ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI: STUDI KASUS DI PANTAI AMPENAN, KOTA MATARAM, NUSA TENGGARA BARAT

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Oleh:

ARSYAH HUTASUHUT

NIM. 135080601111103

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI: STUDI KASUS DI PANTAI AMPENAN, KOTA MATARAM, NUSA TENGGARA BARAT

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan

di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh:

ARSYAH HUTASUHUT

NIM. 135080601111103

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SKRIPSI

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI: STUDI KASUS DI PANTAI AMPENAN, KOTA MATARAM, NUSA TENGGARA BARAT

OLEH:
ARSYAH HUTASUHUT
NIM. 135080601111103

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 3 Juli 2019 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Bambang Semedi, M. Sc., Ph. D	Rarasrum Dyah K. S. Kel., M.Sc., M. Si
NIP. 19621220 198803 1 004	NIP. 201304 860915 2 001
Tanggal : 15 JUL 2019	Tanggal : 15 JUL 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan PSPK

Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S. Pi., MT
NIP. 19720717 200502 1 004
Tanggal: 15 JUL 2019

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : **ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI : STUDI KASUS DI PANTAI AMPENAN, KOTA MATARAM NUSA TENGGARA BARAT**

Nama Mahasiswa : **Arsyah Hutasuhut**

NIM : **135080601111103**

Program Studi : **Ilmu Kelautan**

PENGUJI PEMBIMBING:

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

Pembimbing 2 : **Rarasrum Dyah K., S.Kel., M.Si., M.Sc**

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Penguji 1 : **M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc**

Penguji 2 : **M. Arif Asadi, S.Kel., M.Sc**

Tanggal Ujian : **3 Juli 2019**

Repository Universitas Brawijaya

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arsyah Hutasuhut

NIM : 135080601111103

Prodi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Penelitian saya dengan judul "Analisis Perubahan Garis Pantai : Studi Kasus di Pantai Ampenan, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat" merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Malang, 3 Juli 2019
Penulis

Arsyah Hutasuhut
NIM. 135080601111103

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rasa syukur penulis ucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan apapun sehingga Laporan Skripsi dengan judul **"Analisis Perubahan Garis Pantai: Studi Kasus di Pantai Ampenan, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat"** bisa terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan yang baik ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT karena berkat rahmat-Nya laporan ini dapat selesai dengan baik dan benar pada waktu yang tepat.
2. Orang tua penulis, Bapak Pardamean Hutasuhut, Ibu Nurhayati Majidi, Irsan Malik Hutasuhut, Alyssa Hutasuhut yang selalu memberikan dukungan, nasihat, serta doa yang tak pernah putus kepada penulis.
3. Bapak Ir. Bambang Semedi., M.Sc., Ph. D dan Ibu Rarasrum Dyah K, S. Kel., M.Sc., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam proses penelitian maupun dalam penyusunan laporan skripsi ini.
4. Siti Hajar Arfah selaku partner berjuang baik di lingkungan kampus dan luar kampus.
5. Caesar M A. Dungga sebagai kakak tingkat dalam bertukar pikiran.
6. Kawan-kawan berjuangku Naufal Dwi Prama, Mohammad Raditya Nugraha, Bagus Nugraha, Rizky Hendi, Ricky Rahmawan, Lalu Gigih, dan semua teman-teman yang tidak dapat ditulis satu persatu oleh penulis.

Repository Universitas Brawijaya

RINGKASAN

ARSYAH HUTASUHUT. 135080601111103. Analisis Perubahan Garis Pantai : Studi Kasus di Pantai Ampenan, Nusa Tenggara Barat. (dibawah bimbingan **Ir. Bambang Semedi., M. Sc., Ph. D.** Dan **Rarasrum Dyah K. S. Kel., M. Sc., M. Si.**)

Gejala perubahan garis pantai perlu mendapat perhatian khusus mengingat berdampak besar terhadap kehidupan sosial dan lingkungan untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan lahan wilayah pesisir secara optimal. Abrasi pantai umumnya terjadi di Kabupaten Lombok Barat khususnya daerah sepanjang Pantai Ampenan dan Senggigi. Erosi dan abrasi pantai ini diakibatkan oleh berbagai faktor seperti pembangunan jetty untuk mengatasi sedimentasi muara sungai, pembangunan krib pantai sejajar pantai dan isu global seperti kenaikan muka air laut yang berpengaruh besar terhadap kondisi kawasan pantai seperti menyusutnya area pantai, hilangnya hutan bakau, hilangnya sarana dan prasarana permukiman, dimana kerusakan tidak hanya terjadi secara fisik tetapi juga secara sosial ekonomi. Oleh karena itu, pemantauan terhadap perubahan garis pantai sangat diperlukan untuk kajian dinamika pesisir, perlindungan lingkungan pantai, dan pembangunan lingkungan pesisir.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pola perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Ampenan pada tahun 1998, 2008, dan 2018 dengan menggunakan rumus Manohar serta untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan perubahan garis pantai di Pantai Ampenan. Lokasi penelitian terletak di Pantai Ampenan, NTB yang dibagi menjadi empat stasiun. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif *purposive sampling*, yaitu metode penelitian yang dilaksanakan dengan menentukan titik pengambilan sampel dengan cara menetapkan ciri-ciri khusus yang sesuai dengan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yakni data primer yang didapatkan dari hasil pengambilan data langsung ke lokasi penelitian serta data sekunder yang didapatkan dari citra satelit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi gelombang yang berada di lokasi penelitian berkisar antara 0.63 hingga 0.85 m dengan periode sebesar 3.50-4.00 s. Jenis sedimen yang mendominasi adalah jenis pasir dengan persentase sebesar 96.97%. Hasil pengolahan data citra satelit selama 20 tahun menunjukkan terjadinya abrasi di Pantai Ampenan dengan rata-rata kemunduran garis pantai sebesar 2.03 m/tahun. Sedangkan berdasarkan perhitungan numerik, nilai rata-rata erosi yang terjadi di Pantai Ampenan adalah sebesar 14.87 m/tahun. Penulis merasa bahwa bangunan pelindung pantai seperti jetty atau breakwater serta tanaman pelindung pantai seperti mangrove di lokasi penelitian perlu diadakan sebagai alternatif untuk mengurangi dampak abrasi agar struktur pantai tetap terjaga. Selain itu, diperlukannya regulasi yang mengatur pembagian tata guna lahan di Pantai Ampenan untuk mengurangi dampak negatif dari aktivitas manusia yang tidak sesuai tempatnya.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan memberikan bimbingan serta petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan skripsi yang berjudul "Analisis Perubahan Garis Pantai : Studi Kasus di Pantai Ampenan, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat".

Adapun Tujuan dalam pembuatan laporan ini untuk memenuhi persyaratan agar dapat meraih gelar Sarjana Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Penulis menyadari bahwa penyusunan usulan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan isi dari usulan skripsi ini. Semoga Laporan yang penulis buat ini dapat memberikan manfaat dan informasi baru bagi para pembacanya.

Malang, 3 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **Error! Bookmark not defined.**
PERNYATAAN ORISINALITAS ii
UCAPAN TERIMA KASIH iii
RINGKASAN iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR LAMPIRAN x
1. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 4
1.4 Kegunaan 4
2. TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Pengertian Pantai 5
2.2 Perubahan Garis Pantai dan Penyebabnya 5
2.3 Citra Satelit *Landsat* 7
2.4 Gelombang Laut 7
2.4.1 Pembangkitan Gelombang Laut oleh Angin 8
2.4.2 Penentuan Karakteristik Gelombang 9
2.4.3 Transformasi Gelombang 9
2.5 Transpor Sedimen 14
2.6 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai 15
2.7 Prediksi Numerik Perubahan Garis Pantai 17
3. METODE PENELITIAN 19
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 19
3.2 Alat dan Bahan 20
3.2.1 Alat dan Bahan Lapang 20
3.2.2 Alat dan Bahan Laboratorium 21
3.3 Sarana dan Prasarana Pengolahan Data 22
3.4 Teknik Pengumpulan Data 22

3.5 Metode Penelitian 22
3.6 Prosedur Penelitian 23
3.6.1 Pengolahan Data Citra Satelit 24
3.6.2 *Tracking* Garis Pantai 27
3.6.3 Pengukuran Kemiringan Pantai 27
3.6.4 Pengukuran Tinggi, Periode dan Arah Datang Gelombang 27
3.6.5 Pengambilan Sampel Sedimen dan Uji Laboratorium 29
3.6.6 Pengolahan Data Gelombang 33
3.6.7 Perhitungan Numerik Perubahan Garis Pantai 34
4. HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian 37
4.2 Hasil Pengolahan Data Citra Satelit 37
4.3 Tinggi, Periode dan Arah Gelombang Hasil Pengukuran Lapang 39
4.5 Kemiringan Pantai Ampenan 40
4.6 Analisis Sedimen 41
4.6.1 Analisis Ukuran Butir Sedimen 41
4.6.2. Analisis Granulometri 43
4.7 Berat Jenis Sedimen 45
4.8 Hasil Perhitungan Numerik Perubahan Garis Pantai Ampenan 46
4.9 Analisis Perubahan Garis Pantai Ampenan Berdasarkan Data Citra Satelit Dan Perhitungan Numerik 48
5. PENUTUP 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 52
DAFTAR PUSTAKA 53
LAMPIRAN 55

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Ukuran Sedimen Berdasarkan Wentworth 15
Tabel 2. Beberapa Rumus Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai 16
Tabel 3. Alat dan Bahan yang digunakan di Lapang 20
Tabel 4. Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorium 21
Tabel 5. Sarana dan Prasarana Pengolahan Data 22
Tabel 6. Jenis Citra dan Band dalam MNDWI.....25
Tabel 7. Tabel Titik Koordinat Pengukuran Gelombang dan Kemiringan 28
Tabel 8. Tabel Titik Koordinat Pengambilan Sedimen 30
Tabel 9. Tinggi Dan Periode Gelombang 39
Tabel 10. Kemiringan Pantai 40
Tabel 11. Parameter Statistik Sedimen 43
Tabel 12. Berat Jenis Sedimen.....45
Tabel 13. Prediksi Rata rata Jarak Perubahan Garis Pantai Ampenan 46
Tabel 14. Jarak Perubahan Garis Pantai Hasil Perhitungan Numerik dan Pengolahan Data Citra Satelit 48

Repository Universitas Brawijaya

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gambar Hukum Snell Refraksi Gelombang 11
Gambar 2. Difraksi Gelombang 12
Gambar 3. Penetuan Titik Gelombang Pecah 14
Gambar 4. Pembagian Pantai Menjadi Sejumlah Sel 18
Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian 20
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian 24
Gambar 7. Metode *Single Transect* DSAS 26
Gambar 8. Ilustrasi Pengukuran Kemiringan Pantai 27
Gambar 9. Peta Titik Pengukuran Gelombang dan Kemiringan 28
Gambar 10. Peta Titik Pengambilan Sedimen 29
Gambar 11. Skema Rumus dan Perhitungan Numerik pada MATLAB R2009a 36
Gambar 12. Peta Perubahan Garis Pantai Ampenan 38
Gambar 13. Persentase Ukuran Butir Sedimen 41

Repository Universitas Brawijaya

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Lapang.....55
Lampiran 2. Dokumentasi Laboratorium 56
Lampiran 3. Hasil Analisis Data Sedimen 57
Lampiran 4. Model Perubahan Garis Pantai 75
Lampiran 5. Data Pasang Surut Pengambilan Data Lapang.....78
Lampiran 6. *Net Shoreline Movement* 80

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Garis pantai merupakan garis pertemuan antara daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut laut. Garis pantai terdiri atas garis pantai terendah, pasang tertinggi, dan tinggi muka air laut rata rata (Ciu dan Li, 2001). Posisi garis pantai mengalami perubahan yang berlangsung secara terus menerus. Perubahan dapat terjadi akibat pengikisan daratan yang disebut abrasi maupun penambahan daratan yang disebut akresi. Proses abrasi dan akresi dapat disebabkan oleh sedimen, pasang surut, gelombang, arus, aktivitas manusia dan penggunaan lahan (Arief *et al*., 2011).

Perubahan garis pantai disebabkan oleh terjadinya abrasi dan erosi yang ada, dimana penyebab utama dari hal tersebut adalah gelombang, angin, dan pasang surut. Dari ketiga proses tersebut, gelombang merupakan proses yang paling penting. Gelombang saat bergerak menuju pantai akan mengalami transformasi yang kemudian akan membangkitkan arus di dekat pantai. Arus yang bergerak di sepanjang pantai memindahkan sedimen sehingga menyebabkan perubahan garis pantai (Angkotasan *et al*., 2012).

Gejala perubahan garis pantai perlu mendapat perhatian mengingat berdampak besar terhadap kehidupan sosial dan lingkungan untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan lahan wilayah pesisir secara optimal (Muttaqin, 2017). Menurut Nugraha (2008) teknologi penginderaan jauh sangat dibutuhkan untuk pembangunan kawasan pesisir dikarenakan teknologi ini dapat memberikan informasi daerah yang luas tanpa membutuhkan waktu yang lama.

Erosi dan abrasi pantai di Pulau Lombok terutama terjadi di Kabupaten Lombok Barat khususnya meliputi sepanjang Pantai Ampenan dan Senggigi. Erosi dan abrasi pantai ini terjadi karena berbagai faktor yaitu pembangunan

struktur jetty untuk mengatasi sedimentasi muara sungai, pembangunan krib pantai sejajar pantai senggigi dan issue global seperti kenaikan muka air laut yang berpengaruh besar terhadap kondisi kawasan pantai seperti menyusutnya area pantai, hilangnya hutan bakau, hilangnya sarana dan prasarana permukiman, dimana kerusakan tidak hanya terjadi secara fisik tetapi juga secara sosial ekonomi.

Di sisi lain terdapat arus sedimentasi yang cukup parah dimana pantai Ampenan dipengaruhi oleh 3 Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Putih di Utara, DAS Jongkok di tengah, dan DAS Dodokan di Selatan. Fluktuasi aliran pada sungai-sungai yang ada cukup besar, misalnya pada Sungai Dodokan, debit aliran pada musim hujan mencapai 113,63 m^3/dt, debit aliran sungai yang besar ini berkontribusi terhadap besarnya transport sedimen di pantai Ampenan (Satriya, 2012).

Besarnya Gelombang laut dan transportasi sedimen telah memicu upaya perbaikan dan pembuatan tanggul penahan gelombang di sepanjang pantai Ampenan. Tanggul tersebut untuk melindungi permukiman warga sepanjang pesisir pantai yang sering dihantam besarnya ombak dan merusak permukiman penduduk. Titik tanggul penahan gelombang di pesisir pantai Ampenan, masing-masing di Tanjung Karang sepanjang 300 meter, Kampung Banjar sepanjang 300 meter dan Karang Panas rusak diterjang ombak. Saat ini telah dibangun tanggul sepanjang 800 meter di wilayah pondok Perasi dan Gatep dengan nilai 1,3 milliar atas bantuan pemerintah Arab Saudi. Pembangunan *jetty* penahan gelombang di Kampung Banjar di muara Sungai Gedur sudah terealisasi dengan panjang 85 meter yang direncanakan *Jetty* ini menggunakan material beton yang disebut *tetrapod* dibangun di dua sisi sungai Gedur Pembangunan *jetty* ini selanjutnya akan dilakukan di muara Sungai Jangkuk. Muara Sungai Jangkuk ini adalah yang paling parah terkena terjangan gelombang pasang. Pada Peristiwa

terakhir yang terjadi pada bulan Februari 2009 sedikitnya enam rumah roboh di lokasi ini akibat ganasnya gelombang laut (Vivanews, 2012).

Struktur pantai tersebut melindungi sebagian Pantai Ampenan, namun menyebabkan erosi dan sedimentasi parah pada pantai yang lain. Bertambahnya bangunan atau struktur pelindung di Pantai Ampenan membuat erosi dan abrasi semakin parah, terutama pada bagian pantai yang tidak dilindungi struktur pelindung pantai seperti *revetment* dan *jetty*. Dengan adanya faktor oseanografi yang mempengaruhi perubahan garis pantai di Pantai Ampenan maka terdapat pola perubahan garis pantai pada wilayah tersebut. Pemantauan terhadap perubahan garis pantai sangat diperlukan untuk kajian dinamika pesisir, perlindungan lingkungan pantai, dan pembangunan lingkungan pesisir. Informasi garis pantai tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk membantu kawasan pengelolaan kawasan pesisir, pembuatan peta kerentanan bencana, transportasi laut serta pengembangan dan pengelolaan wilayah pesisir (Kasim, 2012; Putra *et al.*, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah diatas dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola perubahan garis pantai di Pantai Ampenan tahun 1998, 2008, dan 2018?
2. Apa saja faktor-faktor penyebab perubahan garis pantai di Pantai Ampenan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pola perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Ampenan pada tahun 1998, 2008, dan 2018 dengan menggunakan rumus Manohar.
2. Mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan perubahan garis pantai di Pantai Ampenan.

1.4 Kegunaan

Kegunaan penelitian ini dapat mendorong pembaca melakukan penelitian dengan menggunakan Rumus Manohar. Bagi praktisi dapat digunakan sebagai informasi tambahan mengenai perubahan garis pantai dan prediksi perubahan garis pantai beberapa tahun kedepan. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai masukan atau tambahan informasi untuk hal evaluasi dalam perubahan garis pantai dan perancangan antisipasinya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pantai

Pantai adalah sebuah bentuk geografis yang terdiri dari pasir, dan terdapat di daerah pesisir laut. Daerah pantai menjadi batas antara daratan dan perairan laut. Pantai terbentuk karena adanya gelombang yang menghantam tepi daratan tanpa henti. Gelombang yang menghantam secara terus menerus mengakibatkan berubahnya profil pantainya (Oki, 2008).

Pantai merupakan interaksi yang dinamis antara air, angin, dan material tanah. Air dan angin bergerak dari suatu tempat ke tempat lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya sehingga terjadi perubahan garis pantai. Proses perubahan pantai merupakan proses yang dinamis, dan apabila hal ini berlanjut akan menggangu aktivitas di sekitar pantai karena akan terjadi erosi dan atau abrasi di daerah tersebut (Christina, 2005).

2.2 Perubahan Garis Pantai dan Penyebabnya

Garis pantai merupakan garis yang membagi daratan dari lautan. Garis pantai mengalami proses fisik yang mempengaruhi pembentukan pantai dan merupakan lingkungan geologi yang unik dalam komposisinya. Beberapa jenis pantai yang labil mengalami perubahan-prubahan garis pantai adalah pantai berpasir dan berlumpur. Dimana faktor dan parameter yang mempengaruhi dari perubahan garis pantai tersebut adalah karena pengaruh arus, gelombang, pasang surut, dan angin yang menghantam pantai tersebut terus-menerus yang pada akhirnya menyebabkan perubahan profil pantai (Hidayati, 2017).

Perubahan garis pantai disebabkan oleh terjadinya abrasi dan erosi yang ada, dimana penyebab utama dari hal tersebut adalah gelombang, angin, dan

pasang surut. Dari ketiga proses tersebut, gelombang merupakan proses yang paling penting. Gelombang saat bergerak menuju pantai akan mengalami transformasi yang kemudian akan membangkitkan arus di dekat pantai. Arus yang bergerak di sepanjang pantai memindahkan sedimen sehingga menyebabkan perubahan garis pantai (Angkotasan *et al*., 2012).

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (2011) *dalam* Hidayati (2017), kaitan antara faktor alam dan tingkah laku manusia setempat sebagai penyebab terjadinya perubahan garis pantai, hal ini dapat dijelaskan antara lain sebagai berikut:

1. Sifat dataran pantai yang masih muda dan belum seimbang.
2. Banyak bangunan pantai yang hulang, juga perlindungan pantai yang ada juga sudah terkikis air laut.
3. Kehilangan perlindungan pantai, yaitu hutan bakau yang hilang oleh terpaan gelombang.
4. Pendangkalan sungai yang menyebabkan kapal-kapal nelayan mengalami kesulitan untuk keluar masuk sungai.
5. Pemanfaatan DAS di daerah hulu tidak ditata dengan baik akan mengakibatkan pendangkalan daerah hilir.
6. Perusakan perlindungan pantai alami akibat penenbangan pohon bakau untuk pembukaan lahan baru sebagai kawasan pertambakan ikan/udang. Pembukaan lahan ini dilakukan karena tuntutan pengembangan usaha dalam rangkapemenuhan kebutuhan hidup manusia.
7. Perubahan keseimbangan transportasi sedimen sejajar pantai akibat pembuatan perlindungan pantai, seperti pembuatan jetty, pemecah gelombang, pembangunan pelabuhan di kawasan industri perminyakan, melalui kegiatan reklamasi pantai.

2.3 Citra Satelit *Landsat*

Citra satelit *Landsat* merupakan satelit sumber daya alam yang diluncurkan oleh Amerika Serikat, pada bulan Juli 1972 dan Maret 1978. Citra satelit Landsat dapat melihat dan merekan permukaan bumi secara lebih luas dari suatu ketinggian tertentu di luar angkasa. Citra satelit Landsat telah banyak dimanfaatkan untuk beberapa kegiatan survei maupun penelitian seperti pertambangan, geologi, geomorfologi, hidrologi kehutanan, dan perikanan. Dalam perekamannya, citra satelit Landsat mencakup 185 km x 185 km luas area, sehingga aspek dari objek yang cukup luas dapat diidentifikasi tanpa harus menjelajah seluruh daerah yang diteliti. Dengan demikian metode ini dalam pelaksanaannya dapat menghemat waktu dan biaya dibanding secara konvensional atau survei secara teristis di lapangan (Saripin, 2003).

Landsat (*Land Satellite*) merupakan program sipil observasi bumi yang paling tua. Peluncuran satelit pertama *Landsat* dimulai pada tahun 1972 yaitu satelit *Landsat*-1 yang membawa sensor multispektral MSS. Pada tahun 1982, sensor MSS digantikan oleh *Thematic Mapper* (TM). Kedua sensor tersebut merupakan *scanner* atau sensor pemindai. Pada April tahun 1999, *Landsat*-7 telah diluncurkan dengan membawa sensor pemindai ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*). *Satelit Landsat* yang masih beroperasi adalah satelit *Landsat*-7 dan *Landsat*-8 yang diluncurkan pada tahun 2013 silam. Kedua satelit ini memiliki 8 *band* dengan resolusi spasial 15 m - 60 m (Tempfli *et al.*, 2001).

2.4 Gelombang Laut

Gelombang di laut merupakan faktor penting di dalam kajian dinamika pantai, karena memiliki peranan besar dalam proses pembentukan geometri dan komposisi pantai. Energi yang besar yang dimiliki gelombang dapat mampu mengangkut sedimen dasar berupa angkutan sedimen sejajar pantai maupun tegak lurus pantai. Dalam kajian dinamika pantai diperlukan adanya pemahaman

tentang gelombang di perairan dalam, penjalaran gelombang menuju ke pantai dan gelombang di pantai. Pemahaman tentang mekanisme pembentukan gelombang dan pembangkitan gelombang menjadi penting kaitannya dengan perencanaan penggunaan pantai (Hidayati, 2017).

Gelombang yang terbentuk di laut dan terjadi secara dominan dibangkitkan oleh angin biasa disebut gelombang angin. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai dan menyebabkan gaya yang bekerja pada bangunan pelindung pantai. Energi total suatu panjang gelombang merupakan suatu energi kinetik dan energi potensial yang dijumlahkan. Energi kinetik gelombang merupakan energi yang disebabkan oleh partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial gelombang merupakan energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang (Triatmodjo, 1999).

2.4.1 Pembangkitan Gelombang Laut oleh Angin

Fetch adalah daerah di mana kecepatan dan arah angin adalah konstan. Tinggi dan periode gelombang yang terbentuk dipengaruhi oleh angin yang meliputi kecepatan angin (U), lamanya angin berhembus (D), arah angin, dan *fetch* (F) (Triatmodjo, 1999). Kecepatan angin menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga pada permulaan air yang semula tenang akan timbul riak gelombang kecil. Angin yang bertiup diatas permukaan laut akan memindahkan energinya ke air. Semakin besar kecepatan angin yang berhembus, maka riak tersebut akan menjadi besar dan semakin lama angin berhembus makan riak tersebut akan menjadi gelombang. Semakin lama dan semakin besar angin yang berhembus maka akan semakin besar pula gelombang yang terbentuk (Triatmodjo, 1999).

2.4.2 Penentuan Karakteristik Gelombang

Keperluan perencanaan bangunan pantai, perlu dipilih tinggi dan periode gelombang individu (*individual wave*) yang dapat mewakili suatu spektrum gelombang. Gelombang tersebut dikenal sebagai gelombang representatif (H1, H10, Hs, dan sebagainya). Gelombang signifikan *Hs. Hs* atau H33 merupakan tinggi rata-rata dari 33% nilai tertinggi dari pencatatan gelombang. Diantara beberapa gelombang representatif tersebut, yang paling banyak digunakan di dalam peramalan gelombang, gelombang yang didapatkan adalah gelombang signifikan (Triatmodjo, 1999).

2.4.3 Transformasi Gelombang

Pada suatu kedalaman tertentu puncak gelombang sedemikian tajam sehingga tidak stabil dan pecah. Setelah pecah, gelombang terus menjalar ke pantai, dan semakin dekat dengan pantai tinggi gelombang semakin berkurang. Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk. Di laut dalam, bentuk gelombang adalah sinusoidal. Di laut transisi dan dangkal, puncak gelombang menjadi semakin tajam sementara lembah gelombang menjadi semakin landai. Bentuk transformasi gelombang yang akan dibahas pada penelitian ini adalah refraksi, difraksi dan gelombang pecah yakni:

- Refraksi Gelombang

Peristiwa refraksi gelombang diakibatkan oleh perbedaan kecepatan gelombang yang biasanya disertai juga dengan perubahan panjang gelombang yang mengecil. Refraksi gelombang ialah peristiwa perubahan arah gelombang yang bergerak ke arah pantai dari kedalaman air yang dalam menuju kedalaman air yang dangkal. Gambar 1 menunjukkan pola refraksi yang terjadi pada sebuah

pulau kecil di lautan di mana pola refraksi tersebut digambarkan oleh garis puncak gelombang *(wave crest)* dan sinar gelombang *(wave ray)* (Tarigan, 2005).

Variasi cepat rambat gelombang terjadi sepanjang garis puncak gelombang yang bergerak dengan membentuk sudut terhadap garis kedalaman laut, karena bagian dari gelombang di laut dalam bergerak lebih cepat daripada bagian di laut yang lebih dangkal. Variasi tersebut menyebabkan puncak gelombang membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut. Cepat rambat gelombang tergantung pada kedalaman perairan di mana gelombang bergerak. Ketika cepat rambat berkurang sesuai kedalaman, panjang gelombang juga berkurang secara linier (Triatmodjo, 1999).

Proses refraksi gelombang sama dengan proses refraksi cahaya yang terjadi ketika melewati dua media yang berbeda. Dari kesamaan sifat tersebut, maka untuk menyelesaikan permasalahan refraksi gelombang dapat digunakan hukum *Snell* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 1 dapat dilihat terdapat deretan gelombang yang menjalar dari kedalaman d1 menuju d2 dengan perubahan kedalaman dan dianggap tidak terjadi refleksi gelombang. Dengan adanya perubahan kedalaman, maka cepat rambat dan panjang gelombang akan berkurang dari C1 dan L1 menjadi C2 dan L2. Sesuai dengan hukum *Snell*, berlaku persamaan berikut ini:

$$\text{Sin } \alpha_2 = \frac{c2}{c1} \text{ sin } \alpha_1$$

Apabila yang ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, maka:

$$\text{Sin } \alpha = \frac{c}{c0} \text{ sin } \alpha_0$$

Untuk mencari nilai koefisien refraksi (Kr) dapat digunakan persamaan di bawah ini:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos\alpha 0}{\cos\alpha}}$$

Dimana :

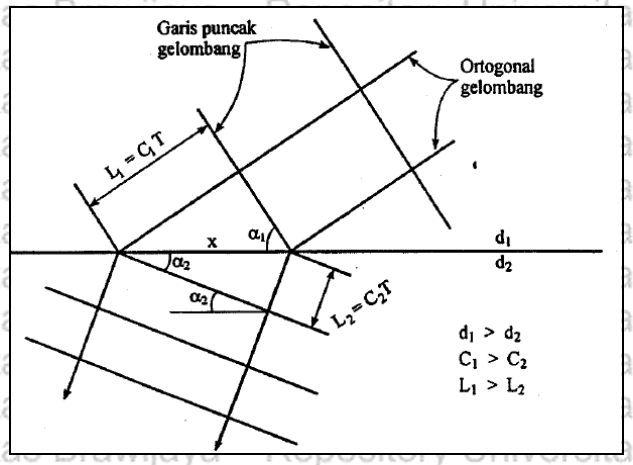
α atau α2 : Sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang ditinjau.

α0 atau α1 : Sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai.

C atau C2 : Kecepatan gelombang pada kedalaman di kontur kedua.

C0 atau C1 : Kecepatan gelombang pada kedalaman di kontur pertama.

Kr : Koefisien refraksi.

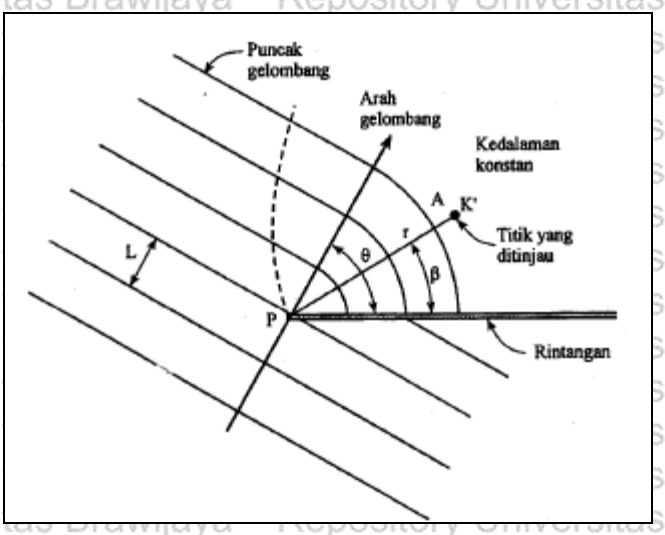


Gambar 1. Gambar Hukum Snell Refraksi Gelombang (Triatmodjo, 1999).

- Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang terjadi ketika gelombang yang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, sehingga gelombang membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung dibelakangnya. Difraksi gelombang yaitu peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindung (Tarigan, 2005).

Pada saat difraksi, terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung (Triatmodjo, 1999).



Gambar 2. Difraksi Gelombang (Triatmodjo, 1999).

Pada daerah dengan rintangan tunggal, tinggi gelombang di suatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan (r), sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan (ß), dan sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan (Φ) . Koefisien difraksi (K') merupakan perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung (HA) dan tinggi gelombang datang (HP).

- Gelombang Pecah

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Di laut dalam, kemiringan gelombang maksimum di mana gelombang mulai tidak stabil diberikan oleh persamaan berikut:

$$H0/L0 = 1/7 = 0{,}142$$

Apabila kemiringan lebih tajam dari batas tersebut menyebabkan kecepatan partikel di puncak gelombang lebih besar dari cepat rambat gelombang dan menyebabkan terjadinya gelombang pecah.

Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relatif d/L dan kemiringan dasar laut m.

gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah db, sedangkan tinggi gelombang pecah diberi notasi Hb. Untuk menentukan nilai Hb dan db, dapat digunakan persamaan

db/Hb = 1/(b-((∝Hb)/gT2))

Di mana α dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan

α= 43,75 (1-e^(-19m))

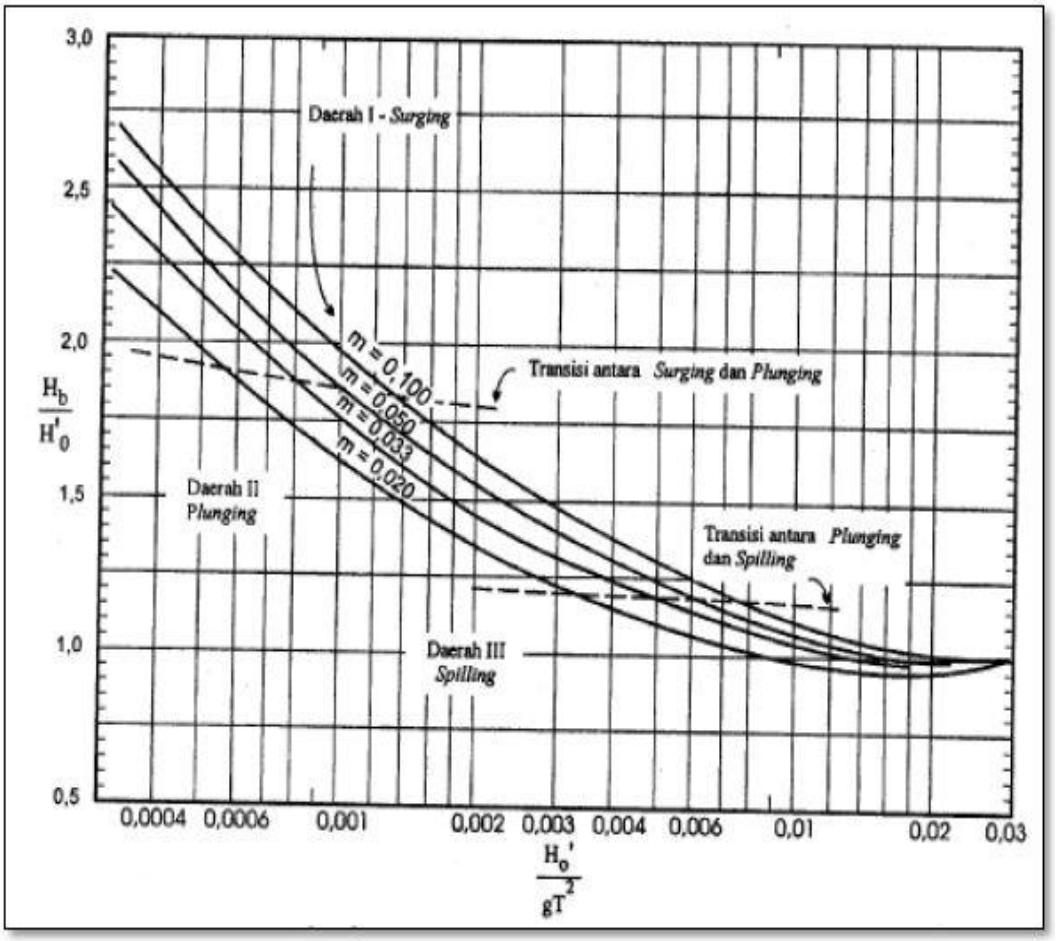
b= 1,56/((1+e^(-19,5m)))

Dengan mengetahui data periode gelombang (T), tinggi gelombang, koefisien refraksi (Kr) dan perbandingan angka kemiringan maka dapat dihitung tinggi dan kedalaman gelombang pecah dengan menggunakan persamaan

H'0 = K'Kr.H0

H0'/(gT^2)

Dengan membandingkan antara hasil persamaan 2.9 dengan nilai kedalaman hasil data lapang, kemudian masuk ke Gambar 3.



Gambar 3. Penetuan Titik Gelombang Pecah (Triatmodjo, 1999)

Didapatkan nilai gelombang pecah (Hb). Nilai kedalaman gelombang pecah (db) dapat dicari dengan menggunakan persamaan diatas.

2.5 Transpor Sedimen

Transpor sedimen atau *littoral transport* merupakan gerakan sedimen di daerah dekat pantai oleh gelombang dan arus. Transpor menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedangkan transport sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai. *Littoral transport* dibedakan menjadi dua, yaitu transport sepanjang pantai *(longshore transport*) dan transport tegak lurus pantai (*onshore-offshore)*. Material yang ditranspor disebut dengan *littoral drift* (Triatmodjo, 1999).

Transpor sedimen dipengaruhi oleh sifat dasar sedimen seperti ukuran butir, berat jenis, dan kecepatan endap. Di antara beberapa sifat tersebut, yang paling penting adalah ukuran butir sedimen. Berdasarkan klasifikasi ukuran butir dan sedimen menurut *Wentworth* (Tabel 1), sedimen pantai terdiri dari lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral (*pebble*), *cobble,* dan batu (*boulder)*.

Tabel 1. Klasifikasi Ukuran Sedimen Berdasarkan Wentworth

Millimeters (mm)	Micrometers (μm)	Phi (ϕ)	Wentworth size class		Rock type
4096		-12.0	Boulder		
256		-8.0	Cobble	Gravel	Conglomerate/ Breccia
64		-6.0	Pebble		
4		-2.0	Granule		
2.00		-1.0	Very coarse sand		
1.00		0.0	Coarse sand		
1/2 0.50	500	1.0	Medium sand	Sand	Sandstone
1/4 0.25	250	2.0	Fine sand		
1/8 0.125	125	3.0	Very fine sand		
1/16 0.0625	63	4.0	Coarse silt		
1/32 0.031	31	5.0	Medium silt		
1/64 0.0156	15.6	6.0	Fine silt	Silt	Siltstone
1/128 0.0078	7.8	7.0	Very fine silt		
1/256 0.0039	3.9	8.0			
0.00006	0.06	14.0	Clay	Mud	Claystone

Sumber : Wentworth, 1922 *dalam* Minarto *et al.,* 2008

2.6 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai

Menurut Triatmodjo (1999), terdapat beberapa cara yang dapat digunakan untuk memprediksi tranpor sedimen sepanjang pantai, yaitu:

1. Mengukur debit sedimen pada lokasi yang ditinjau.
2. Peta atau pengukuran yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam periode tertentu dapat memberikan petunjuk tentang angkutan sedimen. Cara ini terutama baik apabila di daerah yang ditinjau terdapat bangunan yang bisa menangkap transport sedimen sepanjang pantai, misalnya groin, pemecah gelombang suatu pelabuhan, dan sebagainya.

3. Rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau.

Seperti telah disebutkan di atas, salah satu cara untuk memprediksi transport sedimen adalah dengan menggunakan rumus empiris. Salah satu rumus untuk menghitung transpor sedimen adalah rumus yang diberikan oleh Manohar yang memperhitungkan sifat sedimen. Adapun rumus-rumus tersebut merupakan hubungan yang sederhana antara transport sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam bentuk:

$$Qs = K\ Pi^{n}$$

$$Pi = \frac{\rho g}{8} H_b^{\,2} C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

$$Q_s = 55{,}7 D^{0{,}59} ((\rho_s - \rho)/\rho)^{0{,}41} Pi^{0{,}91}$$

Dimana:

Qs : Angkutan sedimen sepanjang pantai (m^3/hari)

Pi : Komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah (Nm/d/m)

ρ : rapat massa air laut (kg/m^3)

Hb : Tinggi gelombang pecah (m)

Cb : Cepat rambat gelombang pecah (m/d) = $\sqrt{g\, d_b}$

α_b : Sudut datang gelombang pecah

K, n : Konstanta

ρ_s : Berat jenis sedimen (kg/m^3)

Tabel 2. Beberapa Rumus Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai

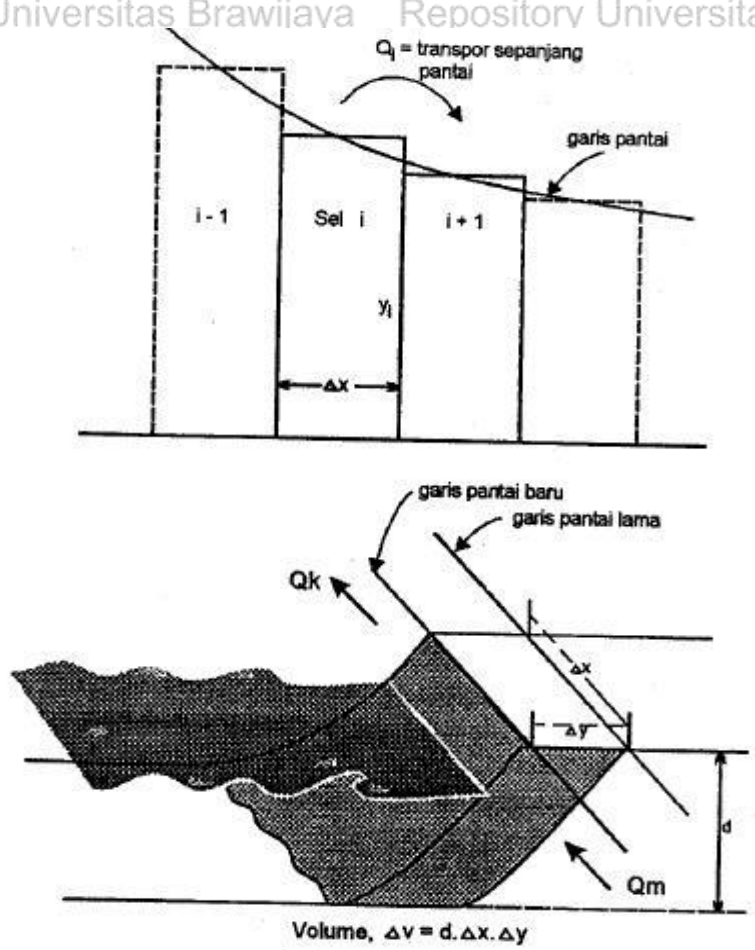
No	Nama	Rumus
1	Caldwell	$Qs = 1{,}200\ Pi^{0{,}8}$
2	Savage	$Qs = 0{,}219\ Pi$

No	Nama	Rumus
3	Ijima, Sato, Aono, Ishii	$Qs = 0{,}130\ Pi^{0,54}$
4	Ichikawa, Achiai, Tomita, Murobuse	$Qs = 0{,}120\ Pi^{0,8}$
5	Manohar	$Qs = 55{,}7D^{0,59}(\frac{\rho s-\rho}{\rho})^{-0,41}P_1^{0,91}$
6	Ijima, Sato	$Qs = 0{,}060\ Pi$
7	Tanaka	$Qs = 0{,}120\ Pi$
8	Komar, Inmam	$Qs = 0{,}778\ Pi$
9	Komar, Inmam	$Qs = 0{,}283\frac{VPi}{U\infty sin\propto b}$
10	Das	$Qs = 0{,}325\ Pi$
11	CERC	$Qs = 0{,}401\ Pi$

2.7 Prediksi Numerik Perubahan Garis Pantai

Dengan simulasi matematik dapat diperoleh kondisi garis pantai pada waktu yang diinginkan. Dalam upaya untuk memperkirakan perubahan garis pantai yang akan terjadi di waktu mendatang, maka dilakukan simulasi perubahan garis pantai dengan metode matematik. Simulasi dilakukan dengan memasukkan parameter hidro-oseanografi ke dalam formula transport sedimen serta memasukkan kondisi awal, kondisi batas dan waktu. (Wahyudi *et al.,* 2009).

Pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas) (Gambar 4). Pada tiap sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah laju aliran massa netto di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa di dalam sel tiap satuan waktu. Model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen (Triatmodjo, 1999).



Gambar 4. Pembagian Pantai Menjadi Sejumlah Sel (Triatmodjo, 1999).

Persamaan kontinuitas sedimen dinyatakan dalam

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = -\frac{1}{d}\frac{\Delta Q}{\Delta x}$$

Dimana:

y : Jarak garis pantai dan garis referensi t : Waktu

Q : Transpor sedimen sepanjang pantai x : Absis searah pantai pantai

d : Kedalaman gelombang pecah

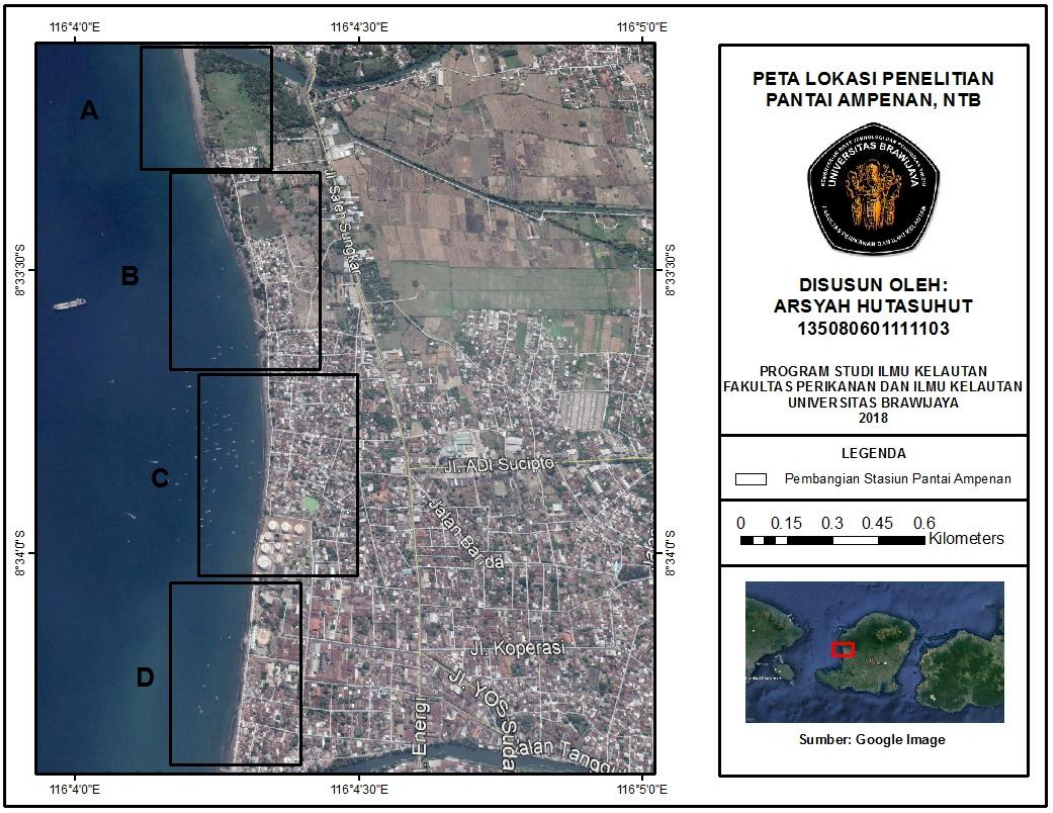
Dalam persamaan (2.13), apabila nilai ΔQ negatif (transport sedimen yang masuk lebih kecil daripada yang keluar sel), maka nilai Δy akan negatif, yang berarti pantai mengalami erosi dan apabila sebaliknya maka pantai mengalami sedimentasi. Apabila ΔQ bernilai 0, maka Δy juga 0 yang berarti pantai stabil.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2018, di Pantai Ampenan, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Lokasi yang digunakan dalam kajian penlitian ini yaitu sepanjang ± 2 km pantai dengan koordinat 8° 32' 59.10" LS-116° 4' 8.37" BT sampai 8° 34' 24.37" LS-116° 4' 16.68" BT. Pemilihan lokasi penelitian akan dibagi ke dalam beberapa stasiun yang mewakili kondisi Pantai Ampenan yang didasari oleh metode *purposive sampling*. Lokasi penelitian (Gambar 5) dibagi menjadi 4 stasiun yang mewakili karakter dari masing-masing stasiun di Pantai Ampenan, yaitu:

1. Stasiun A, merupakan bagian pantai yang berlokasi di muara sungai dan terdiri dari lahan persawahan.
2. Stasiun B, merupakan bagian pantai yang terdapat lahan persawahan dan pemukiman warga .
3. Stasiun C, merupakan bagian pantai yang semua bagiannya adalah pemukiman warga.
4. Stasiun D, merupakan bagian pantai yang berlokasi di dekat muara sungai dan pemukiman warga.



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini digolongkan menjadi dua, yaitu alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan data di lapang dan alat dan bahan yang digunakan dalam pengolahan data di laboratorium.

3.2.1 Alat dan Bahan Lapang

Alat-alat dan fungsinya serta bahan-bahan dan fungsinya yang digunakan dalam penelitian lapang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat dan Bahan yang digunakan di Lapang

No	Alat	Fungsi
1	*Global Positioning System* (GPS)	Untuk mengetahui koordinat di lokasi pengambilan data garis pantai.
2	Roll Meter	Untuk mengukur jarak dari bibir pantai ke laut untuk pengukuran kemiringan.
3	Tongkat Skala	Untuk mengukur kedalaman dan gelombang

No	Alat	Fungsi
4	*Stopwatch*	Untuk menghitung lamanya waktu pengukuran periode gelombang.
5	Kompas	Untuk menentukan arah datang gelombang.
6	Kamera	Untuk mendokumentasikan kegiatan pengambilan data.
7	Sekop kecil	Untuk mengambil sampel sedimen
	Bahan	
8.	Kantong plastik 1kg	Wadah sampel sedimen
9.	Kertas label	Menandai sampel sedimen
10.	Karet gelang	Mengikat plastik sedimen
11.	Alat tulis	Mencatat hasil pengamatan

3.2.2 Alat dan Bahan Laboratorium

Alat-alat dan bahan-bahan beserta dengan fungsinya yang digunakan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorium

No	Alat	Fungsi
1.	Loyang	Wadah sampel sedimen
2.	Oven	Untuk pengeringan sampel sedimen
3.	Sendok	Mengambil dan meratakan sedimen
4.	Ayakan	Pengayakan sedimen
5.	Timbangan digital	Menimbang sedimen dalam satuan kilogram
6.	Gelas ukur	Wadah penusukan sedimen
7.	Besi Penusuk	Untuk menusuk sedimen
8.	Kamera	Dokumentasi proses kegiatan
	Bahan	
9.	Sedimen	Sampel yang diuji
10.	Kantong plastik 1 kg	Wadah sampel sedimen
11.	Kertas label	Menandai sampel sedimen
12.	Karet gelang	Mengikat plastik sedimen
13.	Alat tulis	Mencatat hasil pengamatan

3.3 Sarana dan Prasarana Pengolahan Data

Sarana dan prasarana yang digunakan saat pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sarana dan Prasarana Pengolahan Data

No	Nama Software	Spesifikasi	Fungsi
1.	Citra *Landsat*	4-5 TM, 7 ETM+, dan 8 OLI	Sebagai sumber untuk mendapatkan citra satelit
2.	ArcGIS	9.3	Sebagai *software* mengolah data citra satelit
3.	MATLAB	R2009a	Untuk memodelkan numerik perubahan garis pantai
4.	ENVI	5.1	Untuk memotong citra sesuai lokasi penelitian

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data primer dan sekunder. Menurut Azwar (1997), data yang diambil secara langsung dari subjek penelitian dengan menggunkan alat pengukuran atau alat pengambilan data langsung pada subjek penelitian sebagai sumber informasi yang dicari merupakan data primer. Sedangkan, data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada merupakan data sekunder.

Data primer yang didapatkan dari observasi langsung di lapang yaitu data hasil *tracking* garis pantai, kemiringan pantai, tinggi dan periode gelombang, sampel sedimen, partisipasi aktif, dan dokumentasi. Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data citra yang diperoleh dari *Landsat* 4-5 TM, *Landsat* 7 ETM+, dan *Landsat* 8 OLI.

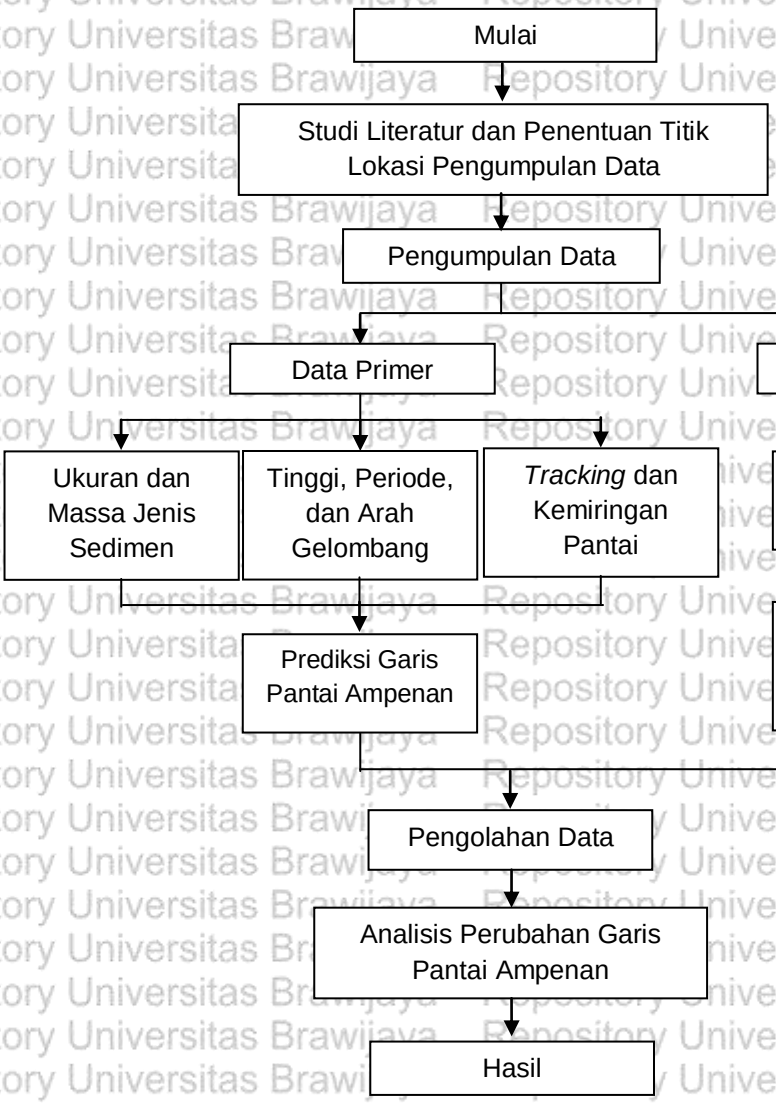
3.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode deskriptif analitik. Deskriptif analitik merupakan metode yang mendeskripsikan kondisi yang sesungguhnya dengan menganalisis hasil dari pengolahan data. Metode ini digunakan untuk menganalisis perubahan garis pantai dari hasil pengolahan data

citra satelit yang diambil dari Citra *Landsat*. Kemudian, dilakukan analisis pola perubahan garis pantai dari hasil *tracking* garis pantai yang diolah menggunakan rumus Manohar.

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari pengolahan data citra satelit dan perhitungan angkutan sedimen sepanjang pantai menggunakan rumus Manohar. Pengolahan data citra satelit dilakukan dengan menggunakan software *ArcGIS* 9.3. Sedangkan untuk melakukan perhitungan angkutan sedimen sepanjang pantai dilakukan beberapa tahapan dimulai dari pengambilan data hingga pengolahan data. Tahapan tersebut dimulai dari *tracking* garis pantai, pengukuran kemiringan pantai, pengukuran gelombang, serta pengambilan sampel sedimen. Selanjutnya sampel sedimen dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Setelah itu dilakukan analisis perubahan garis pantai dengan menggunakan perhitungan numerik dengan menggunakan rumus Manohar. Rumus Manohar merupakan salah satu dari sebelas rumus yang ada untuk menghitung transpor sedimen. Kelebihan rumus ini jika dibandingkan dengan rumus yang lain adalah hanya rumus Manohar yang memperhitungkan sifat sedimen sehingga rumus ini dapat digunakan pada semua pantai. Diagram alir prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3.6.1 Pengolahan Data Citra Satelit

Data citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit *Landsat*. Data citra yang digunakan yaitu data citra *Landsat* 4-5 TM dengan tanggal akuisisi 6 Agustus 1998, citra *Landsat* 7 ETM+ dengan tanggal akuisisi 21 Mei 2008, dan *Landsat* 8 OLI dengan tanggal akuisisi 18 Agustus 2018. Pengolahan data citra dilakukan dengan menggunakan program lunak ArcGIS 9.3.

Tahap awal yang dilakukan dalam pengolahan data yaitu pemotongan citra. Pemotongan citra dilakukan pada program lunak ENVI 5.1 yang bertujuan

untuk memperoleh fokus wilayah penelitian yaitu Pantai Ampenan. Tahap selanjutnya adalah koreksi geometrik. Koreksi geometrik dilakukan untuk memperbaiki posisi objek dalam citra agar sesuai dengaan koordinat sebenarnya di lapangan. Tahap selanjutnya adalah koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra akibat kerusakan satelit atau gangguan dari atmosfer. Tahap selanjutnya adalah deliniasi antara batas darat dan lautan. Tahap ini dilakukan untuk memperjelas posisi garis pantai pada citra dengan memisahkan batas daratan dan lautan. Deliniasi dataran dengan perairan dilakukan dengan metode MNDWI (*Modified Normalized Diffrence Water Index*). Proses deliniasi batas daratan dan lautan menggunakan rumus dari (Xu, 2006), yaitu:

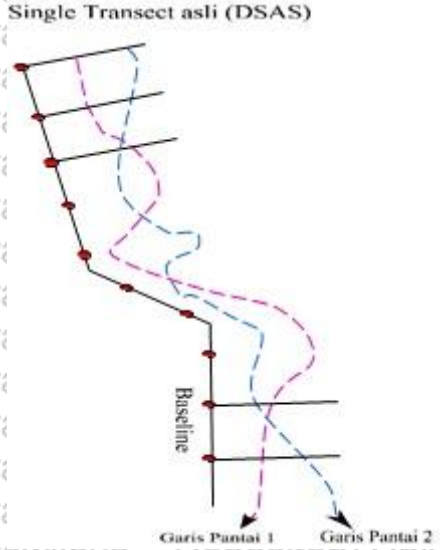
$$\text{MNDWI} = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$$

Tabel 6. Jenis Citra dan Band dalam MNDWI

Garis Pantai (Tahun)	Jenis Citra Satelit	Jenis Sensor	Band	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi (meter)
1979	Landsat 2	MSS	4 Green	0,5-0,6	60
			7 Near IR	0,8-1.1	30
1989	Landsat 4	TM	2 Green	0,52-0,61	30
			5 MIR	1,55-1,75	30
1996	Landsat 5	TM	2 Green	0,52-0,01	30
			5 MIR	1,55-1,75	30
2006	Landsat 7	ETM+	2 Green	0,52-0.01	30
			5 MIR	1,55-1,75	30
2016	Landsat 8	OLI	3 Green	0,53-0,59	30
			6 (SWIR 1)	1,57-1,65	30

Perbedaan antara metode *single transect* asli dengan modifikasi dapat dilihat pada Gambar 7. Modifikasi pada metode ini dilakukan pada *baseline* yang menjadi dasar pembuatan transek. Pada metode single transek asli, yakni *pluggin* DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*), *baseline* dibuat menggunakan *buffer tool*. Sedangkan pada transek modifikasi, *baseline* tidak dibuat menggunakan *buffer tool* melainkan hasil *overlay* garis pantai tahun pertaman ke

tahun selanjutnya. Masing-masing *polyline* ini langsung dijadikan *baseline* titik-titik pengukuran untuk garis transek tegak lurus dimana jarak spasi tiap titik pengukuran sebesar 100 meter. Panjang titik perpotongan (panjang transek) yang mewakili perpindahan garis pantai maju (akresi) ditandai sebagai nilai positif (+), sebaliknya jika garis pantai tersebut mundur ditandai dengan nilai (-) (Kasim, 2012).



Gambar 7. Metode *Single Transect* DSAS

Perhitungan laju perubahan garis pantai dilakukan menggunakan metode *End Point Rate* (EPR) dengan rumus sebagai berikut (Kasim, 2012):

$$Vc = \frac{L}{\sum N} Y^{-1}$$

Dimana:

Vc: = Rerata kecepatan perubahan maju/mudur garis pantai tiap shoreline grid (m/tahun)

L = Panjang keseluruhan single transect pada tiap shoreline grid (m)

∑N = Jumlah transect pada tiap shoreline grid

Y = Rentang waktu

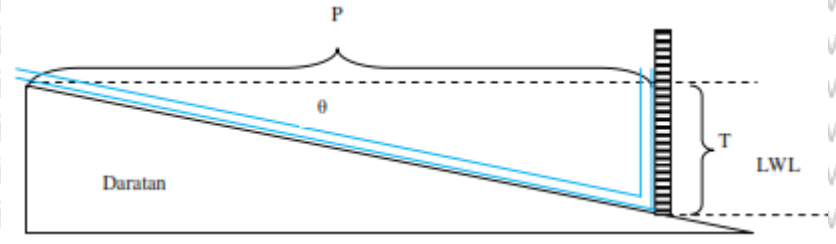
3.6.2 *Tracking* Garis Pantai

Tracking garis pantai dilakukan pada waktu surut. Untuk itu diperlukan data pasang surut perairan untuk mengetahui kondisi pasang surut pada saat *tracking* dilakukan. *Tracking* dilakukan dengan menyusuri garis pantai sepanjang 3 km dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS).

Setelah data diperoleh, data GPS ditransfer ke dalam komputer dengan menggunakan program lunak *MapSource* dan disimpan dalam bentuk txt. Data kemudian dibuka pada program lunak *Microsoft Excel* untuk mengubah satuannya dari Degrees, Minutes, Second, menjadi meter. Nilai kemudian diplot ke dalam grafik sebagai garis pantai awal.

3.6.3 Pengukuran Kemiringan Pantai

Pengukuran kemirangan pantai menggunakan prinsip theorema phytagoras. Data kedalaman digunakan sebagai sumbu y (T) dan panjang horizontal dari bibir pantai ke arah laut digunakan sebagai sumbu x (P). Data kemiringan didapatkan dari hasil perbandingan antara data kedalaman dengan jarak garis horizontal ke arah laut. Pengambilan data kemiringan pantai mewakili stasiun yang sama dengan titik pengambilan data tinggi dan periode gelombang.

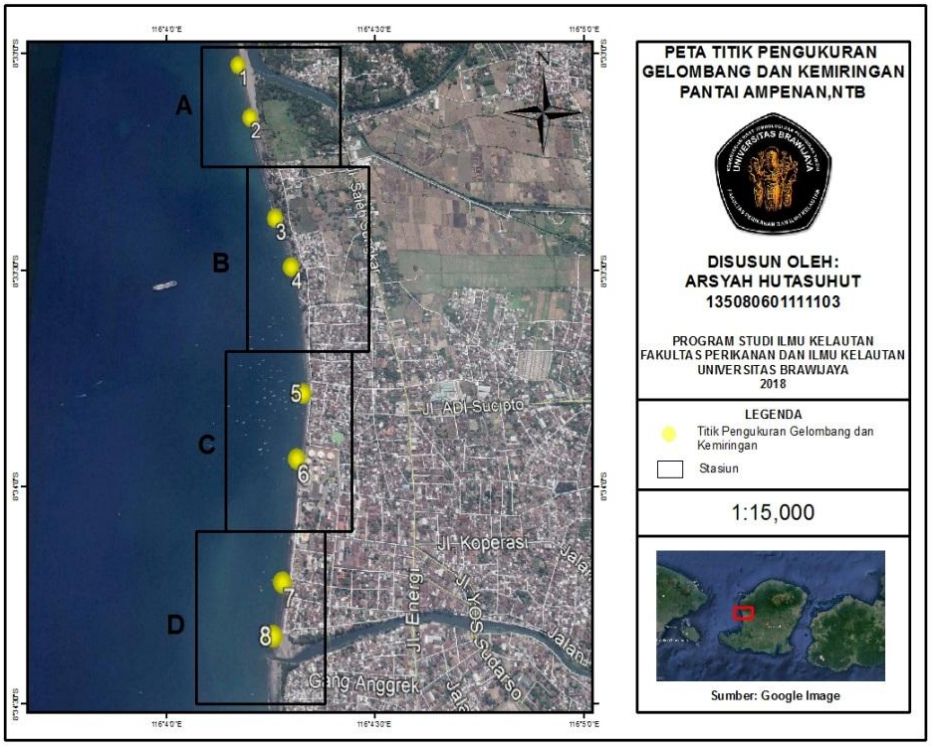


Gambar 8. Ilustrasi Pengukuran Kemiringan Pantai (Cahyanto *et al*., 2014)

3.6.4 Pengukuran Tinggi, Periode dan Arah Datang Gelombang

Pengukuran gelombang dilakukan untuk mengetahui kondisi gelombang saat melakukan pengukuran di lapan dan sebagai verifikasi dari data sekunder.

Pengukuran dilakukan di tiap stasiun selama 5-7 menit dan dilakukan pengukuran 3 kali dalam satu hari. Alat yang digunakan dalam pengukuran adalah *stopwatch* dan kompas. Selain melakukan pengukuran gelombang, dilakukan juga penetuan arah gelombang pada tiap-tiap stasiun pengamatan.



Gambar 9. Peta Titik Pengukuran Gelombang dan Kemiringan

Titik lokasi pengukuran gelombang dan kemiringan terdiri dari delapan titik dengan koordinat pengukuran yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 7. Tabel Titik Koordinat Pengukuran Gelombang dan Kemiringan

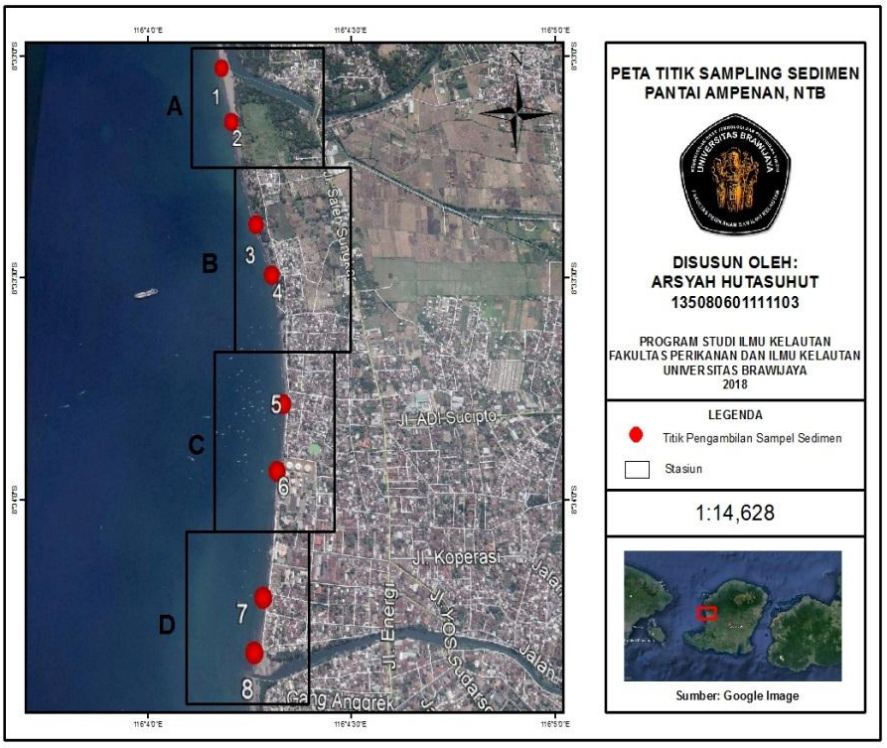
Stasiun	Titik	Koordinat
A	1	-8.551349° LS 116.069136° BT
	2	-8.553918° LS 116.069764° BT
B	3	-8.558513° LS 116.070960° BT
	4	-8.560592° LS 116.071672° BT
C	5	-8.565589° LS 116.072186° BT
	6	-8.567979° LS 116.071956° BT

D	7	-8.572158° LS 116.071448° BT
	8	-8.573852° LS 116.071131° BT

3.6.5 Pengambilan Sampel Sedimen dan Uji Laboratorium

A. Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan secara manual dengan menggunakan sekop kecil. Peralatan lain yang digunakan adalah *cool box* untuk menyimpan plastik yang berisi sampel sedimen, sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari plastik ukuran 1 kg, kertas label dan karet gelang. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil sampel sedimen tiap stasiun sebanyak 1 kg. Sampel dimasukkan ke dalam plastik dan diikat menggunakan karet gelang lalu disimpan di dalam *cool box*.



Gambar 10. Peta Titik Pengambilan Sedimen

Titik lokasi pengambilan sedimen terdiri dari delapan titik dengan koordinat pengambilan yang disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Tabel Titik Koordinat Pengambilan Sedimen

Stasiun	Titik	Koordinat
A	1	-8.551364° LS 116.069334° BT
	2	-8.553934° LS 116.069865° BT
B	3	-8.558503° LS 116.071069° BT
	4	-8.560611° LS 116.071783° BT
C	5	-8.565593° LS 116.072280° BT
	6	-8.567982° LS 116.072047° BT
D	7	-8.572159° LS 116.071540° BT
	8	-8.573857° LS 116.071230° BT

B. Uji Laboratorium

Sampel sedimen yang telah diperoleh dari lapang kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengukuran ukuran butir sedimen dan massa jenis sedimen. Langkah-langkah yang dilakukan pada saat uji laboratorium adalah pengeringan sampel sedimen, pengayakan, dan uji massa jenis.

- Pengeringan

Proses pengeringan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan oven dengan suhu 100° selama kurang lebih 24 jam. Pengeringan dilakukan untuk memperoleh berat kering sedimen. Sedimen dikatakan kering apabila sudah tidak ada kandungan air di dalamnya. Untuk mengetahui hal tersebut, perlu dilakukan pengeringan ulang. Apabila berat sedimen sebelum pengeringan ulang sama dengan berat sedimen setelah pengeringan ulang, maka sedimen dapat dikatakan kering. Setelah proses ini selesai, berat sedimen pada masing-masing nampan ditimbang dengan timbangan digital.

- Pengayakan

Pengayakan sedimen kering dilakukan dengan menggunakan saringan bertingkat ASTM (*American Standard Testing Material*). Pengayakan dilakukan

untuk memperoleh persentase ukuran butir sedimen sesuai dengan ukuran saringan yang dipakai. Masing-masing saringan memiliki ukuran diameter yang berbeda , yaitu No. 4 (4.75 mm), No. 10 (2 mm), No. 20 (0.85 mm), No. 30 (0.6 mm), No. 40 (0.425 mm), No. 60 (0.25 mm), No. 100 (0.15 mm), No. 200 (0.075 mm) dan pan. Sampel sedimen dimasukkan ke saringan no 4, setelah itu saringan diletakkan pada *sieve shaker* untuk memulai proses pengayakan selama kurang lebih 15 menit. Kemudian dilakukan penimbangan berat sedimen tertahan pada masing-masing saringan.

- Uji Massa Jenis

Uji massa jenis sedimen dilakukan dengan menggunakan Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat (Metode Tusuk) dengan nomor SNI 03-4804-1998. Agregat dalam keadaan kering oven dihitung menurut rumus berikut:

$$M = (G - T) / V$$

dengan:

M = berat isi agregat dalam kondisi kering oven, dalam kg/m^3;

G = berat agregat dan penakar, dalam kg;

T = berat penakar, dalam kg;

V = volume penakar, dalam m^3.

Kondisi padat dapat dilakukan dengan cara tusuk. Pertama-tama penakar diisi sepertiga dari volume penuh dan ratakan dengan batang perata. Kemudian tusuk lapisan agregat dengan 25 x tusukan batang penusuk. Selanjutnya diisi lagi sampai volume menjadi dua per tiga penuh kemudian ratakan dan tusuk seperti sebelumnya. Penakar diisi lagi sampai berlebih dan tusuk. Setelah itu ratakan permukaan agregat dengan batang perata. Kemudian tentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri serta dicatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg. Selanjutnya dihitung berat isi agregat menurut rumus di atas.

C. Analisis Data Sedimen

Sampel sedimen yang tertahan disetiap ayakan berbeda tersebut ditimbang beratnya dengan menggunakan timbangan digital. Kemudian menghitung selisih berat saringan yang berisi sampel sedimen dengan berat saringan/ayakan kosong sebagai berat tertahan saringan, dengan menggunakan rumus :

- Berat tertahan saringan = berat saringan berisi sampel sedimen – berat saringan kosong
- Jumlah berat sampel tertahan saringan = berat tertahan saringan ke n + jumlah berat tertahan saringan ke n-1

Perhitungan persentase dari jumlah sampel yang tertahan di saringan dan persentase sampel lolos saringan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\%\text{Tertahan Saringan} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertahan}}{\text{Berat tanah kering total (WA)}} \times 100\%$$

% Lolos saringan = 100% -% Tertahan saringan

Kemudian klasifikasi partikel pada masing-masing ayakan dengan mencocokkan antara nomor ayakan dan diameternya, atau dengan melihat nilai phi pada tabel *Wentworth* (Tabel 1). Ketika fraksi sedimen sudah diketahui, jika lebih dari 70 persen sedimen terdiri atas jenis pasir maka tidak diperlukan untuk menggunakan segitiga *Shepard*. Kemudian mencari nilai *phi* dilakukan dengan menggunakan rumus:

phi = -3,3219 x *log* x D

Hasil dari nilai *phi* tersebut akan di plotkan pada grafik *phi* dengan persentase lolos ayakan. Tujuan dari penggunaan grafik phi yaitu untuk mencari nilai dari Ø5, Ø16, Ø25, Ø50, Ø75, Ø84, dan Ø95. Semua nilai phi tersebut kemudian digunakan untuk analisa distribusi sedimen meggunakan metode statisti atau granulometri sedimen yang dengan menghitung nilai *mean* (rataan empirik),

sorting (derajat pemilahan), *skewness* (kemencengan), dan *kurtosis* (peruncingan) dengan menggunakan rumus masing-masing.

3.6.6 Pengolahan Data Gelombang

A. Penentuan Karakteristik Gelombang

Dalam perencanaan bangunan pantai perlu diketahui nilai dari gelombang representatif yang paling banyak dilakukan adalah gelombang signifikan H_s dan nilai H_s dihitung dengan rumus:

n = 33,3% x data

$$H_s = \frac{\sum H}{n}$$

$$T_s = \frac{\sum T}{n}$$

B. Perhitungan Transformasi Gelombang

Perhitungan transformasi gelombang dilakukan untuk mendapatkan tinggi gelombang pecah (Hb) dan kedalaman gelombang pecah (db) yang selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan numerik perubahan garis pantai.

- Koefisien Refraksi (Kr)

Perhitungan nilai koefisien refraksi dimulai dengan penentuan sudut datang gelombang (α) dan penentuan kedalaman (d) untuk mengetahui daerah yang inign diketahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan. Panjang gelombang laut dalam (L_0) dihitung dengan menggunakan rumus $L_0 = 1.56\ T^2$. Kecepatan gelombang pada kedalaman dikontur pertama (C_0) dihitung dengan rumus $C_0 = \frac{L0}{T}$ kemudian dilakukan pembagian antara nilai kedalaman (d) dan panjang gelombang laut dalam (L_0). Untuk nilai $\frac{d}{L0}$, dari Tabel L-1 didapatkan nilai $\frac{d}{L}$ sehingga nilai L dapat dihitung. Nilai kecepatan gelombang pada kedalaman di kontur pertama (C) dihitung berdasarkan rumus $C = \frac{L}{T}$. Arah datang gelombang

pada kedalaman (d) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan db/Hb = 1/(b-((∝Hb)/gT2)) dan koefisien refraksi dihitung dengan menggunakan persamaan Kr = $\sqrt{\frac{\cos\alpha 0}{\cos\alpha}}$.

- Koefisien Difraksi (K')

Perhitungan nilai difraksi dilakukan pada stasiun yang memiliki penghalang gelombang, apabila stasiun tersebut tidak memiliki penghalang gelombang, maka nilai K' dianggap 1. Perhitungan K' dimulai dengan mencari nilai $\frac{d}{L0}$, dimana d merupakan kedalaman dibelakang penghalang gelombang. Untuk nilai $\frac{d}{L0}$, dari Tabel L-1 didapatkan nilai $\frac{d}{L}$, sehingga nilai L didapatkan. Kemudian, dihitung nilai $\frac{r}{L}$. Dengan menggunakan tabel koefisien difraksi gelombang, maka nilai koefisien difraksi (K') didapatkan.

- Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah (Hb, db)

Untuk mencari nilai tinggi gelombang pecah (Hb) dan kedalaman gelombang pecah (db), mula mula perlu dihitung tinggi gelombang laut dalam ekivalen (H'0) dengan menggunakan persamaan H0'/(gT^2) dan kemudian dihitung nilai pada persamaan H0'/(gT^2). Hasil nilai tersebut beserta nilai kedalaman (m) di plotkan ke dalam gambar untuk mendapatkan nilai $\frac{Hb}{H'0}$, sehingga nilai Hb dapat dihitung. Untuk menghitung nilai kedalaman gelombang pecah (db), digunakan persamaan db/Hb = 1/(b-((∝Hb)/gT2)).

3.6.7 Perhitungan Numerik Perubahan Garis Pantai

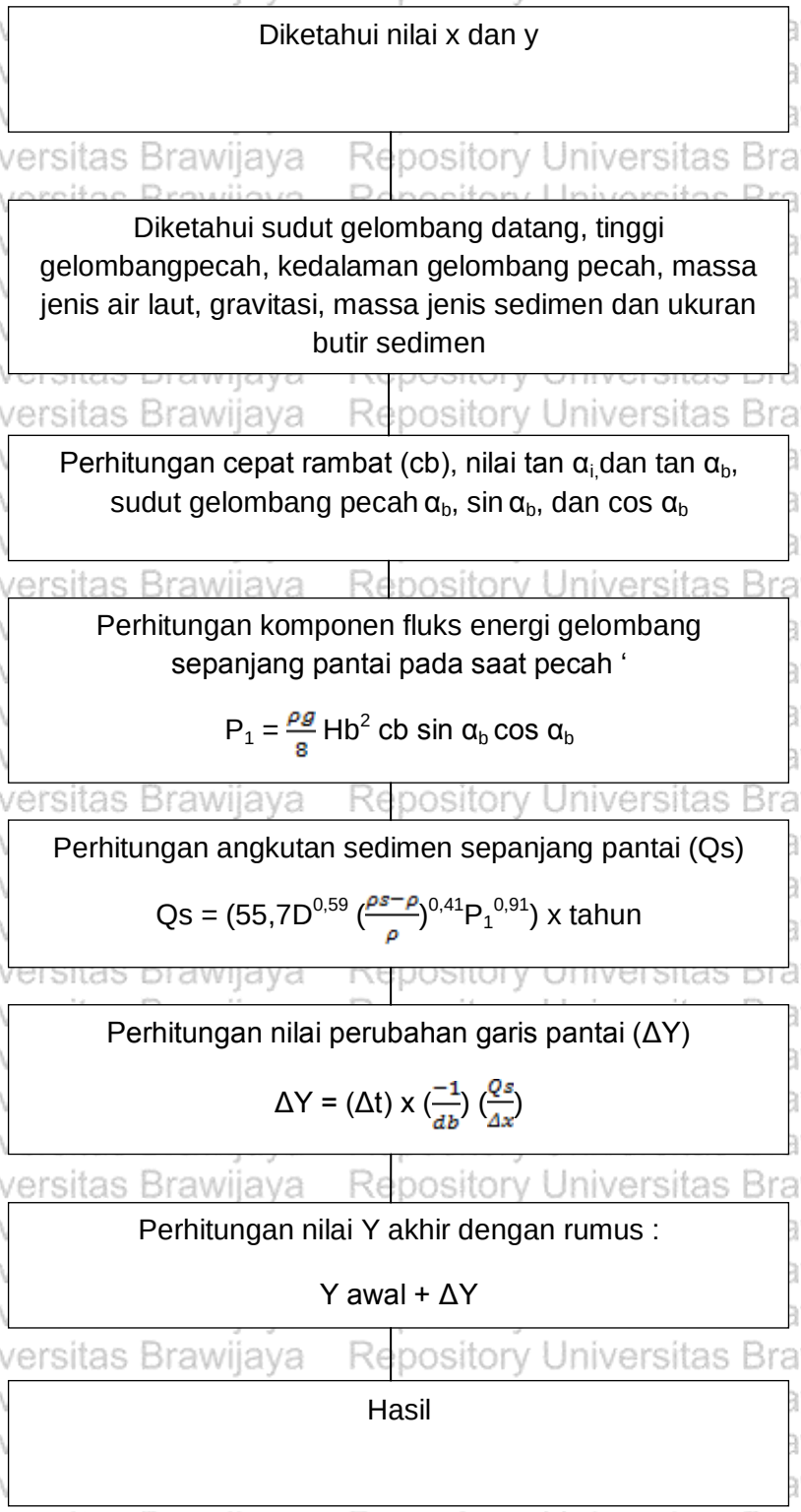
Perhitungan numerik dari hasil data lapang diselesaikan dengan program lunak Matlab R2009a. Komponen yang dibutuhkan dalam perhitungan numerik ini adalah nilai X dan Y awal dalam satuan meter, hasil digitasi citra satelit *Landsat* 8 OLI/TiRS yang sudah terkoreksi geometrik, nilai sudut datang gelombang (α_0),

tinggi gelombang pecah (Hb), kedalaman gelombang pecah (db), massa jenis air laut (ρ = 1.03 ton/m^3), gravitasi bumi (g = 9.8 m/s^2).Kemudian dihitung cepat rambat gelombang (cb), dengan persamaan cb = $\sqrt{g\ x\ db}$.

Transpor sedimen dipengaruhi oleh sudut datang gelombang pecah (αb). Sudut datang gelombang akan berubah dari satu sel ke sel lain karena profil pantai. Sudut α_i yang dibentuk oleh garis pantai dengan sejajar sumbu x, antara sel i dan i+1 dinyatakan dengan rumus tan $\alpha_i = \frac{Y(i)+Y(i+1)}{\Delta x}$. Untuk mengetahui sudut tangen gelombang pecah (αb) dilakukan dengan rumus tan $\alpha_b = \frac{(\tan \alpha i + tan \alpha 0)}{(1+(\tan \alpha i x \tan \alpha 0))}$, kemudian dicari nilai αb, sin αb, dan cos αb.

Prediksi perubahan garis pantai yang menghitung transpor sedimen sepanjang pantai dikembangkan berdasarkan prototip pada wilayah penelitian. Persamaan tersebut merupakan hubungan sederhana antara transport sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam rumus $P_1 = \frac{\rho g}{8}$ Hb^2 cb sin α_b cos α_b. Sedangkan untuk angkutan sedimen sepanjang pantai, digunakan rumus Manohar yang memperhitungkan sifat sedimen dasar. Rumus Manohar digunakan dengan persamaan Qs = $(55{,}7D^{0{,}59} (\frac{\rho s-\rho}{\rho})^{0{,}41} P_1^{0{,}91})$ x tahun.

Nilai perubahan garis pantai (ΔY) dihitung dengan menggunakan rumus ΔY = (Δt) x $(\frac{-1}{db})$ $(\frac{Qs}{\Delta x})$. Langkah terakhir yang dilakukan adalah mencari nilai Y akhir dengan rumus Y akhir = Y awal + ΔY). Untuk lebih jelasnya prosedur perhitungan numerik dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Skema Rumus dan Perhitungan Numerik pada MATLAB R2009a

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian

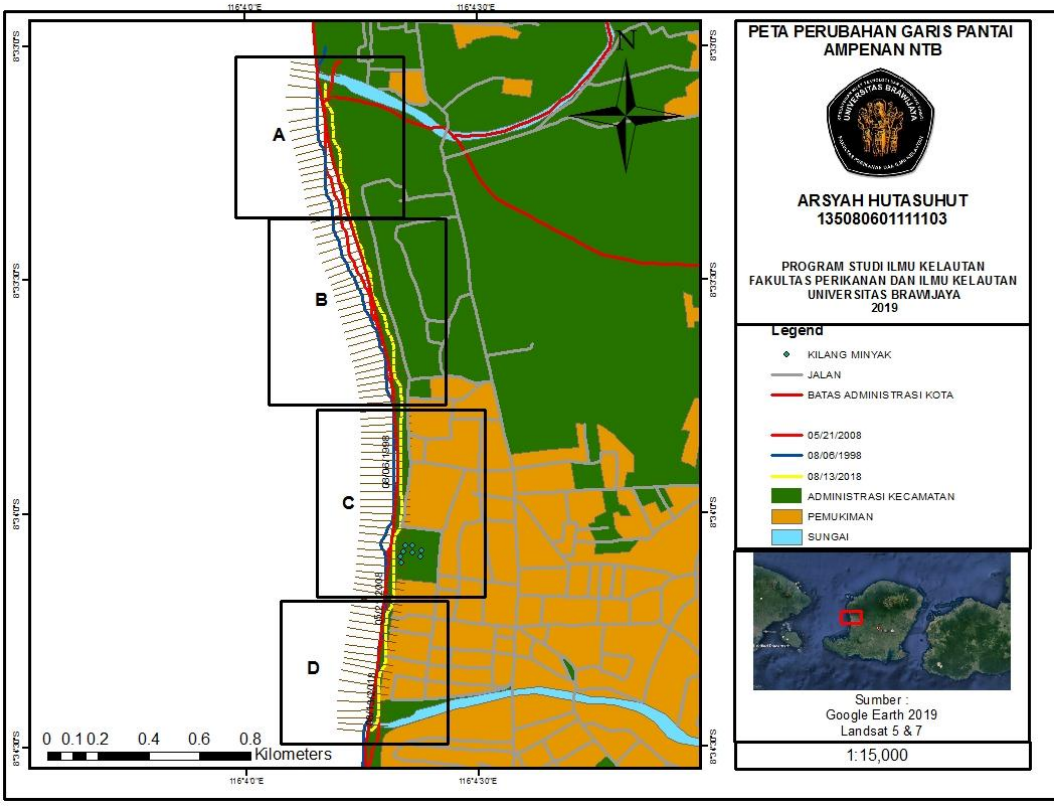
Pantai Ampenan terletak di Kecamatan Ampenan. Pantai ini berbatasan langsung dengan Kabupatan Lombok Barat dan Pantai Senggigi di bagian utara, di bagian barat berbatasan dengan Selat Lombok. Di bagian timur berbatasan dengan Kecamatan Selaparang sedangkan pada bagian selatan Pantai Ampenan berbatasan dengan Kecamatan Sekarbela. Akses menuju ke kawasan Pantai Ampenan cukup mudah. Dari pusat kota Mataram dapat langsung mengikuti saja jalan utama hingga memasuki Jalan Yos Sudarso. Kemudian tiba di simpang lima menuju Kota Tua Ampenan. Dari sini keindahan Pantai Ampenan sudah dapat dilihat.

Pantai Ampenan merupakan kawasan destinasi wisata, letaknya yang tidak jauh dari pusat kota membuatnya tidak pernah sepi pengunjung. Pantai Ampenan ini memiliki tempat kuliner yang selalu dikunjungi oleh para keluarga maupun anak muda untuk menikmati *sunset*. Selain itu, beberapa fasilitas umum pendukung wisata seperti toilet, musala, dan tempat parkir kendaraan di Pantai ini dirawat dengan sangat baik.

4.2 Hasil Pengolahan Data Citra Satelit

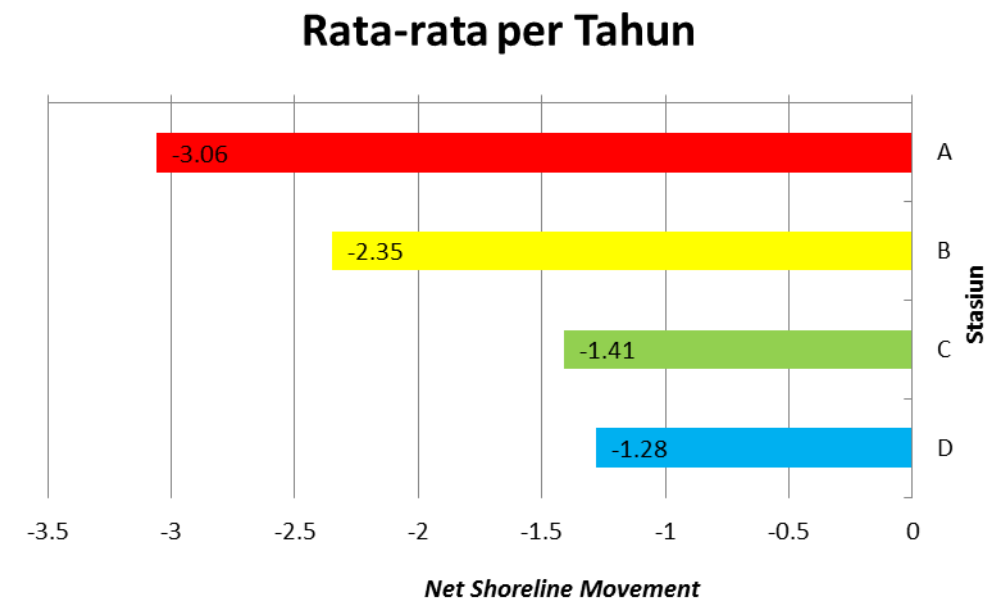
Pengolahan data citra satelit dilakukan dengan menggunakan citra satelit Landsat 5 untuk tahun 1998 dan Landsat 7 untuk tahun 2008. Data citra satelit kemudian dihitung dengan ekstensi program *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) dengan menggunakan metode perhitungan *Net Shoreline Movement* (NSM). Dari pengolahan data ini di dapatkan perhitngan jarak perubahan garis

pantai yang terjadi dalam jangka waktu 1998-2008. Pengolahan data citra satelit dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Peta Perubahan Garis Pantai Ampenan

Perhitungan jarak perubahan garis pantai yang terjadi dari tahun 1998-2008 menggunakan metode perhitungan NSM (*Net Shoreline Movement*). Metode NSM digunakan untuk menghitung garis pantai terlama yaitu tahun 1998 dengan garis pantai terbaru yaitu 2018, dimana jarak yang bernilai positif (+) memiliki arti garis pantai maju dan data yang bernilai negatif (-) memiliki arti garis pantai mundur. Hasil perhitungan rata-rata jarak perubahan garis pantai dengan perhitungan NSM dapat dilihat pada Gambar 13 dan Lampiran 5.



Gambar 13. Jarak Perubahan Garis Pantai

Hasil perhitungan rata-rata perubahan jarak garis pantai selama kurun waktu satu tahun dengan perhitungan NSM menunjukkan bahwa rata rata abrasi tertinggi terdapat pada stasiun A dengan jarak kemunduran garis pantainya sebesar 3.06 m/tahun. Sedangkan rata-rata abrasi terkecil terdapat pada stasiun D dengan jarak kemunduran garis pantainya sebesar 1.28 m/tahun.

4.3 Tinggi, Periode dan Arah Gelombang Hasil Pengukuran Lapang

Hasil pengukuran gelombang di lapang adalah berupa nilai tinggi, periode dan arah datang gelombang. Hasil pengukuran rata-rata dari tinggi dan periode gelombang lapang disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Tinggi Dan Periode Gelombang

Stasiun	Puncak (m)	Lembah (m)	Tinggi (m)	Periode (s)	Arah Angin
A	1.14	0.51	0.63	3.50	120
B	1.36	0.51	0.85	3.50	120
C	1.27	0.60	0.67	4.00	120
D	1.32	0.68	0.64	4.00	120

Dari hasil pengukuran tinggi gelombang di pantai Ampenan diketahui tinggi gelombang maksimal adalah 1.36 m dengan periode sebesar 4.00 s, sedangkan tinggi gelombang minimal adalah 1.14 dengan periode sebesar 3.50 s. Nilai rata rata tinggi gelombang hasil pengukuran di lapang adalah 1.27 m dengan periode rata rata sebesar 3.75 s. Arah datang gelombang pada saat pengukuran gelombang adalah dari Barat Laut.

4.5 Kemiringan Pantai Ampenan

Data rasio kemiringan pantai didapatkan dari hasil bagi antara nilai kedalaman perairan saat dilapang dengan jarak dari garis pantai ke titik yang diukur. Pengukuran kemiringan pantai dilakukan utuk mengetahui profil pantai suatu wilayah. Pengukuran kemiringan pantai dilakukan pada saat kondisi perairan surut. Hasil dari pengukuran kemiringan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kemiringan Pantai

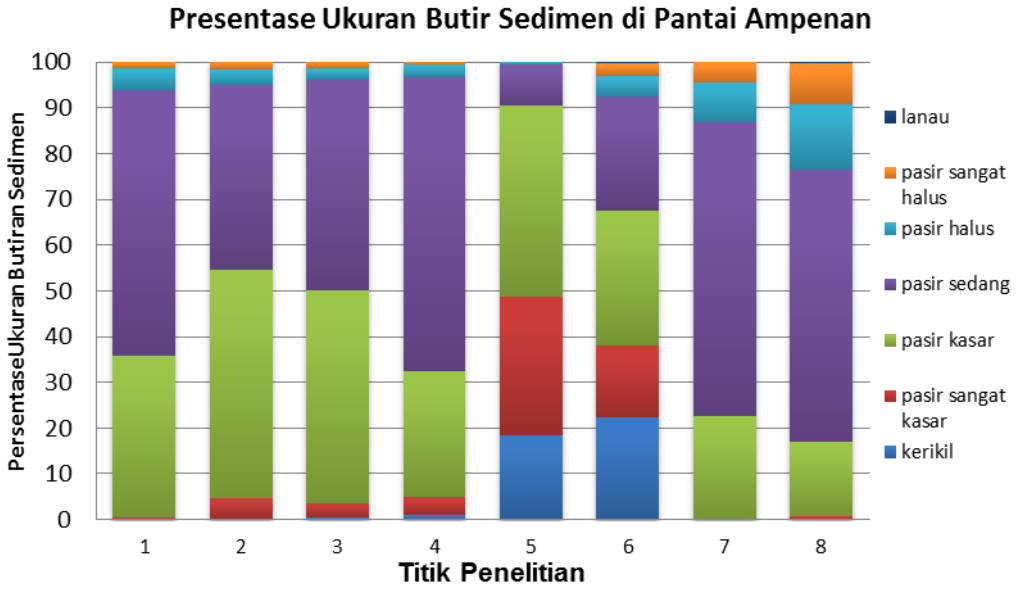
Stasiun	Titik	Jarak (x) meter	Kedalaman (y) meter	Rasio Kemiringan (x:y)
A	1	10	1.27	1 : 7.9
	2	10	1.29	1 : 7.8
B	3	10	1.44	1 : 6.9
	4	10	1.47	1 : 6.8
C	5	10	1.26	1 : 7.9
	6	10	1.29	1 : 7.8
D	7	10	1.34	1 : 7.5
	8	10	1.32	1 : 7.6

Data kemiringan Pantai Ampenan diukur saat kondisi surut. Data kemiringan menunjukkan bahwa kemiringan terbesar berada pada titik 4 sedangkan kemiringan terkecil berada pada titik 1 dan 5. Menurut Triatmodjo (1999), pantai lumpur memiliki kemiringan yang sangat kecil sampai mencapai 1 : 5000, kemiringan pantai pasir lebih besar yang berkisar antara 1 : 20 dan 1 : 50, dan kemiringan pantai kerikil bisa mencapai 1 : 4. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa kemiringan Pantai Ampenan berada diantara 1 : 4 dan 1 : 20.

4.6 Analisis Sedimen

4.6.1 Analisis Ukuran Butir Sedimen

Sedimen penyusun di empat stasiun ini terdiri dari bermacam-macam jenis. Setelah dilakukan perhitungan dan pengklasifikasian, diketahui massa dari masing-masing jenis sedimen pada keseluruhan stasiun. Dalam mempermudah mengetahui persentase sedimen di keempat stasiun, berikut disajikan diagram persentase ukuran butir sedimen untuk mengetahui dominasi sedimen apa yang terdapat di masing-masing stasiun penelitian.



Gambar 13. Persentase Ukuran Butir Sedimen

Pantai Ampenan pada Stasiun A (Titik 1 dan Titik 2) memiliki tipe sedimen pantai berpasir. Pada titik 1 sedimen yang diperoleh pada pantai Ampenan adalah pasir sedang yaitu sebesar 58.08% dengan ukuran butir sedimen 0.25-0.5 mm. Pada titik 2 sedimen yang diperoleh adalah pasir kasar yaitu sebesar 50% dengan ukuran butir sedimen 0.5-1 mm. Sedangkan sedimen lainnya seperti kerikil, pasir sangat kasar, pasir halus, pasir sangat halus dan lanau sangat sedikit persentasenya ditemukan di stasiun A. Pada stasiun A didominasi oleh sedimen pasir kasar dan pasir sedang, dikarenakan pada lokasi titik 1 berada di

dekat muara sungai. Sedangkan pada lokasi titik 2 berada di daerah pemukiman warga sehingga jenis pasir kasar mendominasi pada titik 2.

Stasiun B yaitu titik 3 dan 4 memiliki jenis sedimen yang didominasi oleh pasir kasar dan pasir sedang. Pada titik 3 jenis sedimen yang diperoleh yaitu sedimen pasir kasar sebesar 47% dengan ukuran butir sedimen 0.5-1 mm. Pada titik 4 sedimen yang diperoleh adalah pasir sedang sebesar 64.33% dengan ukuran butir sedimen 0.25-0.5 mm. Pada stasiun B pasir sangat kasar, pasir halus, dan pasir sangat halus ditemukan sedikit persentasenya. Sedangkan kerikil dan lanau tidak ditemukan sama sekali.

Stasiun C yaitu titik 5 dan 6 memiliki jenis sedimen yang didominasi oleh pasir kasar. Pada titik 5 sedimen yang diperoleh yaitu sedimen pasir kasar sebesar 42% dengan ukuran butir sedimen 0.5-1 mm. Pada titik 6 sedimen yang diperoleh juga pasir kasar dengan persentase 30% dengan ukuran butir sedimen 0.5-1 mm. Pada stasiun C ditemukan semua jenis sedimen namun sangat sedikit persentasenya.

Stasiun D yaitu titik 7 dan 8 memiliki jenis sedimen yang didominasi oleh pasir sedang. Pada titik 7 sedimen yang diperoleh yaitu pasir sedang sebesar 64.44% dengan ukuran butir sedimen 0.25-0.5 mm. Pada titik 8 diperolah juga pasir sedang sebesar 59.67% dengan ukuran butir sedimen 0.25-0.5 mm. Pada stasiun D diperoleh pasir sangat halus, pasir kasar, pasir halus, pasir sangat halus, dan lanau dengan persentase yang sedikit. Sedangkan jenis sedimen kerikil tidak ditemukan sama sekali.

Dominasi sedimen yang paling besar di keseluruhan stasiun penelitian adalah sedimen pasir sedang sebesar 46.45% yang diikuti dengan pasir kasar sebesar 35.44%, pasir sangat kasar sebesar 7.34%, kerikil sebesar 5.31%, pasir halus 5.14%, selanjutnya adalah pasir sangat halus sebesar 2.60% serta yang terakhir adalah sedimen lanau sebesar 0.06%.

4.6.2. Analisis Granulometri

Analisis statistik sedimen dilakukan dengan menghitung empat parameter ukuran butir, yaitu *mean* (nilai rata-rata), *sorting* (pemilahan), *skewness* (kecondongan), dan *kurtosis* (keruncingan). Berikut disajikan tabel hasil perhitungan statistik sedimen di setiap titik. Parameter statistik sedimen dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Parameter Statistik Sedimen

Stasiun	Titik	Parameter Statistik Sedimen								
		Mean			Sorting		Skewness		Kurtosis	
		Phi	mm	Klasifikasi	Phi	Klasifikasi	Phi	Klasifikasi	Phi	Klasifikasi
A	1	1.08	0.47	Medium Sand	-0.66	very well sorted	-0.96	very coarse skewed	0.96	mesokurtic
	2	0.73	0.60	Coarse Sand	-0.88	very well sorted	-0.43	very coarse skewed	1.37	leptokurtic
B	3	0.97	0.51	Coarse Sand	-0.87	very well sorted	-0.69	very coarse skewed	1.43	leptokurtic
	4	1.00	0.50	Medium Sand	-0.71	very well sorted	-0.57	very coarse skewed	1.23	leptokurtic
C	5	-0.97	1.95	Very Coarse Sand	0.15	very well sorted	0.43	very fine skewed	0.74	platykurtic
	6	-0.27	0.83	Very Coarse Sand	0.22	very well sorted	0.14	fine skewed	0.66	very platikurtic
D	7	1.27	0.42	Medium Sand	-0.66	very well sorted	-1.14	very coarse skewed	0.90	platykurtic
	8	1.47	0.36	Medium Sand	0.03	very well sorted	-1.13	very coarse skewed	1.23	leptokurtic

Berdasarkan perhitungan hasil statistik sedimen, pada stasiun A didapatkan hasil diameter sedimen rata-rata yaitu titik 1 dan 2 menunjukkan dimana pada titik 1 berjenis pasir sedang dengan nilai phi sebesar 1.08 dan pada titik 2 berjenis pasir kasar dengan nilai phi sebesar 0.73. Tingkat sortasi pada stasiun A menghasilkan klasifikasi *very well sorted* dengan nilai negatif, hasil nilai negatif menunjukkan penyebaran sedimen di stasiun A menunjukkan penyebaran yang sempit yang dapat dikatakan sama atau seragam sehingga tidak mengalami variasi penyebaran yang dinamis. Kemudian untuk hasil kecondongan pada stasiun A termasuk ke dalam klasifikasi *very coarse skewed* yang miring ke arah partikel kasar. Hal tersebut serupa dengan hasil mean yang menunjukkan bahwa sedimen di stasiun A berpasir kasar. Sedangkan hasil keruncingan menunjukkan hasil *mesokurtic* dan *leptokurtic* yaitu keruncingan sedimen dapat dikatakan mendekati normal.

Pada stasiun B yaitu titik 3 dan 4 menunjukkan hasil pasir kasar dan pasir sedang dengan ukuran butir sedimen dengan rata rata ukuran butir sedimen sebesar 0.51 dan 0.5 mm. Kemudian hasil sortasi di stasiun B menunjukkan hasil yang serupa dengan stasiun A yaitu *very well sorted* dengan perolehan nilai negatif, dimana penyebaran sedimen di stasiun B pun sempit atau sedimen dapat dikatakan seragam. Hasil tingkat kecondongan stasiun B menunjukkan hasil yang sama dengan stasiun A yaitu *very coarse skewed* yang miring ke arah partikel kasar. Selanjutnya adalah tingkat keruncingan pada stasiun D, titik 3 dan 4 masuk ke dalam klasifikasi *leptokurtic* yaitu memiliki puncak yang sangat tajam dan menggambarkan sedimen yang terpilah dengan baik.

Pada stasiun C yaitu titik 5 dan 6 memiliki hasil granulometri dengan jenis sedimen pasir sangat kasar dengan diameter ukuran sedimen sebesar 1.95 dan 0.83 mm. Kemudian hasil sortasi stasiun C menunjukkan tingkat sortasi yang

sangat baik (*very well sorted*) dengan persebaran sedimennya yang seragam. Tingkat kecondongan stasiun C menunjukkan hasil sangat miring ke arah partikel halus (*very fine skewed*) dan miring ke arah partikel halus (*fine skewed*). Selanjutnya tingkat keruncingan pada stasiun C menunjukkan hasil *platykurtic* dan *very platykurtic* yaitu memiliki tingkat keruncingan yang datar atau sangat datar.

Hasil granulometri pada stasiun D yaitu pada titik 7 dan 8 menunjukkan hasil rata rata jenis sedimen pasir sedang yang ditunjukkan dengan hasil diameter sedimen 0.42 mm dan 0.36 mm. Kemudian hasil sortasi stasiun D menunjukkan hasil sortasi yang sangat baik (*very well sorted*) yaitu persebaran sedimen yang seragam. Tingkat kecondongan stasiun D didominasi *very coarse skewed*, yaitu sedimen mengarah ke partikel kasar. Selanjutnya stasiun D memiliki hasil tingkat keruncingan *platykurtic* yang memiliki tingkat keruncingan yang datar dan *leptokurtic* yang memiliki tingkat keruncingan yang tajam dengan sedimen yang terpilah dengan baik.

4.7 Berat Jenis Sedimen

Hasil sampel sedimen yang diperoleh dari lapang kemudian yang diolah menggunakan metode tusuk dengan No. SNI 03.4804.1998. Metode tusuk dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Hasil pengolahan metode tusuk kemudian dicatat sebagai nilai berat jenis yang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Berat Jenis Sedimen

Stasiun	Berat Jenis (gr/cm^3)
A	1.68
B	1.78
C	1.77
D	1.76

Stasiun A memiliki nilai berat jenis sedimen sebesar 1,68 gr/cm^3, stasiun B sebesar 1,78 gr/cm^3, stasiun C sebesar 1,77 gr/cm^3, dan stasiun D sebesar 1,76 gr/cm^3. Berat jenis sedimen yang paling besar berada di stasiun B yaitu sebesar 1,78 gr/cm^3 dan massa jenis paling kecil berada di stasiun A yaitu sebesar 1,68 gr/cm^3. Nilai rata-rata massa jenis seluruh stasiun adalah sebesar 1,75 gr/cm^3.

4.8 Hasil Perhitungan Numerik Perubahan Garis Pantai Ampenan

Hasil perhitungan numerik perubahan garis pantai adalah prediksi jarak perubahan garis pantai pada tiap stasiun dengan jangka waktu 5, 10, 15, 20 tahun yang akan datang. Nilai prediksi perubahan garis pantai ini berdasarkan pada angkutan sedimen sepanjang pantai yang dihitung menggunakan rumus Manohar. Nilai prediksi perubahan garis panti dengan jangka waktu 5, 10, 15, 20 tahun yang akan datang disajikan dalam Tabel 13.

Tabel 13. Prediksi Rata rata Jarak Perubahan Garis Pantai Ampenan

Prediksi Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Ampenan				
	A	B	C	D
m/5 tahun	-44.87	-72.80	-126.36	-53.44
m/10 tahun	-89.74	-145.60	-252.72	-106.88
m/15 tahun	-134.62	-218.41	-379.08	-160.32
m/20 tahun	-179.49	-291.21	-505.44	-213.77

Selama 5 tahun mendatang prediksi perubahan garis pantai pada stasiun A adalah sebesar adalah sebesar -44.87 m, nilai negatif menunjukkan pada stasiun A mengalami abrasi. Prediksi jarak perubahan garis pantai di stasiun B adalah sebesar -72.80 m yang menunjukkan bahwa stasiun B mengalami abrasi. Stasiun C memiliki hasil prediksi yang bernilai negatif atau abrasi sebesar 126.36 m. Prediksi perubahan yang terjadi di stasiun D adalah sebesar -53.44 m.

Nilai abrasi yang begitu besar diperoleh dari hasil perhitungan numerik dengan menggunakan rumus Manohar. Rumus Manohar memprediksi perubahan garis pantai dengan memperhitungkan sifat dari gelombang seperti tinggi gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah serta sifat dari sedimen seperti besar diameter ukuran butir sedimen dan berat jenis sedimen. Hal tersebut merupakan kelebihan sekaligus kelemahan yang dimiliki oleh rumus Manohar. Dengan memasukkan sifat sedimen pada rumusnya, rumus Manohar memberikan hasil yang spesifik mengenai perubahan garis pantai akibat pengaruh sedimen. Namun di sisi lain, hasil tersebut tidak dapat dianggap hasil yang sangat tepat karena tidak memperhtungkan aspek-aspek lain di lokasi penelitian. Jika suatu pantai memiliki nilai gelombang dan sedimen yang besar, maka hasil perhitungan akan menunjukkan nilai negatif (abrasi) yang besar pula.

Prediksi perubahan garis pantai selama 10, 15, 20 tahun mendatang berdasarkan nilai angkutan sedimen sepanjang pantai pada tiap stasiun memiliki pola perubahan yang sama yakni pada stasiun A, B, C, dan D terjadi abrasi. Perubahan garis pantai yang terjadi di pantai Ampenan semakin lama nilainya semakin besar. Dalam jangka waktu 20 tahun stasiun A diprediksi mengalami perubahan garis pantai sebesar -179.49 m, stasiun B sebesar -291.21 m, stasiun C sebesar -505.44 m, dan stasiun D sebesar -213.77 m.

Kegunaan dari prediksi yang dilakukan ini adalah untuk mengetahui seberapa besar perubahan yang dapat terjadi di Pantai Ampenan untuk selanjutnya dijadikan acuan bagi pihak terkait dalam melakukan penanganan lebih lanjut seperti membangun bangunan pelindung pantai dan/atau menanam pohon mangrove agar ancaman yang mengintai Pantai Ampenan dapat dihindari.

4.9 Analisis Perubahan Garis Pantai Ampenan Berdasarkan Data Citra Satelit Dan Perhitungan Numerik

Hasil pengolahan data citra satelit dan perhitungan numerik berupa jarak perhitungan perubahan garis pantai per tahun disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Jarak Perubahan Garis Pantai Hasil Perhitungan Numerik dan Pengolahan Data Citra Satelit

Stasiun	Hasil Pengolahan Data Citra Satelit 1998-2008 (m/tahun)	Hasil Perhitungan Numerik m/tahun
A	-3.06	-8.97
B	-2.35	-14.56
C	-1.41	-25.27
D	-1.28	-10.69

Hasil pengolahan data citra satelit selama kurun waktu 20 tahun (1998-2018) menunjukkan bahwa Pantai Ampenan mengalami abrasi pada seluruh stasiun berdasarkan nilai negatif pada perhitungan citra satelit. Pada stasiun A mengalami abrasi dengan rata rata perubahan garis pantai sebesar -3.06 m/tahun, sedangkan pada stasiun B sebesar -2.35 m/tahun, stasiun C sebesar -1.41 m/tahun, dan stasiun D sebesar -1.28 m/tahun. Nilai abrasi terbesar yang berada di Stasiun A kemungkinan disebabkan oleh adanya muara sungai yang menggerakkan arus dan mengakibatkan tergerus dan berpindahnya sedimen di Stasiun A. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Hasanudin dan Kusmanto (2018) yang menyatakan bahwa aliran massa air akibat hempasan gelombang bersama dengan massa air tawar yang berasal dari muara sungai mengalir ke arah lautan. Hasilnya, semua material mengalami abrasi dan selanjutnya muatan sedimen tersebut akan terbawa langsung menuju ke lepas pantai

Hasil perhitungan numerik pada tiap stasiun menghasilkan prediksi perubahan garis pantai. Prediksi perubahan garis pantai pada Pantai Ampenan

sebesar -8.97 m/tahun pada stasiun A, -14,56 m/tahun pada stasiun B, -25.27 m/tahun pada stasiun C, dan -10.69 m/tahun pada stasiun D. Hasil perhitungan numerik menunjukkan bahwa terjadi abrasi di seluruh stasiun di Pantai Ampenan. Berdasarkan perhitungan numerik, nilai abrasi terbesar berada di Stasiun C. Hal ini disebabkan oleh tingginya kegiatan manusia di lokasi tersebut. Stasiun C merupakan daerah di mana para nelayan menambatkan kapal mereka dan berada di dekat pemukiman warga. Hal ini menyebabkan besarnya variasi sedimen di lokasi tersebut sehingga berpengaruh pada hasil perhitungan Manohar yang memprediksi perubahan garis pantai berdasarkan sifat gelombang dan sifat sedimen. Hasil ini didukung oleh pernyataan dari Vatria (2013) bahwa penyebab utama terjadinya abrasi pantai adalah tidak optimalnya penahan gelombang dan banyaknya aktivitas manusia yang tidak bertanggung jawab, seperti perusakan karang pantai, penebangan bakau, penambangan pasir, serta bangunan yang melewati garis pantai.

Berdasarkan kedua metode analisis perubahan garis pantai yang telah dilakukan, perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Ampenan disebabkan oleh proses abrasi. Proses abrasi yang terjadi di Pantai Ampenan disebabkan oleh tinggi gelombang. Tinggi gelombang yang terdapat di Pantai Ampenan berkisar dari 0.63 sampai 0.85 m dan dapat dikategorikan sebagai gelombang yang cukup tinggi. Gelombang yang tinggi dapat menggerus sedimen jenis pasir dan menyebabkan terjadinnya abrasi. Selain itu, tidak adanya tanaman dan bangunan pelindung pantai di lokasi penelitian adalah salah satu penyebab terjadinya abrasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Anggraini *et. al*. (2017) yang menyatakan bahwa abrasi juga dapat terjadi jika di wilayah pesisir tidak dilindungi oleh mangrove sebagai penyanggah daratan.

Perbedaan antara hasil yang diperoleh melalui pengolahan data citra satelit dan hasil perhitungan numerik disebabkan oleh beberapa hal seperti

adanya perbedaan faktor-faktor yang dikaitkan pada kedua metode serta adanya perbedaan teknik pengambilan data pada masing-masing metode. Ladys *et. al.* (2012) menyatakan bahwa teknik penginderaan jauh dapat memperlihatkan kondisi garis pantai yang dipengaruhi oleh seluruh faktor, baik aktivitas manusia maupun faktor alam. Namun kelemahan dari teknik ini adalah tidak menggambarkan kondisi garis pantai di waktu selanjutnya. Sedangkan model numerik dapat menggambarkan perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh gelombang. Teknik ini dapat memprediksi perubahan garis pantai yang terjadi di lokasi penelitian di waktu berikutnya. Kelemahan model numerik adalah tidak dapat menggambarkan perubahan garis pantai akibat aktivitas manusia dan pengaruh masukan sungai.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari bab-bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil pengolahan data citra satelit selama kurun waktu 20 tahun (1998-2008) menunjukkan bahwa Pantai Ampenan mengalami abrasi pada semua stasiun dengan Stasiun A yang merupakan daerah lahan persawahan yang berlokasi di muara sungai sebesar 3.06 m/tahun, stasiun B yang merupakan daerah persawahan dan pemukiman penduduk sebesar 2.35 m/tahun, stasiun C yang merupakan daerah pemukiman warga dan tempat warga menambatkan kapal sebesar 1.41 m/tahun, serta stasiun D yang merupakan daerah pemukiman warga yang dekat dengan muara sungai sebesar 1.28 m/tahun. Hasil perhitungan numerik juga menunjukan terjadinya proses abrasi pada tiap stasiun dengan sebesar 8.97 m/tahun pada stasiun A, 14.56 m/tahun pada stasiun B, 25.27 m/tahun pada stasiun C, dan 10.69 m/tahun pada stasiun D.
2. Proses abrasi di Pantai Ampenan disebabkan oleh beberapa faktor seperti tinggi gelombang, aktivitas manusia (industri, wisata, jalur pelayaran, dan penangkapan ikan), kecepatan arus, keberadaan muara sungai, serta tidak adanya bangunan dan tanaman pelindung pantai. Dari seluruh faktor-faktor tersebut, tinggi gelombang yang ada di Pantai Ampenan merupakan faktor terkuat yang mempengaruhi distribusi sedimen. Tinggi gelombang yang terdapat di Pantai Ampenan berkisar dari 0.63 sampai 0.85 m dan dapat dikategorikan sebagai gelombang

yang cukup tinggi. Gelombang yang tinggi dapat menggerus sedimen jenis pasir dan menyebabkan terjadinnya abrasi.

5.2 Saran

Saran dari penulis adalah perlunya dibangun bangunan pelindung pantai seperti jetty atau breakwater serta tanaman pelindung pantai seperti mangrove di lokasi penelitian sebagai alternatif untuk mengurangi dampak abrasi agar struktur pantai tetap terjaga. Selain itu, diperlukannya regulasi yang mengatur pembagian tata guna lahan di Pantai Ampenan untuk mengurangi dampak negatif dari aktivitas manusia yang tidak sesuai tempatnya.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, R. O. D. 2008. Kajian Perubahan Penutupan Lahan di Kawasan Pesisir Kabupaten Aceh Utara, NAD Menggunakan Sistem Informasi Geografis.

Anggraini, N., S. Marpaung, dan M. Hartuti. 2017. Analisis Perubahan Garis Pantai Ujung Pangkah dengan Menggunakan Metode Edge Detection dan Normalized Difference Water Index. Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 14 No. 2: 65-78.

Angkotasan, A.M., I. W. Nurjaya dan N. M. N. Natih. 2012. Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Barat Daya Pulau Ternate, Provinsi Maluku Utara. Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan, Vol 391: 11-22.

Arief, M., Winarso, G., Prayogo, T., 2011. Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. J. Penginderaan Jauh 8, 71–80.

Azwar. 1997. Metode Penelitian. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.

Christina J. 2005. Studi Perubahan Garis Pantai dengan Metode Komar dan Bikjer. Jurnal Teknologi Vol 2 (2): 23-28.

Cui, B.-L., Li, X.-Y., 2011. Coastline change of the Yellow River estuary and its response to the sediment and runoff (1976–2005). Geomorphology 127, 32–40. doi:10.1016/j.geomorph.2010.12.001.

Hasanudin, M. dan E. Kusmanto. 2018. Abrasi dan Sedimentasi Pantai di Kawasan Pesisir Kota Bengkulu. Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia Volume 3 Nomor 3: 245-252.

Hidayati, N. 2017. Dinamika Pantai. Universitas Brawijaya Press, Malang.

Kasim, F. 2012. Pendekatan beberapa metode dalam monitoring perubahan garis pantai menggunakan dataset penginderaan jauh Landsat dan SIG. Jurnal Ilmiah Agropolitan, 5, 620-635.

Ladys, M., H. Surbakti., dan Hartoni. 2012. Penentuan Perubahan Garis Pantai dengan Teknologi Penginderaan Jauh dan Model Numerik di Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah. Maspari Journal, 4 (2), 231-237.

Minarto, E., S, H., Vorandara, E., Pin, T. G., Musli, M dan Saputra, E., 2008. Kaitan Aktiitas Vulkanik dengan Distribusi Sedimen dan Kandungan Suspensi di Perairan Selat Sunda. Mukhtasor, 2007. Pencemaran Pesisir Laut. Pradnya Paramita. Jakarta.

Muttaqin, A. D. 2017. Analisa Perubahan Garis Pantai Tanjungwidoro Menggunakan Data Citra Satelit. Jurnal Saintek UIN Surabaya, 42-46.

Nugraha, Anditha Widya. 2008. Evaluasi Penggunaan Lahan Di Daerah Teluk Banten, Kabupaten Serang, Propinsi Banten Menggunakan Data Landsat 7 ETM+ Multi Temporal Tahun 1999 – 2005. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNDIP, Semarang.

Putra, I.M.A.W., Susanto, A., Soesanti, I., 2015. Pemodelan Perubahan Garis Pantai dengan Metode End Point Rate pada Citra Satelit Landsat. Semnas Teknomedia Online 3, 4–2.

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

Satriya, I.N.B. 2012. Tinjauan Ilmiah Pengelolaan Garis Pantai Ampenan Kota Mataram.

Tarigan A.P.M dan A.S Zein. 2005. Analisis Refraksi Gelombang pada Pantai. *Jurnal Teknik SIMETRIKA* Vol 4(2): 345-351

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

Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset: Yogyakarta.

Vatria, B. 2013. Berbagai Kegiatan Manusia Yang Dapat Menyebabkan Terjadinya Degradasi Ekosistem Pantai Serta Dampak Yang Ditimbulkannya. Politeknik Negeri Pontianak. Pontianak.

Vivanews. 2012. Tanggul di Pantai Ampenan Mengalami Kerusakan. http://nasional.vivanews.com/news/read/27975 diakses pada 29 Juli 2017.

Wahyudi T. Hariyanto dan Suntoyo. 2012. Analisis Kerentanan Pantai di Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Timur. Insititut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Repository Universitas Brawijaya

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Lapang

Tracking menyusuri sepanjang Pantai Ampenan, Kota Mataram Nusa Tenggara Barat

Pengukuran Gelombang dan Kemiringan Pantai Ampenan, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat

Lampiran 2. Dokumentasi Laboratorium

Memasukkan sampel sedimen kering dan menimbang berat tertahan ayakan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Pengukuran berat jenis sedimen dengan Metode Tusuk No. SNI 03-4804-1998

Lampiran 3. Hasil Analisis Data Sedimen

Data Ayakan Sedimen Titik 1

Ayakan		Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan ayakan	% lolos ayakan	Partikel	% Fraksi Sedimen		
No	Diameter Butiran (mm)							Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	0	0	0	0	100	kerikil	0.0		
10	2	4	4	1	1	99	pasir sangat kasar			
20	0.85	66	70	10	9	90	pasir kasar			
30	0.6	192	262	35.9	26.3	64.1				
40	0.425	168	430	58.9	23.0	41.1	pasir sedang			
60	0.25	256	686	94.0	35.1	6.0				
100	0.15	34	720	99	4.7	1	pasir halus			
200	0.075	10	730	100.0	1.4	0.0	pasir sangat halus		100.0	
Pan	< 0,075	0	730	100.0	0.0	0.0	lanau			0.0

Data Ayakan Sedimen Titik 2

Ayakan		Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan ayakan	% lolos ayakan	Partikel	% Fraksi Sedimen		
No	Diameter Butiran (mm)							Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	2	2	0.27027	0.3	100	kerikil	0.3		
10	2	32	34	4.59459	4	95	pasir sangat kasar			
20	0.85	130	164	22.1622	18	78	pasir kasar			
30	0.6	240	404	54.5946	32.4	45.4				
40	0.425	150	554	74.8649	20.3	25.1	pasir sedang			
60	0.25	150	704	95.1351	20	4.9				
100	0.15	24	728	98.3784	3.2	2	pasir halus			
200	0.075	12	740	100	1.6	0.0	pasir sangat halus		99.7	
Pan	< 0,075	0	740	100	0.0	0	lanau			0.0

Data Ayakan Sedimen Titik 3

Ayakan		Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan Ayakan	% lolos ayakan	Partikel	% Fraksi Sedimen		
No	Diameter Butiran (mm)							Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	4	4	0	0.5	100	kerikil	0.5		
10	2	24	28	3	3	97	pasir sangat kasar			
20	0.85	106	134	16.6	13.1	83.4	pasir kasar			
30	0.6	272	406	50.2	34	49.8				
40	0.425	196	602	74.5	24.3	25.5	pasir sedang			
60	0.25	174	776	96.0	21.5	4.0				
100	0.15	22	798	98.8	3	1.2	pasir halus			
200	0.075	10	808	100	1.2	0	pasir sangat halus		99.5	
Pan	< 0,075	0	808	100	0	0	lanau			0.0

Data Ayakan Sedimen Titik 4

Ayakan		Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan Ayakan	% lolos ayakan	Partikel	% Fraksi Sedimen		
No	Diameter Butiran (mm)							Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	6	6	1	1	99	kerikil	0.9		
10	2	26	32	5	4	95	pasir sangat kasar			
20	0.85	40	72	11	6	89	pasir kasar			
30	0.6	140	212	32.3	21.3	67.7				
40	0.425	206	418	63.7	31.4	36.3	pasir sedang			
60	0.25	216	634	96.6	33	3.4				
100	0.15	18	652	99.4	3	0.6	pasir halus			
200	0.075	4	656	100	0.6	0	pasir sangat halus		99.1	
Pan	< 0,075	0	656	100	0	0	lanau			0.0

Data Ayakan Sedimen Titik 5

Ayakan		Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan Ayakan	% lolos ayakan	Partikel	% Fraksi Sedimen		
No	Diameter Butiran (mm)							Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	92	92	18	18	82	kerikil	18.4		
10	2	152	244	49	30	51	pasir sangat kasar			
20	0.85	140	384	77	28	23	pasir kasar			
30	0.6	68	452	90.4	13.6	9.6				
40	0.425	26	478	95.6	5.2	4.4	pasir sedang			
60	0.25	20	498	100	4.0	0				
100	0.15	2	500	100.0	0.4	0.0	pasir halus			
200	0.075	0	500	100	0.0	0	pasir sangat halus		81.6	
Pan	< 0,075	0	500	100	0	0	lanau			0.0

Data Ayakan Sedimen Titik 6

Ayakan		Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan Ayakan	% lolos ayakan	Partikel	% Fraksi Sedimen		
No	Diameter Butiran (mm)							Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	170	170	22	22	78	kerikil	22		
10	2	118	288	38.0	15.6	62.0	pasir sangat kasar			
20	0.85	110	398	52.5	14.5	47.5	pasir kasar			
30	0.6	114	512	68	15.0	32				
40	0.425	78	590	77.8	10.3	22.2	pasir sedang			
60	0.25	112	702	93	14.8	7				
100	0.15	34	736	97.1	4.5	2.9	pasir halus			
200	0.075	20	756	100	2.6	0	pasir sangat halus		77.3	
Pan	< 0,075	2	758	100	0	0	lanau			0.3

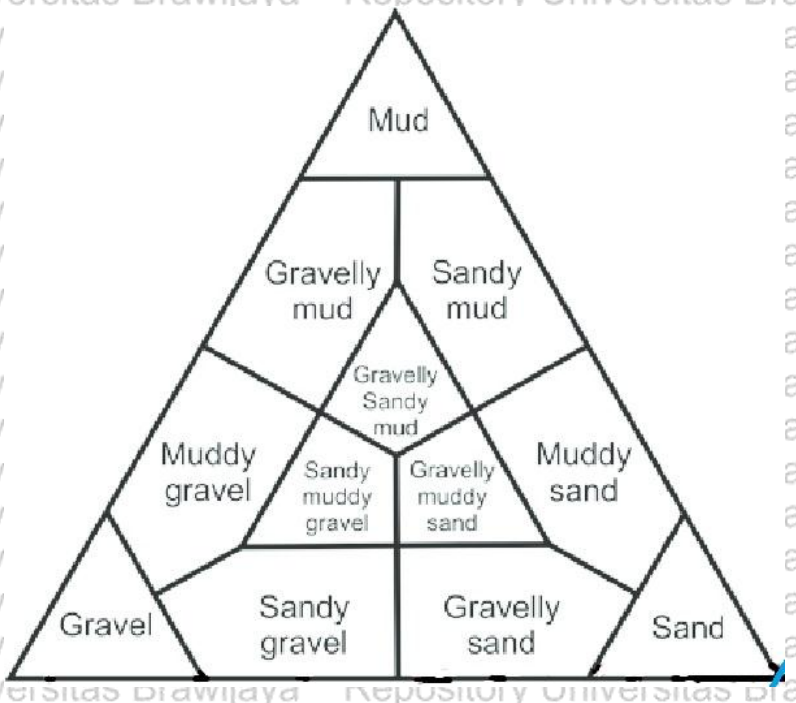
Data Ayakan Sedimen Titik 7

Ayakan		Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan Ayakan	% lolos ayakan	Partikel	% Fraksi Sedimen		
No	Diameter Butiran (mm)							Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	0	0	0	0	100	kerikil	0		
10	2	2	2	0.2	0.2	99.8	pasir sangat kasar			
20	0.85	36	38	3.6	3.4	96.4	pasir kasar			
30	0.6	198	236	22.6	18.9	77.4				
40	0.425	254	490	47	24.3	53	pasir sedang			
60	0.25	420	910	87	40	13				
100	0.15	90	1000	95.6	8.6	4.4	pasir halus			
200	0.075	46	1046	100	4.4	0	pasir sangat halus		100.0	
Pan	< 0,075	0	1046	100	0	0	lanau			0.0

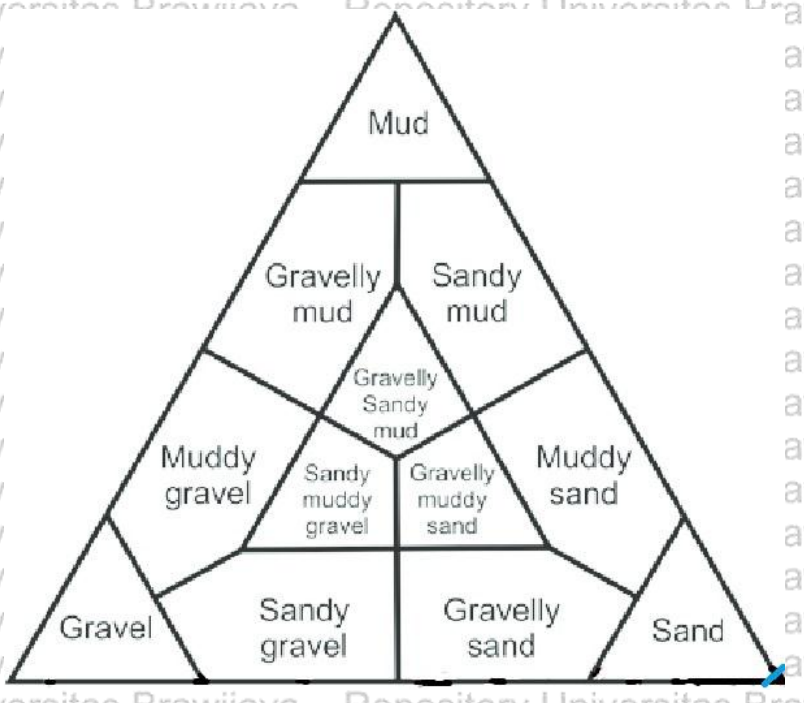
Data Ayakan Sedimen Titik 8

Ayakan		Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan Ayakan	% lolos ayakan	Partikel	% Fraksi Sedimen		
No	Diameter Butiran (mm)							Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	0	0	0	0	100	kerikil	0		
10	2	6	6	1	1	99	pasir sangat kasar			
20	0.85	28	34	4	3	96	pasir kasar			
30	0.6	106	140	16.9	12.8	83.1				
40	0.425	146	286	34.5	17.6	65.5	pasir sedang			
60	0.25	348	634	77	42.0	23				
100	0.15	118	752	90.8	14.3	9.2	pasir halus			
200	0.075	74	826	100	8.9	0	pasir sangat halus		99.8	
Pan	< 0,075	2	828	100	0	0	lanau			0.2

Segitiga Shepard Titik 1

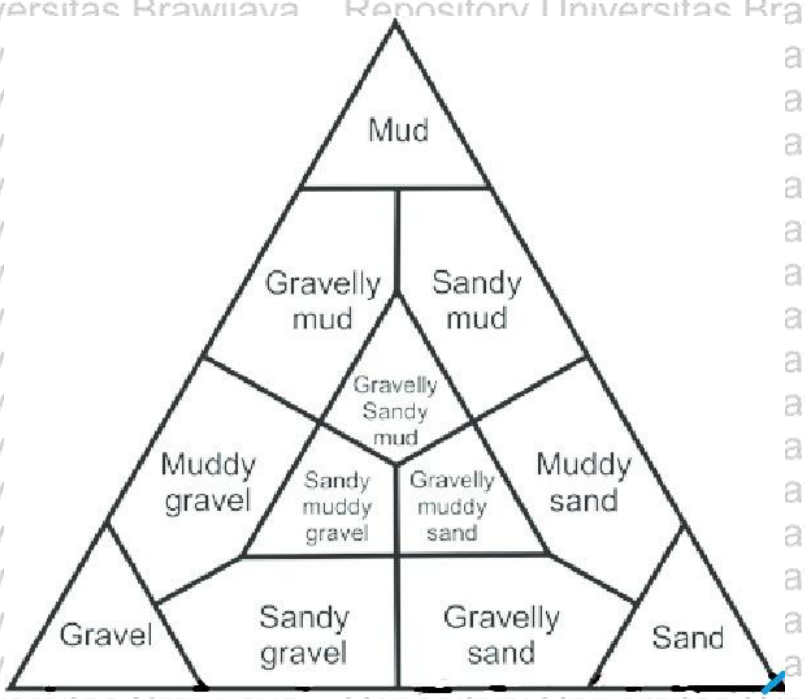


Segitiga Shepard Titik 2

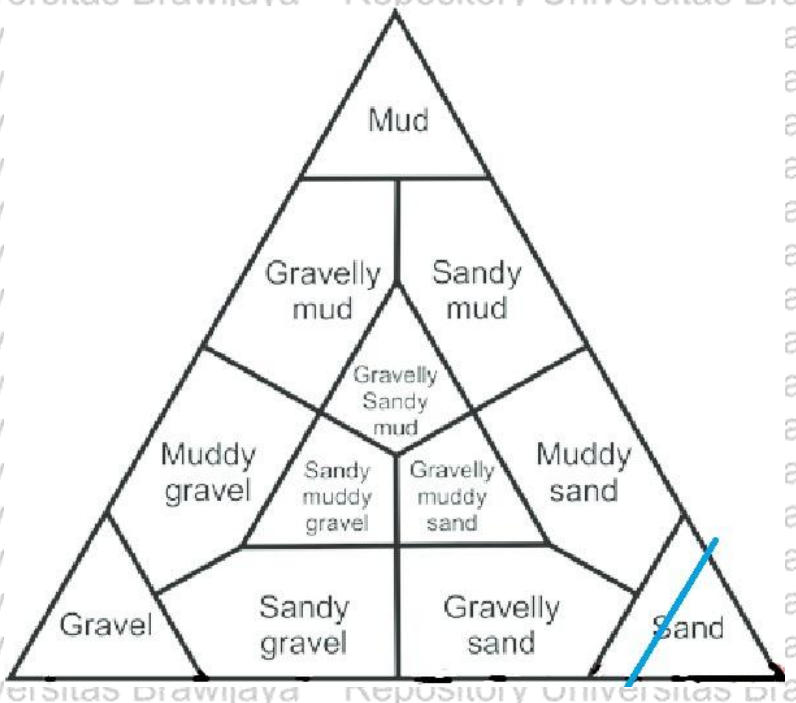


Segitiga Shepard Titik 3

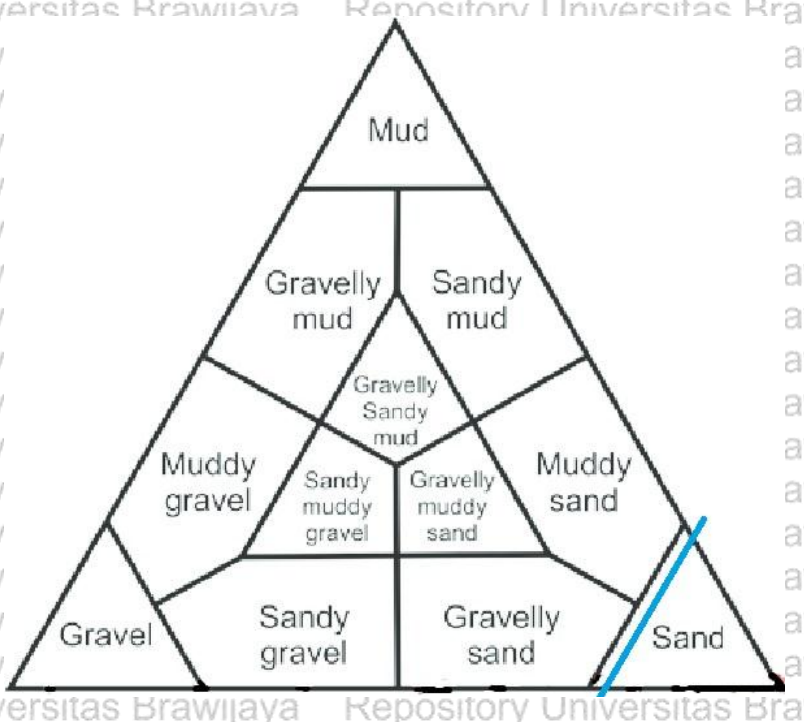
Segitiga Shepard Titik 4



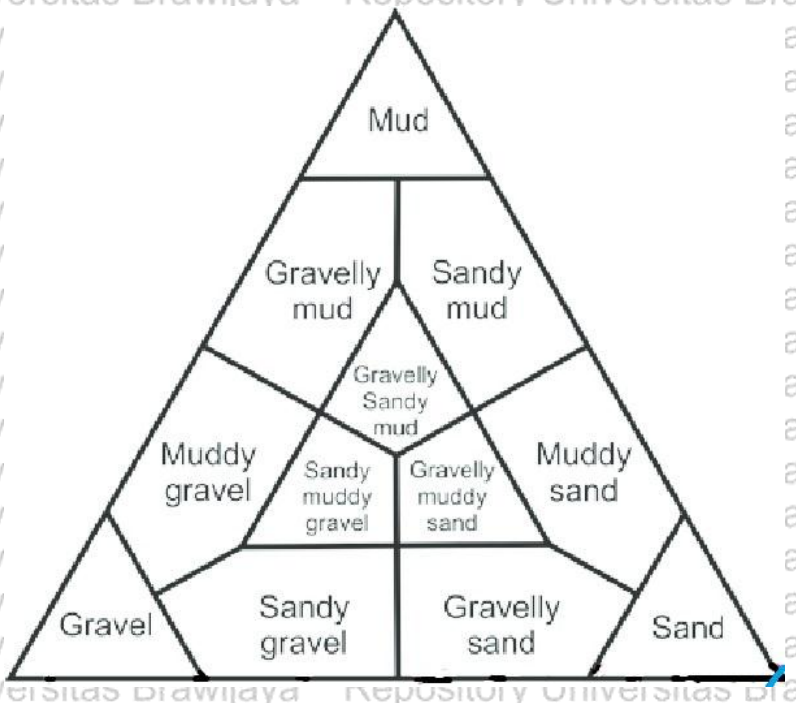
Segitiga Shepard Titik 5



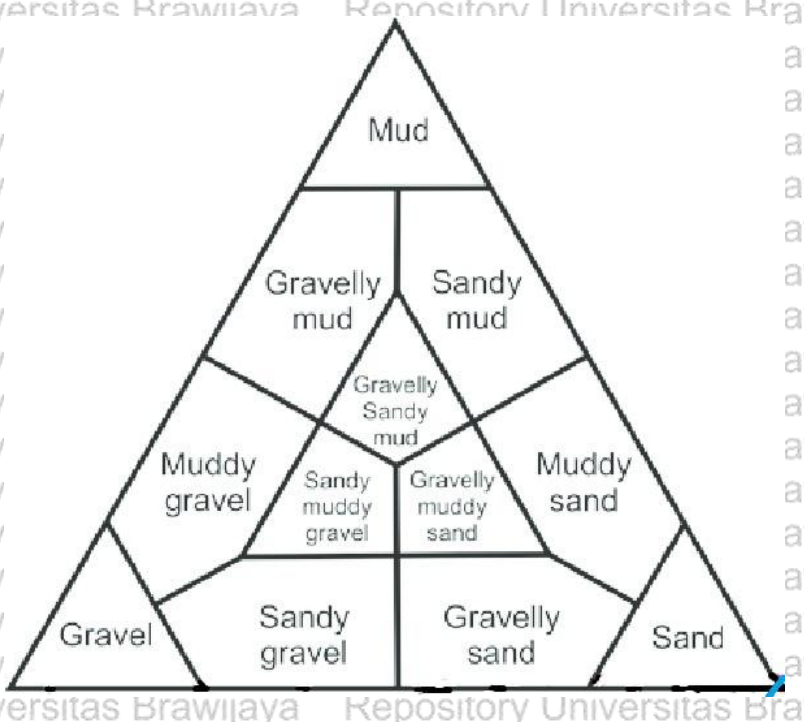
Segitiga Shepard Titik 6



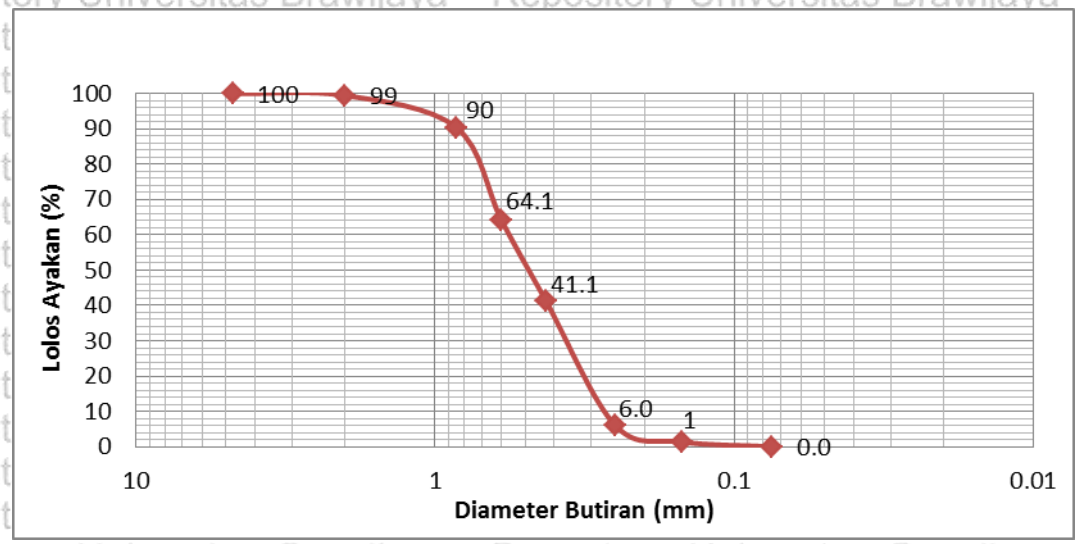
Segitiga Shepard Titik 7



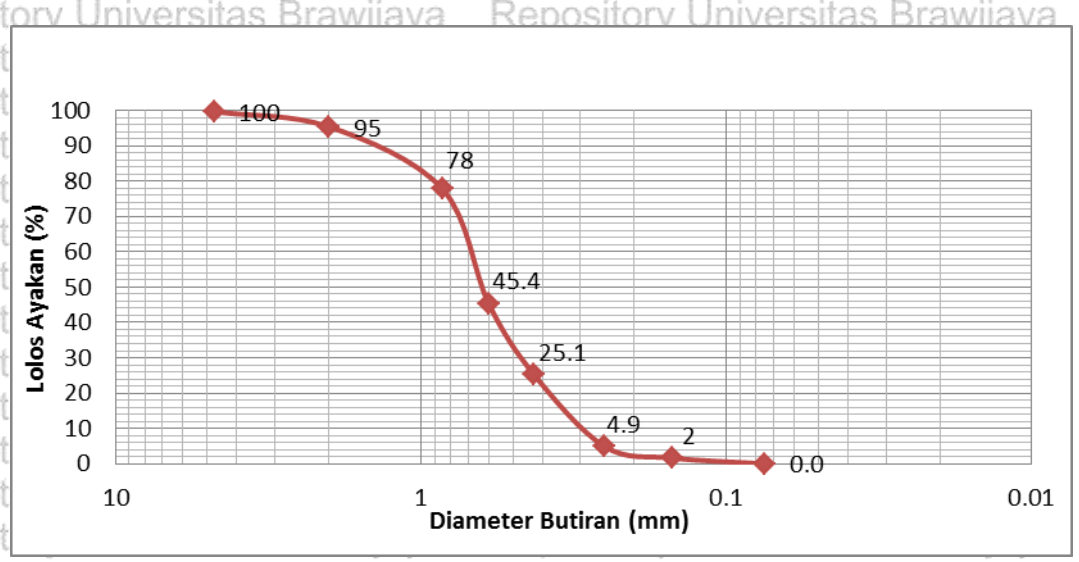
Segitiga Shepard Titik 8



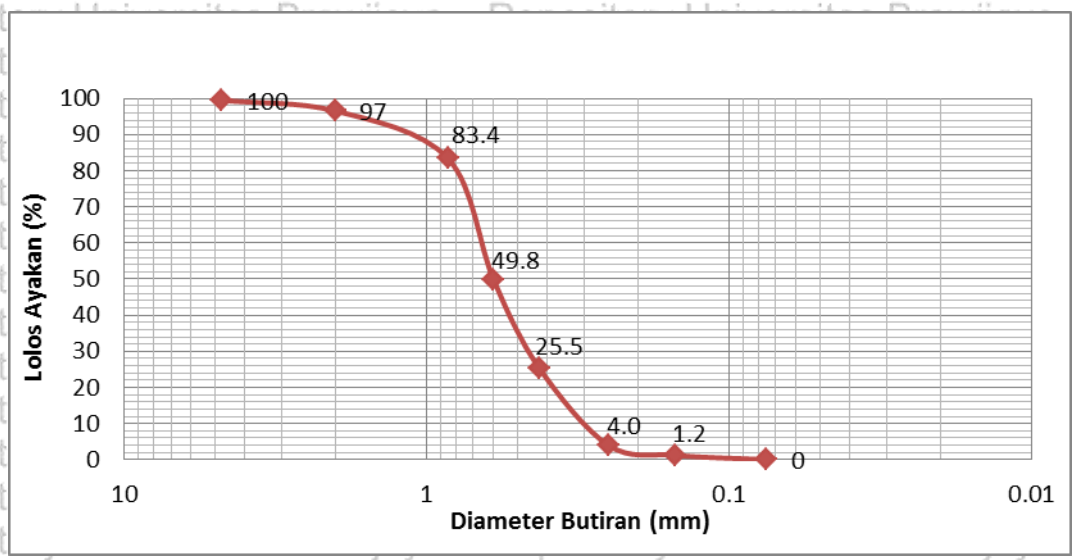
Sieve Graph Titik 1


100
99
90
64.1
41.1
6.0
1
0.0
Lolos Ayakan (%)
Diameter Butiran (mm)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
1
0.1
0.01

Sieve Graph Titik 2

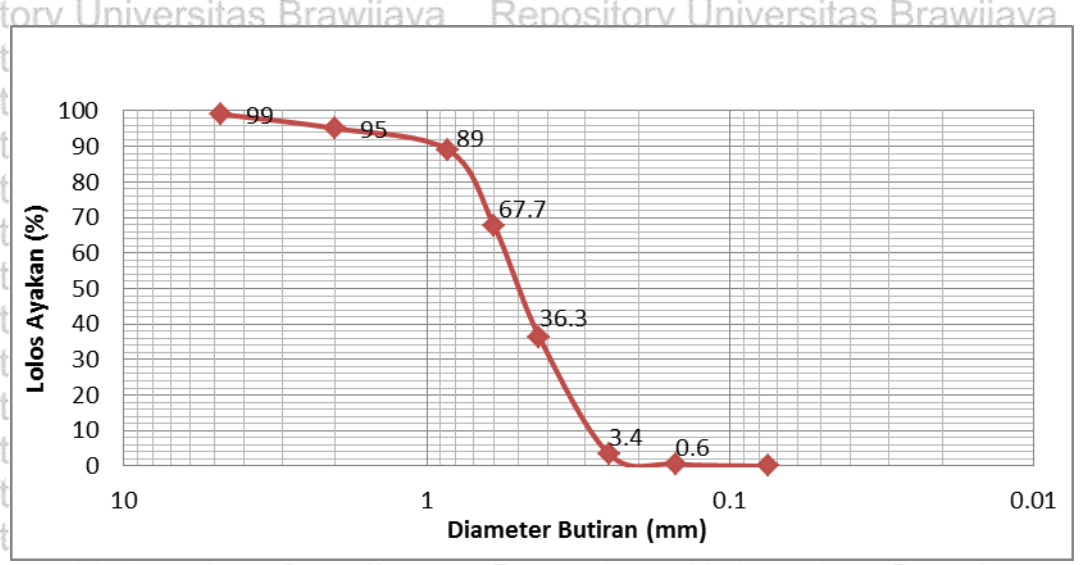


Sieve Graph Titik 3

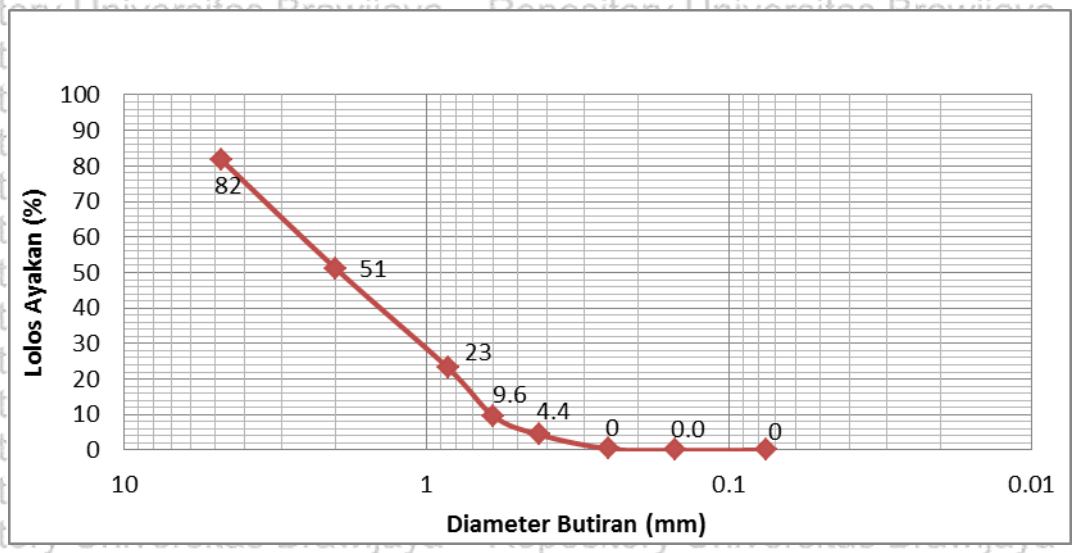


Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

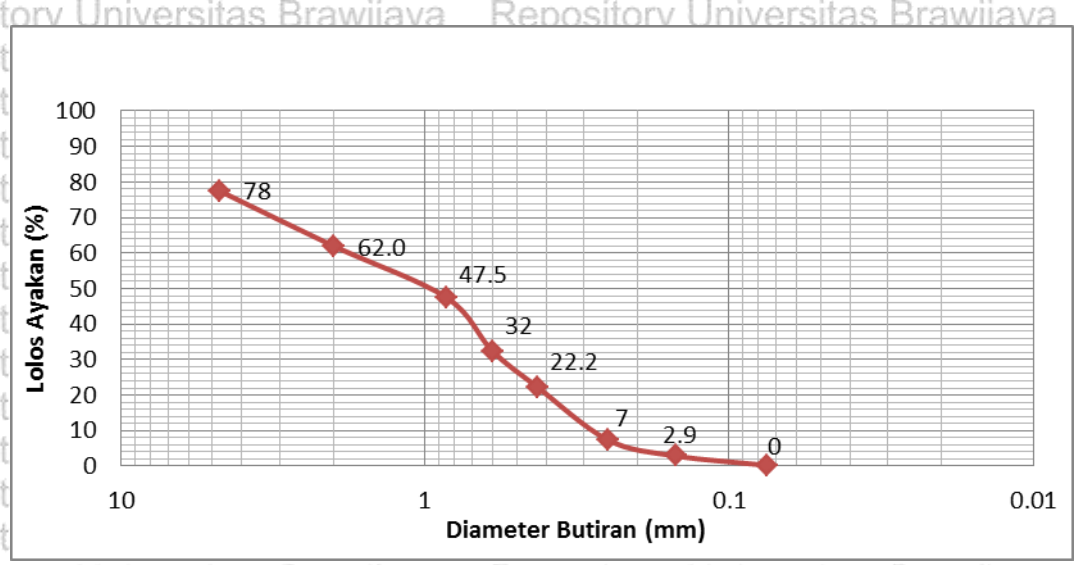
Sieve Graph Titik 4



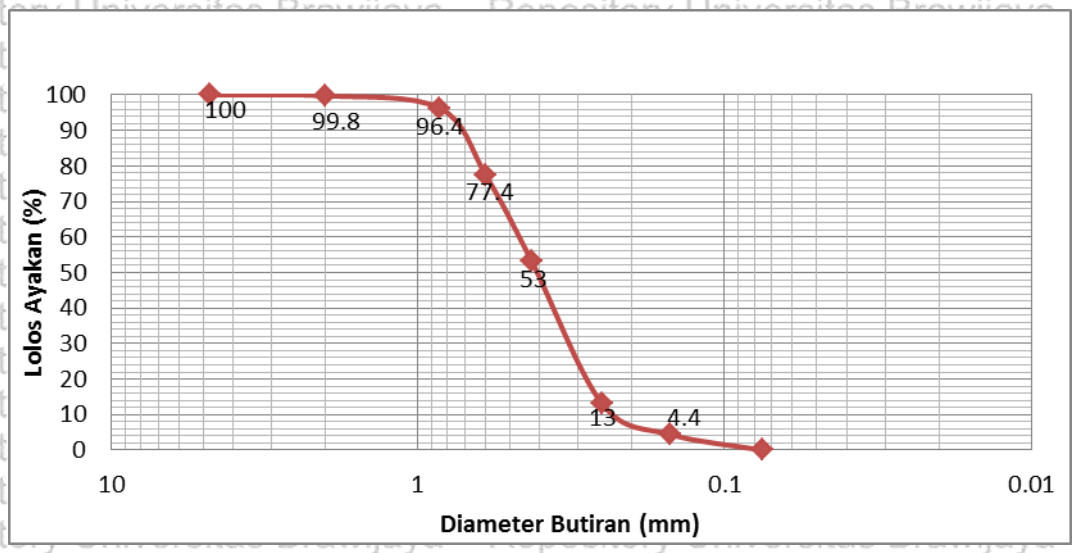
Sieve Graph Titik 5



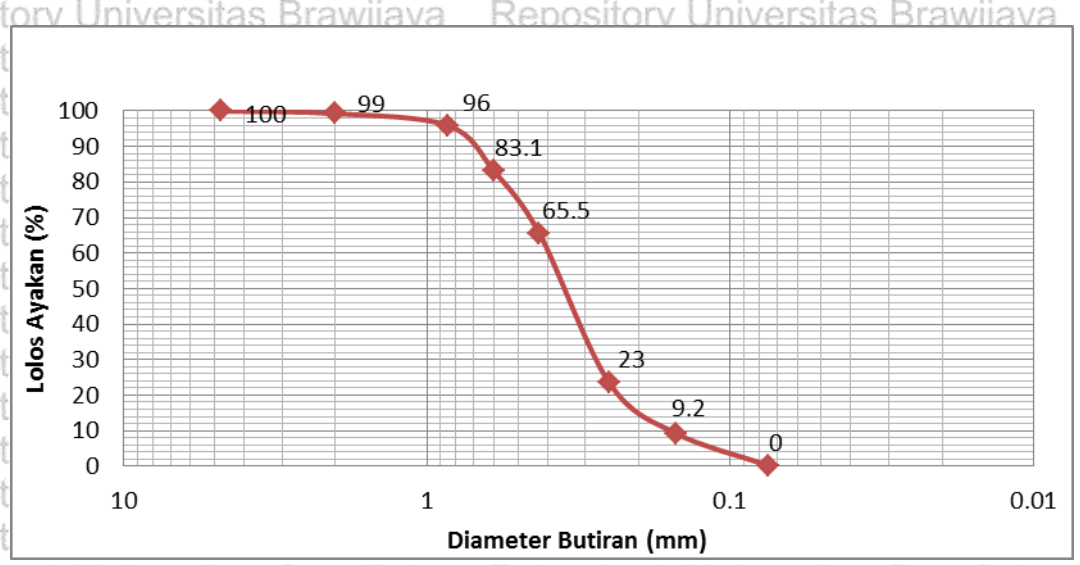
Sieve Graph Titik 6



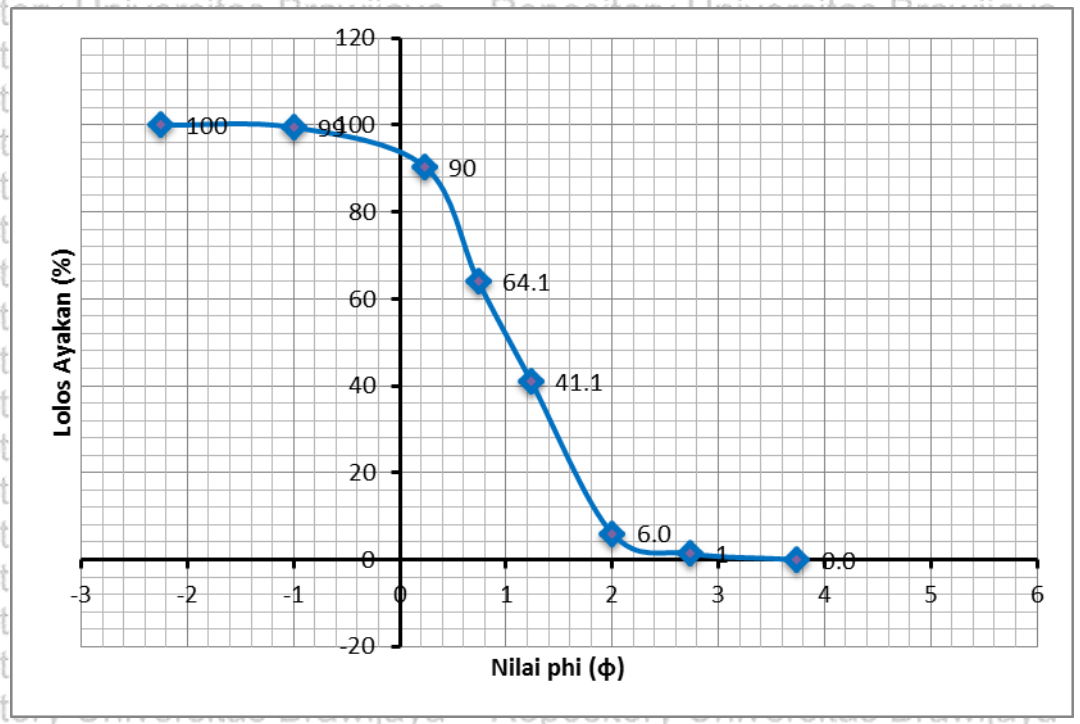
Sieve Graph Titik 7



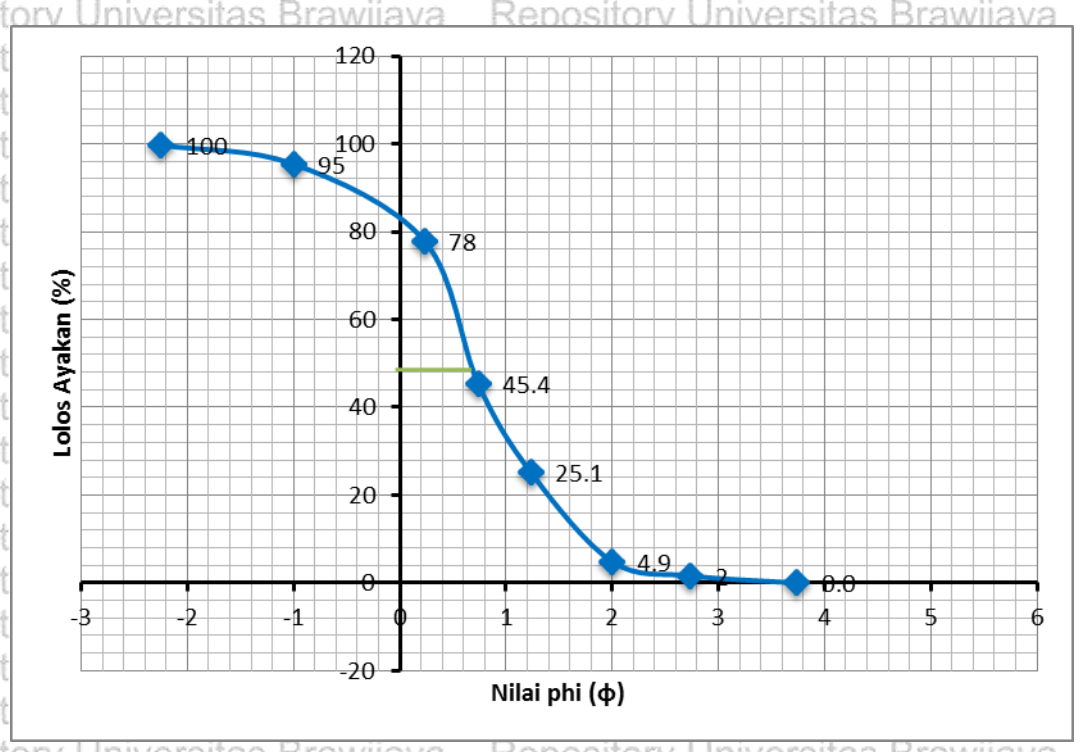
Sieve Graph Titik 8



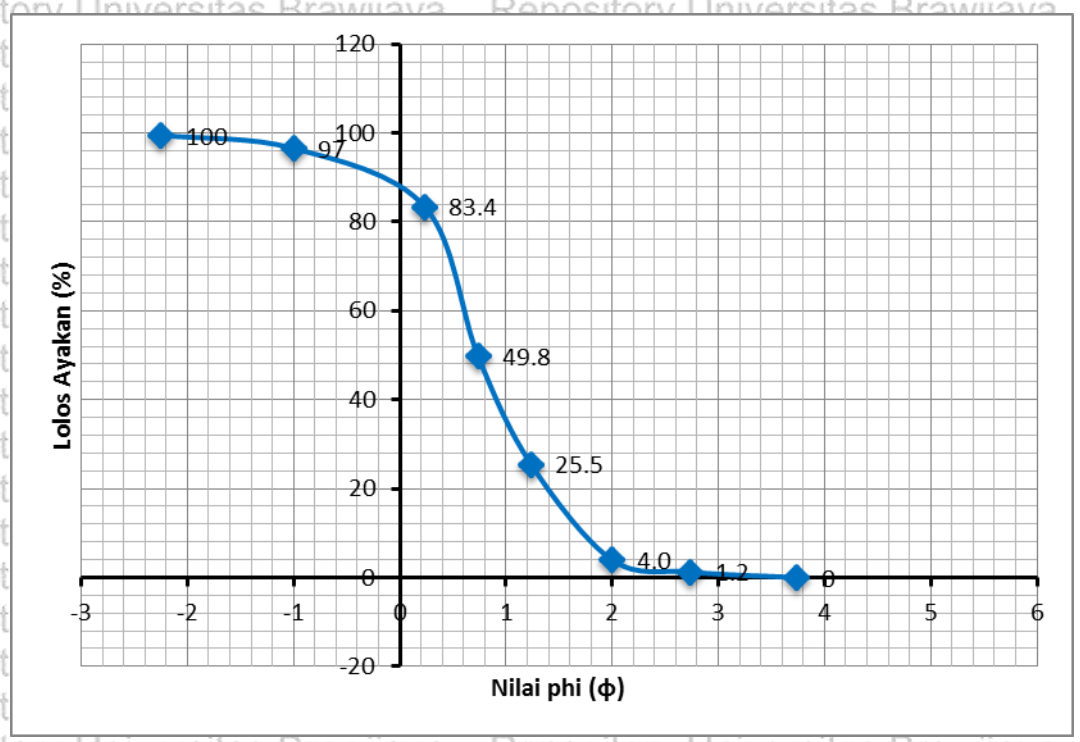
Grafik Phi Titik 1



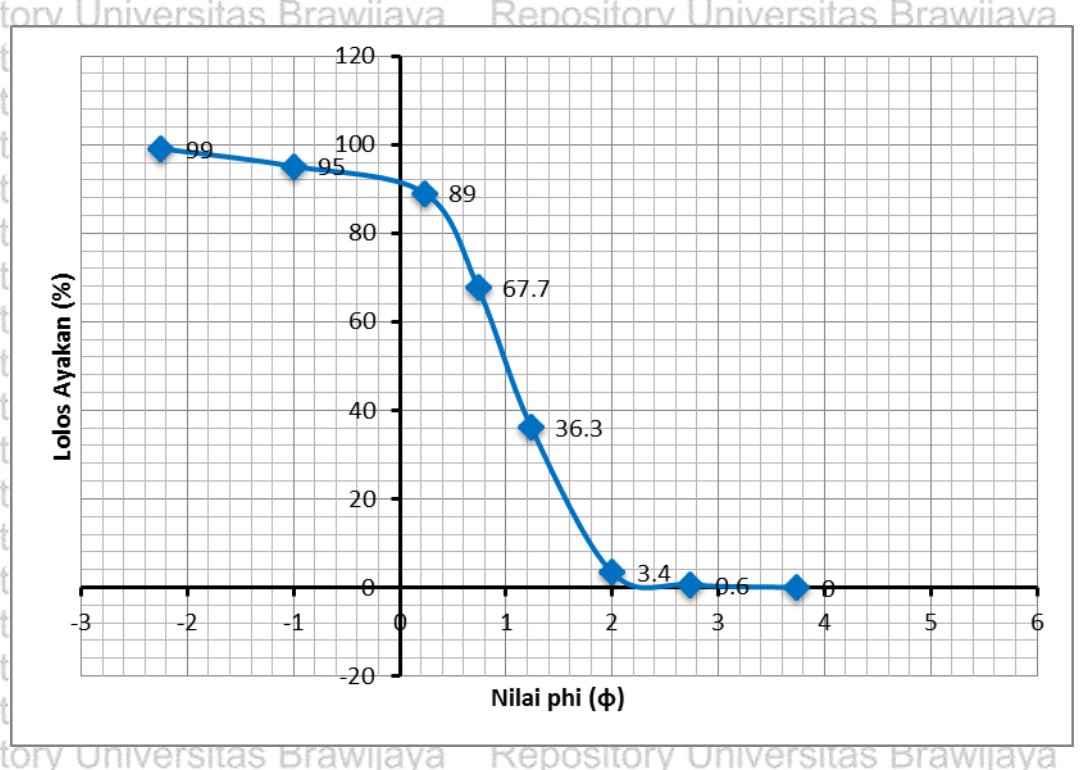
Grafik Phi Titik 2



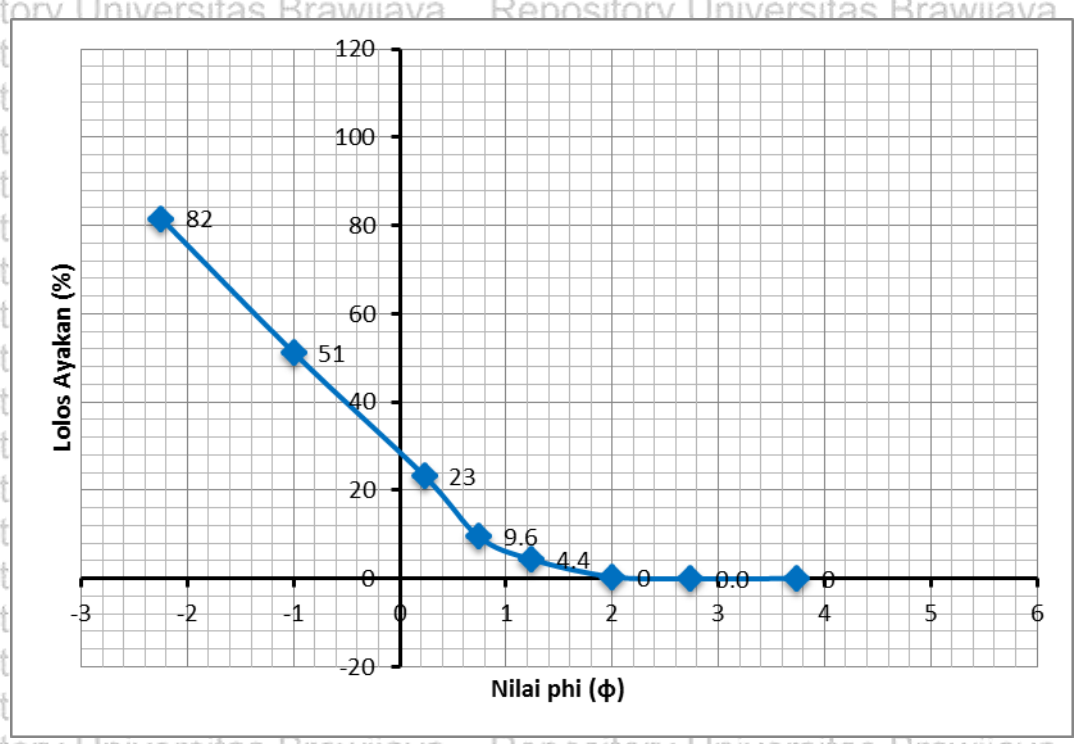
Grafik Phi Titik 3



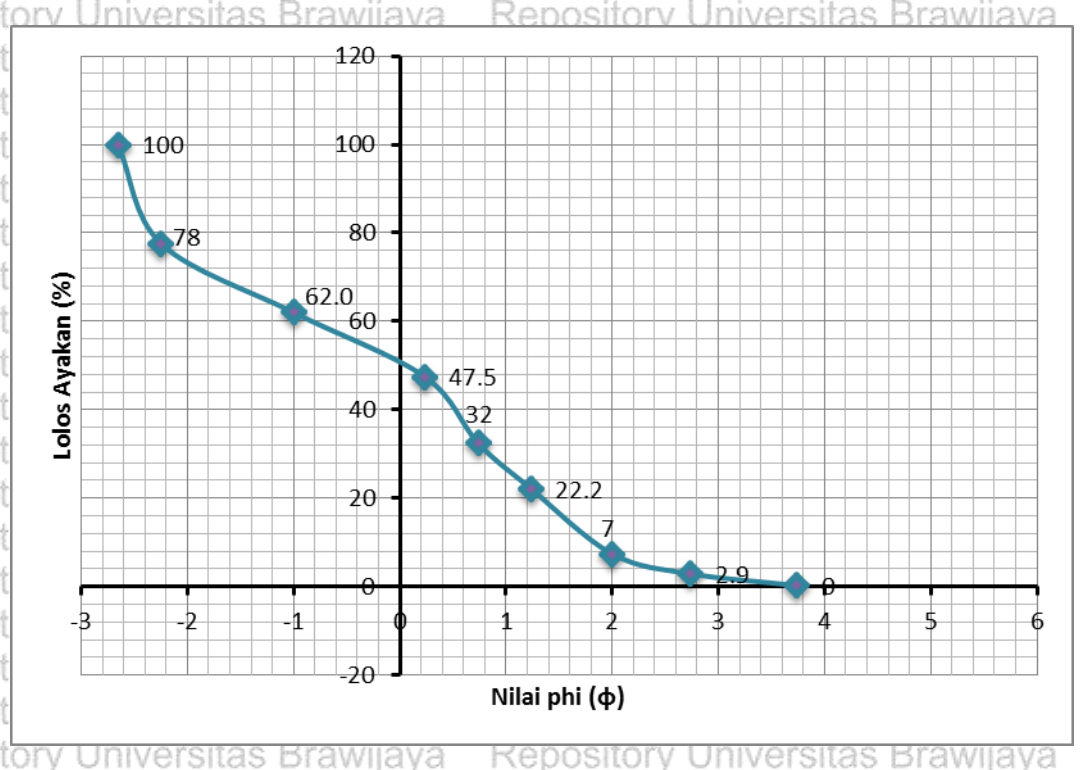
Grafik Phi Titik 4



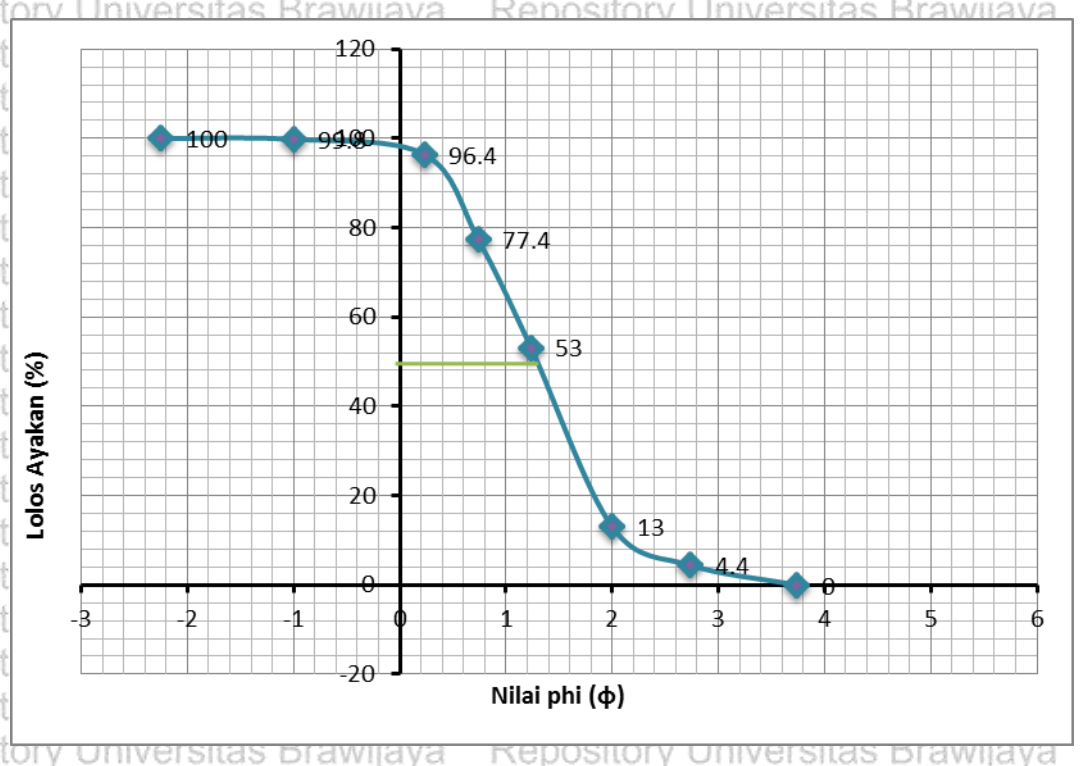
Grafik Phi Titik 5



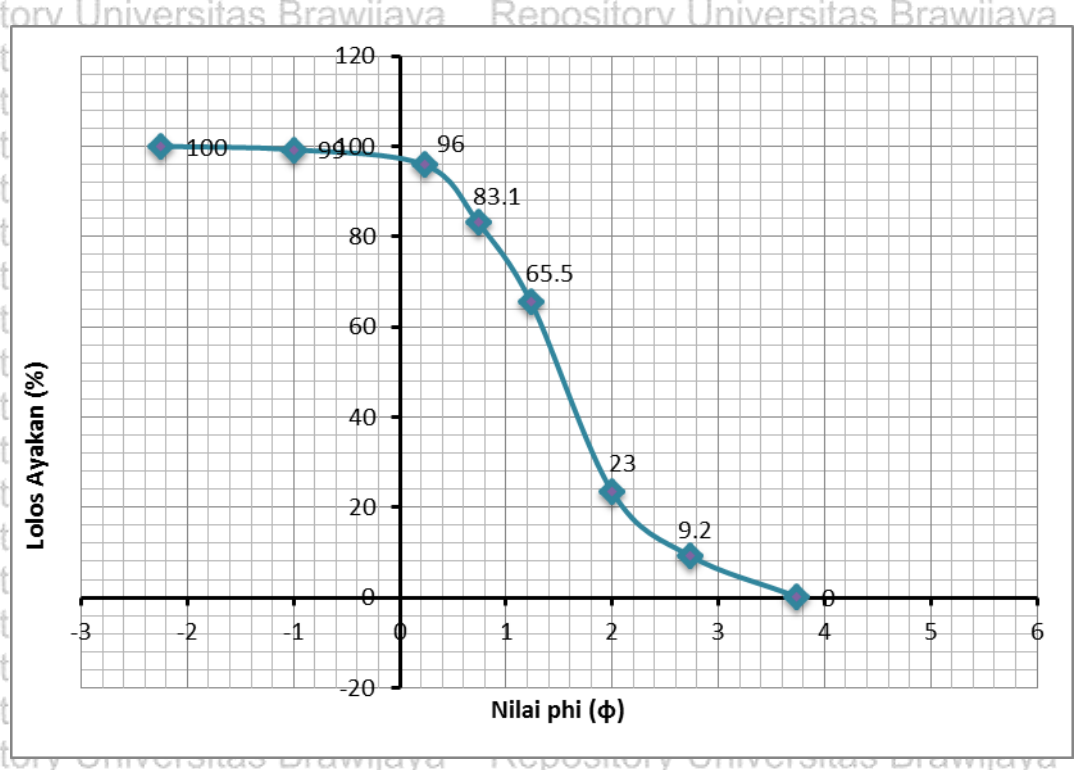
Grafik Phi Titik 6



Grafik Phi Titik 7



Grafik Phi Titik 8



Perhitungan Berat Jenis Sedimen Stasiun A

No	Variabel	Satuan	Pengulangan		
			1	2	3
1	Kode Sampel				
2	Kode Tabung				
3	Diameter Tabung	cm	6.4	6.4	6.4
4	Jari-jari (r) tabung	cm	3.2	3.2	3.2
5	Tinggi (t) Tabung	cm	17	17	17
6	Volume (V) Tabung	cm3	546.6112	546.6112	546.6112
7	Berat Tabung	gr	142	142	142
8	Berat Agregat dan Penakar	gr	1048	1078	1062
9	Berat isi Agregat	gr/cm3	1.657485	1.712369	1.683098
10	Rata rata berat jenis	gr/cm3	1.68		

Perhitungan Berat Jenis Sedimen Stasiun B

No	Variabel	Satuan	Pengulangan		
			1	2	3
1	Kode Sampel				
2	Kode Tabung				
3	Diameter Tabung	cm	6.4	6.4	6.4
4	Jari-jari (r) tabung	cm	3.2	3.2	3.2
5	Tinggi (t) Tabung	cm	17	17	17
6	Volume (V) Tabung	cm3	546.6112	546.6112	546.6112
7	Berat Tabung	gr	142	142	142
8	Berat Agregat dan Penakar	gr	1116	1116	1116
9	Berat isi Agregat	gr/cm3	1.781888	1.781888	1.781888
10	Rata rata berat jenis	gr/cm3	1.78		

Perhitungan Berat Jenis Sedimen Stasiun C

No	Variabel	Satuan	Pengulangan		
			1	2	3
1	Kode Sampel				
2	Kode Tabung				
3	Diameter Tabung	cm	6.4	6.4	6.4
4	Jari-jari (r) tabung	cm	3.2	3.2	3.2
5	Tinggi (t) Tabung	cm	17	17	17
6	Volume (V) Tabung	cm3	546.6112	546.6112	546.6112
7	Berat Tabung	gr	142	142	142
8	Berat Agregat dan Penakar	gr	1126	1112	1084
9	Berat isi Agregat	gr/cm3	1.800183	1.77457	1.723346
10	Rata rata berat jenis	gr/cm3	1.77		

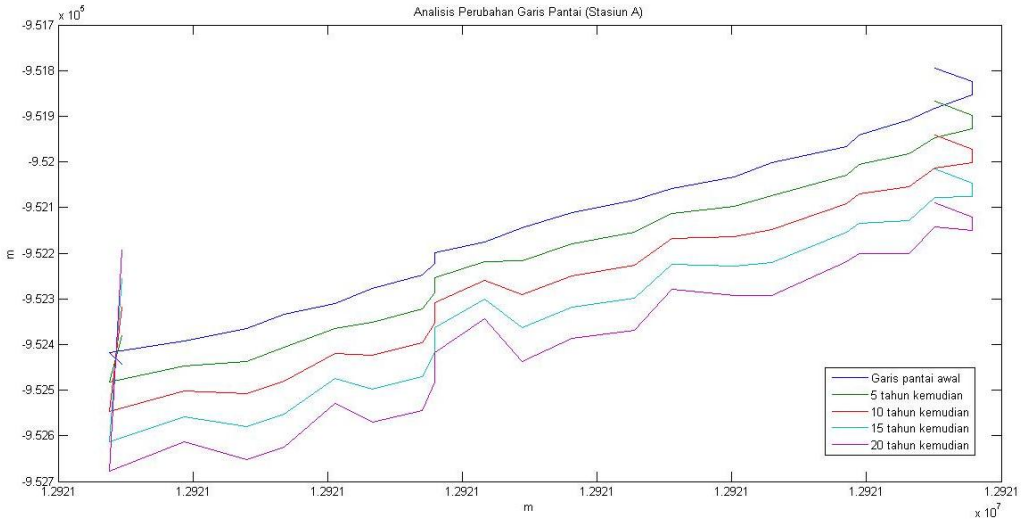
Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Perhitungan Berat Jenis Sedimen Stasiun D

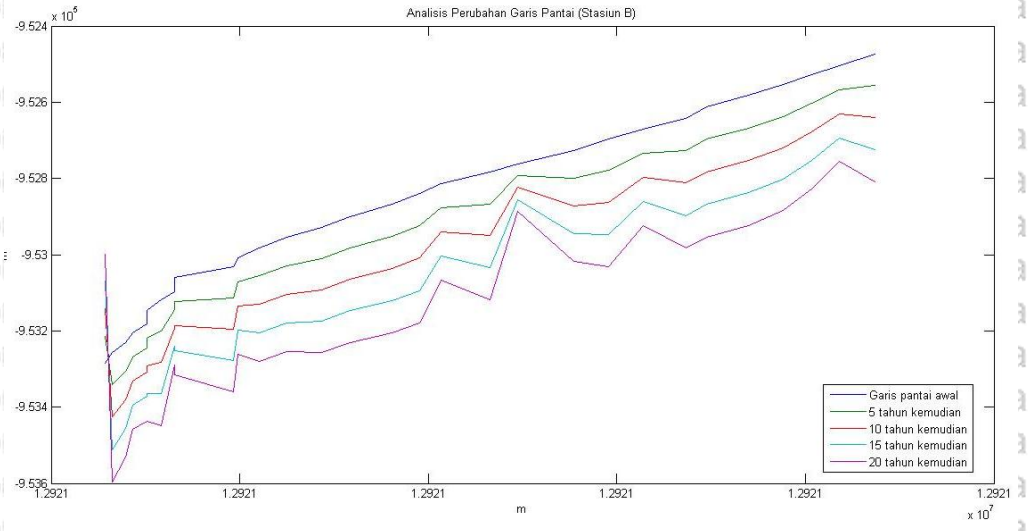
No	Variabel	Satuan	Pengulangan		
			1	2	3
1	Kode Sampel				
2	Kode Tabung				
3	Diameter Tabung	cm	6.4	6.4	6.4
4	Jari-jari (r) tabung	cm	3.2	3.2	3.2
5	Tinggi (t) Tabung	cm	17	17	17
6	Volume (V) Tabung	cm3	546.6112	546.6112	546.6112
7	Berat Tabung	gr	142	142	142
8	Berat Agregat dan Penakar	gr	1104	1104	1098
9	Berat isi Agregat	gr/cm3	1.759935	1.759935	1.748958
10	Rata rata berat jenis	gr/cm3	1.76		

Lampiran 4. Model Perubahan Garis Pantai

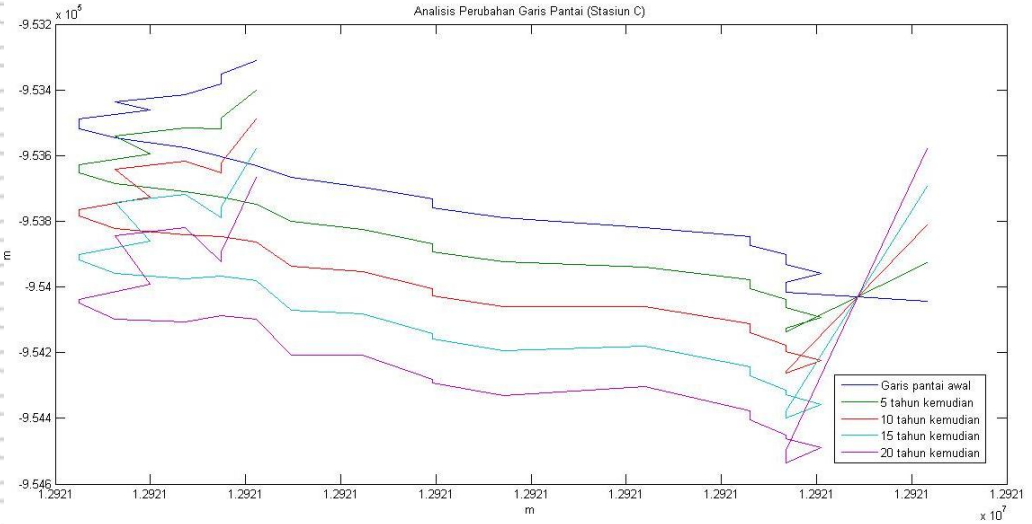
Model Perubahan Garis Pantai Stasiun A



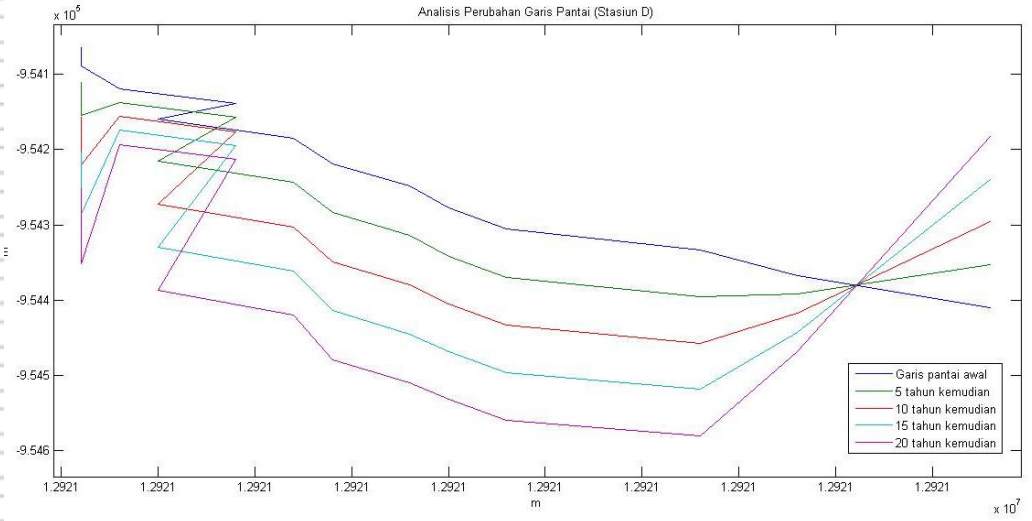
Model Perubahan Garis Pantai Stasiun B

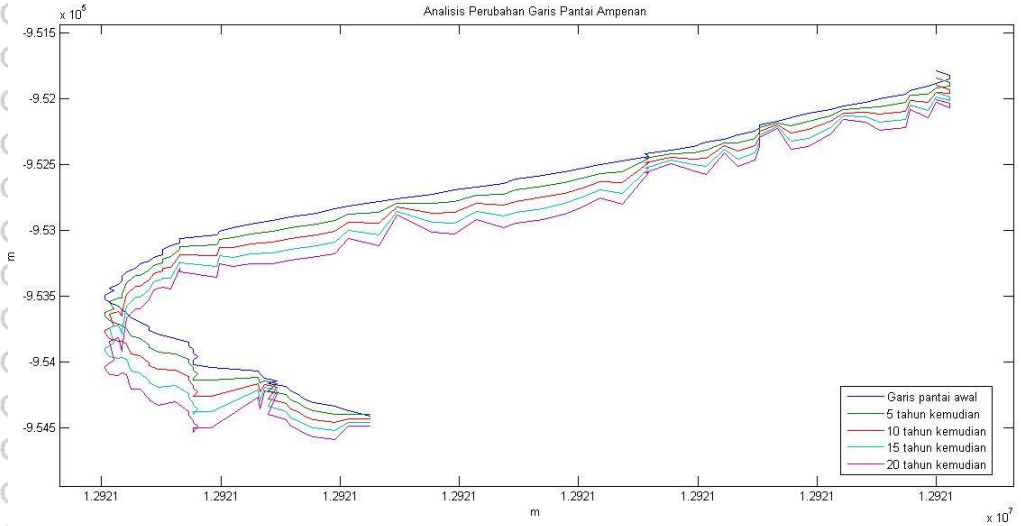


Model Perubahan Garis Pantai Stasiun C

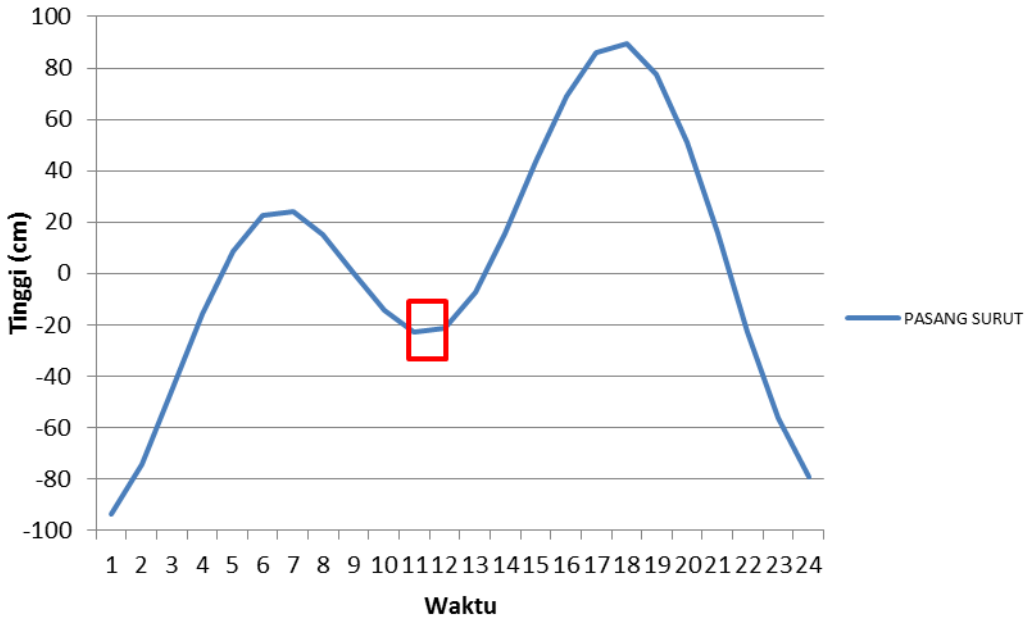


Model Perubahan Garis Pantai Stasiun D




Analisis Perubahan Garis Pantai Ampenan
x 10^6
-9.515
-9.52
-9.525
-9.53
-9.535
-9.54
-9.545
m
1.2921
1.2921
1.2921
1.2921
1.2921
1.2921
1.2921
1.2921
m
x 10^7
Garis pantai awal
5 tahun kemudian
10 tahun kemudian
15 tahun kemudian
20 tahun kemudian

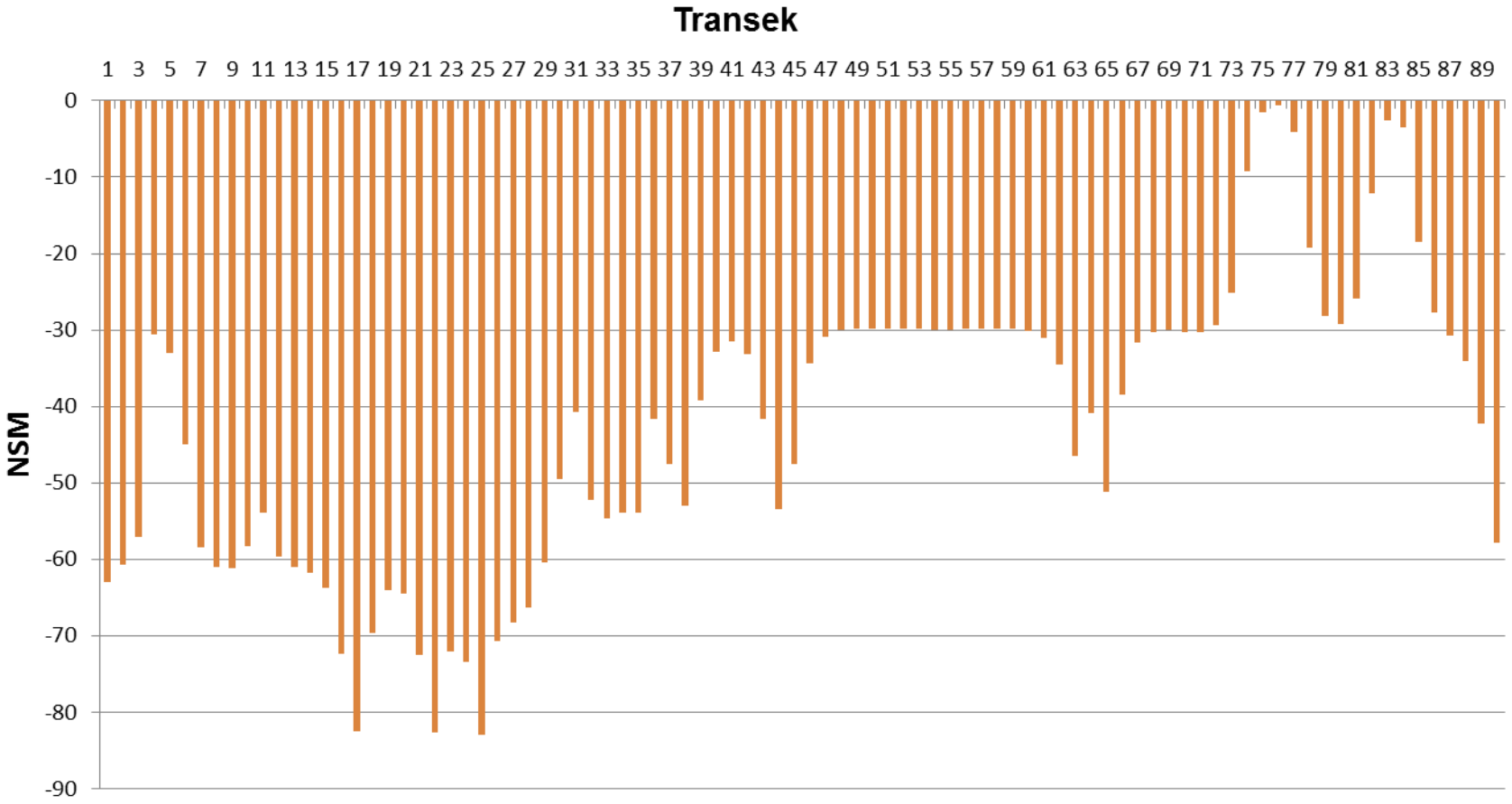
Lampiran 5. Data Pasang Surut Pengambilan Data Lapang



Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository

Lampiran 6. ***Net Shoreline Movement***



Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository
Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository