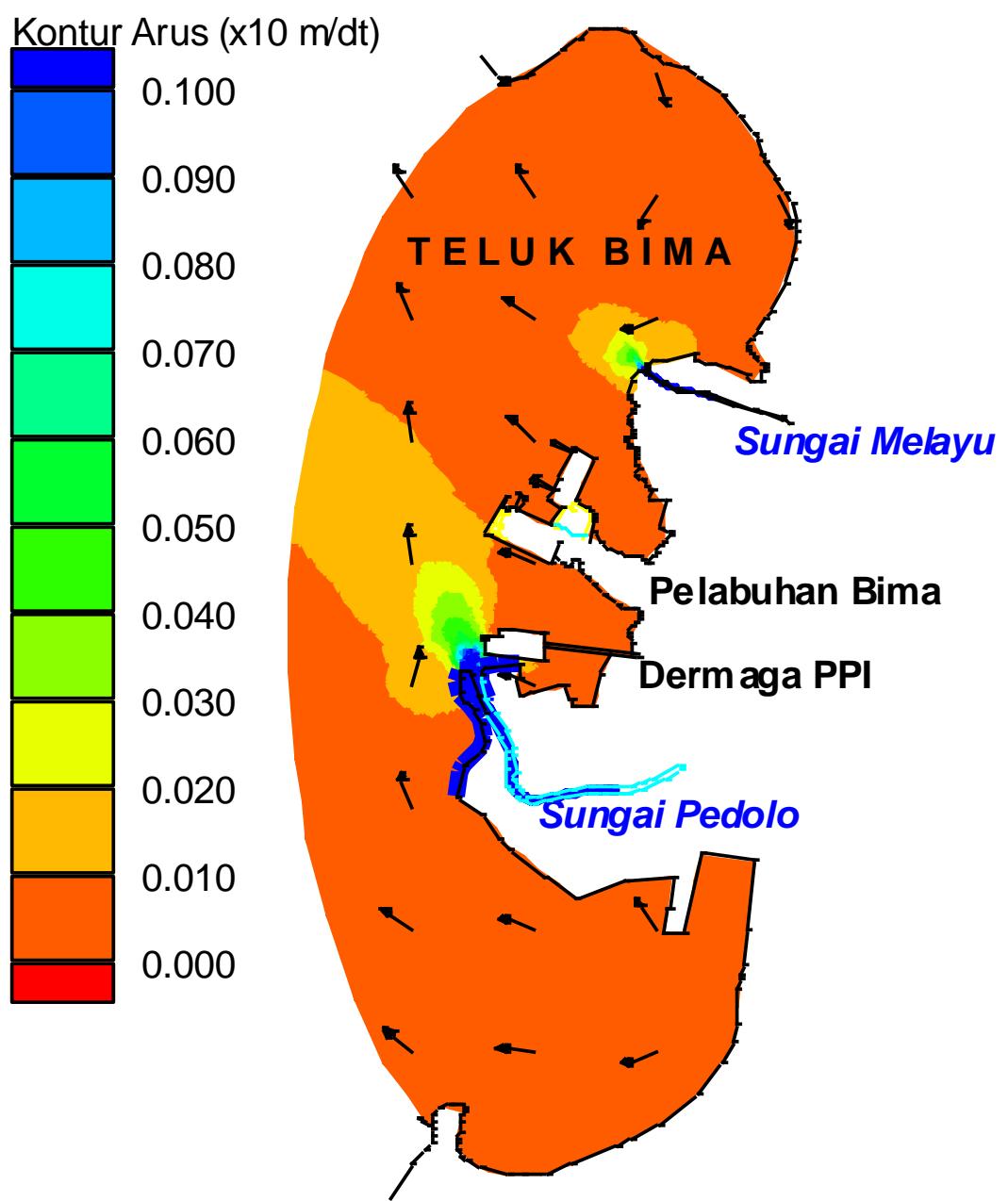
Gambar 5.32 Kondisi sedimentasi eksisting di perairan Bima dengan inputan Q50.



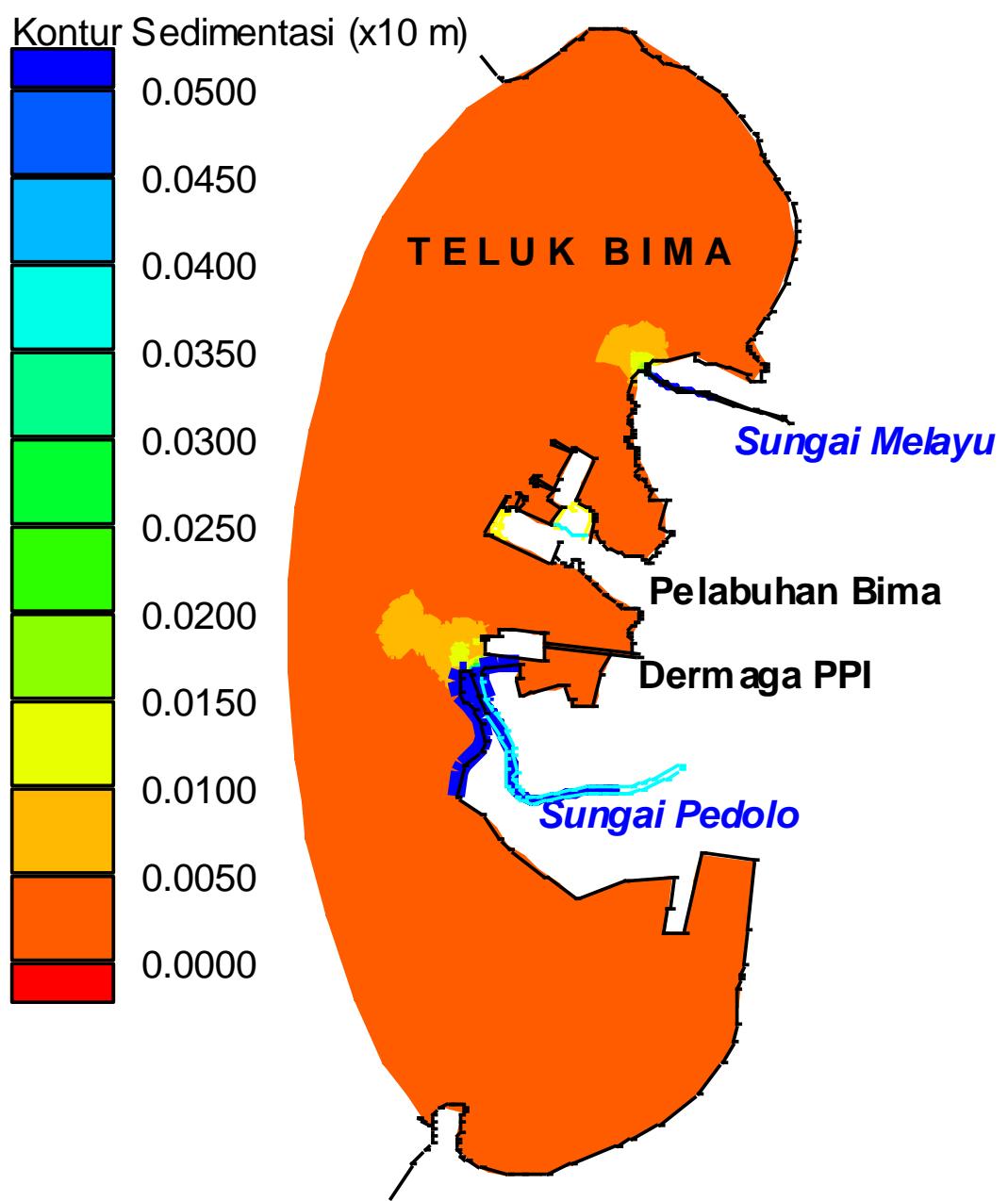
Gambar 5.33 Kondisi arus alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q5.



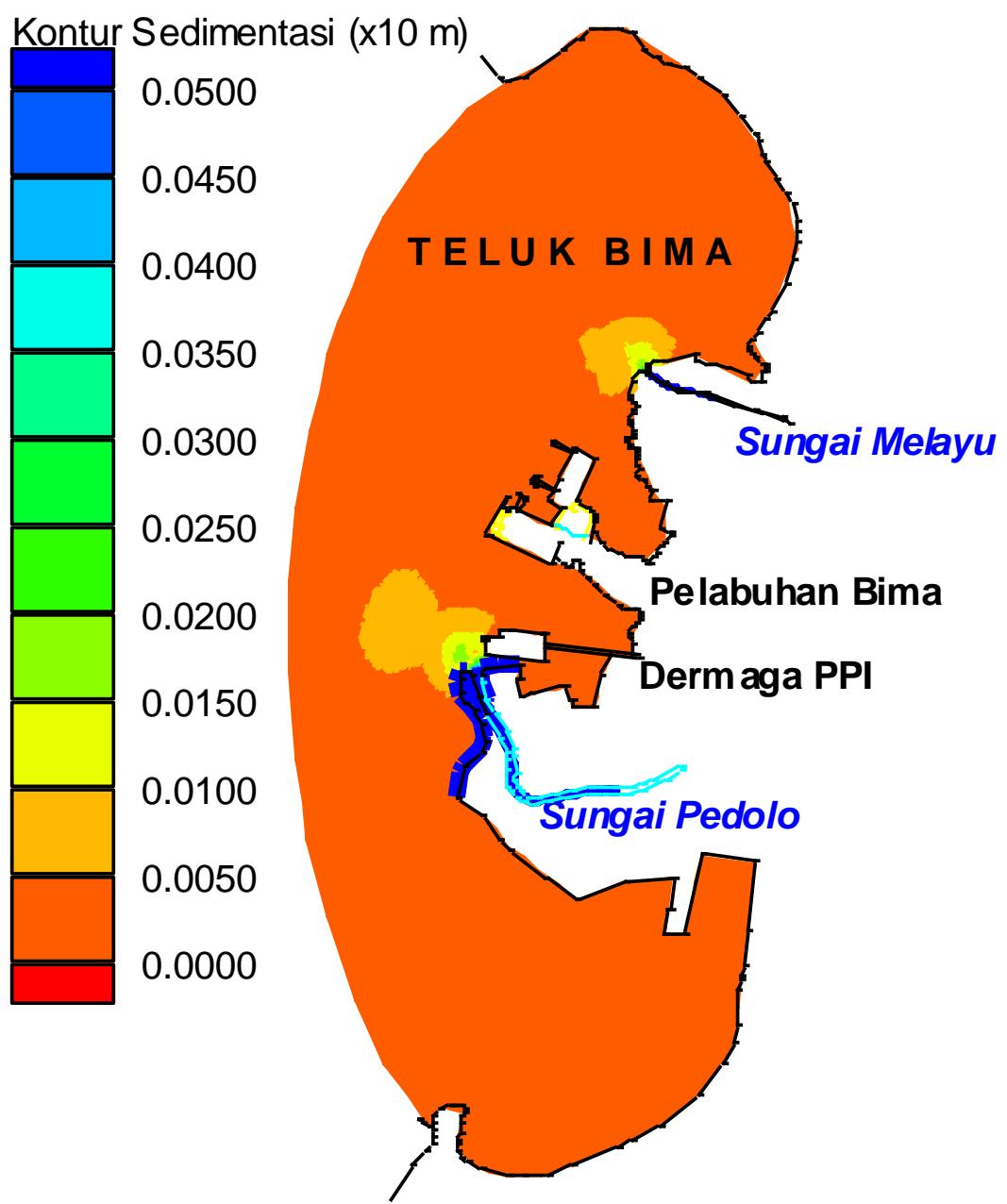
Gambar 5.34 Kondisi arus alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q25.



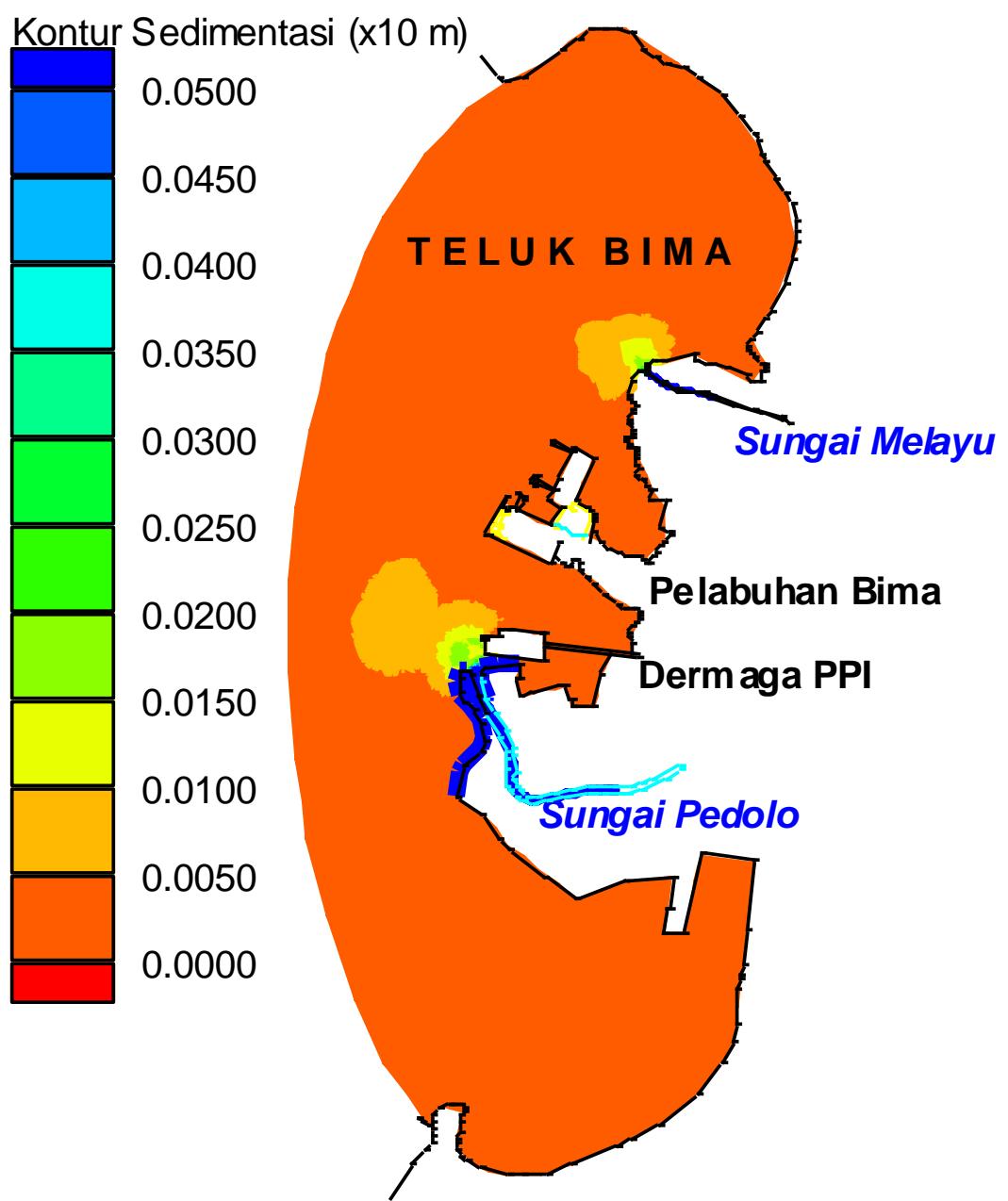
Gambar 5.35 Kondisi arus alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q50.



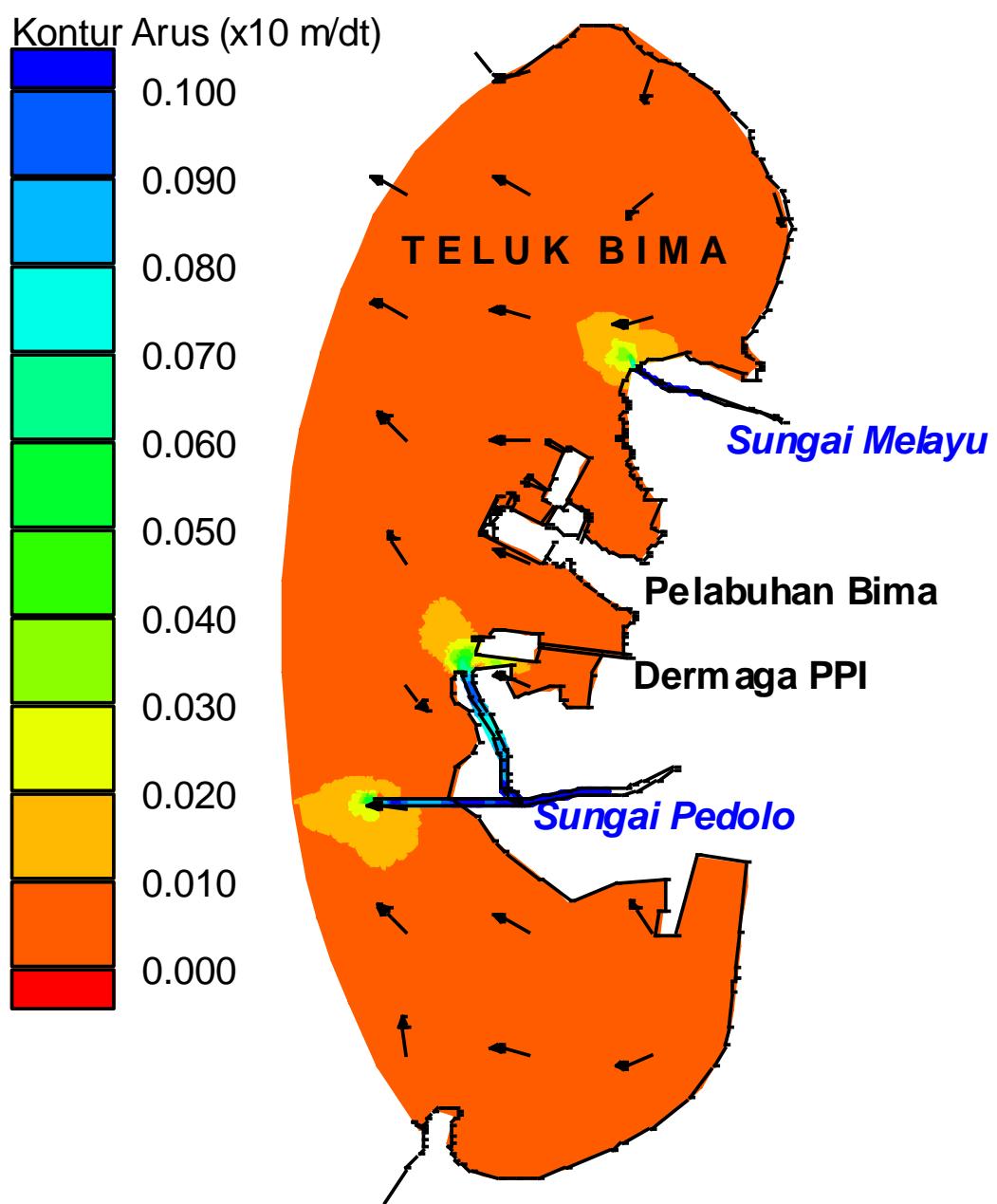
Gambar 5.36 Kondisi sedimentasi alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q5.



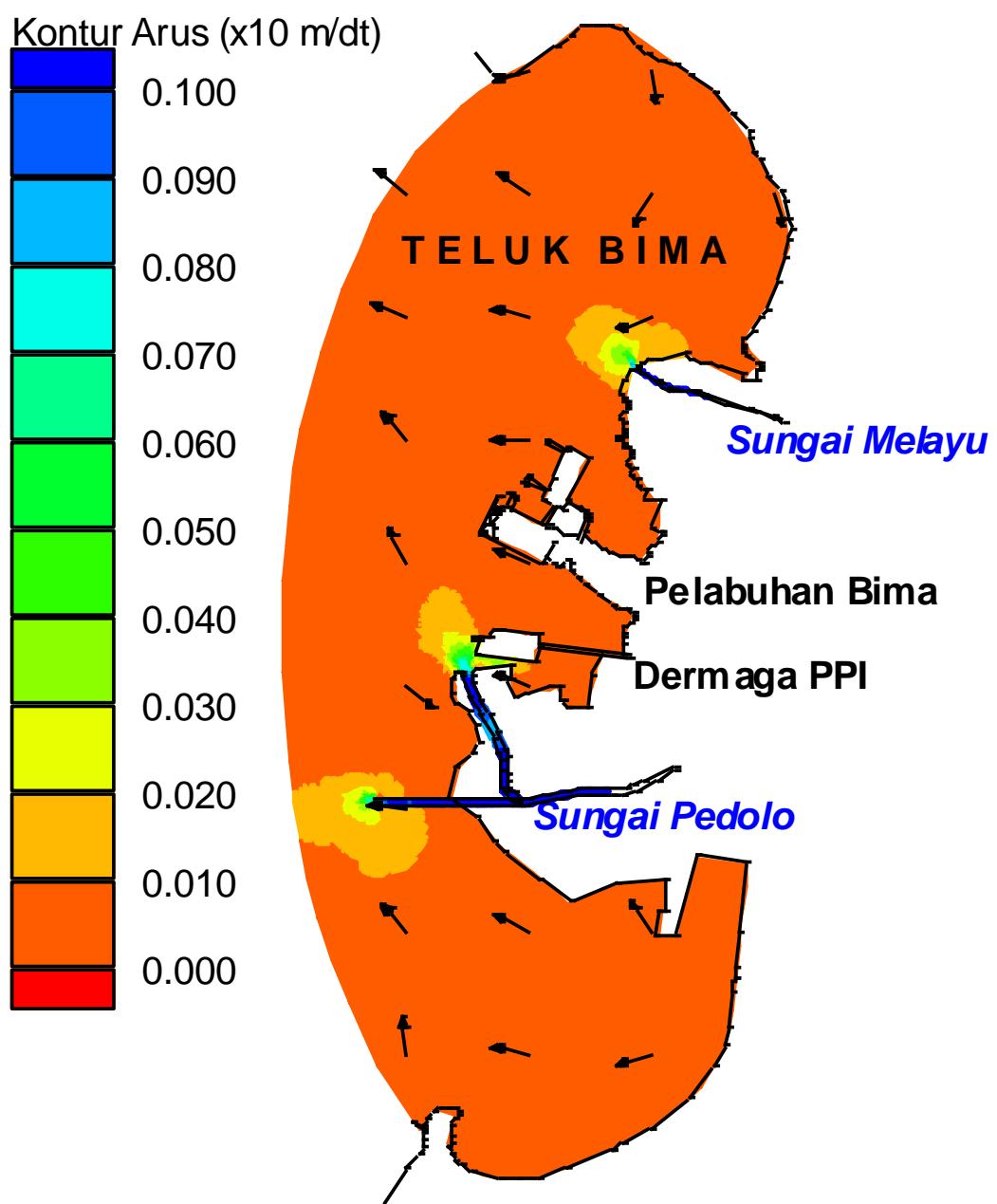
Gambar 5.37 Kondisi sedimentasi alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q25.



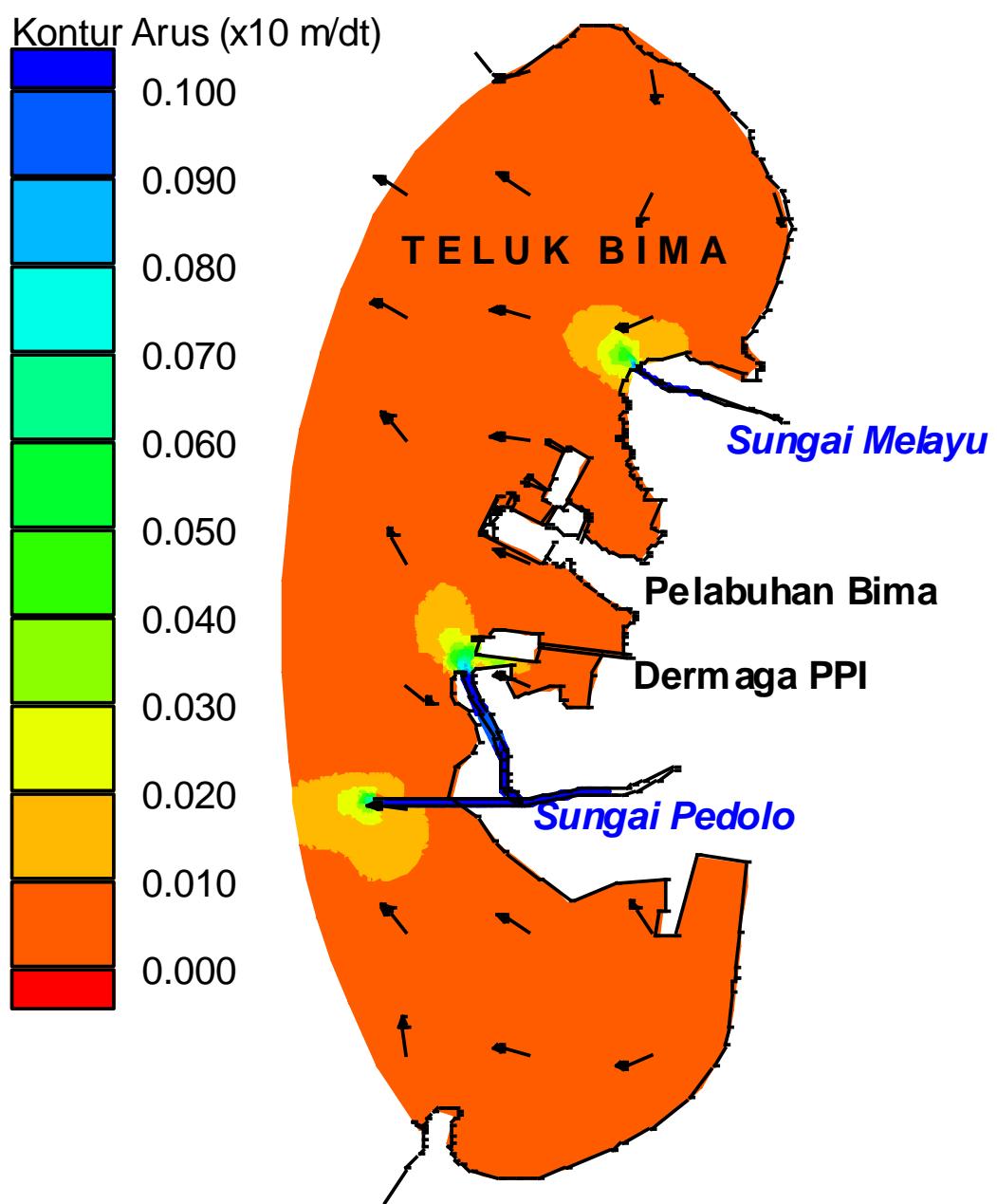
Gambar 5.38 Kondisi sedimentasi alternatif revetment di perairan Bima dengan inputan Q50.



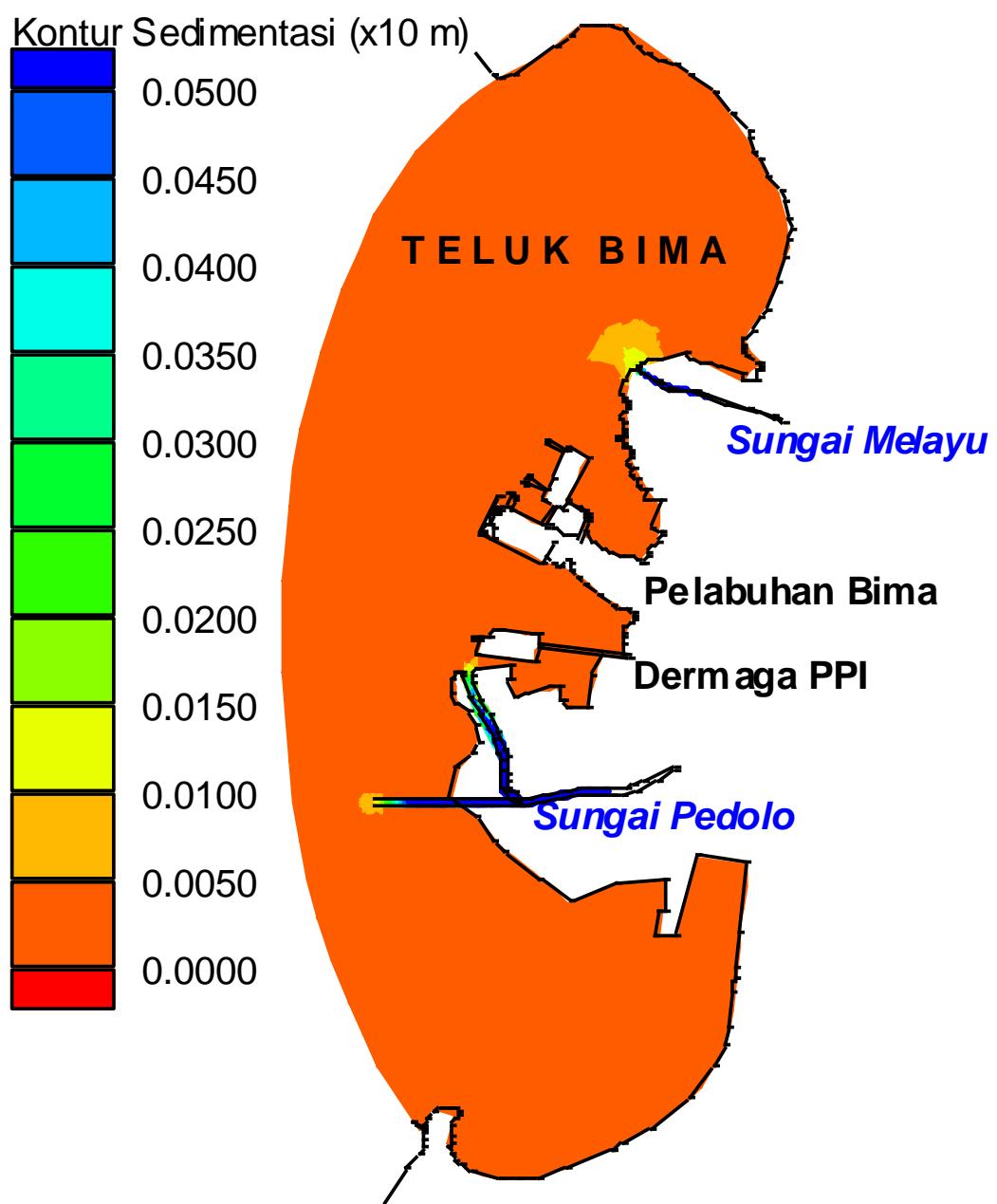
Gambar 5.39 Kondisi arus alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q5.



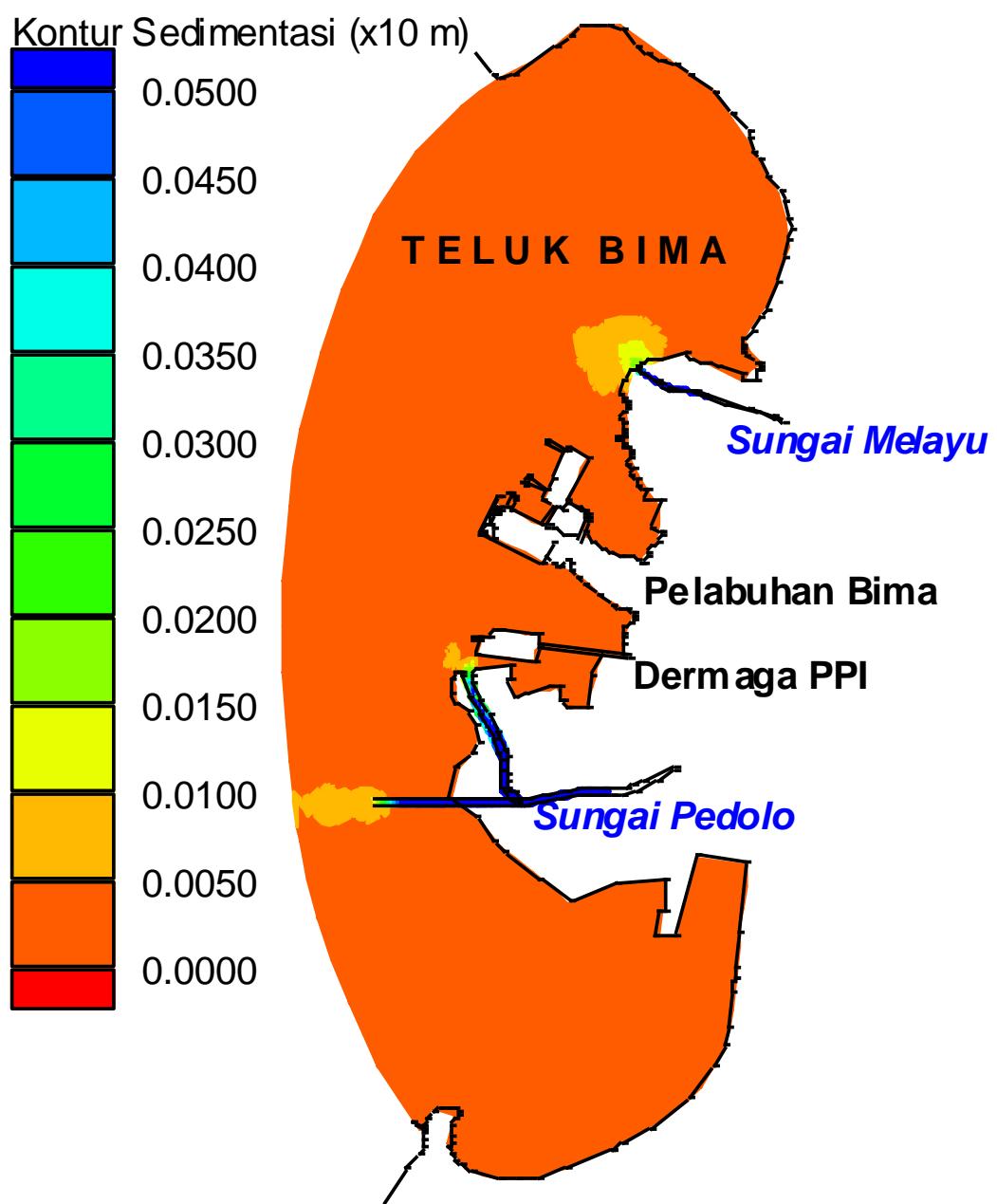
Gambar 5.40 Kondisi arus alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q25.



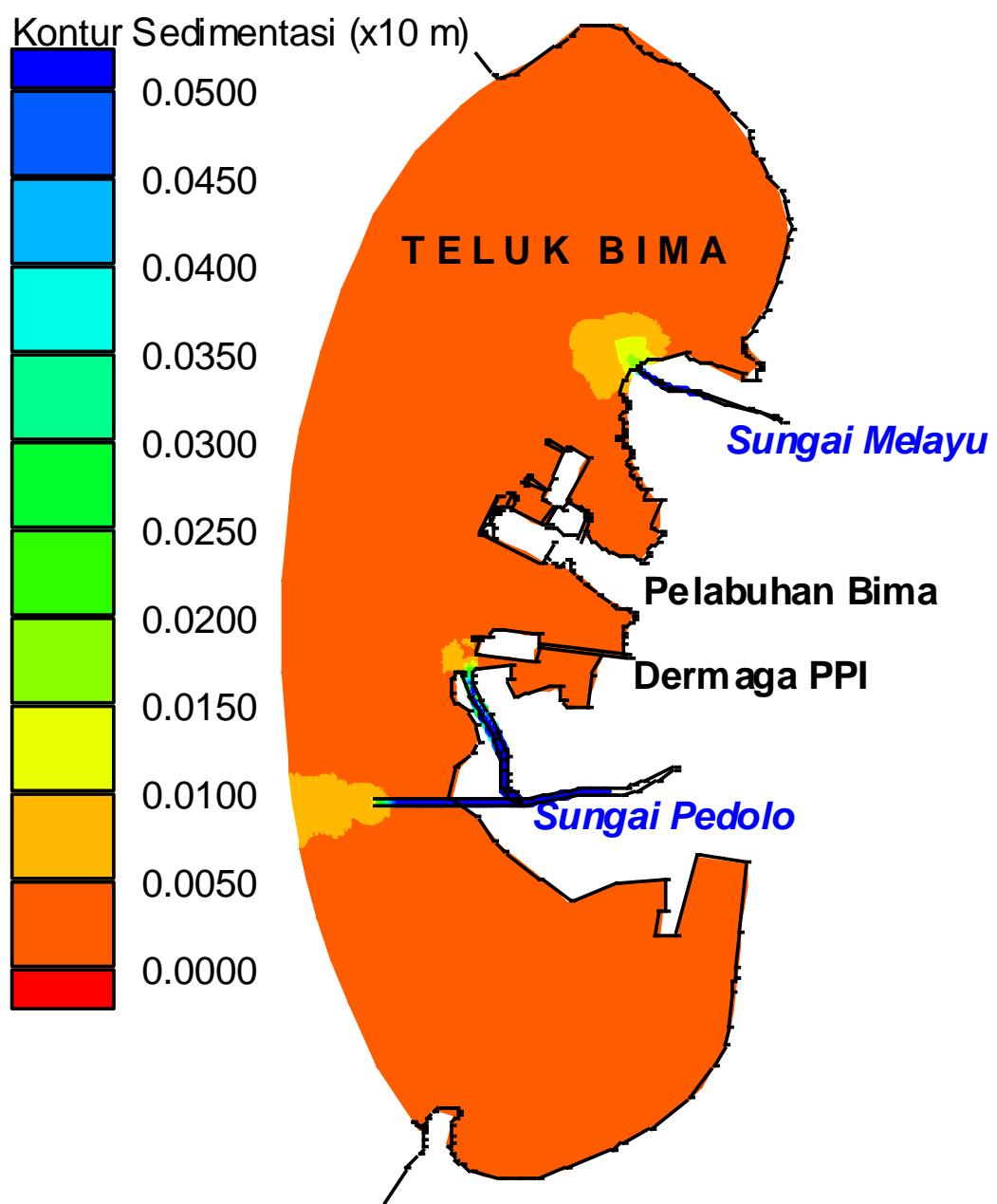
Gambar 5.41 Kondisi arus alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q50.



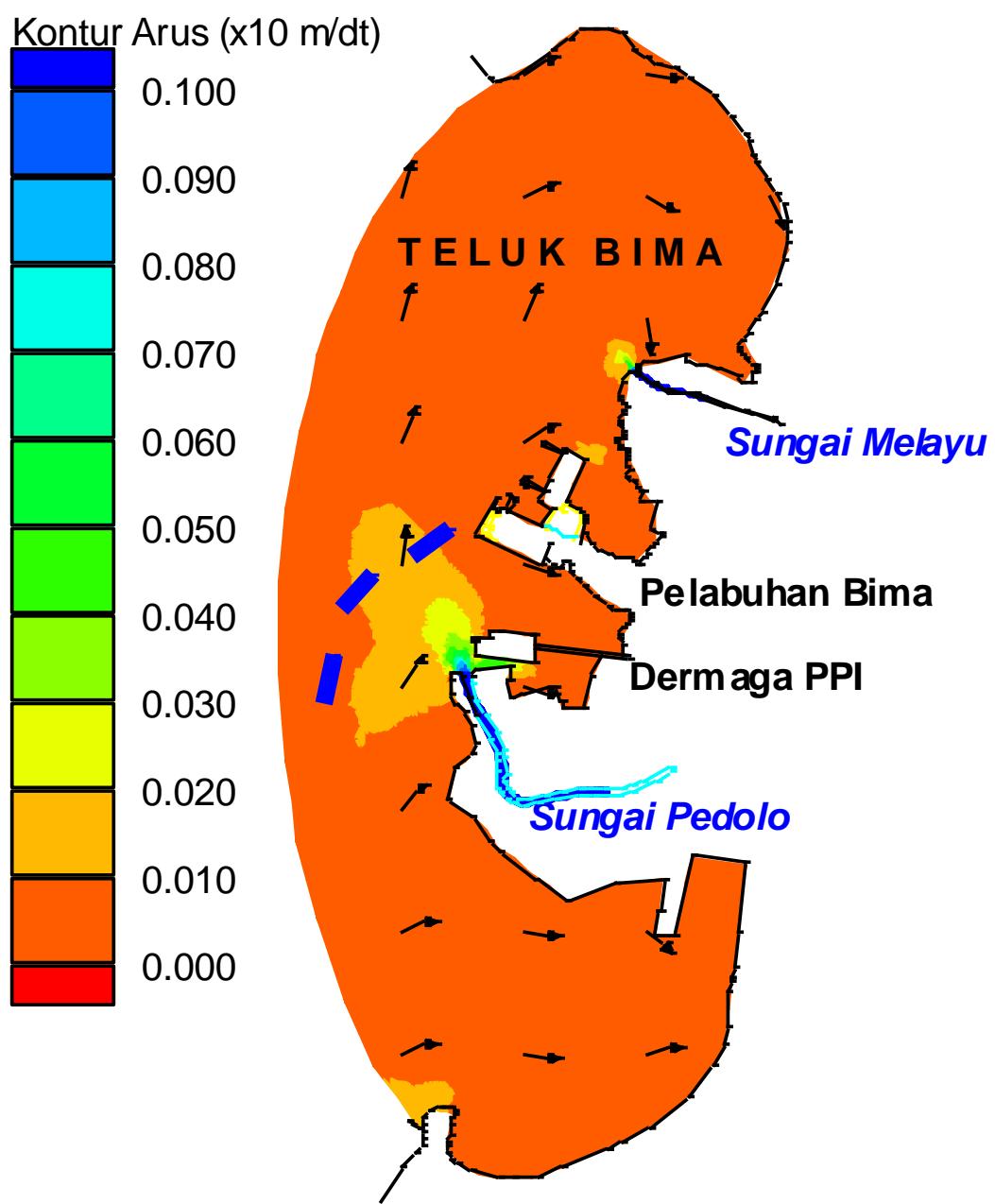
Gambar 5.42 Kondisi sedimentasi alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q5.



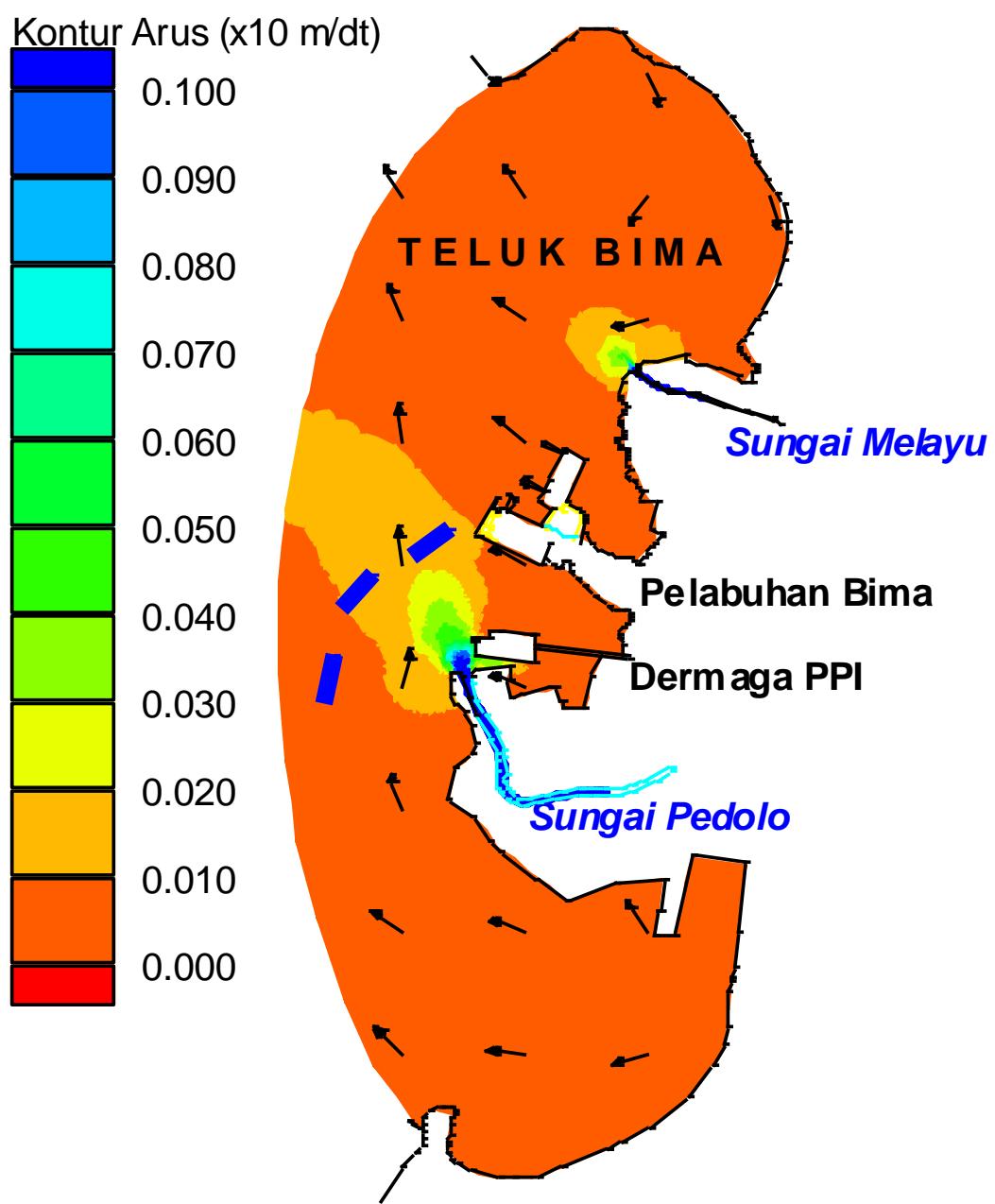
Gambar 5.43 Kondisi sedimentasi alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q25.



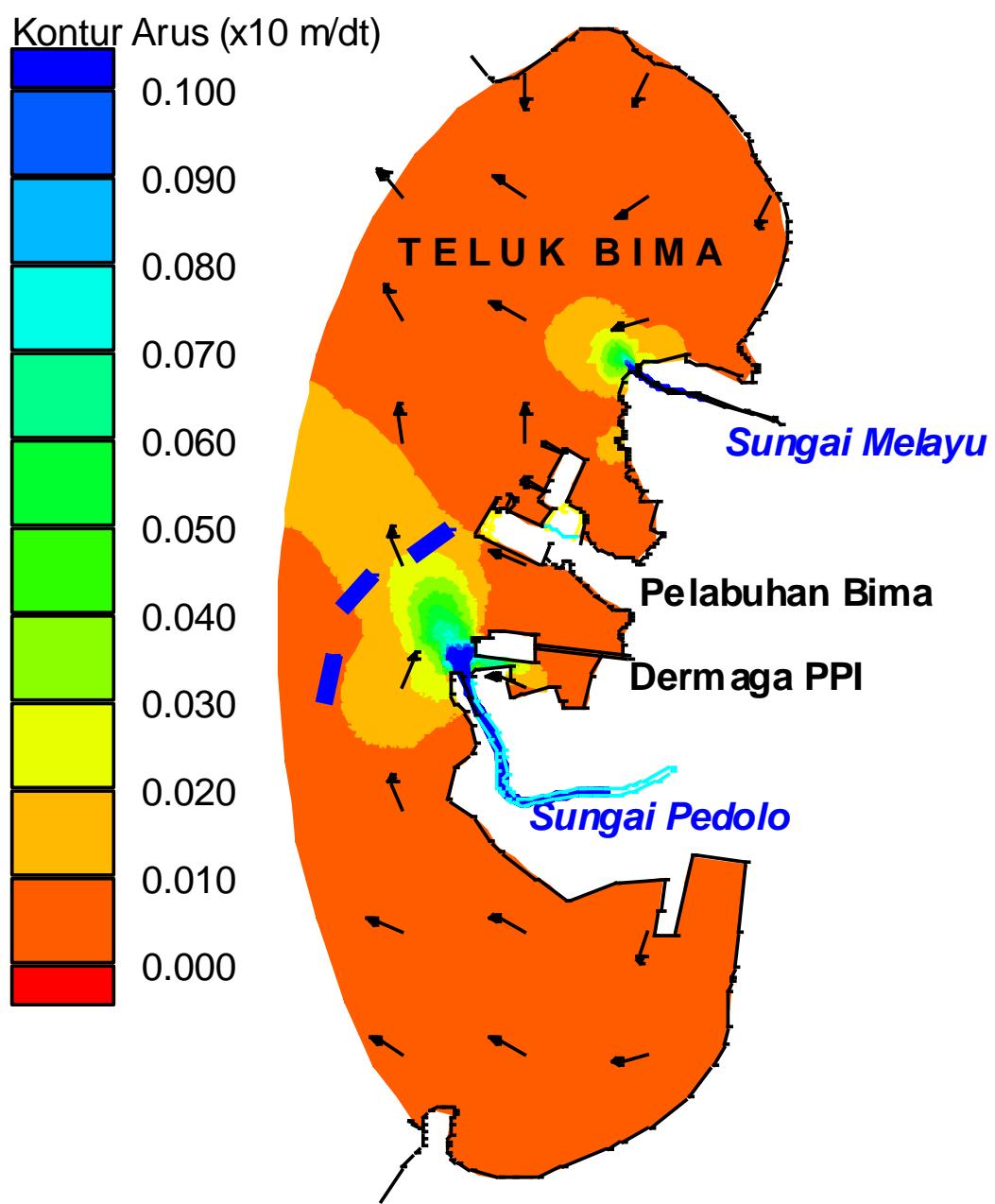
Gambar 5.44 Kondisi sedimentasi alternatif jetty di perairan Bima dengan inputan Q50.



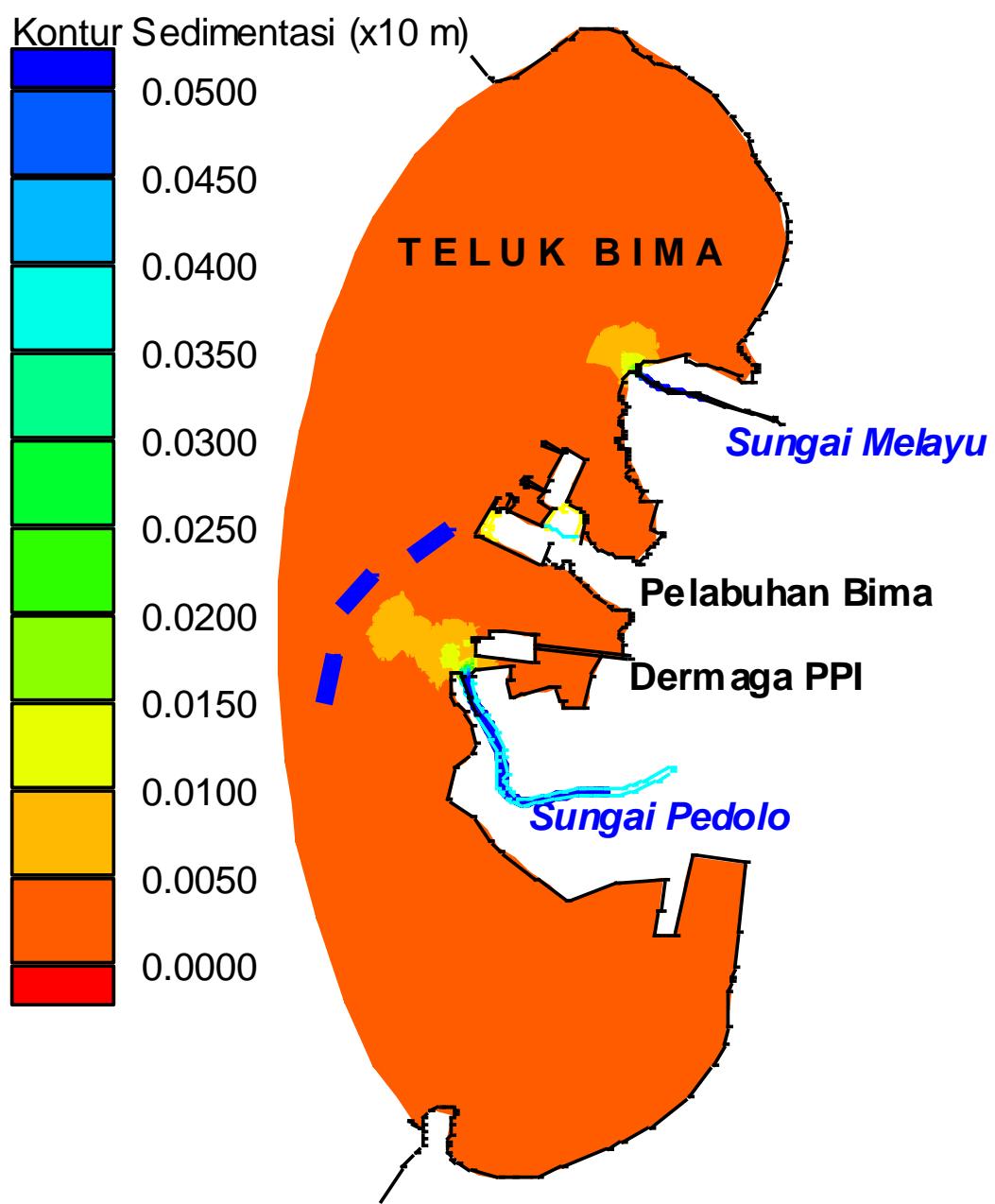
Gambar 5.45 Kondisi arus alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q5.



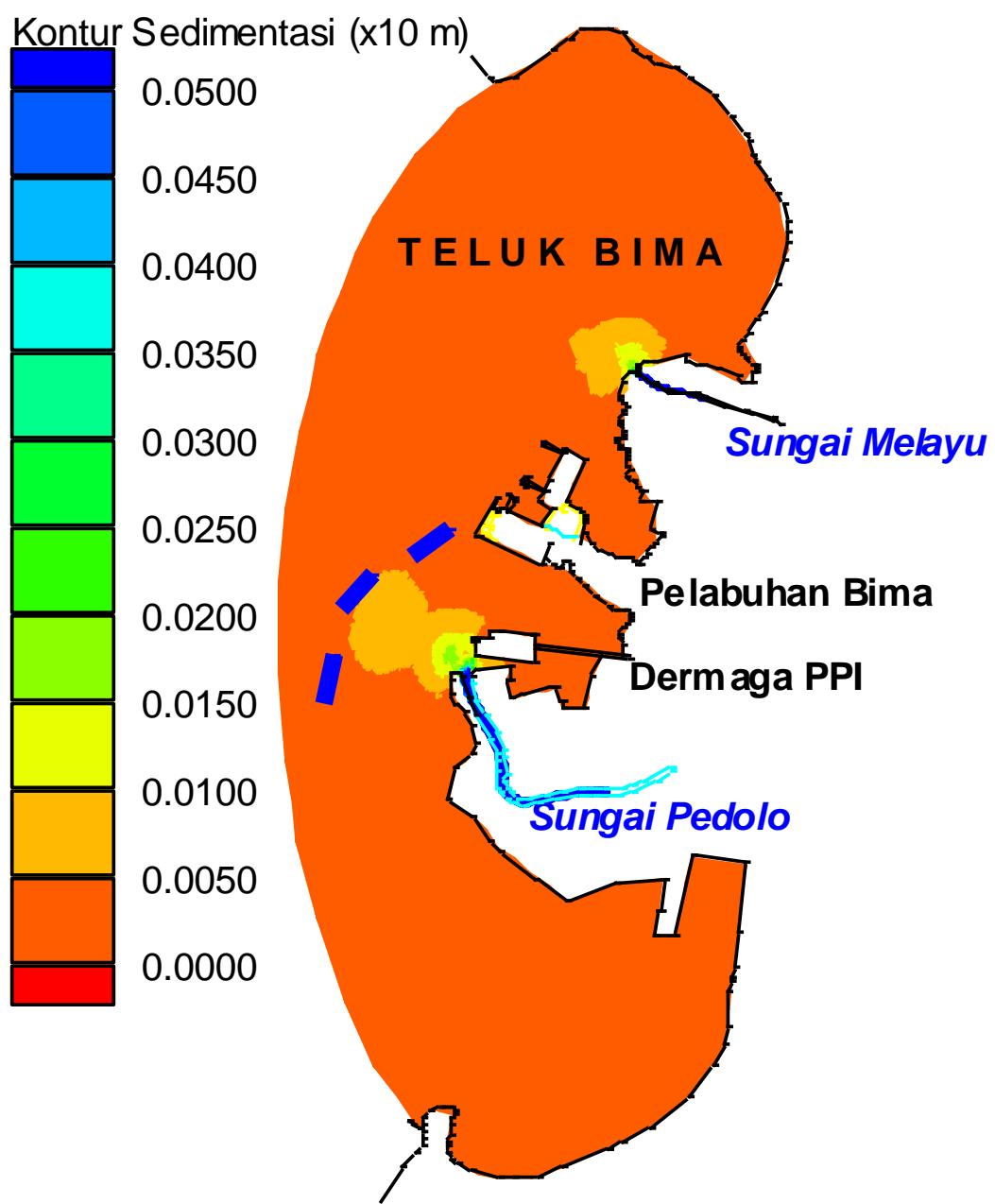
Gambar 5.46 Kondisi arus alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q25.



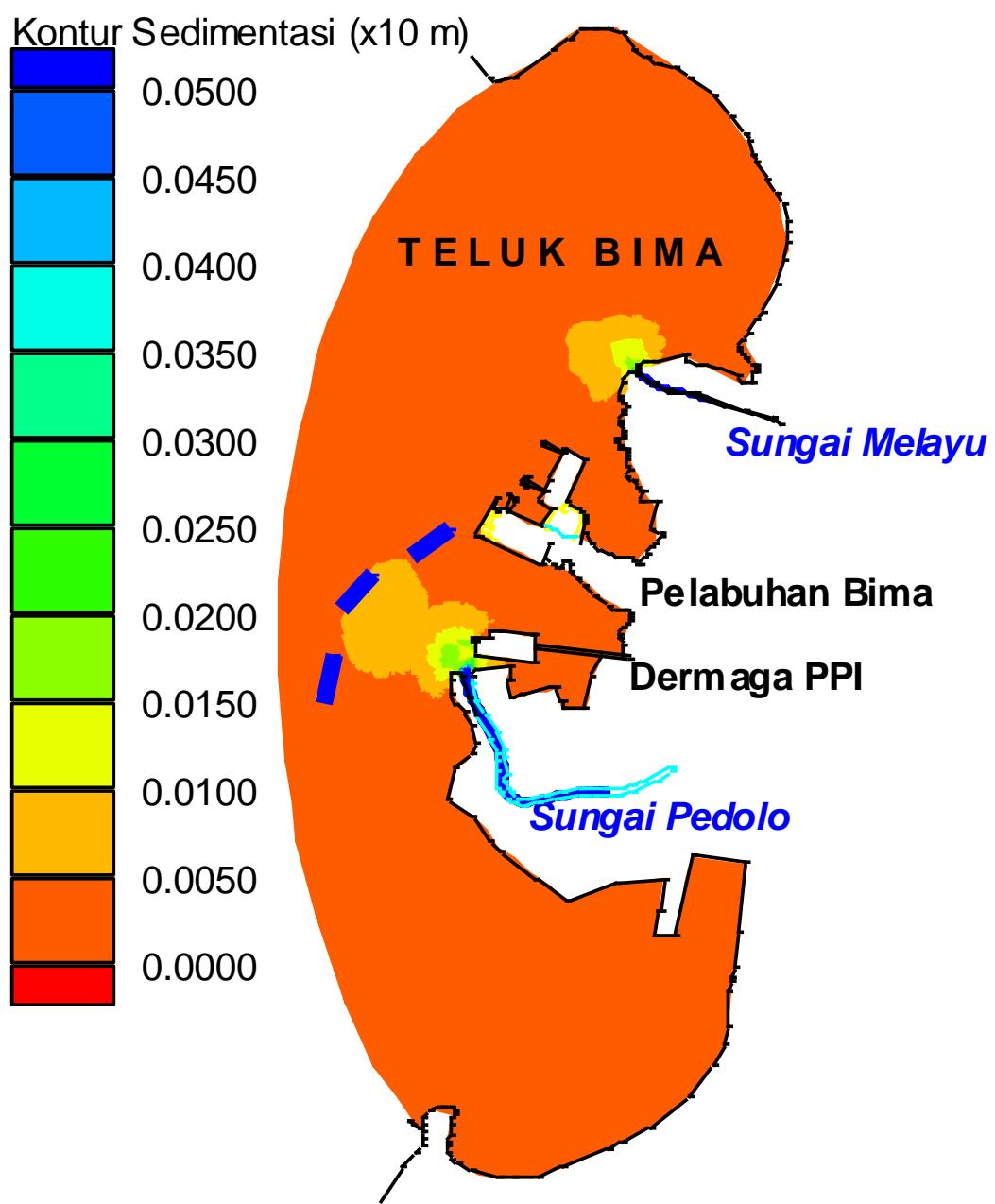
Gambar 5.47 Kondisi arus alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q50.



Gambar 5.48 Kondisi sedimentasi alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q5.



Gambar 5.49 Kondisi sedimentasi alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q25.



Gambar 5.50 Kondisi sedimentasi alternatif breakwater di perairan Bima dengan inputan Q50.

Dari hasil pemodelan Pantai Gatep diperoleh informasi sebagai berikut:

1. Alternatif 1 terdiri dari pemasangan revetment. Revetment ditempatkan di sepanjang Pantai Gatep hingga Pertamina sekitar 2 km. Hasil yang ditunjukkan abrasi teratasi tetapi tidak menambah daratan.
2. Alternatif 2 berupa struktur seri Breakwater. Breakwater di tempatkan pada elevasi – 3 m dimana panjang Breakwater 100 m dan jarak antara breakwater 30 m. Hasil yang ditunjukkan adalah adanya pengurangan erosi pantai, akan tetapi masih ada kemungkinan abrasi di sela-sela Breakwater.
3. Alternatif 3 berupa struktur seri breakwater dan Revetment. Breakwater di tempatkan pada elevasi – 3 m dimana panjang Breakwater 100 m dan jarak antara breakwater 30 m. Hasil yang ditunjukkan terjadi penambahan jumlah pasir pantai walaupun dalam jangka waktu relatif lama dan abrasi pada daerah pantai teratasi.
4. Alternatif 4 berupa struktur seri groin. Penempatan groin di 13 titik lokasi, dimana panjang groin 50 m dengan jarak antar groin 100 m. Hasilnya, satu sisi groin dapat menangkap sedimen pasir tetapi sisi lainnya terjadi abrasi.
5. Alternatif 5 berupa struktur seri groin dan revetment. Penempatan groin di 13 titik lokasi, dimana panjang groin 50 m dengan jarak antar groin 100 m dan revetment sepanjang 2 km. Hasilnya terjadi penangkapan sedimen tetapi tidak ada abrasi.

Dari hasil pemodelan Pantai Bintaro (Pura Segare) diperoleh informasi sebagai berikut:

1. Alternatif 1 terdiri dari pemasangan revetment. Revetment ditempatkan di sepanjang Pertamina hingga Pura Segare sekitar 1 km. Hasil yang ditunjukkan abrasi teratasi tetapi tidak menambah daratan.
2. Alternatif 2 berupa struktur seri Breakwater. Breakwater di tempatkan pada elevasi – 3 m dimana panjang Breakwater 100 m dan jarak antara breakwater 30 m. Hasil yang ditunjukkan adalah adanya pengurangan erosi pantai, akan tetapi masih ada kemungkinan abrasi di sela-sela antar Breakwater.
3. Alternatif 3 berupa struktur seri breakwater dan revetment. Revetment ditempatkan di sepanjang Pertamina hingga Pura Segare sekitar 1 km. Breakwater di tempatkan pada elevasi – 3 m dimana panjang Breakwater 100 m dan jarak antara breakwater 30 m. Hasil yang ditunjukkan terjadi penambahan jumlah pasir pantai walaupun dalam jangka waktu relatif lama dan abrasi pada daerah pantai teratasi.

4. Alternatif 4 berupa struktur seri groin. Penempatan groin di 5 titik lokasi, dimana panjang groin 50 m dengan jarak antar groin 100 m. Hasilnya, satu sisi groin dapat menangkap sedimen pasir tetapi sisi lainnya terjadi abrasi.
5. Alternatif 5 berupa struktur seri groin dan revetment. Penempatan groin di 5 titik lokasi, dimana panjang groin 50 m dengan jarak antar groin 100 m dan revetment sepanjang 1 km. Hasilnya terjadi penangkapan sedimen tetapi tidak ada abrasi.

Dari hasil pemodelan Pantai Bima diperoleh informasi sebagai berikut:

1. Alternatif 1 terdiri dari pemasangan revetment. Revetment ditempatkan di sepanjang Muara Sungai Pedolo sepanjang 600m. Hasil yang ditunjukkan permasalahan banjir masih terjadi karena pendangkalan muara masih ada.
2. Alternatif 2 berupa struktur jetty. Penempatan jetty di tempatkan di Selatan Muara Sungai Pedolo saat ini, banjir relatif bisa teratasi karena aliran sungai relatif lancar sampai ke muara.
3. Alternatif 3 berupa struktur seri breakwater. Breakwater di tempatkan pada elevasi – 3 m dimana panjang Breakwater 120 m dan jarak antara breakwater 60 m Hasil yang ditunjukkan permasalahan banjir masih terjadi karena pendangkalan muara masih ada.

5.3.3 Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif ini akan dilakukan dengan cara memberikan penilaian dan bobot terhadap masing masing alternatif sesuai dengan berbagai parameter yang ditinjau. Alternatif yang memiliki hasil bobot dan nilai yang paling besarlah yang merupakan alternatif terpilih.

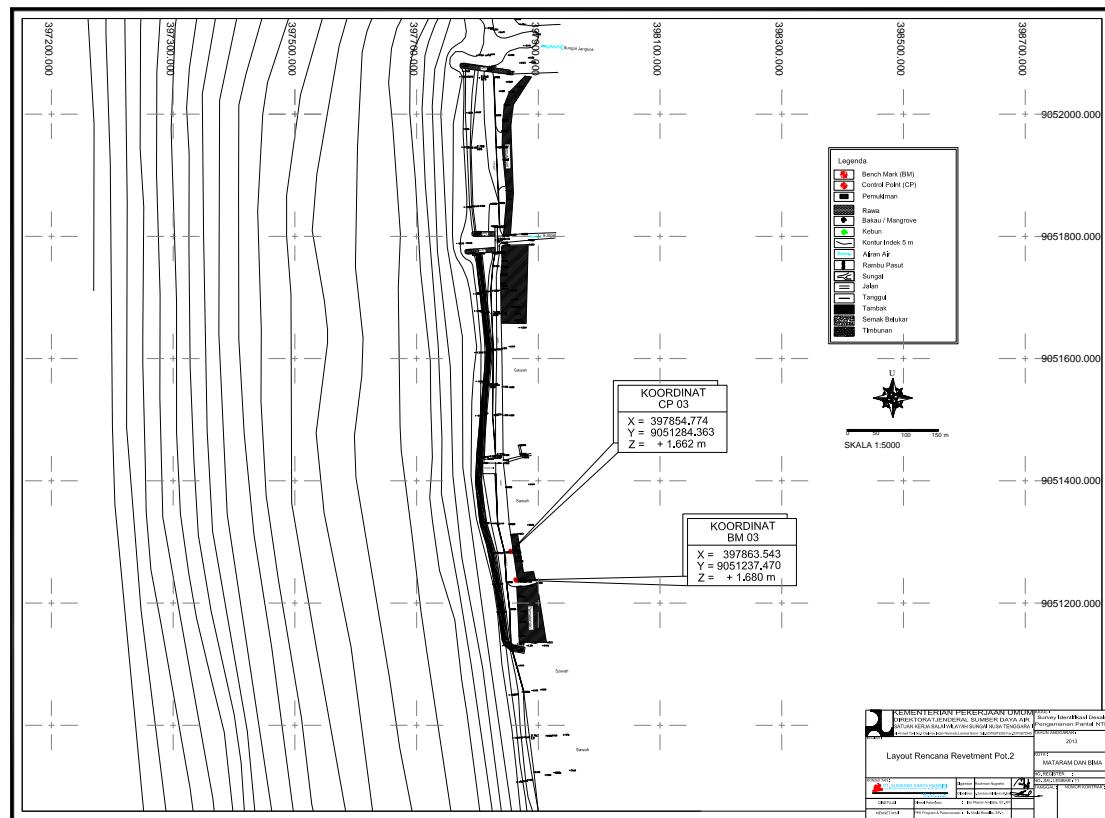
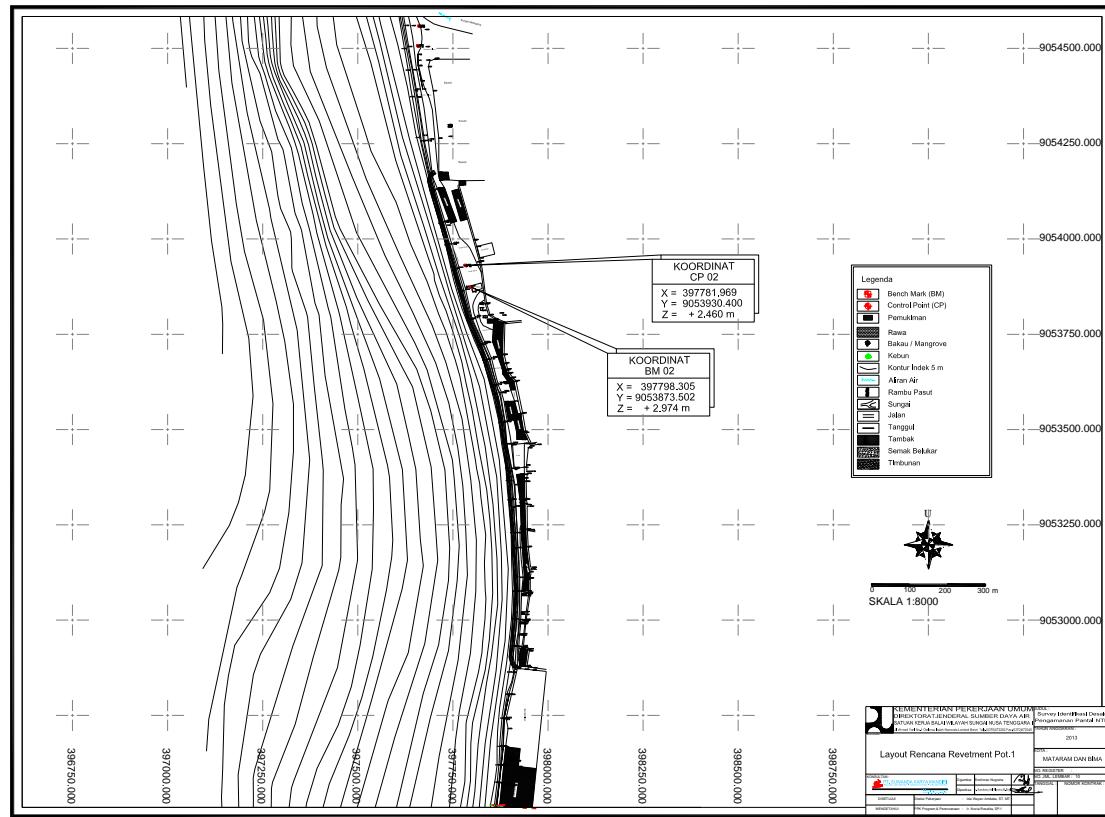
Tabel 6.2 Matrikulasi Pemilihan Alternatif Pantai Ampenan

| No. | Kriteria | Alternatif-1 Revetment | Alternatif-2 BW | Alternatif-3 Revetment+BW | Alternatif-4 Groin | Alternatif-5 Revetment+Groin | Terpilih |
|-----|-------------------------------------|---|--|---|--|---|-------------------------------|
| 1 | Mengatasi gelombang | Dapat mengatasi gelombang tapi masih memungkinkan terjadi limpasan 1-1.5 meter | Dapat mengatasi gelombang dan tapi limpasan masih terjadi | Dapat mengatasi gelombang dan limpasan tidak terjadi | Belum dapat mengatasi gelombang dan tapi limpasan masih terjadi | Dapat mengatasi gelombang dan limpasan masih terjadi | Alternatif-3 |
| 2 | Mengatasi abrasi | Abrasi tidak terjadi | Abrasi masih terjadi 10-15 m per 10 tahun | Abrasi tidak terjadi | Abrasi masih terjadi 10-20 m per 10 tahun | Abrasi tidak terjadi | Alternatif-1 dan Alternatif-3 |
| 3 | Penambahan sedimentasi pantai | Tidak terjadi sedimentasi | Terjadi sedimentasi hingga 30 m dalam 10 tahun disatu tempat,tetapi terjadi abrasi 10-15 m per 10 tahun di tempat lain | Terjadi sedimentasi hingga 10 m dalam 10 tahun | Terjadi sedimentasi hingga 40 m dalam 10 tahun disatu tempat,tetapi terjadi abrasi 10-30 m per 10 tahun di tempat lain | Terjadi sedimentasi hingga 40 m dalam 10 tahun | Alternatif-3 |
| 4 | Tempat merapat kapal nelayan | Bisa, tapi waktu gelombang besar tidak bisa | Bisa | Bisa | Bisa, tapi waktu gelombang besar tidak bisa | Bisa, tapi waktu gelombang besar tidak bisa | Alternatif-2 dan Alternatif-3 |
| 5 | Kemudahan pelaksanaan konstruksi | Pelaksanaan konstruksi lebih mudah karena revetment menempel di bibir pantai | Pelaksanaan lebih sulit karena penempatan harus menggunakan alat bantu khusus seperti ponton | Pelaksanaan lebih sulit karena salah satu jenis pekerjaan penempatan harus menggunakan alat bantu khusus seperti ponton | Pelaksanaan relatif mudah karena dapat dikonstruksi dari arah darat ke laut | Pelaksanaan relatif mudah karena dapat dikonstruksi dari arah darat ke laut | Alternatif-1 |
| 6 | Pemeliharaan dan perbaikan struktur | Pemeliharaan mudah karena struktur nempel di bibir pantai | Meskipun materialnya bisa bermacam-macam namun untuk pemeliharaan relatif sulit karena berada di depan garis pantai | Meskipun materialnya bisa bermacam-macam namun untuk pemeliharaan relatif sulit karena berada di depan garis pantai | Pemeliharaan mudah karena struktur nempel di bibir pantai | Pemeliharaan mudah karena struktur nempel di bibir pantai | Alternatif-1 |
| 7 | Biaya | Rp. 71,173 Miliar untuk revetment batu dan Rp. 61,677 Miliar untuk revetment beton sepanjang ± 2 km | Rp. 18,561 Miliar untuk BW Geotube sepanjang ± 1,3 km | Rp. 80,187 Miliar untuk revetment beton ± 2 km dan BW Geotube ± 1,3 km | Rp. 9,979 Miliar untuk Groin sepanjang ± 550 m | Rp. 71,606 Miliar untuk revetment beton ± 2 km dan Groin ± 550 m | Alternatif-4 |

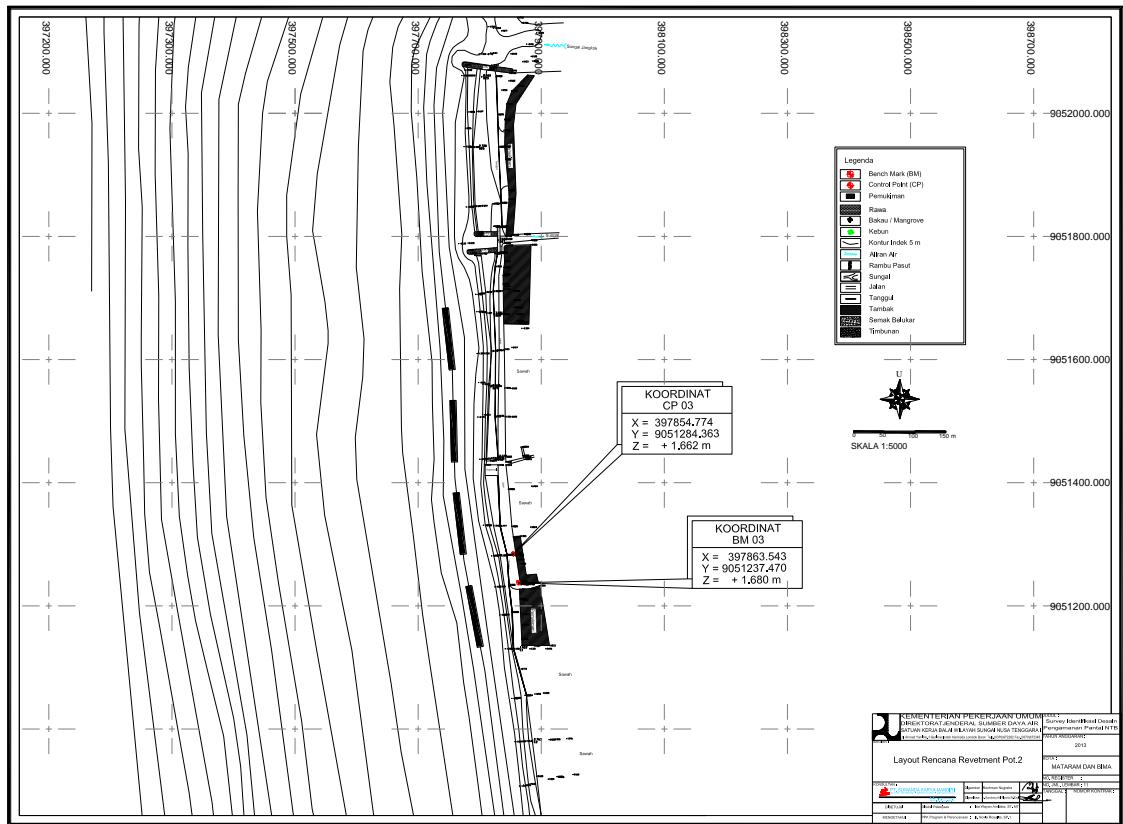
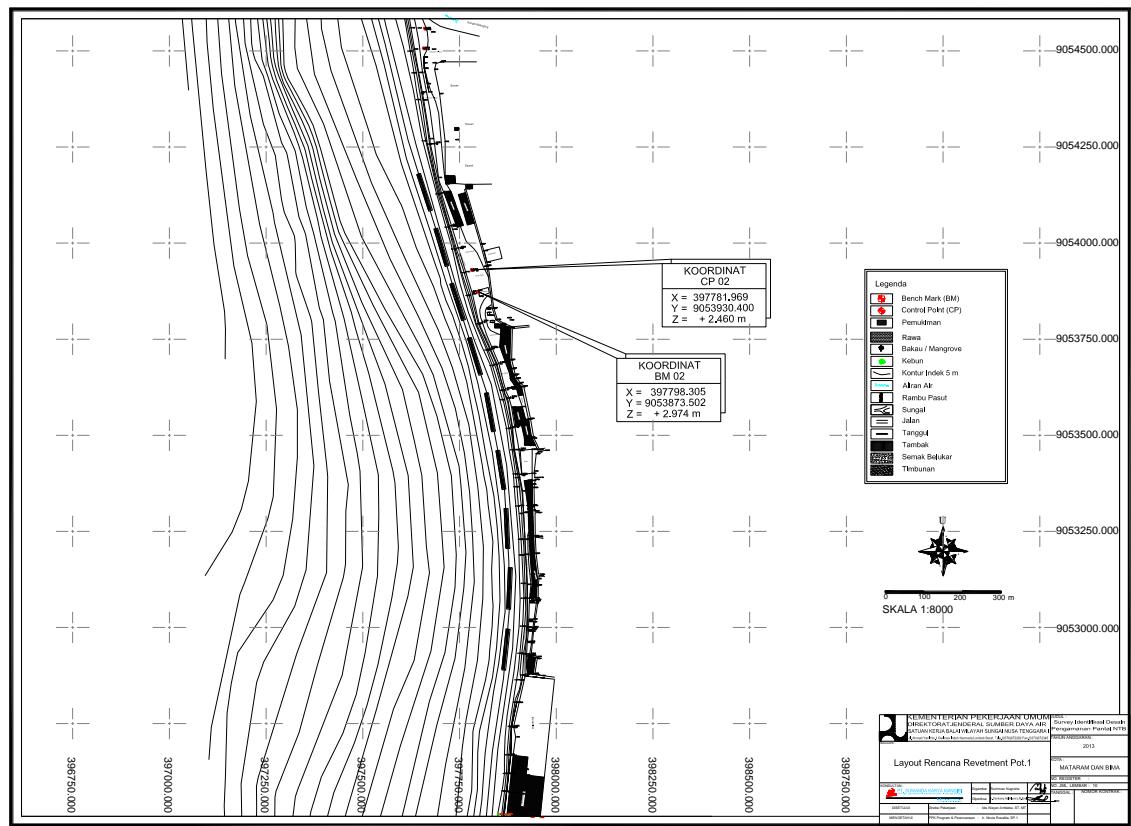
Tabel 6.3 Matrikulasi Pemilihan Alternatif Pantai Bima

| No. | Kriteria | Alternatif-1 Revetment | Alternatif-2 Jetty | Alternatif-3 BW | Terpilih |
|-----|--|--|--|---|-------------------------------|
| 1 | Mengatasi sedimentasi di muara, kondisi eksisting sedimentasi untuk Q5, Q25 dan Q50 berturut-turut 0,55m, 0,72m dan 0,81 m dalam 1 tahun | Sedimentasi di muara untuk Q5, Q25 dan Q50 adalah 0,43m, 0,53m dan 0,64m rata-rata tereduksi 21-22%. | Sedimentasi di muara untuk Q5, Q25 dan Q50 adalah 0,20m, 0,26m dan 0,30m rata-rata tereduksi 65-66%. | Sedimentasi di muara untuk Q5, Q25 dan Q50 adalah 0,53m, 0,69m dan 0,784m rata-rata tereduksi 5-6%. | Alternatif-2 |
| 2 | Mengatasi banjir | Tidak | Ya | Tidak | Alternatif-2 |
| 3 | Tempat merapat kapal nelayan | Bisa | Bisa | Tidak bisa | Alternatif-1 dan Alternatif-2 |
| 4 | Kemudahan pelaksanaan konstruksi | Pelaksanaan konstruksi lebih mudah karena revetment menempel di bibir pantai | Pelaksanaan relatif mudah karena konstruksi dapat dimulai dari darat ke arah laut | Pelaksanaan lebih sulit karena penempatan harus menggunakan alat bantu khusus seperti ponton | Alternatif-1 |
| 5 | Pemeliharaan dan perbaikan struktur | Pemeliharaan mudah karena struktur nempel di bibir pantai | Pemeliharaan mudah karena struktur ada yang nempel di bibir pantai | Meskipun materialnya bisa bermacam-macam namun untuk pemeliharaan relatif sulit karena berada di depan garis pantai | Alternatif-1 dan Alternatif-2 |
| 6 | Biaya | Rp. 7,696 Miliar untuk revetment sepanjang ± 600 m | Rp. 7,58 Miliar untuk Jetty sepanjang ± 436 m | Rp. 9,486 Miliar untuk breakwater ± 240 m | Alternatif-2 |

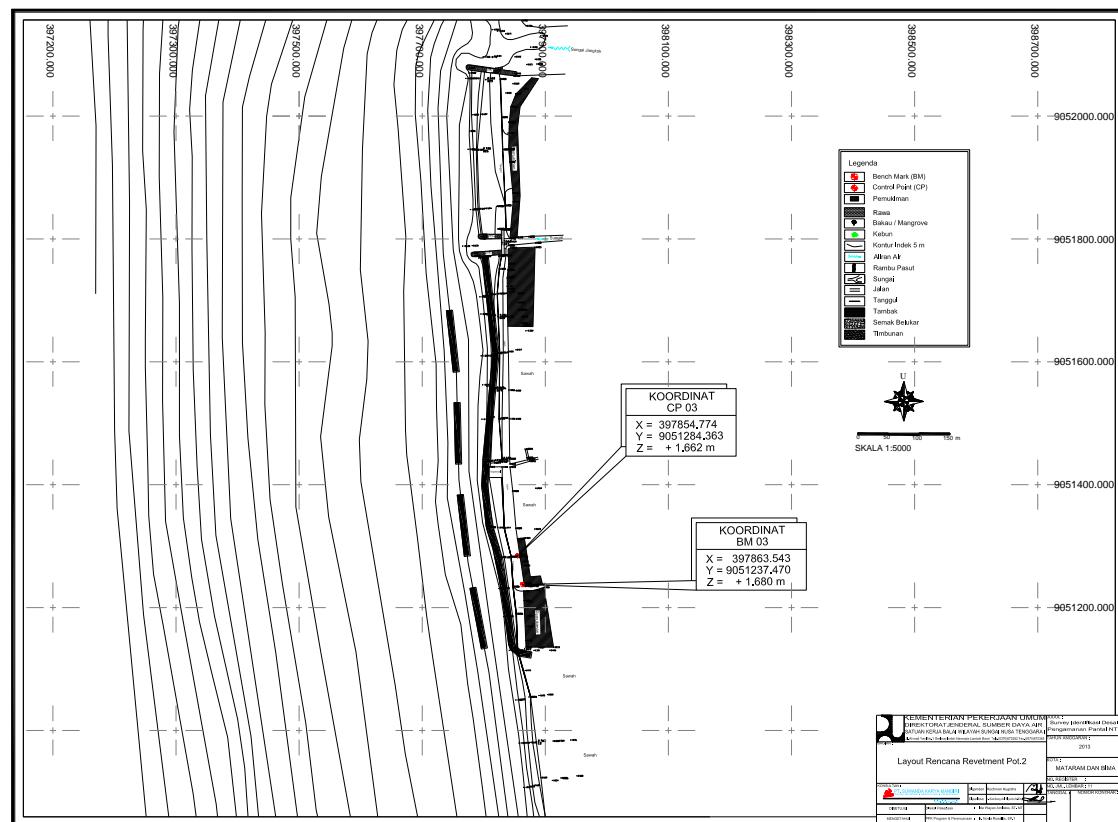
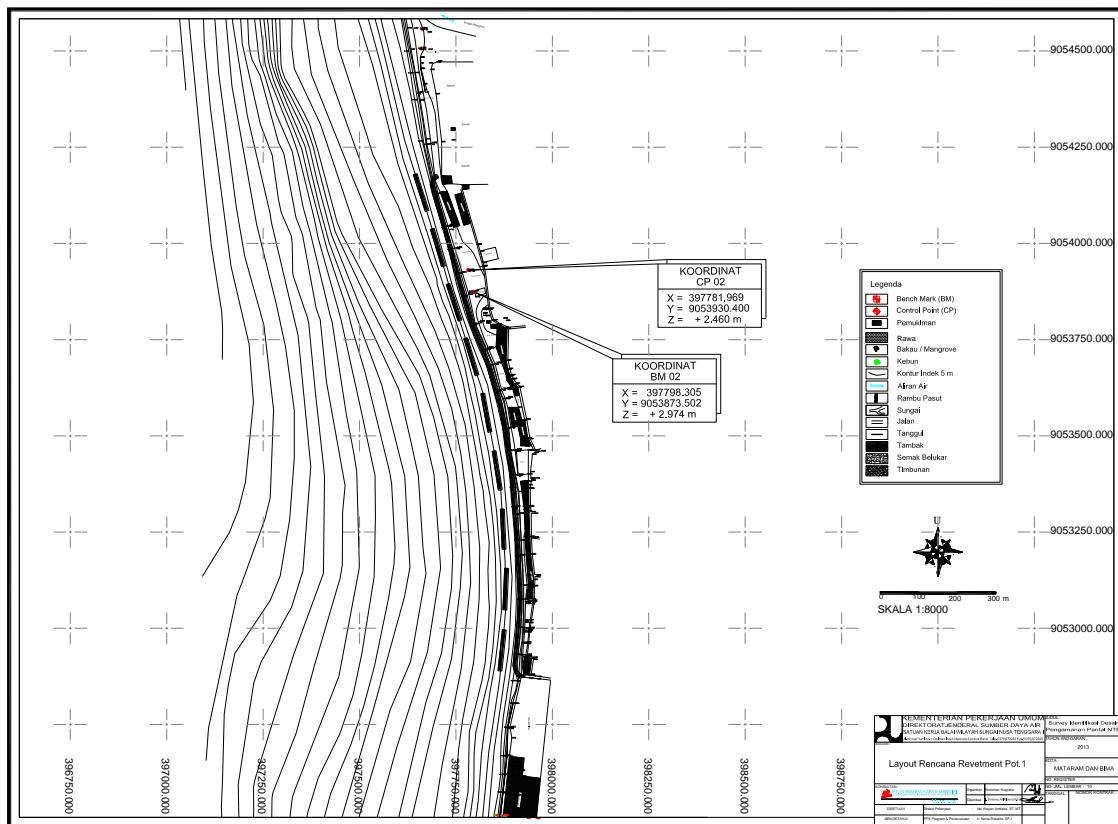
Dari tabel-tabel diatas terlihat bahwa Lokasi Pantai Ampenan **Alternatif-3 kombinasi Revetment dan BW** pilihan terbaik, Konsultan menyarankan Alternatif-3, sedangkan untuk Pantai Bima pilihan terbaik adalah Alternatif-2 yaitu Jetty.



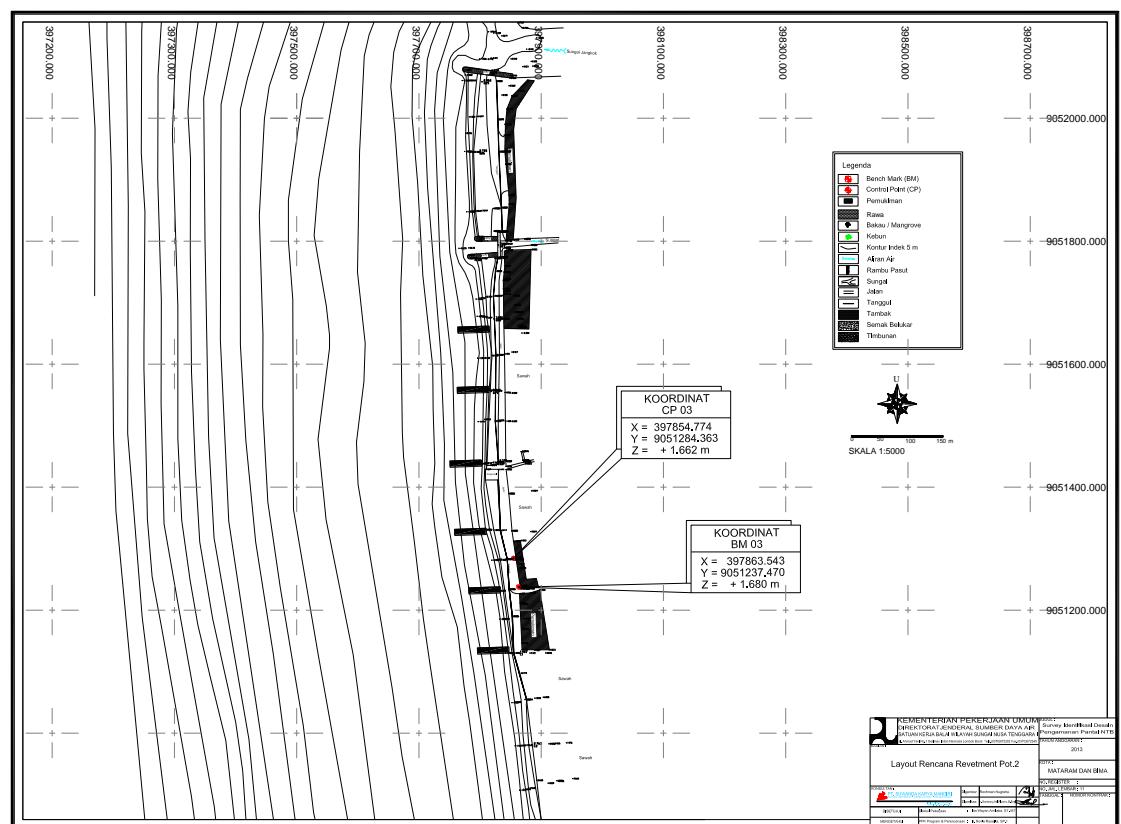
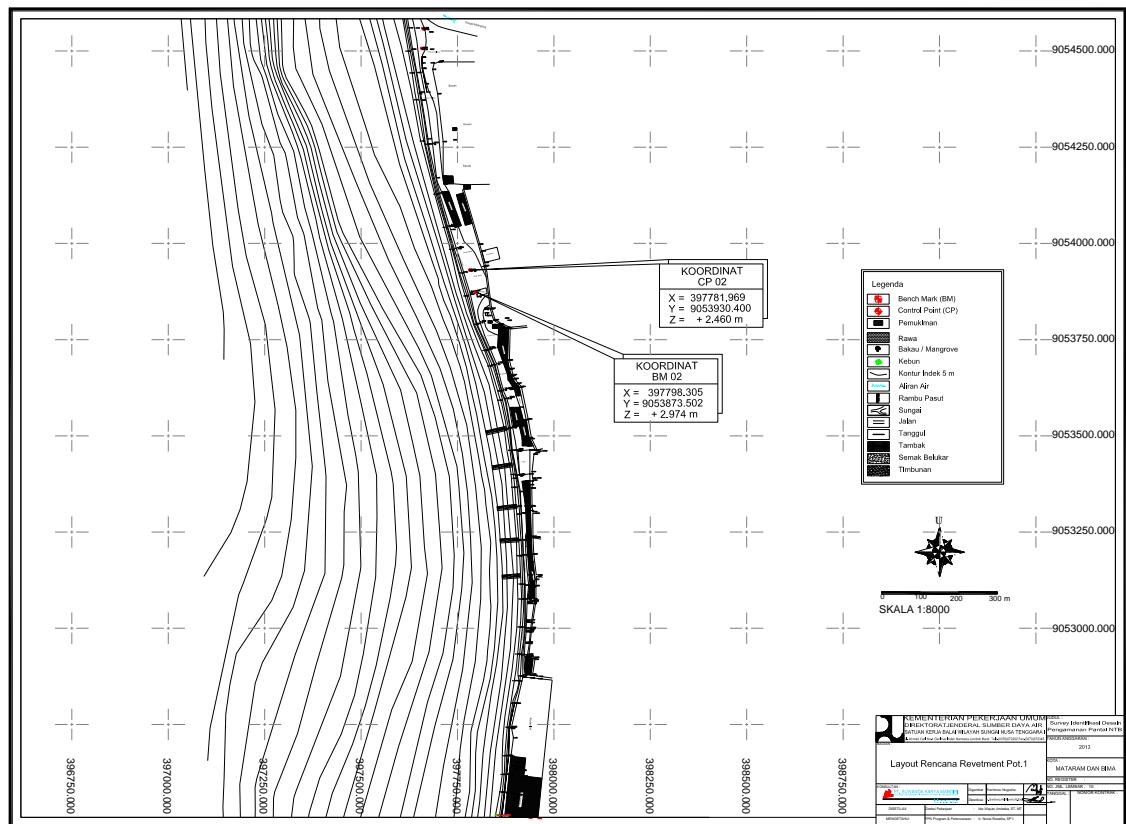
Gambar 5.51 Layout rencana Alternatif-1 revetment.



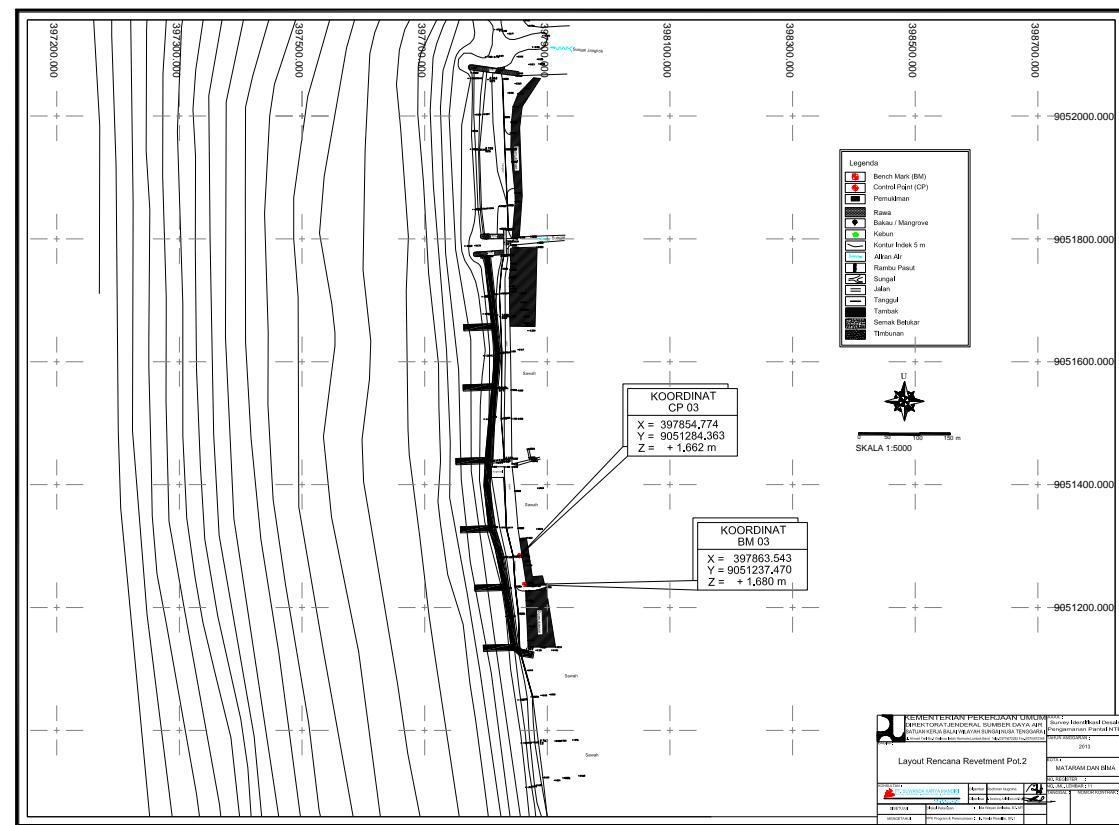
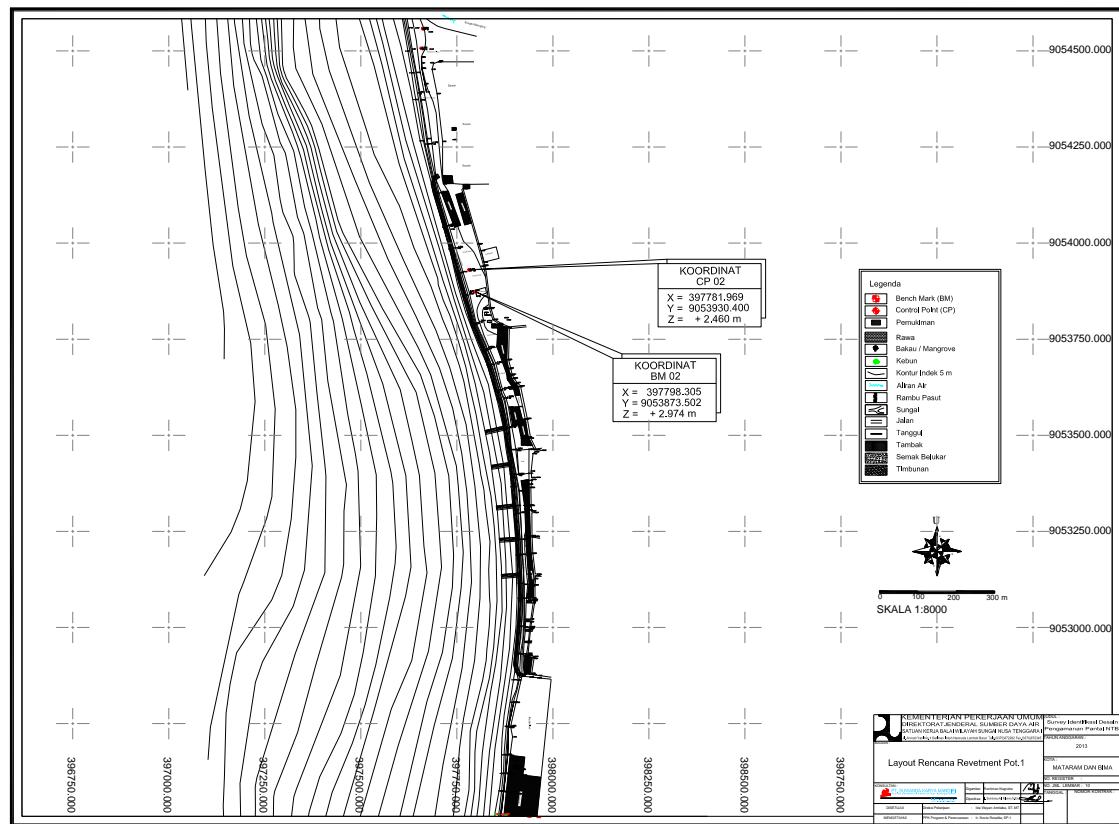
Gambar 5.52 Layout rencana Alternatif-2 seri pemecah gelombang.



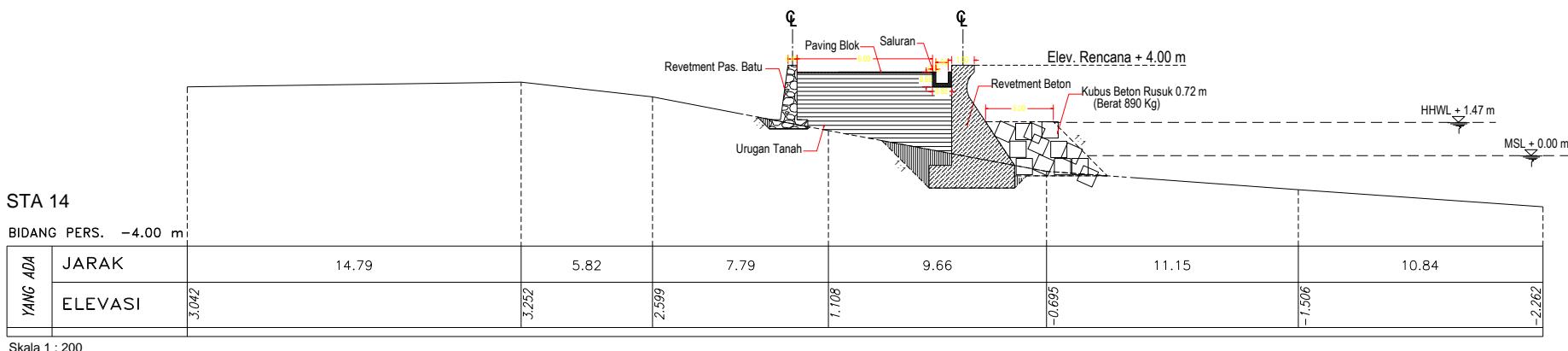
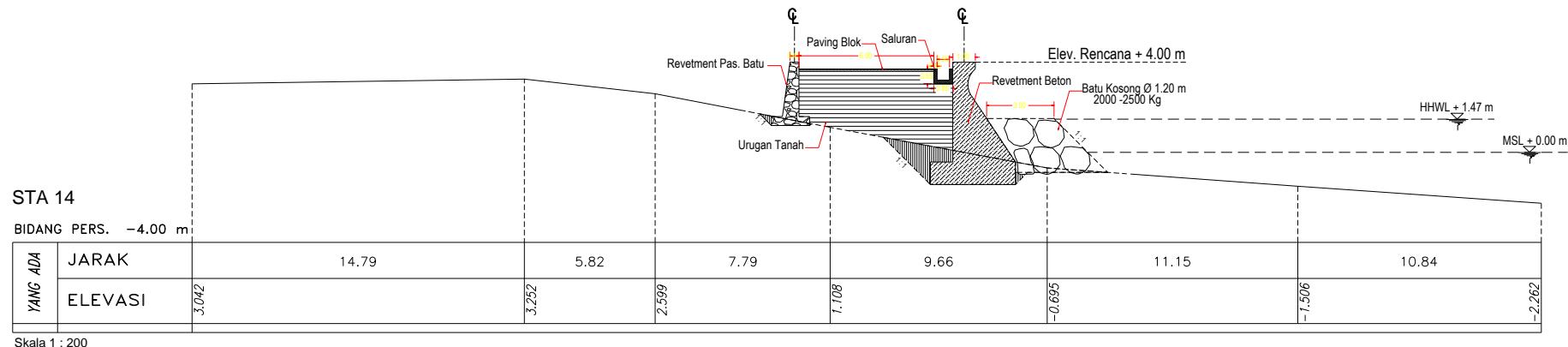
Gambar 5.53 Layout rencana Alternatif-3 revetment dan seri pemecah gelombang.



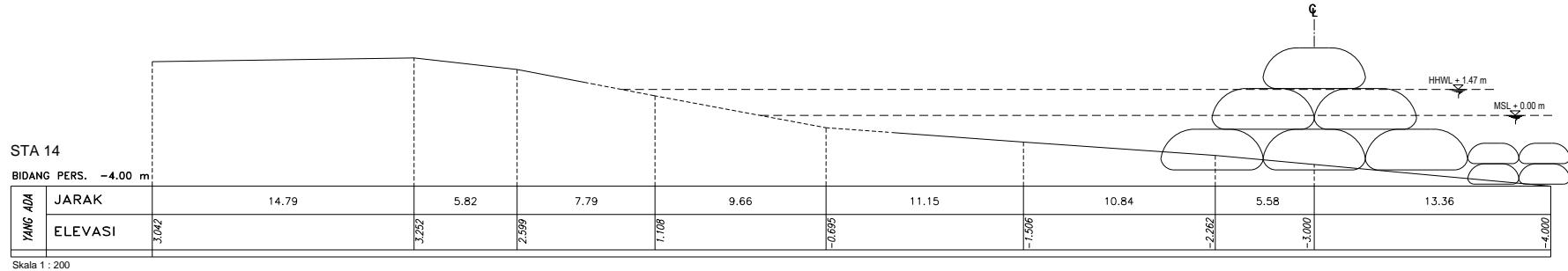
Gambar 5.54 Layout rencana Alternatif-4 seri groin.



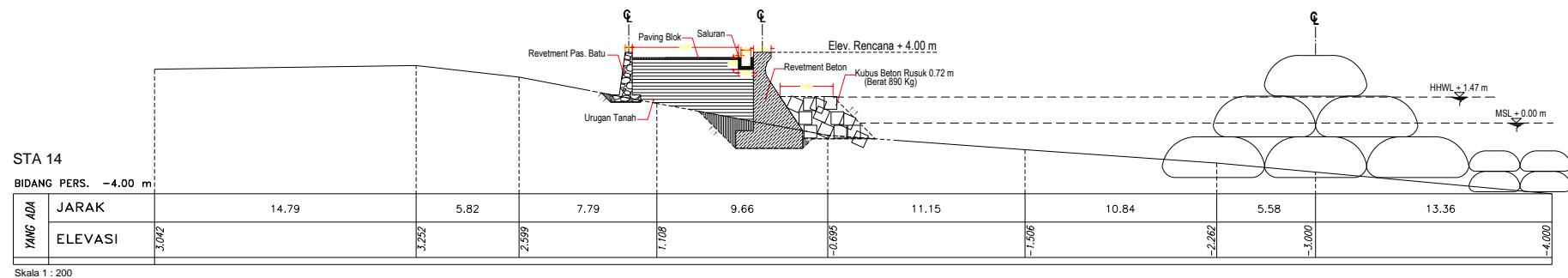
Gambar 5.55 Layout rencana Alternatif-5 revetment dan seri groin.



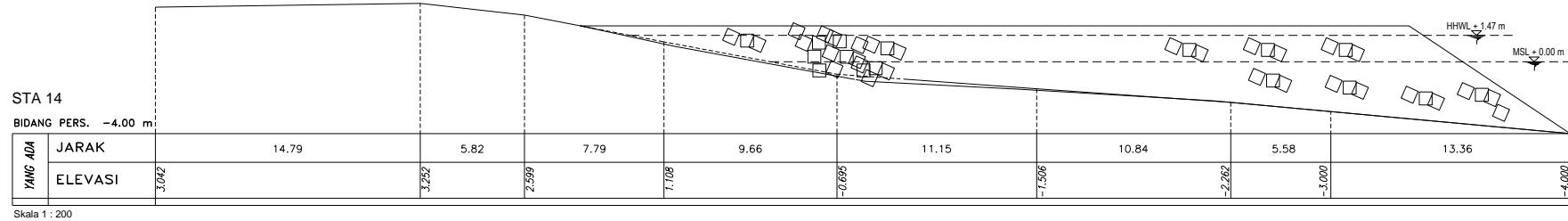
Gambar 5.56 Tipikal potongan melintang Alternatif-1 revetment (pelindung kaki batu alam dan kubus beton).



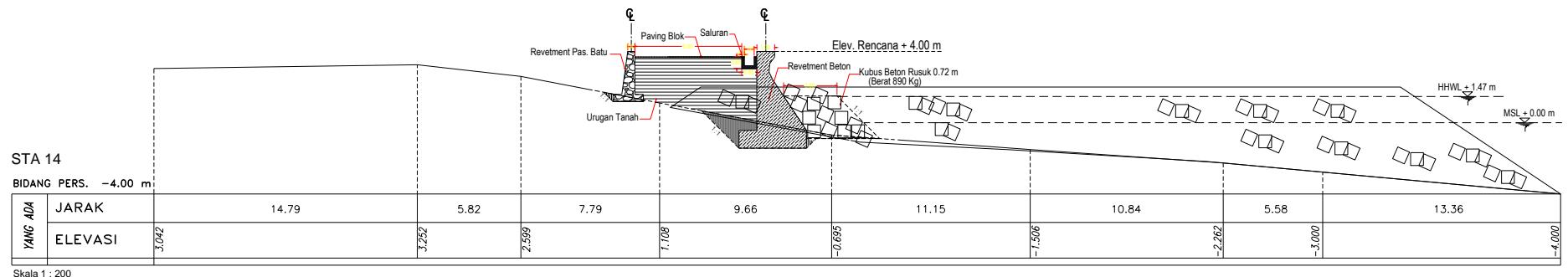
Gambar 5.57 Tipikal potongan melintang Alternatif-2 seri pemecah gelombang.



Gambar 5.58 Tipikal potongan melintang Alternatif-3 revetment dan seri pemecah gelombang.



Gambar 5.59 Tipikal potongan melintang Alternatif-4 seri groin.



Gambar 5.60 Tipikal potongan melintang Alternatif-5 revetment dan seri groin.

BAB 6

PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG

6.1 ALTERNATIF TERPILIH

Terdapat 5 (lima) alternatif di Pantai Ampenen yang dianalisis untuk dipilih, yaitu:

1. Alternatif 1 Revetment
2. Alternatif 2 Seri Breakwater
3. Alternatif 3 Revetment + Seri Breakwater
4. Alternatif 4 Seri Groin
5. Alternatif 5 Revetment + Seri Groin

Terdapat 3 (tiga) alternatif di Pantai Bima (Muara Sungai Pedolo) yang dianalisis untuk dipilih, yaitu:

1. Alternatif 1 Revetment
2. Alternatif 2 Jetty
3. Alternatif 3 Seri Breakwater

Ketiga jenis alternatif tersebut akan dibandingkan terhadap berbagai aspek dan parameter sehingga pada akhirnya akan diketahui alternatif mana yang paling unggul.

Dari hasil analisis dan diskusi dengan pihak BWS NT.I diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Lokasi Pantai Ampenan dipilih struktur revetment dengan pertimbangan, Pantai Ampenan relatif curam dengan kemiringan 1:50 dan gelombang yang besar hingga 1,75 m di pantai.
2. Lokasi Pantai Bima (Muara Sungai Pedolo) dipilih struktur jetty sampai dengan kedalaman -3 m, disesuaikan dengan kedalaman Sungai Pedolo.

6.2 KRITERIA PERENCANAAN

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan struktur perlindungan pantai (Jetty, revetment dan seawall, dan breakwater) adalah sebagai berikut.

1. Kondisi hidro-oseanografi: batimetri, gelombang, pasut, dan arus.
2. Kondisi geoteknik tapak struktur.
3. Sumber material (borrow area) yang tersedia: jumlah, kualitas, dan jarak sumber material ke lokasi proyek.
4. Kemudahan pelaksanaan konstruksi: jalan masuk ke proyek (access road) dan setting peralatan konstruksi di lapangan.
5. Alokasi dana yang tersedia.

Perencanaan struktur perlindungan pantai harus melibatkan gaya-gaya yang akan bekerja pada struktur tersebut. Gaya-gaya yang harus diperhitungkan dalam perencanaan:

1. Layout dari bangunan. Orientasi dari bangunan terhadap gelombang dan area yang akan diproteksi sangatlah menentukan keberhasilan fungsi dari bangunan pantai, dan sejauh mana sistem ini akan berpengaruh terhadap lingkungan sekitar
2. Pengaruh bangunan terhadap topografi sekitar. Profil alami daerah pantai merupakan keseimbangan alami dari aksi gelombang laut, suplai sedimen, dan bentuk topografi pantai (berupa proses berulang yang temporer, dan proses permanen jangka panjang). Pembangunan bangunan pantai akan merubah keseimbangan tersebut, yang bisa berpengaruh kepada daerah yang diproteksi bangunan pantai dan daerah sekitarnya. Sebagai contoh, pembangunan bangunan pantai yang sejajar dengan garis pantai dapat menyebabkan terbentuknya tombolo pada garis pantai, berupa daerah yang maju dan daerah yang tererosi. Pembangunan bangunan pantai yang melintang dari garis pantai

dapat menyetop transpor sedimen arah garis pantai, sehingga daerah yang semestinya mendapat suplai sedimen akan tererosi secara parah, dan terjadi endapan sedimentasi yang terkonsentrasi pada suatu area.

3. Harmonisasi dengan lingkungan sekitar. Ketenangan air yang dihasilkan oleh bangunan pantai di sisi lain juga mengurangi sirkulasi air di daerah yang dinaunginya. Pada banyak kasus, terjadi penurunan kualitas air yang signifikan, yang pada akhirnya menurunkan kualitas hidup di perairan tersebut. Pada sisi landscaping, bahkan pembangunan bangunan pantai tertentu dapat merusak keindahan dan keterpaduan antara komponen lingkungan.
4. Kondisi desain dari bangunan pantai, dalam mendesain bangunan pantai kondisi-kondisi dibawah ini sekurang-kurangnya harus dipertimbangkan, yaitu:
 - Ketenangan air yang diharapkan.
 - Arah angin. Angin merupakan salah satu unsur pembentuk gelombang, sehingga data perilaku angin dapat menggambarkan perilaku gelombang secara umum. Keberadaan badai atau typhoon juga dapat menghasilkan kondisi gelombang-gelombang ekstrem pada desain.
 - Level pasang surut. Keadaan pasang surut termasuk menentukan tinggi dari BW, pola sirkulasi air pada daerah sekitar bangunan pantai dll.
 - Gelombang laut. Gelombang laut, arahnya menentukan layout gelombang. Gelombang sendiri memberikan gaya pada bangunan pantai.

Kedalaman air menentukan jenis bangunan pantai yang efektif untuk dibangun, selain itu kondisi geoteknis akan menentukan daya dukung tanah terhadap bangunan pantai yang pada akhirnya akan mempengaruhi kestabilan bangunan pantai. Pemilihan jenis struktur bangunan pantai dapat dilakukan setelah mempelajari karakteristik dari jenis-jenis bangunan pantai dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut:

1. Layout dari bangunan
2. Kondisi lingkungan
3. Kondisi pelayanan
4. Kondisi/kesiapan konstruksi
5. Aspek Ekonomi

6. Waktu konstruksi
7. Tingkat kepentingan bangunan pantai
8. Ketersediaan material konstruksi
9. Pemeliharaan

Secara umum proses desain penampang bangunan pantai adalah sebagai berikut:

1. Persiapan data-data kondisi desain
2. Penentuan penampang bangunan pantai
 - Penentuan elevasi vertikal bangunan pantai
 - Penentuan dimensi horisontal bangunan pantai (dimensi awal)
3. Analisa stabilitas terhadap gaya-gaya eksternal yang bekerja (dimensi akhir)
 - Stabilitas suprastruktur & komponen pendukung
 - Stabilitas pondasi
4. Desain komponen pelindung.
 - Toe Protection
 - Deformed Concrete Blocks/Armouring Stone

6.2.1 Kondisi Gelombang Rencana

Dalam perencanaan bangunan pantai biasanya karakteristik gelombang di laut dalam ditetapkan berdasarkan pengukuran gelombang di lapangan atau berdasar hasil peramalan gelombang dengan menggunakan data angin dan fetch. Dengan menggunakan analisis deformasi gelombang (refraksi dan pendangkalan, difraksi dan gelombang pecah), data gelombang tersebut beserta data elevasi muka air rencana dan peta bathimetri (kontur kedalaman laut) digunakan untuk memprediksi karakteristik gelombang di lokasi bangunan.

Kondisi gelombang di lokasi bangunan pada setiap saat tergantung pada elevasi muka air, yang selalu berubah karena pasang surut. Bangunan bisa mengalami serangan gelombang dengan bentuk yang berbeda karena adanya perubahan elevasi muka air, yaitu apakah gelombang tidak pecah, pecah, atau telah pecah. Oleh karena itu perlu ditentukan kondisi gelombang di lokasi bangunan untuk berbagai elevasi muka air. Hal ini mengingat bahwa

gaya gelombang yang ditimbulkan oleh gelombang tidak pecah, pecah dan telah pecah adalah berbeda.

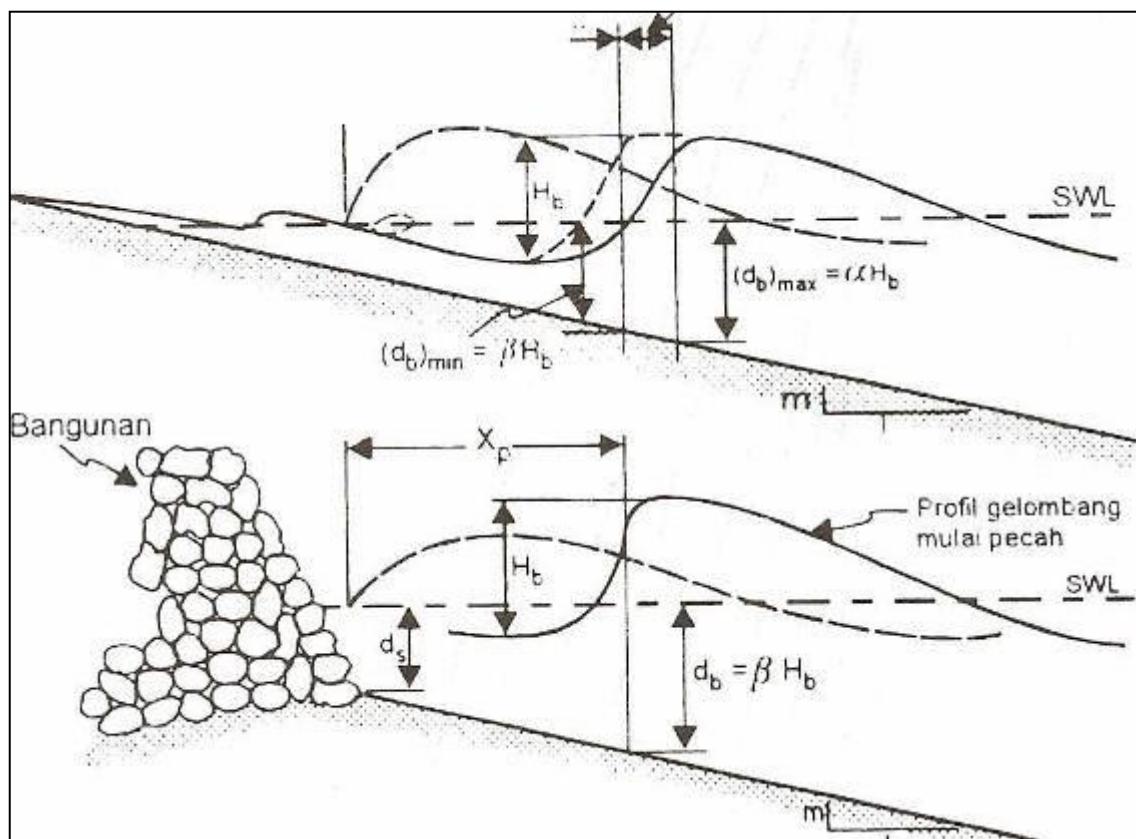
6.2.2 Gelombang Tidak Pecah

Apabila bangunan berada pada kedalaman yang cukup besar, yaitu lebih besar dari 1,5 kali tinggi gelombang maksimum yang terjadi, maka gelombang di lokasi tersebut tidak pecah. Kondisi tersebut diperhitungkan untuk berbagai elevasi muka air. Kondisi gelombang di lokasi tersebut dapat dihitung berdasar gelombang rencana di laut dalam dengan menggunakan analisis refraksi dan pendangkalan gelombang.

Mengingat gelombang di suatu lokasi terdiri dari berbagai macam tinggi, periode dan arah gelombang, maka karakteristik gelombang di lokasi bangunan adalah gelombang terbesar yang diperoleh dari berbagai karakteristik gelombang tersebut.

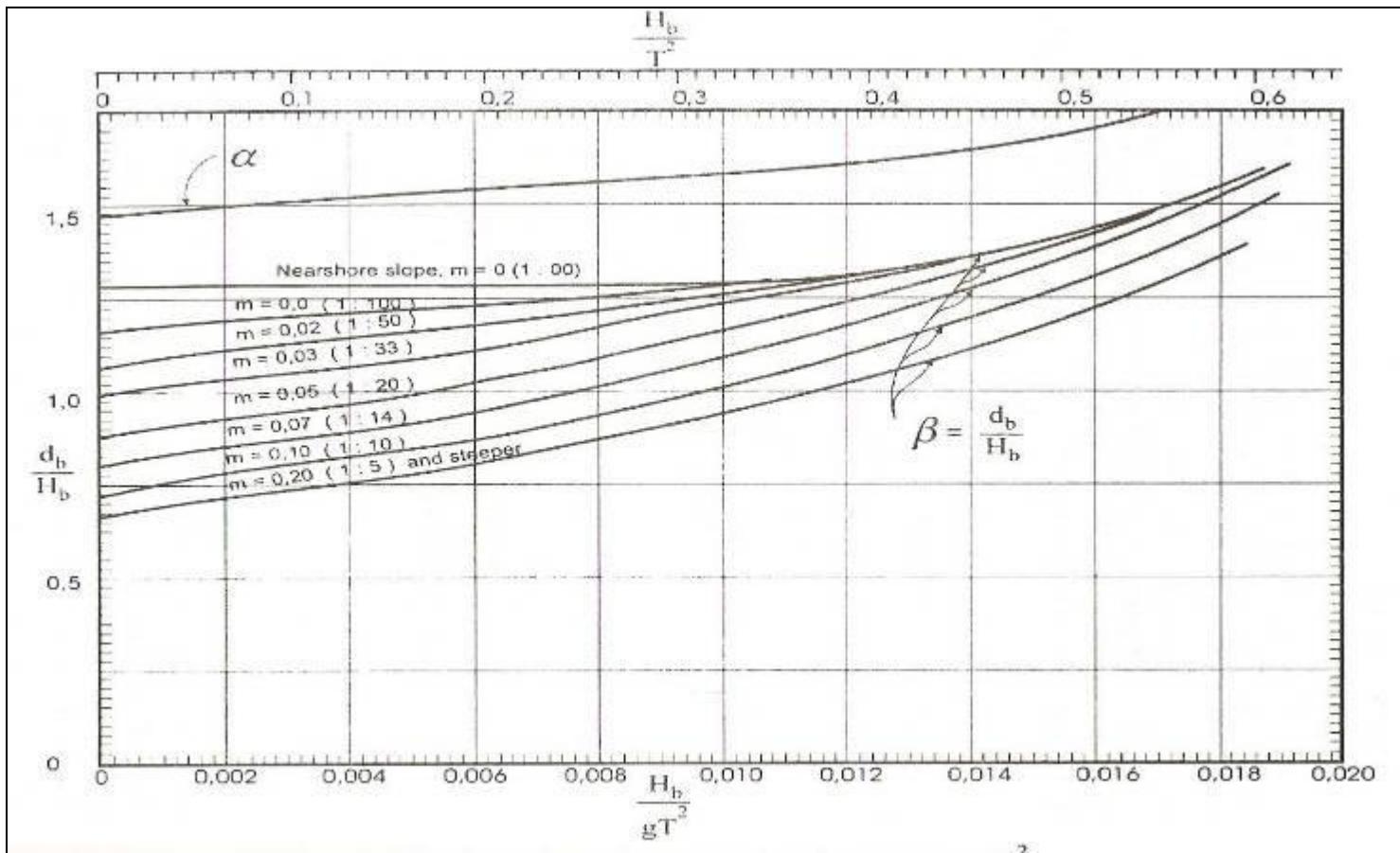
Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk.

Gambar 6.1 Ilustrasi rambatan gelombang di pantai dan ujung bangunan.

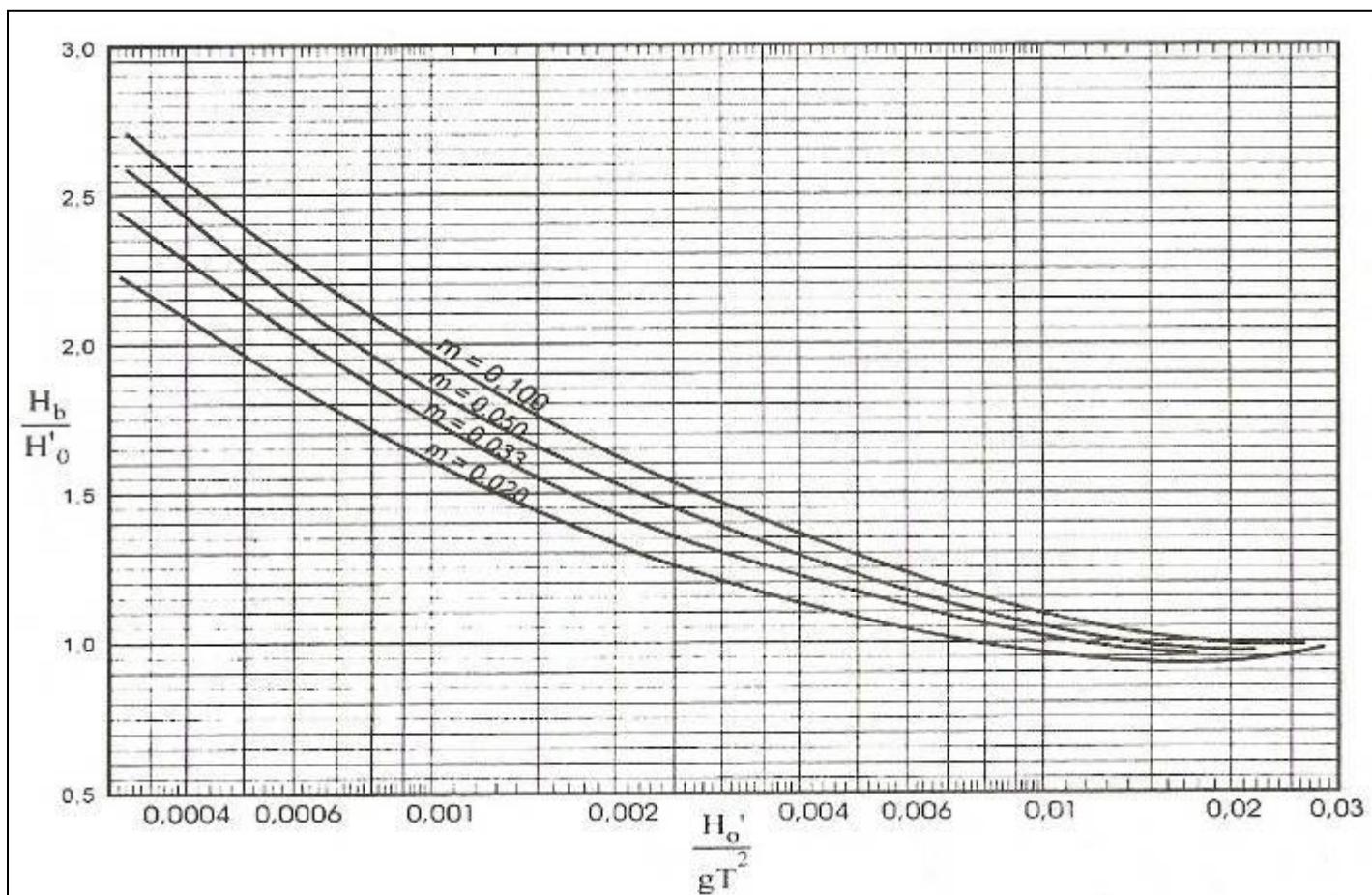


Puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada suatu kedalaman tertentu. Proses gelombang pecah, yaitu sejak gelombang mulai tidak stabil sampai pecah sepenuhnya terbentang pada suatu jarak x_p . Galvin (1969, dalam CERC, 1984) memberikan hubungan antara jarak yang ditempuh selama proses gelombang pecah (x_p) dan tinggi gelombang saat mulai pecah H_b , tergantung pada kemiringan dasar pantai (**Gambar 6.2**).

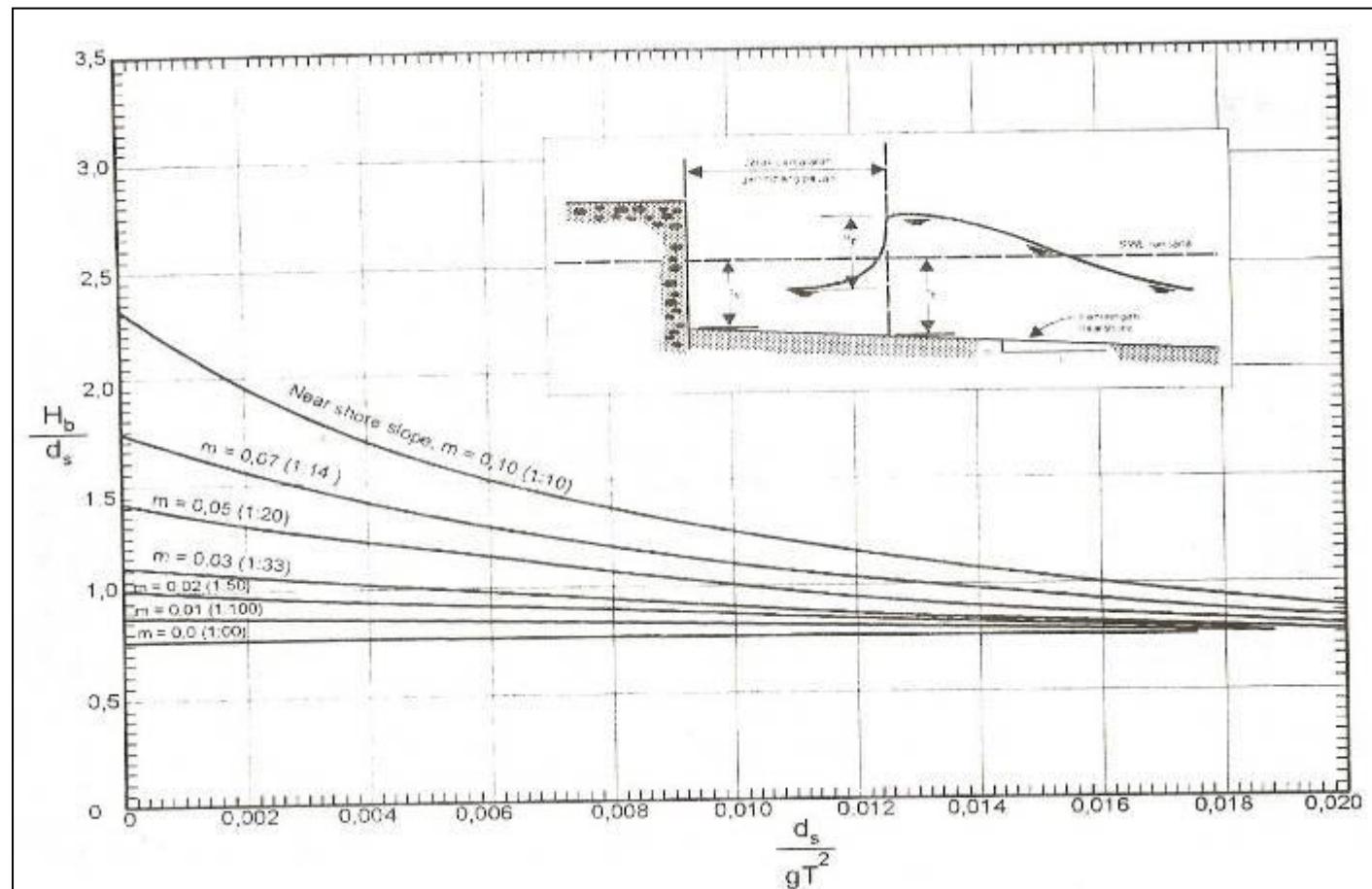
Galvin juga menunjukkan bahwa perbandingan db/H_b berubah dengan kemiringan dasar m dan kemiringan gelombang dalam H_b/gt^2 seperti ditunjukkan dalam **Gambar 6.3**. Dalam percobaan yang dilakukan penyebaran titik data cukup besar, sehingga pada gambar tersebut dibuat dua sel kurva. Kurva α adalah batas atas dari nilai db/H_b ; sehingga $\alpha = (db/H_b)\text{maks}$. Sedangkan β adalah batas bawah dari nilai db/H_b , hingga $\beta = (db/H_b)\text{min}$.



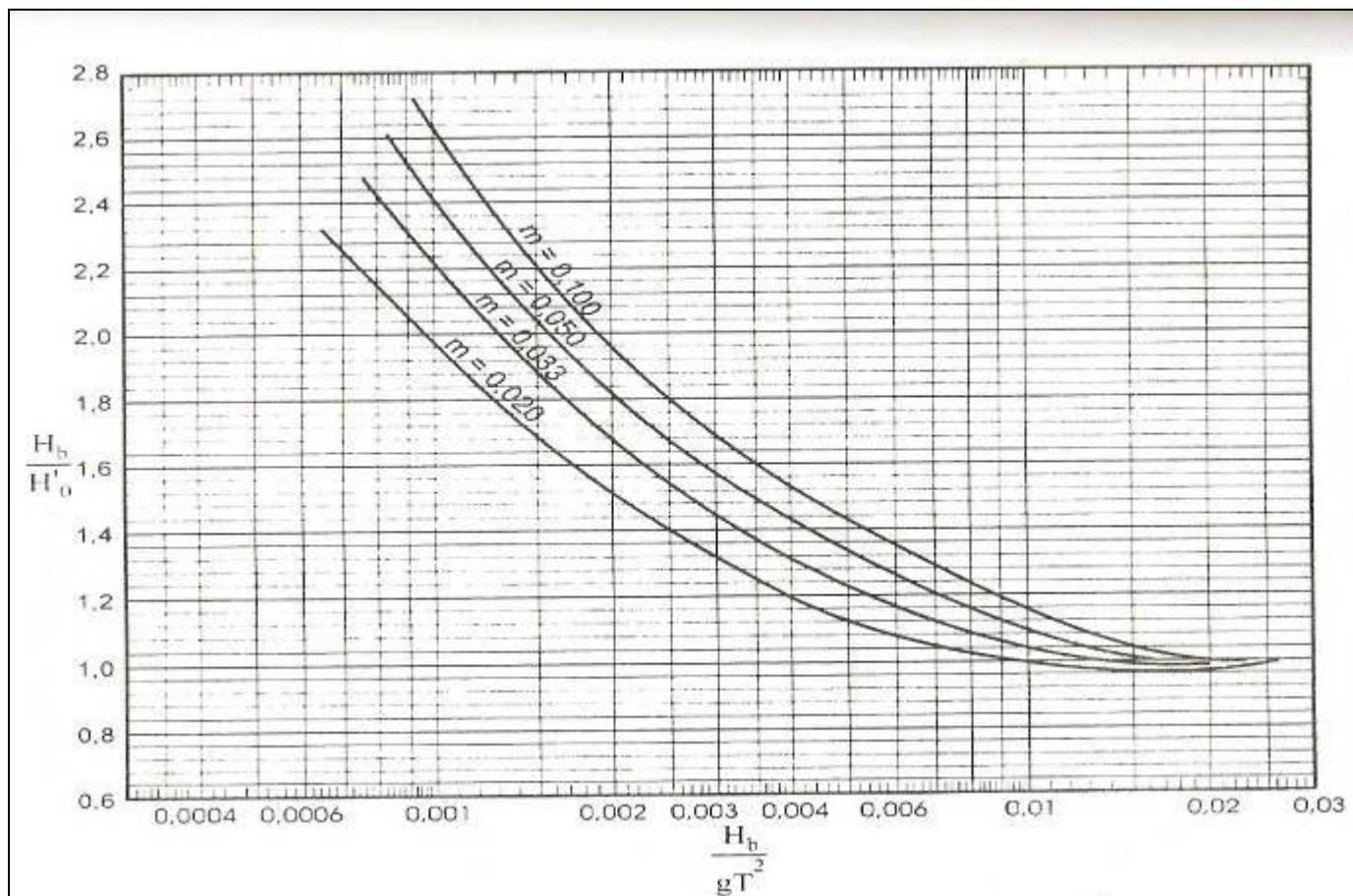
Gambar 6.2 Hubungan antara α dan β dengan H/gT^2 .



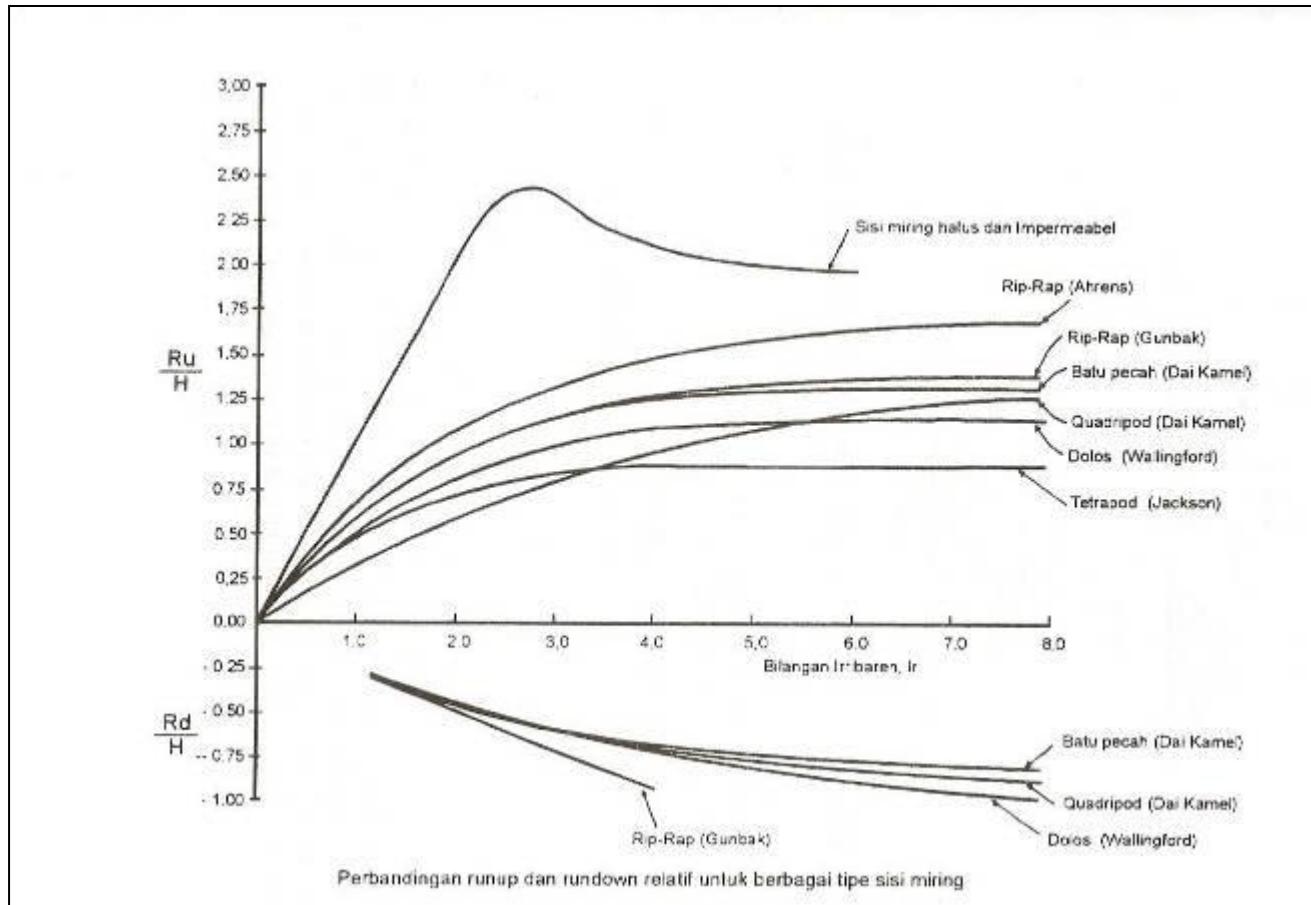
Gambar 6.3 Hubungan antara H_b/H'_0 dengan H'_0/gT^2 .



Gambar 6.4 Tinggi gelombang pecah rencana di kaki bangunan.



Gambar 6.5 Hubungan antara H_b/H_o dan H/gT^2 .



Gambar 6.6 Grafik runup gelombang.

6.2.3 Gelombang Pecah Rencana

Tinggi gelombang pecah rencana H_b tergantung pada kedalaman air pada suatu jarak di depan kaki bangunan di mana gelombang pertama kali mulai pecah. Kedalaman tersebut berubah dengan pasang surut. Tinggi gelombang pecah rencana mempunyai bentuk berikut:

$$H_b = \frac{d_s}{\beta - m\tau_b}$$

dengan

$$\beta = \frac{d_b}{Hb}$$

$$\tau_p = \frac{Xp}{Hb}$$

d_s : Kedalaman air di kaki bangunan

m : Kemiringan dasar pantai

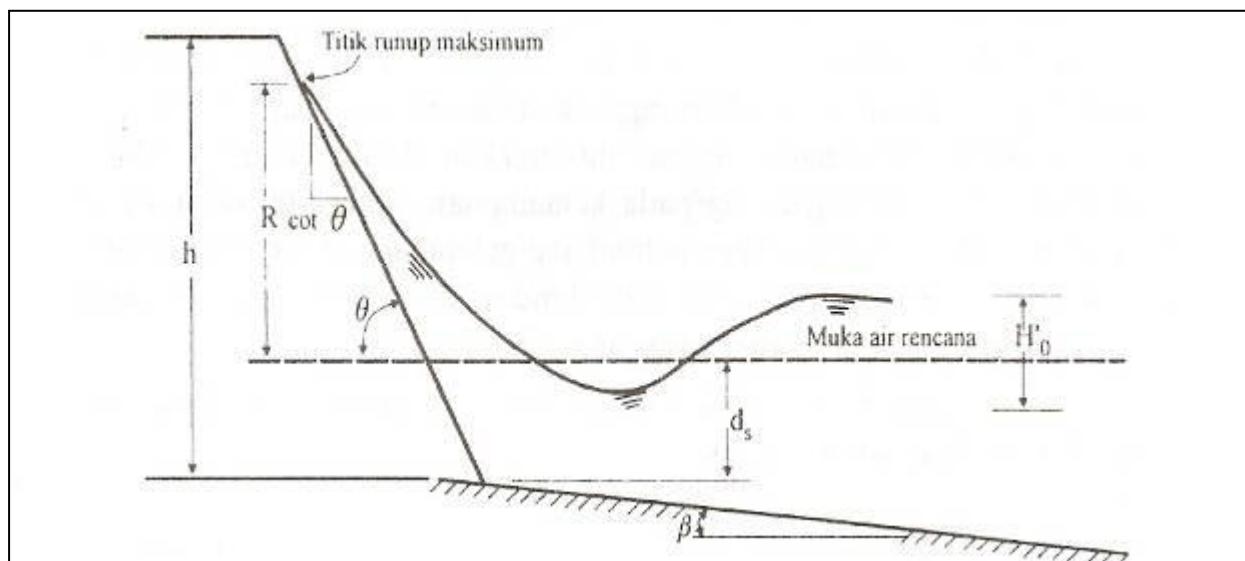
Nilai β yang digunakan dalam Persamaan diatas tidak dapat langsung digunakan sebelum nilai H_b diperoleh. Untuk menghitung nilai H_b telah disediakan **Gambar 6.4**. Apabila kedalaman rencana maksimum pada bangunan dan periode gelombang datang diketahui, maka dapat dihitung tinggi gelombang pecah rencana.

Seringkali perlu diketahui gelombang di laut dalam yang menyebabkan gelombang pecah rencana tersebut. Dengan membandingkan tinggi gelombang di laut dalam tersebut dengan hasil analisis statistik gelombang di laut dalam akan dapat diketahui seberapa banyak gelombang pecah rencana tersebut bekerja pada bangunan. Tinggi gelombang laut dalam dapat dihitung dengan menggunakan **Gambar 6.5** dan hasil analisis refraksi/difraksi.

6.2.4 Runup Gelombang

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (runup) pada permukaan bangunan. Elevasi (tinggi) bangunan yang direncanakan tergantung pada runup dan limpasan yang diijinkan. Runup tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan

bangunan, dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variabel yang berpengaruh, maka besarnya runup sangat sulit ditentukan secara analitis.



Gambar 6.7 Runup gelombang

Berbagai penelitian tentang runup gelombang telah dilakukan di laboratorium. Hasil penelitian tersebut berupa grafik-grafik yang dapat digunakan untuk menentukan tinggi runup. **Gambar 6.6** adalah hasil percobaan di laboratorium yang dilakukan oleh Irribaren untuk menentukan besar runup gelombang pada bangunan dengan permukaan miring untuk berbagai tipe material, sebagai fungsi bilangan Irribaren untuk berbagai jenis lapis lindung yang mempunyai bentuk berikut:

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H / L_o)^{0,5}}$$

Dengan:

I_r : Bilangan Irribaren

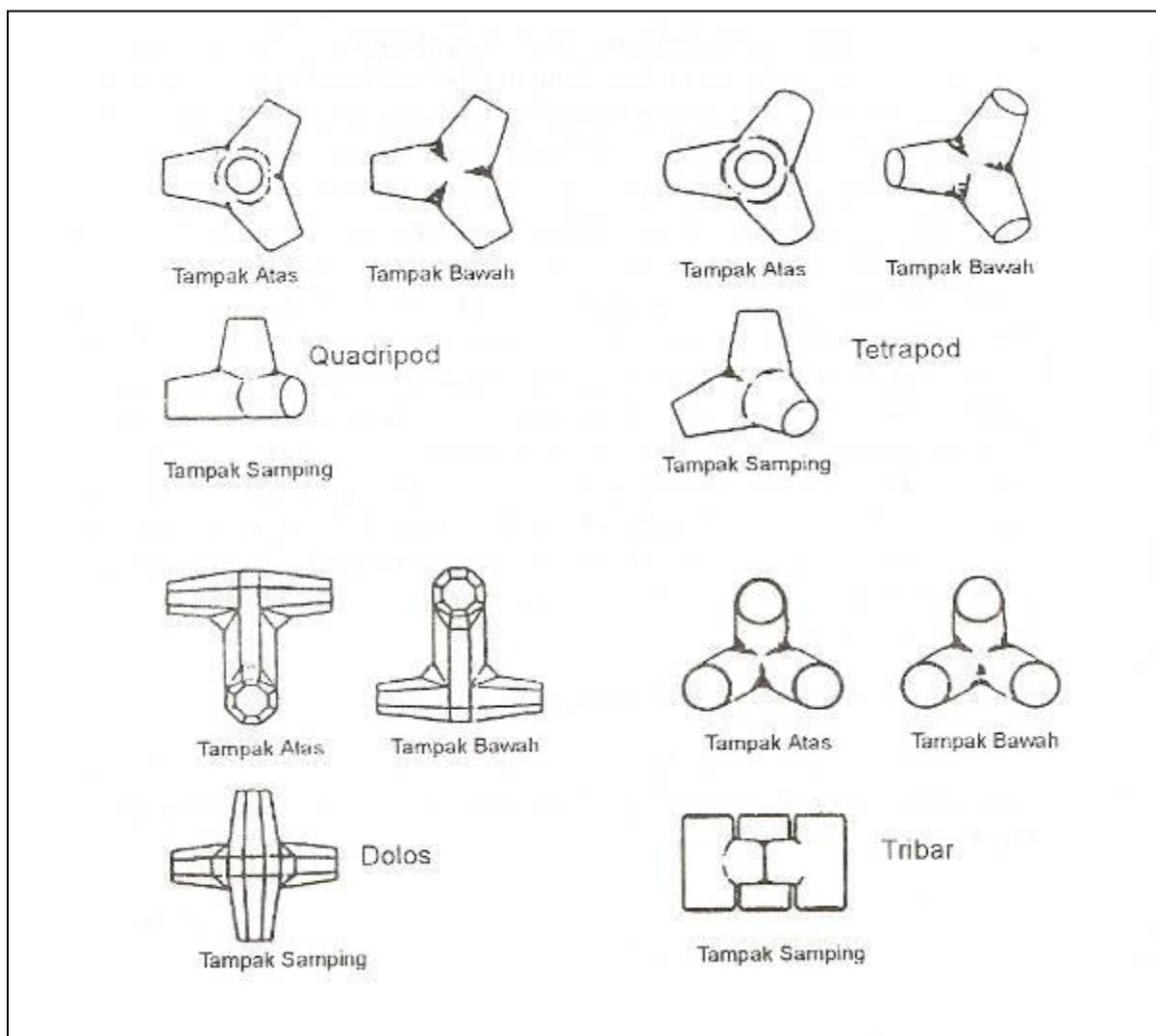
θ : Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

H : Tinggi gelombang di lokasi bangunan

L_o : Panjang gelombang di laut dalam

Grafik tersebut juga dapat digunakan untuk menghitung run down (Rd) yaitu turunnya permukaan air karena gelombang pada sisi pemecah gelombang.

Kurva pada **Gambar 6.6** tersebut mempunyai bentuk tak berdimensi untuk runup relatif Ru/H atau Rd/H sebagai fungsi dari bilangan Irribaren, di mana Ru dan Rd adalah runup dan rundown yang dihitung dari muka air laut rata-rata.



Gambar 6.8 Batu lapis pelindung buatan.

Tabel 6.1 Koefisien Stabilitas KD Untuk Berbagai Jenis Batu

| Lapis Lindung | n | Penempatan | Lengan Bangunan | | Ujung (kepala) bangunan | | Kemiringan | |
|-----------------------------------|----|-----------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|---------------------|----------------|--|
| | | | KD | | KD | | | |
| | | | Gelomb. Pecah | Gelomb. Tidak Pecah | Gelomb. Pecah | Gelomb. Tidak Pecah | | |
| Batu pecah | | | | | | | | |
| Bulat halus | 2 | Acak | 1,2 | 2,4 | 1,1 | 1,9 | 1,5 - 3,0 | |
| Bulat halus | >3 | Acak | 1,6 | 3,2 | 1,4 | 2,3 | * ² | |
| Bersudut kasar | 1 | Acak | * ¹ | 2,9 | * ¹ | 2,3 | * ² | |
| Bersudut kasar | 2 | Acak | | | 1,9 | 3,2 | 1,5 | |
| Bersudut kasar | | | 2,0 | 4,0 | 1,6 | 2,8 | 2,0 | |
| Bersudut kasar | | | | | 1,3 | 2,3 | 3,0 | |
| Bersudut kasar | >3 | Acak | 2,2 | 4,5 | 2,1 | 4,2 | * ² | |
| Bersudut kasar | 2 | Khusus * ³ | 5,8 | 7,0 | 5,3 | 6,4 | * ² | |
| Paralelepipedum | 2 | Khusus | 7,0-20,0 | 8,5-24,0 | - | - | | |
| Tetrapod dan Quadripod | 2 | Acak | | | 5,0 | 6,0 | 1,5 | |
| | | | 7,0 | 8,0 | 4,5 | 5,5 | 2,0 | |
| | | | | | 3,5 | 4,0 | 3,0 | |
| Tribar | 2 | Acak | | | 8,3 | 9,0 | 1,5 | |
| | | | 9,0 | 10,0 | 7,8 | 8,5 | 2,0 | |
| Dolos | 2 | Acak | | | 6,0 | 6,5 | 3,0 | |
| | | | 15,8 | 31,8 | 8,0 | 16,0 | 2,0 | |
| | | | | | 7,0 | 14,0 | 3,0 | |
| Kubus dimodifikasi | 2 | Acak | 6,5 | 7,5 | - | 5,0 | * ² | |
| Hexapod | 2 | Acak | 8,0 | 9,5 | 5,0 | 7,0 | * ² | |
| Tribar | 1 | Seragam | 12,0 | 15,0 | 7,5 | 9,5 | * ² | |
| Batu pecah (KRR) (graded angular) | - | Acak | 2,2 | 2,5 | - | - | | |

(SPM, 1984)

Catatan :

n : jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung

*¹ : penggunaan n = 1 tidak disarankan untuk kondisi gelombang pecah.

*² : sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai K_D, penggunaan K_D dibatasi pada kemiringan 1:1,5 sampai 1:3

*³ : batu ditempatkan dengan sumbu panjangnya tegak lurus permukaan bangunan

Tabel 6.2 Koefisien Lapis

| Batu Pelindung | <i>n</i> | Penempatan | Koef. Lapis (k_A) | Porositas $P(\%)$ |
|-------------------|----------|---------------|-----------------------|-------------------|
| Batu alam (halus) | 2 | random (acak) | 1,02 | 38 |
| Batu alam (kasar) | 2 | random (acak) | 1,15 | 37 |
| Batu alam (kasar) | >3 | random (acak) | 1,10 | 40 |
| Kubus | 2 | random (acak) | 1,10 | 47 |
| Tetrapod | 2 | random (acak) | 1,04 | 50 |
| Quadripod | 2 | random (acak) | 0,95 | 49 |
| Hexapod | 2 | random (acak) | 1,15 | 47 |
| Tribard | 2 | random (acak) | 1,02 | 54 |
| Dolos | 2 | random (acak) | 1,00 | 63 |
| Tribar | 1 | seragam | 1,13 | 47 |
| Batu alam | | random (acak) | | 37 |

6.2.5 Jenis Material Pelindung

Jenis material pelindung untuk revetment bisa dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

1. Armor Rock (Batu Alam)
2. Artificial Armor Rock (Batu Buatan)

Masing-masing jenis pelindung memiliki ciri khas terutama dalam hal stabilitas dan porositas. Berikut ini adalah beberapa jenis batu pelindung buatan yang sudah umum dipergunakan:

1. Tetrapod
2. Quadripod
3. Dolos
4. Tribars
5. Modified Cube (Kubus Beton)
6. Geotextile Container

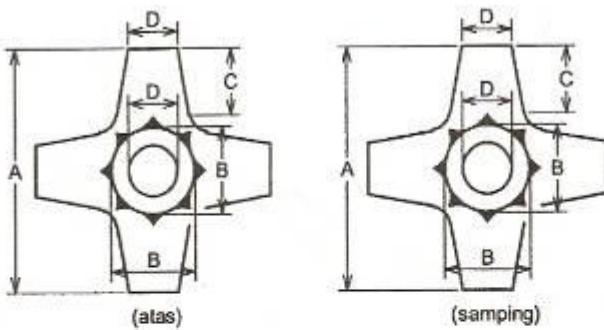
Pada tabel berikut ini akan ditampilkan karakteristik dari masing-masing batu pelindung.

| Isi / volume (cuft) dari tiap unit | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 7.14 | 14.29 | 28.57 | 71.43 | 142.86 | 214.29 | 285.71 | 357.14 | 428.57 | 500.00 | 571.43 | |
| Berat jenis pcf | Berat (ton) dari tiap unit | | | | | | | | | | | |
| 140.0 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 15.00 | 20.00 | 25.00 | 30.00 | 35.00 | 40.00 | |
| 149.5 | 0.53 | 1.07 | 2.14 | 5.34 | 10.68 | 16.02 | 21.36 | 26.70 | 32.04 | 37.38 | 42.71 | |
| 156.0 | 0.56 | 1.11 | 2.23 | 5.57 | 11.14 | 16.71 | 22.29 | 27.86 | 33.43 | 39.00 | 44.57 | |
| 162.0 | 0.58 | 1.16 | 2.31 | 5.79 | 11.57 | 17.38 | 23.14 | 28.93 | 34.71 | 40.50 | 46.29 | |
| Tebal rata-rata (ft) untuk dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | | |
| 4.01 | 5.05 | 6.36 | 8.63 | 10.87 | 12.45 | 13.70 | 14.76 | 15.68 | 16.51 | 17.26 | | |
| Jumlah unit untuk tiap 1000sqft, dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | | |
| 280.16 | 176.49 | 111.18 | 60.42 | 37.96 | 29.02 | 24.02 | 20.70 | 18.41 | 16.54 | 15.18 | | |
| Simbol | Dimensi tiap unit (ft) | | | | | | | | | | | |
| A | 0.89 | 1.12 | 1.41 | 1.91 | 2.41 | 2.76 | 3.04 | 3.27 | 3.48 | 3.66 | 3.83 | |
| B | 0.44 | 0.56 | 0.70 | 0.95 | 1.20 | 1.36 | 1.52 | 1.63 | 1.74 | 1.83 | 1.91 | |
| C | 0.40 | 1.77 | 2.23 | 3.02 | 3.81 | 4.36 | 4.80 | 5.17 | 5.50 | 5.79 | 6.05 | |
| D | 1.38 | 1.74 | 2.20 | 2.98 | 3.76 | 4.30 | 4.73 | 5.10 | 5.42 | 5.70 | 5.96 | |
| E | 0.69 | 0.87 | 1.10 | 1.49 | 1.88 | 2.15 | 2.37 | 2.55 | 2.71 | 2.85 | 2.96 | |
| F | 1.89 | 2.38 | 3.00 | 4.08 | 5.14 | 5.88 | 6.47 | 6.97 | 7.41 | 7.80 | 8.16 | |
| G | 0.63 | 0.79 | 1.00 | 1.36 | 1.71 | 1.96 | 2.16 | 2.32 | 2.47 | 2.60 | 2.72 | |
| H | 2.94 | 3.71 | 4.67 | 6.34 | 7.99 | 9.14 | 10.07 | 10.84 | 11.52 | 12.13 | 12.68 | |
| I | 1.78 | 2.25 | 2.83 | 3.84 | 4.84 | 5.54 | 6.10 | 6.57 | 6.98 | 7.35 | 7.69 | |
| J | 0.89 | 1.12 | 1.41 | 1.92 | 2.42 | 2.77 | 3.05 | 3.28 | 3.49 | 3.67 | 3.84 | |
| K | 3.21 | 4.04 | 5.09 | 6.91 | 8.71 | 9.97 | 10.97 | 11.82 | 12.56 | 13.23 | 13.83 | |
| L | 3.54 | 4.45 | 5.61 | 7.62 | 9.60 | 10.98 | 12.09 | 13.02 | 13.84 | 14.57 | 15.23 | |

Gambar 6.9 Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Tetrapods.

| Isi / volume (cu ft) dari tiap unit | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------|
| 7.14 | 14.29 | 28.57 | 71.43 | 142.86 | 214.29 | 285.71 | 357.14 | 428.57 | 500.00 | 571.43 | |
| Berat jenis pcft | | | | | | | | | | | Berat (ton) dari tiap unit |
| 140.0 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 15.00 | 20.00 | 25.00 | 30.00 | 35.00 | 40.00 |
| 149.5 | 0.53 | 1.07 | 2.14 | 5.34 | 10.68 | 16.02 | 21.36 | 26.70 | 32.04 | 37.38 | 42.71 |
| 156.0 | 0.56 | 1.11 | 2.23 | 5.57 | 11.14 | 16.71 | 22.29 | 27.86 | 33.43 | 39.00 | 44.57 |
| 162.0 | 0.58 | 1.16 | 2.31 | 5.79 | 11.57 | 17.36 | 23.14 | 28.93 | 34.71 | 40.50 | 46.29 |
| Tebal rata-rata (ft) untuk dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | |
| 3.66 | 4.61 | 5.81 | 7.88 | 9.93 | 11.37 | 12.51 | 13.48 | 14.33 | 15.08 | 15.77 | |
| Jumlah unit untuk tiap 1000sqft, dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | |
| 261.05 | 164.44 | 103.59 | 56.30 | 35.37 | 27.04 | 22.38 | 19.28 | 17.15 | 15.41 | 14.15 | |
| Simbol Dimensi tiap unit (ft) | | | | | | | | | | | |
| A | 0.93 | 1.17 | 1.48 | 2.00 | 2.52 | 2.88 | 3.17 | 3.42 | 3.63 | 3.82 | 4.01 |
| B | 0.46 | 0.58 | 0.74 | 1.00 | 1.26 | 1.44 | 1.59 | 1.71 | 1.82 | 1.92 | 2.00 |
| C | 1.28 | 1.61 | 2.03 | 2.78 | 3.48 | 3.98 | 4.38 | 4.72 | 5.03 | 5.28 | 5.52 |
| D | 1.38 | 1.74 | 2.19 | 2.97 | 3.74 | 4.28 | 4.71 | 5.08 | 5.40 | 5.68 | 5.94 |
| E | 0.69 | 0.87 | 1.09 | 1.49 | 1.87 | 2.14 | 2.36 | 2.54 | 2.70 | 2.84 | 2.97 |
| F | 1.97 | 2.48 | 3.13 | 4.25 | 5.35 | 6.12 | 6.74 | 7.26 | 7.72 | 8.12 | 8.49 |
| G | 2.43 | 3.07 | 3.86 | 5.24 | 6.61 | 7.57 | 8.33 | 8.97 | 9.53 | 10.03 | 10.49 |
| H | 1.97 | 2.48 | 3.13 | 4.25 | 5.35 | 6.12 | 6.74 | 7.26 | 7.72 | 8.12 | 8.49 |
| I | 0.99 | 1.24 | 1.56 | 2.12 | 2.67 | 3.06 | 3.39 | 3.63 | 3.86 | 4.06 | 4.25 |
| J | 3.36 | 4.23 | 4.33 | 7.23 | 9.12 | 10.43 | 11.49 | 12.37 | 13.15 | 13.83 | 14.47 |
| K | 3.88 | 4.88 | 6.15 | 8.35 | 10.52 | 12.05 | 13.26 | 14.28 | 15.18 | 15.98 | 16.70 |

Gambar 6.10 Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Quadripods.

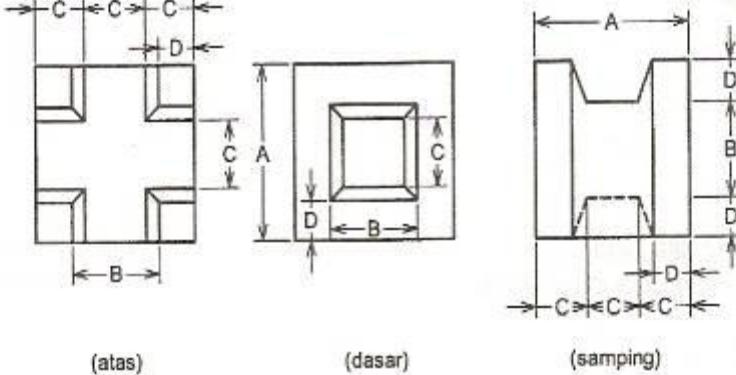


| isi / volume (cuft) dari tiap unit | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 7.14 14.29 28.57 71.43 142.86 214.29 285.71 357.14 428.57 500.00 571.43 | | | | | | | | | | | | |
| Berat jenis pcf | | | | | | | | | | | | |
| Berat (ton) dari tiap unit | | | | | | | | | | | | |
| 140.0 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 15.00 | 20.00 | 25.00 | 30.00 | 35.00 | 40.00 | |
| 149.5 | 0.53 | 1.07 | 2.14 | 5.34 | 10.68 | 16.02 | 21.36 | 26.70 | 32.04 | 37.38 | 42.71 | |
| 156.0 | 0.58 | 1.11 | 2.23 | 5.57 | 11.14 | 16.71 | 22.29 | 27.86 | 33.43 | 39.00 | 44.57 | |
| 162.0 | 0.58 | 1.16 | 2.31 | 5.79 | 11.57 | 17.36 | 23.14 | 28.93 | 34.71 | 40.50 | 46.29 | |
| Tebal rata-rata (ft) untuk satu lapis, ditempatkan teratur | | | | | | | | | | | | |
| 2.48 | 3.13 | 3.94 | 5.35 | 6.74 | 7.72 | 8.50 | 9.15 | 9.73 | 10.24 | 10.70 | | |
| Tebal rata-rata (ft) untuk dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | | |
| 4.43 | 5.58 | 7.03 | 9.54 | 12.02 | 13.76 | 15.15 | 16.32 | 17.34 | 18.26 | 19.09 | | |
| Jumlah unit untuk tiap 1000sqft, satu lapis, ditempatkan teratur | | | | | | | | | | | | |
| 198.09 | 124.78 | 78.60 | 42.72 | 26.84 | 20.51 | 16.99 | 14.63 | 13.01 | 11.69 | 10.74 | | |
| Jumlah unit untuk tiap 1000sqft, dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | | |
| 328.40 | 206.86 | 130.31 | 70.82 | 44.49 | 34.01 | 28.16 | 24.26 | 21.58 | 19.38 | 17.80 | | |
| Simbol | | | | | | | | | | | | |
| Dimensi tiap unit (ft) | | | | | | | | | | | | |
| A | 3.44 | 4.33 | 5.46 | 7.41 | 9.34 | 10.69 | 11.76 | 12.67 | 13.47 | 14.18 | 14.82 | |
| B | 1.23 | 1.55 | 1.95 | 2.65 | 3.34 | 3.82 | 4.21 | 4.53 | 4.82 | 5.07 | 5.30 | |
| C | 1.11 | 1.40 | 1.76 | 2.39 | 3.01 | 3.45 | 3.80 | 4.09 | 4.35 | 4.57 | 4.78 | |
| D | 0.74 | 0.93 | 1.17 | 1.59 | 2.01 | 2.30 | 2.53 | 2.73 | 2.90 | 3.05 | 3.19 | |

Gambar 6.11 Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Hexapods.

| Isi / volume (cuft) dari tiap unit | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | Berat (ton) dari tiap unit | | | | | | | | | | |
| Berat jenis pcf | | Tebal rata-rata (ft) untuk satu lapis, ditempatkan teratur | | | | | | | | | | |
| 140.0 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 15.00 | 20.00 | 25.00 | 30.00 | 35.00 | 40.00 | |
| 149.5 | 0.53 | 1.07 | 2.14 | 5.34 | 10.68 | 16.02 | 21.36 | 26.70 | 32.04 | 37.38 | 42.71 | |
| 156.0 | 0.56 | 1.11 | 2.23 | 5.57 | 11.14 | 16.71 | 22.29 | 27.86 | 33.43 | 39.00 | 44.57 | |
| 162.0 | 0.58 | 1.16 | 2.31 | 5.79 | 11.57 | 17.36 | 23.14 | 28.93 | 34.71 | 40.50 | 46.29 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Tebal rata-rata (ft) untuk dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | | |
| 2.18 | 2.74 | 3.45 | 4.69 | 5.91 | 6.76 | 7.44 | 8.02 | 8.52 | 8.97 | 9.38 | | |
| Jumlah unit untuk tiap 1000sqft, satu lapis, ditempatkan teratur | | | | | | | | | | | | |
| 161.34 | 101.63 | 64.02 | 34.80 | 21.86 | 16.71 | 13.17 | 14.19 | 15.08 | 15.87 | 16.60 | | |
| Jumlah unit untuk tiap 1000sqft, dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | | |
| 247.85 | 156.12 | 98.35 | 53.45 | 33.58 | 25.67 | 21.25 | 18.31 | 16.28 | 14.63 | 13.43 | | |
| Simbol | | Dimensi tiap unit (ft) | | | | | | | | | | |
| A | 1.05 | 1.32 | 1.66 | 2.25 | 2.84 | 3.25 | 3.58 | 3.85 | 4.09 | 4.31 | 4.51 | |
| B | 0.52 | 0.66 | 0.83 | 1.13 | 1.42 | 1.62 | 1.79 | 1.93 | 2.05 | 2.15 | 2.25 | |
| C | 1.25 | 1.58 | 1.99 | 2.70 | 3.41 | 3.90 | 4.29 | 4.62 | 4.91 | 5.17 | 5.41 | |
| D | 1.78 | 2.24 | 2.82 | 3.83 | 4.82 | 5.52 | 6.08 | 6.55 | 6.96 | 7.33 | 7.66 | |
| E | 1.09 | 1.37 | 1.72 | 2.34 | 2.95 | 3.38 | 3.72 | 4.00 | 4.25 | 4.48 | 4.68 | |
| F | 3.22 | 4.06 | 5.11 | 6.93 | 8.74 | 10.00 | 11.01 | 11.86 | 12.60 | 13.26 | 13.87 | |
| G | 2.09 | 2.63 | 3.32 | 4.51 | 5.68 | 6.50 | 7.15 | 7.70 | 8.19 | 8.62 | 9.01 | |
| H | 0.52 | 0.66 | 0.83 | 1.13 | 1.42 | 1.62 | 1.79 | 1.93 | 2.05 | 2.15 | 2.25 | |

Gambar 6.12 Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Tribars.



| Isi / volume (cuft) dari tiap unit | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 7.14 | 14.29 | 28.57 | 71.43 | 142.86 | 214.29 | 285.71 | 357.14 | 428.57 | 500.00 | 571.43 | |
| Berat jenis pcf | | | | | | | | | | | |
| 140.0 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 15.00 | 20.00 | 25.00 | 30.00 | 35.00 | 40.00 |
| 149.5 | 0.53 | 1.07 | 2.14 | 5.34 | 10.68 | 16.02 | 21.36 | 26.70 | 32.04 | 37.38 | 42.71 |
| 156.0 | 0.56 | 1.11 | 2.23 | 5.57 | 11.14 | 16.71 | 22.29 | 27.86 | 33.43 | 39.00 | 44.57 |
| 162.0 | 0.58 | 1.16 | 2.31 | 5.79 | 11.57 | 17.36 | 23.14 | 28.93 | 34.71 | 40.50 | 46.29 |
| Tebal rata-rata (ft) untuk satu lapis, ditempatkan teratur | | | | | | | | | | | |
| 2.16 | 2.72 | 3.42 | 4.65 | 5.86 | 6.70 | 7.38 | 7.95 | 8.44 | 8.89 | 9.29 | |
| Tebal rata-rata (ft) untuk dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | |
| 4.24 | 5.34 | 6.73 | 9.13 | 11.50 | 13.16 | 14.49 | 15.61 | 16.59 | 17.46 | 18.26 | |
| Jumlah unit untuk tiap 1000sqft, satu lapis, ditempatkan teratur | | | | | | | | | | | |
| 220.26 | 138.75 | 87.40 | 47.50 | 29.84 | 22.81 | 18.89 | 16.27 | 14.47 | 13.00 | 11.94 | |
| Jumlah unit untuk tiap 1000sqft, dua lapis, ditempatkan sembarang | | | | | | | | | | | |
| 134.12 | 197.87 | 124.65 | 67.74 | 42.56 | 32.53 | 26.93 | 23.20 | 20.64 | 18.54 | 17.02 | |
| Simbol | | | | | | | | | | | |
| Dimensi tiap unit (ft) | | | | | | | | | | | |
| A | 2.09 | 2.63 | 3.32 | 4.50 | 5.67 | 6.49 | 7.15 | 7.70 | 8.18 | 6.61 | 9.01 |
| B | 1.05 | 1.32 | 1.67 | 2.26 | 2.85 | 3.26 | 3.59 | 3.87 | 4.11 | 4.33 | 4.52 |
| C | 0.70 | 0.88 | 1.11 | 1.51 | 1.90 | 2.18 | 2.39 | 2.58 | 2.74 | 2.88 | 3.02 |
| D | 0.52 | 0.66 | 0.83 | 1.12 | 1.41 | 1.62 | 1.78 | 1.92 | 2.04 | 2.14 | 2.24 |

Gambar 6.13 Spesifikasi batu lapis pelindung buatan Modified Cubes.

Berikut ini adalah beberapa hal yang akan menjadi pertimbangan dalam memilih jenis batu pelindung diantaranya adalah:

1. Stabilitas. Masing-masing jenis pelindung mempunyai koefisien stabilitas tertentu K_d (**Tabel 6.1**), makin besar harga K_d maka makin stabil jenis batu

pelindung tersebut. Hal ini dibuktikan dengan melalui formula Hudson sebagai berikut:

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

- W = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton
- W_r = berat satuan batu = 2,65 ton/m³
- W_w = berat satuan air laut = 1,03 ton/m³
- H = tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan pantai = 0,5 m
- K_d = koefisien stabilitas (dari **Tabel 6.1**) = 1,9
- S_r = W_r/W_w
- θ = kemiringan dinding bangunan pantai = 1:2

Dari persamaan tersebut, jika nilai K_d makin besar maka nilai W atau berat batu makin kecil, hal ini berarti jenis batu tersebut lebih stabil.

2. Porositas. Masing-masing jenis batu mempunyai koefisien stabilitas tertentu P (**Tabel 6.2**), makin besar harga P maka makin poros jenis batu pelindung tersebut. Hal ini dibuktikan dengan melalui formula sebagai berikut:

$$N = An K_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

dimana :

- N = Jumlah butir batu untuk satu satuan luas penampang
- P = Porositas dari lapis pelindung (%) (**Tabel 6.2**)
- W = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton
- K_{Δ} = Koefisien lapis batu (**Tabel 6.2**)
- n = Jumlah lapis batu
- γ_r = berat satuan batu = 2,65 ton/m³

Dari persamaan tersebut, jika nilai P makin besar maka nilai N atau jumlah butir batu makin kecil, hal ini berarti jenis batu lebih boros atau akan lebih banyak jumlahnya jika dibandingkan dengan jenis lain.

3. Kemudahan konstruksi. Kemudahan konstruksi ini menyangkut pembuatan atau pengadaan material sampai pada proses metoda konstruksinya. Biasanya secara umum jenis batu alam lebih mudah dilaksanakan dibandingkan dengan jenis batu artificial.
4. Ketersediaan Material. Khusus untuk batu mungkin di setiap daerah belum tentu tersedia, contohnya di Bali jenis batu alam yang akan dipakai tidak tersedia tapi harus mendatangkan dari wilayah Lombok. Sebaliknya jika materialnya dari beton biasanya secara umum setiap daerah tersedia semua jenis materialnya.
5. Ketahanan Terhadap Korosi. Untuk batu alam, secara alamiah bisa tahan terhadap korosi sebaliknya untuk material dari beton harus melalui treatment khusus seperti penambahan zat kimia tertentu atau mutu betonnya dinaikkan menjadi mutu beton kualitas tinggi seperti K500 atau K700. Namun hal ini secara tidak langsung bisa mengakibatkan harga pengadaan material batu dari beton menjadi sangat mahal.
6. Penempatan Batu. Khusus untuk batu alam penempatannya bisa acak karena akan tersusun dengan sendirinya, namun untuk jenis lainnya meskipun bisa acak namun penempatannya tidak bisa sembarangan seperti halnya batu.
7. Waktu Pelaksanaan. Oleh karena jenis batu penempatannya bisa secara acak dan proses pengangkutan materialnya tidak memerlukan penanganan khusus maka secara tidak langsung akan menyebabkan waktu pelaksanaannya bisa lebih cepat dibandingkan dengan material batu pelindung yang terbuat dari beton.

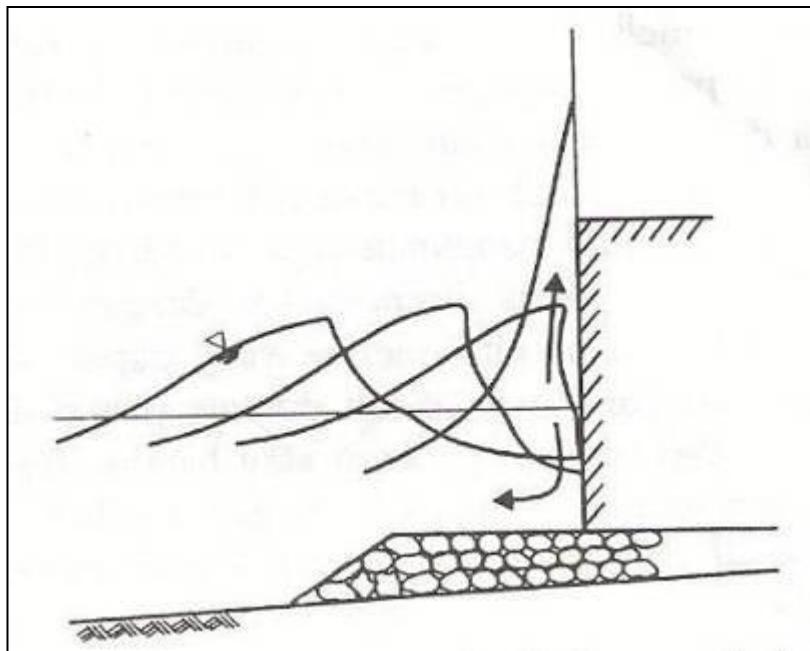
6.3 PERHITUNGAN DESAIN REVETMENT

Revetment yang akan didesain adalah sepanjang lokasi studi, berikut ini akan diuraikan proses perhitungan desain dari struktur tersebut.

Revetment adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat.

Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan dan jalan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal maupun sisi miring. Fungsi bangunan akan menentukan pemilihan bentuk. Permukaan bangunan dapat berbentuk sisi tegak, miring, lengkung atau bertangga. Bangunan sisi tegak dapat juga digunakan sebagai dermaga atau tempat penambatan kapal. Tetapi sisi tegak kurang efektif terhadap serangan gelombang, terutama terhadap limpasan dibanding dengan bentuk lengkung (konkaf). Pemakaian sisi tegak dapat mengakibatkan erosi yang cukup besar apabila kaki atau dasar bangunan berada di air dangkal.

Gelombang yang pecah menghantam dinding akan membelokkan energi ke atas dan ke bawah. Seperti terlihat dalam **Gambar 6.14**, gelombang datang mulai pecah di depan dinding vertikal, dan terjadi benturan dengan muka gelombang hampir vertikal. Tumbukan tersebut menyebabkan massa air bergerak ke atas dan ke bawah. Komponen ke bawah menimbulkan arus yang dapat mengerosi material dasar di depan bangunan. Untuk mencegah erosi tersebut, diperlukan perlindungan di dasar bangunan yang berupa batu dengan ukuran dan gradasi tertentu. Untuk mencegah keluarnya butir-butir tanah halus melalui sela-sela batuan yang dapat berakibat terjadinya penurunan bangunan, pada dasar pondasi diberi lapis geotekstil. Sisi miring dan kasar dapat menghancurkan dan menyerap energi gelombang, mengurangi kenaikan gelombang (*wave runup*), limpasan gelombang dan erosi dasar. Bangunan dengan sisi lengkung konkaf adalah yang paling efektif untuk mengurangi limpasan gelombang. Apabila puncak bangunan digunakan untuk jalan atau maksud yang lain, bentuk ini merupakan yang paling baik untuk perlindungan puncak bangunan.



Gambar 6.14 Gelombang pecah pada dinding vertikal.

6.3.1 Kondisi Gelombang Pecah

- Gelombang 25 tahunan Pantai Ampenan menjalar dari laut dalam dengan data-data sebagai berikut:

Tinggi Gelombang di Laut Dalam H_0 = 4.7 m

Periode Gelombang di Laut Dalam T = 6.23 detik

Kemiringan Pantai m = 1:50

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{4.7}{9.8 \times 6.23^2} = 0.0123$$

Dari **Gambar 6.13** untuk nilai $H_0/gT^2 = 0.0123$ dan nilai $m = 0.02$ diperoleh:

$$\frac{H_b}{H_0} = 1.0$$

$$H_b = 1.0 \times 4.7 = 4.7m$$

Dari **Gambar 6.14** untuk nilai $H_b/gT^2 = 0.01234$ dan nilai $m = 0.02$ diperoleh:

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.252$$

$$d_b = 1.252 \times 4.7 = 5.88m$$

Dengan demikian tinggi gelombang pecah untuk gelombang 25 tahunan adalah 4.70 m di kedalaman 5.88 m.

- Untuk gelombang periode ulang 1 tahunan Pantai Ampenan, perhitungan gelombang pecahnya adalah sebagai berikut.

Gelombang menjalar dari laut dalam dengan data-data sebagai berikut:

$$\text{Tinggi Gelombang di Laut Dalam } H'_o = 1.38 \text{ m}$$

$$\text{Periode Gelombang di Laut Dalam } T = 3.81 \text{ detik}$$

$$\text{Kemiringan Pantai } m = 1:50$$

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{1.38}{9.8 \times 3.81^2} = 0.00969$$

Dari **Gambar 6.13** untuk nilai $H_o/gT^2 = 0.00969$ dan nilai $m = 0.02$ diperoleh:

$$\frac{H_b}{H_0} = 0.9$$

$$H_b = 0.9 \times 1.38 = 1.242 \text{ m}$$

Dari **Gambar 6.14** untuk nilai $H_b/gT^2 = 0.00872$ dan nilai $m = 0.02$ diperoleh:

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.25$$

$$d_b = 1.25 \times 1.242 = 1.55 \text{ m}$$

Dengan demikian tinggi gelombang pecah untuk gelombang 1 tahunan adalah 1.24 m di kedalaman 1.55 m.

- Gelombang 25 tahunan Pantai Bima (Muara Sungai Pedolo) menjalar dari laut dalam dengan data-data sebagai berikut:

$$\text{Tinggi Gelombang di Laut Dalam } H'_o = 1.4 \text{ m}$$

$$\text{Periode Gelombang di Laut Dalam } T = 3.95 \text{ detik}$$

$$\text{Kemiringan Pantai } m = 1:100$$

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{1.4}{9.8 \times 3.95^2} = 0.00915$$

Dari **Gambar 6.13** untuk nilai $H_0/gT^2 = 0.00915$ dan nilai $m = 0.01$ diperoleh:

$$\frac{H_b}{H_0} = 1.00$$

$$H_b = 1.00 \times 1.4 = 1.4m$$

Dari **Gambar 6.14** untuk nilai $H_b/gT^2 = 0.00915$ dan nilai $m = 0.01$ diperoleh:

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.25$$

$$d_b = 1.25 \times 1.4 = 1.75m$$

Dengan demikian tinggi gelombang pecah untuk gelombang 25 tahunan adalah 1.40 m di kedalaman 1.75 m.

- Untuk gelombang periode ulang 1 tahunan Pantai Bima (Muara Sungai Pedolo), perhitungan gelombang pecahnya adalah sebagai berikut.

Gelombang menjalar dari laut dalam dengan data-data sebagai berikut:

$$\text{Tinggi Gelombang di Laut Dalam } H_0 = 0.61 \text{ m}$$

$$\text{Periode Gelombang di Laut Dalam } T = 2.77 \text{ detik}$$

$$\text{Kemiringan Pantai } m = 1:100$$

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{0.61}{9.8 \times 2.77^2} = 0.00810$$

Dari **Gambar 6.13** untuk nilai $H_0/gT^2 = 0.0081$ dan nilai $m = 0.01$ diperoleh:

$$\frac{H_b}{H_0} = 1.00$$

$$H_b = 1.00 \times 0.61 = 0.61m$$

Dari **Gambar 6.14** untuk nilai $H_b/gT^2 = 0.0081$ dan nilai $m = 0.01$ diperoleh:

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.25$$

$$d_b = 1.25 \times 0.61 = 0.76m$$

Dengan demikian tinggi gelombang pecah untuk gelombang 1 tahunan adalah 0.61 m di kedalaman 0.76 m.

6.3.2 Menghitung Elevasi Struktur

- Elevasi bangunan Pantai Ampenan bisa ditentukan melalui formula sebagai berikut:

$$\text{Elevasi Mercu Struktur} = \text{HHWL} + \text{Ru} + \text{GW}$$

Dimana:

$$\text{HHWL} = \text{Elevasi Muka Air Tertinggi} = 1.48 \text{ m MSL}$$

$$\text{GW} = \text{Kenaikan Elevasi Muka Air akibat Global Warming} = 0.25 \text{ m per 25 tahun}$$

Untuk menentukan tinggi Run Up dihitung dengan proses sebagai berikut:

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H / L_o)^{0.5}}$$

dimana:

$$\theta = \text{Sudut kemiringan bangunan}$$

$$H = \text{Tinggi gelombang di lokasi bangunan}$$

$$L_o = \text{Panjang gelombang di laut dalam}$$

$$I_r = \text{Bilangan Irribaren}$$

Panjang gelombang laut dalam L_o :

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9.8 \times 6.23^2}{2 \times 3.14} = 60.63m$$

Perhitungan bilangan Irribaren (Ir):

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H / L_o)^{0.5}}$$

Dimana:

q : slope bangunan

H : tinggi gelombang di ujung struktur

Lo : panjang gelombang

Ir : Bilangan Irribaren

$$I_r = \frac{0.5}{(1.50 / 60.63)^{0.5}} = 3.50$$

Dengan menggunakan **Gambar 6.16** dan dengan nilai $I_r = 3.50$ diperoleh:

$$\frac{R_u}{H} = 1.50$$

$$R_u = 1.50 \times 1.50 = 2.25 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi Mercu Struktur} = \text{HHWL} + \text{Ru} + \text{GW}$$

$$= 1.48 + 2.25 + 0.25$$

$$\approx 4.00 \text{ m}$$

- Elevasi bangunan Pantai Bima (Muara Sungai Pedolo) bisa ditentukan melalui formula sebagai berikut:

$$\text{Elevasi Mercu Struktur} = \text{HHWL} + \text{Ru} + \text{GW}$$

Dimana:

$$\text{HHWL} = \text{Elevasi Muka Air Tertinggi} = 1.40 \text{ m MSL}$$

$$\text{GW} = \text{Kenaikan Elevasi Muka Air akibat Global Warming} = 0.25 \text{ m per 25 tahun}$$

Untuk menentukan tinggi Run Up dihitung dengan proses sebagai berikut:

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H / L_o)^{0.5}}$$

dimana:

- θ = Sudut kemiringan bangunan
 H = Tinggi gelombang di lokasi bangunan
 L_o = Panjang gelombang di laut dalam
 I_r = Bilangan Irribaren

Panjang gelombang laut dalam L_o :

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9.8 \times 3.95^2}{2 \times 3.14} = 24.37m$$

Perhitungan bilangan Irribaren (I_r):

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H / L_o)^{0.5}}$$

Dimana:

- q : slope bangunan
 H : tinggi gelombang di ujung struktur
 L_o : panjang gelombang
 I_r : Bilangan Irribaren

$$I_r = \frac{0.5}{(0.50 / 24.37)^{0.5}} = 3.84$$

Dengan menggunakan **Gambar 6.16** dan dengan nilai $I_r = 3.84$ diperoleh:

$$\frac{R_u}{H} = 1.13$$

$$R_u = 1.13 \times 0.50 = 0.56m$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi Mercu Struktur} &= \text{HHWL} + \text{Ru} + \text{GW} \\
 &= 0.78 + 0.56 + 0.25 \\
 &\approx 1.60 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6.3.3 Menghitung Berat Batu Pelindung

- Perhitungan berat toe protection Pantai Ampenan adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot\theta}$$

dimana :

W = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton

W_r = berat satuan pelindung = 2,65 ton/m³

W_w = berat satuan air laut = 1,03 ton/m³

H = tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan pantai = 2,00 m

K_d = koefisien stabilitas (dari **Tabel 6.1**) = 1,2

S_r = W_r/W_w

θ = kemiringan dinding bangunan pantai = 1:1

$$W = \frac{2.65 \times 2.00^3}{1.2 \left(\frac{2.65}{1.03} - 1 \right)^3 0.5} = 2.461 \text{ ton} = 2461 \text{ kg}$$

Perhitungan dimensi bangunan pelindung adalah sebagai berikut:

Untuk menghitung diameter batu digunakan rumus:

$$D = 2 \left(\frac{n}{\frac{4}{3} \pi} \frac{W_g}{W_r} \right)^{1/3}$$

dimana :

D = diameter batu

n = jumlah lapis batu

W_g = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton

W_r = berat satuan batu = 2,65 ton/m³

Jadi diameter batu adalah

$$D = 2 \left(\frac{1}{\frac{4}{3} \pi} \frac{2.461}{2.65} \right)^{1/3} = 1.211 \text{ m} = 121 \text{ cm}$$

Perhitungan jumlah batu pelindung adalah sebagai berikut:

Untuk menghitung jumlah batu digunakan rumus sebagai berikut:

$$N = AnK_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

dimana :

N = Jumlah butir batu untuk satu satuan luas penampang

P = Porositas dari lapis pelindung (%) (**Tabel 6.2**)

W = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton

K_Δ = Koefisien lapis batu (**Tabel 6.2**)

A = Luasan

n = Jumlah lapis batu

γ_r = berat satuan batu = 2,65 ton/m³

$$N = 1x2x1.15x \left[1 - \frac{37}{100} \right] \left[\frac{2.65}{2.461} \right]^{2/3} = 1.52 \text{ butir} \approx 2 \text{ butir batu}$$

Untuk 1 m² struktur breakwater minimal jumlah batu yang dibutuhkan adalah sebanyak 2 butir seberat 2461 kg dengan diameter 1.21 m.

Sebagai perbandingan jika material yang dipakai adalah artificial armor, maka jumlah batu pelindung tiap 1 m² adalah sebagai berikut:

1. Tetrapods

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 2.00^3}{5.5 \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3} = 0.809 \text{ ton} = 809 \text{ kg}$$

$$N = 1x2x1.04x \left[1 - \frac{50}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.809} \right]^{2/3} = 2.71 \approx 3 \text{ butir}$$

2. Quadripods

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 2.00^3}{5.5 \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2} = 0.809 \text{ton} = 809 \text{kg}$$

$$N = 1 \times 2 \times 0.95 \times \left[1 - \frac{49}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.809} \right]^{2/3} = 2.47 \approx 3 \text{butir}$$

3. Hexapods

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 2.00^3}{7 \times \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2} = 0.636 \text{ton} = 636 \text{kg}$$

$$N = 1 \times 2 \times 1.15 \times \left[1 - \frac{47}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.636} \right]^{2/3} = 3.51 \approx 4 \text{butir}$$

4. Tribars

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 2.00^3}{9.5 \times \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2} = 0.468 \text{ton} = 468 \text{kg}$$

$$N = 1 \times 2 \times 1.13 \times \left[1 - \frac{47}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.468} \right]^{2/3} = 4.23 \approx 5 \text{butir}$$

5. Modified Cubes

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 2.00^3}{5 \times \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2} = 0.890 \text{ton} = 890 \text{kg}$$

$$N = 1 \times 2 \times 1.10 \times \left[1 - \frac{47}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.890} \right]^{2/3} = 2.69 \approx 3 \text{butir}$$

- Perhitungan berat toe protection Pantai Bima (Muara Sungai Pedolo) adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

dimana :

W = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton

W_r = berat satuan pelindung = 2,65 ton/m³

W_w = berat satuan air laut = 1,03 ton/m³

H = tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan pantai = 0,50 m

K_d = koefisien stabilitas (dari **Tabel 6.1**) = 1,2

S_r = W_r/W_w

θ = kemiringan dinding bangunan pantai = 1:1

$$W = \frac{2.65 \times 0.50^3}{1.2 \left(\frac{2.65}{1.03} - 1 \right)^3 0.5} = 0.038 \text{ ton} \approx 40 \text{ kg}$$

Perhitungan dimensi bangunan pelindung adalah sebagai berikut:

Untuk menghitung diameter batu digunakan rumus:

$$D = 2 \left(\frac{n}{\sqrt[4]{3} \pi} \frac{Wg}{W_r} \right)^{1/3}$$

dimana :

D = diameter batu

n = jumlah lapis batu

Wg = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton

W_r = berat satuan batu = 2,65 ton/m³

Jadi diameter batu adalah

$$D = 2 \left(\frac{1}{\sqrt[4]{3} \pi} \frac{0.038}{2.65} \right)^{1/3} = 0.303 \text{ m} = 31 \text{ cm}$$

Perhitungan jumlah batu pelindung adalah sebagai berikut:

Untuk menghitung jumlah batu digunakan rumus sebagai berikut:

$$N = AnK_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

dimana :

N = Jumlah butir batu untuk satu satuan luas penampang

P = Porositas dari lapis pelindung (%) (**Tabel 6.2**)

W = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton

K_Δ = Koefisien lapis batu (**Tabel 6.2**)

A = Luasan

n = Jumlah lapis batu

γ_r = berat satuan batu = 2,65 ton/m³

$$N = 1x2x1.15x \left[1 - \frac{37}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.303} \right]^{2/3} = 24.35 \text{ unit} \approx 25 \text{ unit}$$

Untuk 1 m² batu pelindung minimal jumlah batu yang dibutuhkan adalah sebanyak 25 butir batu seberat 40 kg dengan diameter 0.31 m.

Sebagai perbandingan jika material yang dipakai adalah artificial armor, maka jumlah batu pelindung tiap 1 m² adalah sebagai berikut:

1. Tetrapods

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 0.50^3}{5.5 \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 2} = 0.0126 \text{ ton} = 13 \text{ kg}$$

$$N = 1x2x1.04x \left[1 - \frac{50}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.0126} \right]^{2/3} = 43.29 \approx 44 \text{ butir}$$

2. Quadripods

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot\theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 0.50^3}{5.5 \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2} = 0.0126 \text{ ton} = 13 \text{ kg}$$

$$N = 1 \times 2 \times 0.95 \times \left[1 - \frac{49}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.0126} \right]^{2/3} = 39.55 \approx 40 \text{ butir}$$

3. Hexapods

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot\theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 0.50^3}{7 \times \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2} = 0.010 \text{ ton} = 10 \text{ kg}$$

$$N = 1 \times 2 \times 1.15 \times \left[1 - \frac{47}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.010} \right]^{2/3} = 56.22 \approx 57 \text{ butir}$$

4. Tribars

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot\theta}$$

$$W = \frac{2.40 \times 0.50^3}{9.5 \times \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2} = 0.010 \text{ ton} = 10 \text{ kg}$$

$$N = 1 \times 2 \times 1.13 \times \left[1 - \frac{47}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.010} \right]^{2/3} = 67.72 \approx 68 \text{ butir}$$

5. Modified Cubes

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot\theta}$$

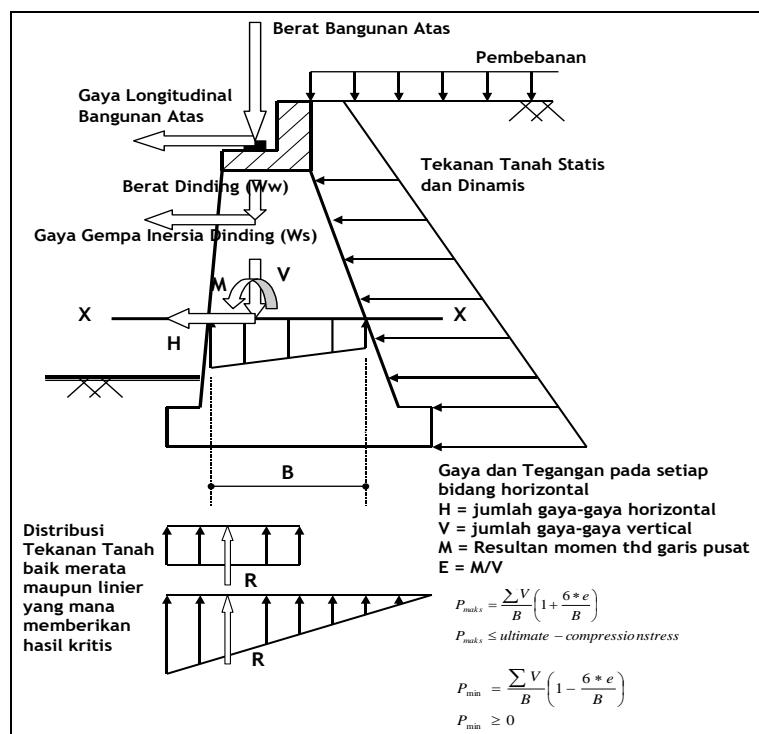
$$W = \frac{2.40 \times 0.50^3}{5 \times \left(\frac{2.40}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2} = 0.0139 \text{ ton} = 14 \text{ kg}$$

$$N = 1 \times 2 \times 1.10 \times \left[1 - \frac{47}{100} \right] \left[\frac{2.65}{0.0139} \right]^{2/3} = 42.97 \approx 43 \text{ butir}$$

6.4 PERHITUNGAN MEKANIKA TANAH

Prosedur perencanaan dilakukan berdasarkan analisa terhadap gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah tersebut. Dinding juga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak ada tegangan tarik pada tiap titik pada dinding untuk setiap kondisi pembebahan, tiap-tiap potongan dinding horizontal akan menerima gaya-gaya seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

1. Gaya vertikal akibat berat sendiri dinding penahan tanah
2. Gaya luar yang bekerja pada dinding penahan tanah
3. Gaya akibat tekanan tanah aktif
4. Gaya akibat tekanan tanah pasif



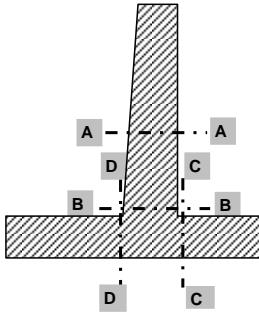
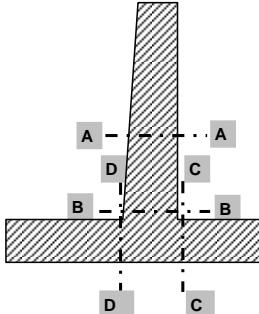
Gambar 6.15 Tegangan pada dinding tipe gravitasi.

Pada perencanaan dinding penahan tanah, beberapa analisis yang harus dilakukan adalah:

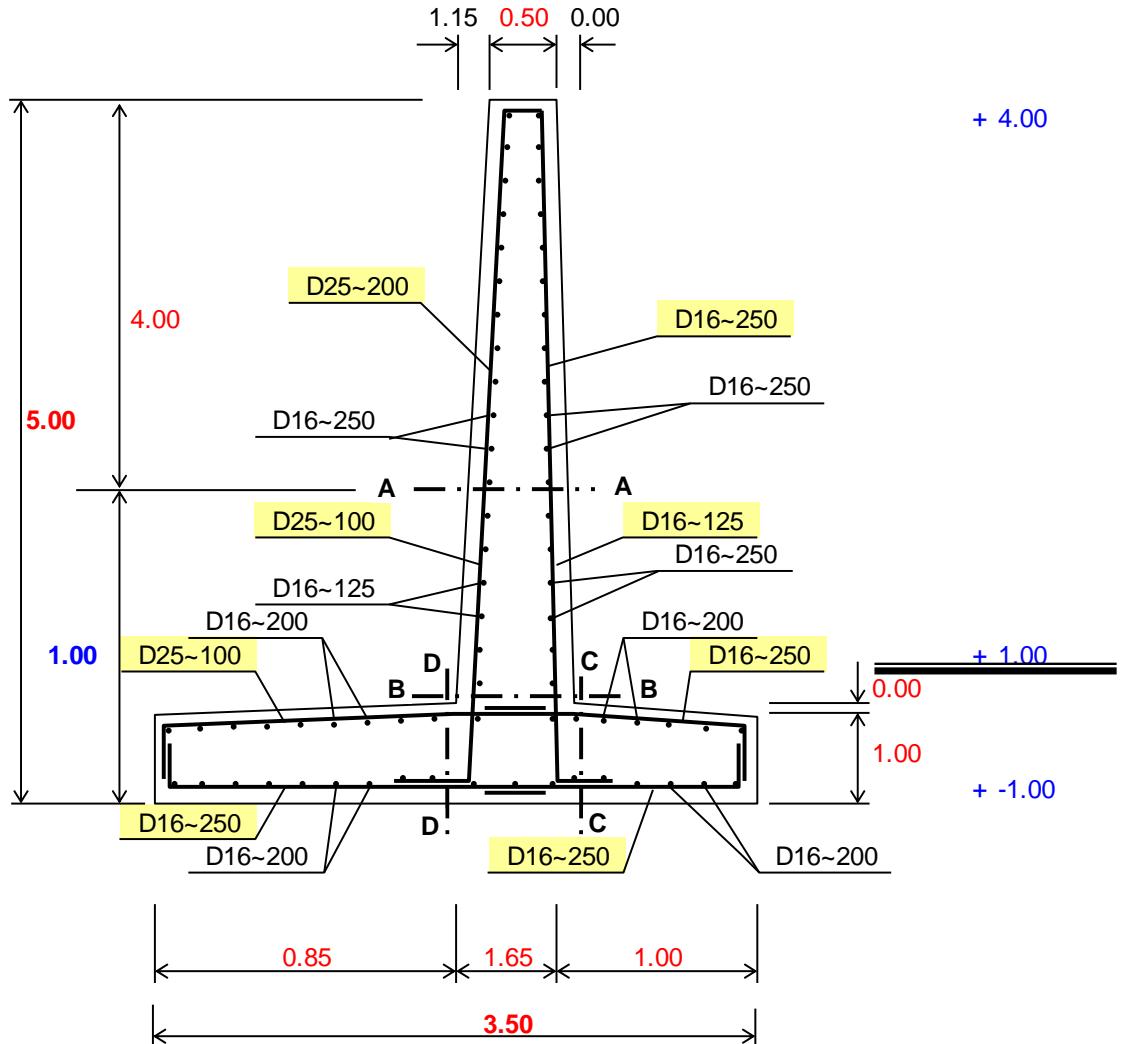
1. Analisis kestabilan terhadap guling
2. Analisis ketahanan terhadap geser
3. Analisis kapasitas daya dukung tanah pada dasar dinding penahan
4. Analisis tegangan dalam dinding penahan tanah
5. Analisis penurunan
6. Analisis stabilitas secara umum

Rekapitulasi hasil perhitungan mekanika tanah untuk pembentukan tulangan adalah sebagai berikut.

Stressing of Reinforcement and Concrete

| Name of Structure : Retaining Wall Location : Ampenan Kota Mataram | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--------------------|-------------|--------------------|--|---|------|--------------------|--|---|------|--------------------|-----------------------|---|----|--|------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|------|------|-----------|---|----|---|---|---------|---|---|---|---|----------------------------------|--|--|--|--|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|---------|---------|---------|--------|---------------|----------|----------|----------|----------|
| Normal Condition | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>Section of Retaining wall</p> | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Allowable compressive stress (σ_{ca})</td><td>=</td><td>60</td><td>kg/cm²</td></tr> <tr> <td>Allowable tensile stress (σ_{sa})</td><td>=</td><td>1850</td><td>kg/cm²</td></tr> <tr> <td>Allowable shearing stress (τ_a)</td><td>=</td><td>5.5</td><td>kg/cm²</td></tr> <tr> <td>Young's modulus ratio</td><td>=</td><td>24</td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th><th>Section A-A</th><th>Section B-B</th><th>Section C-C</th><th>Section D-D</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>b (cm)</td><td>100.0</td><td>100.0</td><td>100.0</td><td>100.0</td></tr> <tr> <td>h (cm)</td><td>165.0</td><td>165.0</td><td>100.0</td><td>100.0</td></tr> <tr> <td>d1 (cm)</td><td>7.0 back</td><td>7.0 back</td><td>7.0 lower</td><td>7.0 upper</td></tr> <tr> <td>d2 (cm)</td><td>7.0 front</td><td>7.0 front</td><td>7.0 upper</td><td>7.0 lower</td></tr> <tr> <td>d (cm)</td><td>158.0</td><td>158.0</td><td>93.0</td><td>93.0</td></tr> <tr> <td>M (ton m)</td><td>6</td><td>6</td><td>3</td><td>0</td></tr> <tr> <td>S (ton)</td><td>4</td><td>4</td><td>6</td><td>1</td></tr> <tr> <td colspan="5">Bar size and spacing (mm)</td></tr> <tr> <td>Bar (As1)</td><td>D 25 - 200</td><td>D 25 - 100</td><td>D 16 - 250</td><td>D 25 - 100</td></tr> <tr> <td>Bar (As2)</td><td>D 16 - 250</td><td>D 16 - 125</td><td>D 16 - 250</td><td>D 16 - 250</td></tr> <tr> <td>Stress σ_c</td><td>2 OK!</td><td>2 OK!</td><td>4 OK!</td><td>0 OK!</td></tr> <tr> <td>Stress σ_s</td><td>175 OK!</td><td>90 OK!</td><td>414 OK!</td><td>8 OK!</td></tr> <tr> <td>Stress τ</td><td>0.26 OK!</td><td>0.26 OK!</td><td>0.62 OK!</td><td>0.07 OK!</td></tr> </tbody> </table> | Allowable compressive stress (σ_{ca}) | = | 60 | kg/cm ² | Allowable tensile stress (σ_{sa}) | = | 1850 | kg/cm ² | Allowable shearing stress (τ_a) | = | 5.5 | kg/cm ² | Young's modulus ratio | = | 24 | | Item | Section A-A | Section B-B | Section C-C | Section D-D | b (cm) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | h (cm) | 165.0 | 165.0 | 100.0 | 100.0 | d1 (cm) | 7.0 back | 7.0 back | 7.0 lower | 7.0 upper | d2 (cm) | 7.0 front | 7.0 front | 7.0 upper | 7.0 lower | d (cm) | 158.0 | 158.0 | 93.0 | 93.0 | M (ton m) | 6 | 6 | 3 | 0 | S (ton) | 4 | 4 | 6 | 1 | Bar size and spacing (mm) | | | | | Bar (As1) | D 25 - 200 | D 25 - 100 | D 16 - 250 | D 25 - 100 | Bar (As2) | D 16 - 250 | D 16 - 125 | D 16 - 250 | D 16 - 250 | Stress σ_c | 2 OK! | 2 OK! | 4 OK! | 0 OK! | Stress σ_s | 175 OK! | 90 OK! | 414 OK! | 8 OK! | Stress τ | 0.26 OK! | 0.26 OK! | 0.62 OK! | 0.07 OK! |
| Allowable compressive stress (σ_{ca}) | = | 60 | kg/cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Allowable tensile stress (σ_{sa}) | = | 1850 | kg/cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Allowable shearing stress (τ_a) | = | 5.5 | kg/cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Young's modulus ratio | = | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Item | Section A-A | Section B-B | Section C-C | Section D-D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b (cm) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h (cm) | 165.0 | 165.0 | 100.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d1 (cm) | 7.0 back | 7.0 back | 7.0 lower | 7.0 upper | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d2 (cm) | 7.0 front | 7.0 front | 7.0 upper | 7.0 lower | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d (cm) | 158.0 | 158.0 | 93.0 | 93.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M (ton m) | 6 | 6 | 3 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S (ton) | 4 | 4 | 6 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bar size and spacing (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bar (As1) | D 25 - 200 | D 25 - 100 | D 16 - 250 | D 25 - 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bar (As2) | D 16 - 250 | D 16 - 125 | D 16 - 250 | D 16 - 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stress σ_c | 2 OK! | 2 OK! | 4 OK! | 0 OK! | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stress σ_s | 175 OK! | 90 OK! | 414 OK! | 8 OK! | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stress τ | 0.26 OK! | 0.26 OK! | 0.62 OK! | 0.07 OK! | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Seismic Condition | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>Section of Retaining wall</p> | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Allowable compressive stress (σ_{ca})</td><td>=</td><td>90</td><td>kg/cm²</td></tr> <tr> <td>Allowable tensile stress (σ_{sa})</td><td>=</td><td>2775</td><td>kg/cm²</td></tr> <tr> <td>Allowable shearing stress (τ_a)</td><td>=</td><td>8.25</td><td>kg/cm²</td></tr> <tr> <td>Young's modulus ratio</td><td>=</td><td>16</td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th><th>Section A-A</th><th>Section B-B</th><th>Section C-C</th><th>Section D-D</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>b (cm)</td><td>100.0</td><td>100.0</td><td>100.0</td><td>100.0</td></tr> <tr> <td>h (cm)</td><td>165.0</td><td>165.0</td><td>100.0</td><td>100.0</td></tr> <tr> <td>d1 (cm)</td><td>7.0</td><td>7.0</td><td>7.0</td><td>7.0</td></tr> <tr> <td>d2 (cm)</td><td>7.0</td><td>7.0</td><td>7.0</td><td>7.0</td></tr> <tr> <td>d (cm)</td><td>158.0</td><td>158.0</td><td>93.0</td><td>93.0</td></tr> <tr> <td>M (ton m)</td><td>9</td><td>10</td><td>4</td><td>1</td></tr> <tr> <td>S (ton)</td><td>6</td><td>7</td><td>7</td><td>2</td></tr> <tr> <td colspan="5">Bar size and spacing (mm)</td></tr> <tr> <td>Bar (As1)</td><td>D 25 - 200</td><td>D 25 - 100</td><td>D 16 - 250</td><td>D 25 - 100</td></tr> <tr> <td>Bar (As2)</td><td>D 16 - 250</td><td>D 16 - 125</td><td>D 16 - 250</td><td>D 16 - 250</td></tr> <tr> <td>Stress σ_c</td><td>4 OK!</td><td>3 OK!</td><td>6 OK!</td><td>1 OK!</td></tr> <tr> <td>Stress σ_s</td><td>243 OK!</td><td>141 OK!</td><td>544 OK!</td><td>25 OK!</td></tr> <tr> <td>Stress τ</td><td>0.39 OK!</td><td>0.44 OK!</td><td>0.80 OK!</td><td>0.24 OK!</td></tr> </tbody> </table> | Allowable compressive stress (σ_{ca}) | = | 90 | kg/cm ² | Allowable tensile stress (σ_{sa}) | = | 2775 | kg/cm ² | Allowable shearing stress (τ_a) | = | 8.25 | kg/cm ² | Young's modulus ratio | = | 16 | | Item | Section A-A | Section B-B | Section C-C | Section D-D | b (cm) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | h (cm) | 165.0 | 165.0 | 100.0 | 100.0 | d1 (cm) | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | d2 (cm) | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | d (cm) | 158.0 | 158.0 | 93.0 | 93.0 | M (ton m) | 9 | 10 | 4 | 1 | S (ton) | 6 | 7 | 7 | 2 | Bar size and spacing (mm) | | | | | Bar (As1) | D 25 - 200 | D 25 - 100 | D 16 - 250 | D 25 - 100 | Bar (As2) | D 16 - 250 | D 16 - 125 | D 16 - 250 | D 16 - 250 | Stress σ_c | 4 OK! | 3 OK! | 6 OK! | 1 OK! | Stress σ_s | 243 OK! | 141 OK! | 544 OK! | 25 OK! | Stress τ | 0.39 OK! | 0.44 OK! | 0.80 OK! | 0.24 OK! |
| Allowable compressive stress (σ_{ca}) | = | 90 | kg/cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Allowable tensile stress (σ_{sa}) | = | 2775 | kg/cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Allowable shearing stress (τ_a) | = | 8.25 | kg/cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Young's modulus ratio | = | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Item | Section A-A | Section B-B | Section C-C | Section D-D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b (cm) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h (cm) | 165.0 | 165.0 | 100.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d1 (cm) | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d2 (cm) | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d (cm) | 158.0 | 158.0 | 93.0 | 93.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M (ton m) | 9 | 10 | 4 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S (ton) | 6 | 7 | 7 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bar size and spacing (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bar (As1) | D 25 - 200 | D 25 - 100 | D 16 - 250 | D 25 - 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bar (As2) | D 16 - 250 | D 16 - 125 | D 16 - 250 | D 16 - 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stress σ_c | 4 OK! | 3 OK! | 6 OK! | 1 OK! | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stress σ_s | 243 OK! | 141 OK! | 544 OK! | 25 OK! | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stress τ | 0.39 OK! | 0.44 OK! | 0.80 OK! | 0.24 OK! | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Reinforcement Bar Arrangement (Retaining Wall)



Section of Retaining wall

| | | | |
|---------------|---|-----------|----------------|
| concrete | = | 8 | m ³ |
| reinforcement | = | 423 | kg |
| cost estimate | = | 6,292,943 | |

BAB 7

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Dari hasil analisis dan perhitungan volume diperoleh biaya yang diperlukan untuk kegiatan SID Pengamanan Pantai di NTB. Hasil rekapitulasi rencana anggaran biaya disajikan sebagai berikut.

Tabel 7.1 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Revetment Lokasi Pantai Gatep Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB

| No. | Item Kegiatan | Analisa | Satuan | Volume | Harga Satuan (Rp.) | Biaya (Rp.) |
|-------------------|--|---|--------|------------|--------------------|-----------------------|
| I | Pekerjaan Persiapan | | | | | 39,850,000 |
| 1 | Pembersihan/Pengukuran/Uitzel/Pasang Bauwplank | | LS | 1.0 | 10,000,000 | 10,000,000 |
| 2 | Pasang Papan Nama Kegiatan | | LS | 1.0 | 350,000 | 350,000 |
| 3 | Sewa Direksi Keet/Gudang Bahan/Barak Kerja | | Unit | 1.0 | 7,500,000 | 7,500,000 |
| 4 | Mobilisasi dan Demobilisasi Alat | | LS | 1.0 | 22,000,000 | 22,000,000 |
| II | Pekerjaan Revetment Pantai Gatep (677 m) | | | | | 27,295,018,916 |
| 1 | Galian tanah berbatu yang hasil galiannya dibuang ke tempat pembuangan termasuk meratakan dan merapikan | A.11 | m3 | 5,648.97 | 49,083 | 277,267,388 |
| 2 | Revetment Beton | | | | | |
| | Produksi beton K225 dengan aggregat ukuran 2 - 3 cm, type A | B.05 | m3 | 4,918.93 | 1,288,123 | 6,336,187,566 |
| | Bekisting/cetakan untuk beton dengan permukaan halus | B.11 | m2 | 6,487.50 | 280,995 | 1,822,957,338 |
| | Pembesian untuk beton, potong dan pasang besi | B.12 | kg | 600,084.04 | 22,885 | 13,733,023,682 |
| | Scaffolding (Penyangga) dan Perkayuan untuk beton L> 1,5 m | B.14 | m | 1,304.80 | 372,157 | 485,589,950 |
| 3 | Saluran Drainase | B.06 | m3 | 182.82 | 1,104,223 | 201,870,662 |
| 4 | Timbunan material random dengan pemasatan biasa, material diambil dari hasil galian | A.24 | m3 | 4,237 | 10,660 | 45,164,715 |
| 5 | Timbunan material inti dengan pemasatan biasa, diangkut dari area borow area dengan jarak angkut sembarang | A.21 | m3 | 18,778.41 | 122,914 | 2,308,130,094 |
| 7 | Pemasangan Paving Block | C.27 | m2 | 4,062.60 | 13,053 | 53,027,087 |
| 8 | Produksi kubus beton W= 900 kg (K-300) | PT.02 | bah | 2,465.00 | 707,635 | 1,744,319,637 |
| 9 | Transportasi kubus dari stockyard ke site W=900 kg | PT.03 | bah | 2,465.00 | 73,692 | 181,650,882 |
| 10 | Placing kubus beton W=900 kg | PT.05 | bah | 2,465.00 | 42,933 | 105,829,916 |
| 11 | Slipway (tangga orang dan barang) 7 unit | | | | | |
| | Produksi beton K225 dengan aggregat ukuran 2 - 3 cm, type A | B.05 | m3 | 80.15 | 1,288,123 | 103,243,032 |
| | Pembesian untuk beton, potong dan pasang besi tulangan polos | B.14 | kg | 6,347.30 | 22,885 | 145,259,025 |
| | Timbunan material inti dengan pemasatan biasa, material dibeli di luar | A.23 | m3 | 595.35 | 163,300 | 97,220,907 |
| JUMLAH | | | | | | 27,334,868,916 |
| PPN 10% | | | | | | 2,733,486,892 |
| TOTAL | | | | | | 30,068,355,807 |
| DIBULATKAN | | | | | | 30,068,000,000 |
| TERBILANG | | <i>Tiga Puluh Miliar Enam Puluh Delapan Juta Rupiah</i> | | | | |

Tabel 7.2 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Breakwater Lokasi Pantai Gatep
Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB

| No. | Item Kegiatan | Analisa | Satuan | Volume | Harga Satuan | Biaya |
|-----------|---|---------|--------|-----------|--|-----------------------|
| | | | | | (Rp.) | (Rp.) |
| I | Pekerjaan Persiapan | | | | | 39,850,000 |
| 1 | Pembersihan/Pengukuran/Uitzel/Pasang Bauwplank | | LS | 1.0 | 10,000,000 | 10,000,000 |
| 2 | Pasang Papan Nama Kegiatan | | LS | 1.0 | 350,000 | 350,000 |
| 3 | Sewa Direksi Keet/Gudang Bahan/Barak Kerja | | Unit | 1.0 | 7,500,000 | 7,500,000 |
| 4 | Mobilisasi dan Demobilisasi Alat | | LS | 1.0 | 22,000,000 | 22,000,000 |
| II | Pekerjaan Breakwater 5 x 100 m | | | | | 39,290,641,381 |
| 1 | Produksi kubus beton W= 3000 kg (K-300) | PT-02a | unit | 8,336.00 | 1,828,633 | 15,243,485,209 |
| 2 | Transportasi kubus dari stockyard ke site W=3000 kg | PT-03a | unit | 8,336.00 | 196,512 | 1,638,124,949 |
| 3 | Placing kubus beton W=3000 kg | PT-05a | unit | 8,336.00 | 114,488 | 954,372,606 |
| 4 | Produksi kubus beton W= 900 kg (K-300) | PT-02 | unit | 26,029.00 | 707,635 | 18,419,024,674 |
| 5 | Transportasi kubus dari stockyard ke site W=900 kg | PT-03 | unit | 26,029.00 | 73,692 | 1,918,130,141 |
| 6 | Placing kubus beton W=900 kg | PT-05 | unit | 26,029.00 | 42,933 | 1,117,503,804 |
| | | | | | | |
| | JUMLAH | | | | | 39,330,491,381 |
| | PPN 10% | | | | | 3,933,049,138 |
| | TOTAL | | | | | 43,263,540,520 |
| | DIBULATKAN | | | | | 43,263,000,000 |
| | TERBILANG | | | | <i>Empat Puluh Tiga Miliar Dua Ratus Enam Puluh Tiga Juta Rupiah</i> | |

**Tabel 7.3 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Revetment Lokasi Pantai Bintaro
Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB**

| No. | Item Kegiatan | Analisa | Satuan | Volume | Harga Satuan (Rp.) | Biaya (Rp.) |
|-----------|--|---------|--------|--------------|--------------------|--|
| I | Pekerjaan Persiapan | | | | | 39,850,000 |
| 1 | Pembersihan/Pengukuran/Uitzel/Pasang Bauplank | | LS | 1.0 | 10,000,000 | 10,000,000 |
| 2 | Pasang Papan Nama Kegiatan | | LS | 1.0 | 350,000 | 350,000 |
| 3 | Sewa Direksi Keet/Gudang Bahan/Barak Kerja | | Unit | 1.0 | 7,500,000 | 7,500,000 |
| 4 | Mobilisasi dan Demobilisasi Alat | | LS | 1.0 | 22,000,000 | 22,000,000 |
| II | Pekerjaan Revetment Pantai Bintaro (1344 m) | | | | | 50,509,371,150 |
| 1 | Galian tanah berbatu yang hasil galiannya dibuang ke tempat pembuangan termasuk meratakan dan merapikan | A.11 | m3 | 12,291.48 | 49,083 | 603,300,660 |
| 2 | Revetment Beton | | | | | |
| | Produksi beton K225 dengan agregat ukuran 2 - 3 cm, type A | B.05 | m3 | 10,888.79 | 1,288,123 | 14,026,101,311 |
| | Bekisting/cetakan untuk beton dengan permukaan halus | B.11 | m2 | 6,487.50 | 280,995 | 1,822,957,338 |
| | Pembesian untuk beton, potong dan pasang besi | B.14 | kg | 1,193,453.48 | 22,885 | 27,312,382,322 |
| | Scaffolding (Penyangga) dan Perkayuan untuk beton L > 1,5 m | B.12 | m | 2,595.00 | 372,157 | 965,746,414 |
| 3 | Saluran Drainase | B.06 | m3 | 362.97 | 1,104,223 | 400,795,701 |
| 4 | Timbunan material random dengan pemasatan biasa, material diambil dari hasil galian | A.24 | m3 | 9,219 | 10,660 | 98,273,015 |
| 5 | Timbunan material inti dengan pemasatan biasa, diangkut dari area borow area dengan jarak angkut sembarang | A.21 | m3 | 1,634.88 | 122,914 | 200,950,270 |
| 7 | Pemasangan Paving Block | C.27 | m2 | 8,065.92 | 13,053 | 105,280,421 |
| 8 | Produksi kubus beton W= 900 kg (K-300) | PT.02 | bah | 6,034.00 | 707,635 | 4,269,868,027 |
| 9 | Transportasi kubus dari stockyard ke site W=900 kg | PT.03 | bah | 6,034.00 | 73,692 | 444,657,777 |
| 10 | Placing kubus beton W=900 kg | PT.05 | bah | 6,034.00 | 42,933 | 259,057,895 |
| 11 | Slipway (tangga orang dan barang) 13 unit | | | | | |
| | Produksi beton K225 dengan agregat ukuran 2 - 3 cm, type A | B.05 | m3 | 148.85 | 1,288,123 | 191,737,060 |
| | Pembesian untuk beton, potong dan pasang besi tulangan polos | B.14 | kg | 11,787.84 | 22,885 | 269,766,760 |
| | Timbunan material inti dengan pemasatan biasa, material dibeli di luar | A.23 | m3 | 1,105.65 | 163,300 | 180,553,113 |
| | JUMLAH | | | | | 50,549,221,150 |
| | PPN 10% | | | | | 5,054,922,115 |
| | TOTAL | | | | | 55,604,143,265 |
| | DIBULATKAN | | | | | 55,604,000,000 |
| | TERBILANG | | | | | Lima Puluh Lima Milyar Enam Ratus Empat Juta Rupiah |

Tabel 7.4 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Breakwater Lokasi Pantai Bintaro
Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB

| No. | Item Kegiatan | Analisa | Satuan | Volume | Harga Satuan (Rp.) | Biaya (Rp.) |
|-----------|---|---------|--------|-----------|--------------------|---|
| I | Pekerjaan Persiapan | | | | | 39,850,000 |
| 1 | Pembersihan/Pengukuran/Uitzel/Pasang Bauwplank | | LS | 1.0 | 10,000,000 | 10,000,000 |
| 2 | Pasang Papan Nama Kegiatan | | LS | 1.0 | 350,000 | 350,000 |
| 3 | Sewa Direksi Keet/Gudang Bahan/Barak Kerja | | Unit | 1.0 | 7,500,000 | 7,500,000 |
| 4 | Mobilisasi dan Demobilisasi Alat | | LS | 1.0 | 22,000,000 | 22,000,000 |
| II | Pekerjaan Breakwater 10 x 100 m | | | | | 74,288,046,554 |
| 1 | Produksi kubus beton rusuk 100cm W= 3000 kg | PT-02a | unit | 16,671.00 | 1,828,633 | 30,485,141,785 |
| 2 | Transportasi kubus dari stockyard ke site W=3000 kg | PT-03a | unit | 16,671.00 | 196,512 | 3,276,053,385 |
| 3 | Placing kubus beton W=3000 kg | PT-05a | unit | 16,671.00 | 114,488 | 1,908,630,723 |
| 4 | Produksi kubus beton rusuk 80cm W= 900 kg | PT-02 | unit | 46,852.00 | 707,635 | 33,154,102,886 |
| 5 | Transportasi kubus dari stockyard ke site W= 900 kg | PT-03 | unit | 46,852.00 | 73,692 | 3,452,619,516 |
| 6 | Placing kubus beton W= 900 kg | PT-05 | unit | 46,852.00 | 42,933 | 2,011,498,260 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | JUMLAH | | | | | 74,327,896,554 |
| | PPN 10% | | | | | 7,432,789,655 |
| | TOTAL | | | | | 81,760,686,209 |
| | DIBULATKAN | | | | | 81,760,000,000 |
| | TERBILANG | | | | | <i>Delapan Puluh Satu Miliar Tujuh Ratus Enam Puluh Juta Rupiah</i> |

Tabel 7.5 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Jetty Lokasi Pantai Bima (Muara Sungai Pedolo) Pekerjaan SID Pengamanan Pantai di NTB

| No. | Item Kegiatan | Analisa | Satuan | Volume | Harga Satuan (Rp.) | Biaya (Rp.) |
|-----|---|--|--------|-----------|--------------------|-----------------------|
| I | Pekerjaan Persiapan | | | | | 23,400,000 |
| 1 | Pembersihan lapangan | | LS | 1.0 | 5,000,000 | 5,000,000 |
| 2 | Mobilisasi & demobilisasi peralatan | | LS | 1.0 | 18,400,000 | 18,400,000 |
| II | Pekerjaan Revetment Pantai Labuhan Burung (561 m) | | | | | 15,650,997,018 |
| 1 | Galian tanah lumpur (sediment), hasil galian diangkut ke tempat pembuangan termasuk meratakan dan merapikan | | m3 | 63,532.36 | 38,870 | 2,469,500,867 |
| 2 | Pasangan batu kosong lapis lindung W= 300 kg | | m3 | 10,757.67 | 407,722 | 4,386,133,690 |
| 3 | Pasangan batu kosong lapis lindung W= 200 kg | | m3 | 16,214.25 | 404,670 | 6,561,417,992 |
| 4 | Timbunan material random dengan pemadatan biasa, material diambil dari hasil galian | | m3 | 31,766.18 | 9,432 | 299,629,337 |
| 5 | Pemancangan Cerucuk | | batang | 4,274.02 | 181,381 | 775,228,489 |
| 6 | Pemasangan Geotextile | | m2 | 11,474.81 | 101,011 | 1,159,086,643 |
| | JUMLAH | | | | | 15,674,397,018 |
| | PPN 10% | | | | | 1,567,439,702 |
| | TOTAL | | | | | 17,241,836,720 |
| | DIBULATKAN | | | | | 17,241,000,000 |
| | TERBILANG | <i>Tujuh Belas Milyar Dua Ratus Empat Puluh Satu Juta Rupiah</i> | | | | |

BAB 8

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis, pemodelan dan perhitungan serta diskusi dengan pihak Pengguna Jasa dan instansi terkait, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Pesisir Pantai Ampenan mengalami abrasi karena pengaruh gelombang dari arah Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut, dan Utara. Gelombang terbesar dari arah Utara dan Barat Laut. Dalam 1 tahun terjadi abrasi hingga 1,0-2,0 m.
2. Pasang surut di Pantai Ampenan mempunyai tunggang pasang surut 2,80 m.
3. Berdasarkan identifikasi, penilaian dan prioritas penanganan kerusakan pantai, termasuk dalam Prioritas A, yaitu sangat diutamakan.
4. Dari 3 alternatif yang dikaji, berdasarkan matrikulasi, disarankan pemilihan struktur REVETMENT yang dikombinasikan dengan BREAKWATER.
5. Rencana anggaran biaya untuk revetment Pantai Gatep adalah 30,068 Milyar, sedangkan untuk Pantai Bintaro 55,604 Milyar.
6. Rencana anggaran biaya untuk breakwater Pantai Gatep adalah 43,263 Milyar, sedangkan untuk Pantai Bintaro 81,760 Milyar.
7. Prioritas penanganan untuk Pantai di Kota Mataram adalah
 - a. Prioritas pertama, pembangunan breakwater Pantai Gatep, dimana di lokasi pekerjaan masih terdapat spot-spot revetment eksisting dan tiap tahun sering terjadi limpasan gelombang sehingga menggenangi pemukiman masyarakat.

Diharapkan perahu-perahu nelayan dapat berlindung di balik breakwater pada saat gelombang besar.

- b. Prioritas kedua, pembangunan breakwater Pantai Bintaro, dimana pada saat gelombang besar terjadi limpasan gelombang hingga masuk ke rumah penduduk dan fasilitas umum serta tempat ibadah. Diharapkan perahu-perahu nelayan dapat berlindung di balik breakwater pada saat gelombang besar.
 - c. Prioritas ketiga, pembangunan revetment di Pantai Gatep, setelah adanya breakwater, gelombang yang sampai di pantai diperkirakan dapat direduksi, untuk meredam elevasi air pada saat pasang maka dibangun revetment.
 - d. Prioritas keempat, pembangunan revetment di Pantai Bintaro, untuk meredam elevasi air pasang.
8. Muara Sungai Pedolo mengalami pendangkalan sehingga mengakibatkan banjir di Kota Bima.
 9. Pasang surut di Muara Sungai Pedolo mempunyai tunggang pasang surut 1,75 m.
 10. Berdasarkan analisis dan kajian sebelumnya (DD Pengendali Banjir Sungai Pedolo Tahun 2010), disarankan sudetan.
 11. Berdasarkan analisis sedimentasi setelah adanya sudetan, sedimentasi dapat direduksi hingga 65% (sedimentasi rata-rata dalam 1 tahun di sekitar Muara Sungai Pedolo sebelum adanya sudetan mencapai 0,55m, setelah adanya sudetan menjadi 0,20m).
 12. Rencana anggaran biaya Jetty Muara Sungai Pedolo adalah 17,241 Milyar.