



TUGAS AKHIR - MO 091336

ANALISA LAJU VOLUME SEDIMENTASI DI ALUR
PELAYARAN BARAT SURABAYA (APBS)

Nurul Wahyuni

NRP. 4310 100 014

DOSEN PEMBIMBING :

Haryo Dwito A, ST.,M.Eng.,Ph.D

Sujantoko, ST., MT

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2014



FINAL PROJECT - MO 091336

SEDIMENTATION RATE ANALYSIS IN THE SURABAYA
WESTERN ACCESS CHANNEL

Nurul Wahyuni

NRP. 4310 100 014

SUPERVISORS :

Haryo Dwito A, ST.,M.Eng.,Ph.D

Sujantoko, ST., MT

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technologi

Surabaya 2014

**ANALISA LAJU VOLUME SEDIMENTASI DI ALUR PELAYARAN
BARAT SURABAYA (APBS)**

Nama mahasiswa : Nurul Wahyuni
NRP : 4310100014
Jurusan : Teknik Kelautan-FTK ITS
Dosen Pembimbing : Haryo Dwito A, ST., M.Eng., Ph.D
Sujantoko, ST., MT

ABSTRAK

Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) merupakan salah satu alur pelayaran penting di Indonesia. Efektifitas APBS sangat mempengaruhi kestabilan dan kelancaran arus logistik di Jawa Timur, hal ini sangat vital karena berdampak bagi kelancaran logistik di Kawasan Indonesia Timur. Hingga kini kedalaman APBS 9,55 m hingga 10,5 m dan lebar 100 m dengan panjang 19Km dan akan direvitalisasi menjadi kedalaman 14 meter dan lebar 200 meter. Sungai-sungai yang bermuara ke APBS membawa sejumlah besar sedimen yang mengakibatkan pendangkalan, sehingga bisa mempengaruhi efektifitas APBS. Untuk pemeliharaan alur pelayaran, perlu dilakukan metode-metode pengurangan sedimentasi. Salah satu informasi utama yang harus dipenuhi adalah besarnya volume sedimen. Pada tugas akhir ini analisa volume sedimentasi dilakukan dengan metode *overlay* dan SED-PIT model untuk selanjutnya dilakukan prediksi besarnya volume sedimentasi pada 100 tahun kedepan. Sedimentasi terbesar terjadi pada spot HI yaitu sebesar 1971336,54 m³ pertahun. Sedangkan sedimentasi terkecil terjadi pada spot EF yaitu sebesar 34772,08 m³ per tahun Perbandingan hasil perhitungan dari kedua metode menunjukkan variasi yang berbeda-beda pada tiap spot yang berkisar <10%. Untuk menjaga efektifitas alur pelayaran, masing-masing spot memerlukan upaya pengerukan dengan periode yang berbeda-beda, yaitu 3 hingga 15 tahun sekali.

Kata Kunci – *Volume sedimentasi, Overlay, SED-PIT*

**SEDIMENTATION RATE ANALYSIS IN THE SURABAYA WESTERN
ACCESS CHANNEL**

Student Name : Nurul Wahyuni
Reg : 4310100014
Department : Teknik Kelautan-FTK ITS
Supervisor : Haryo Dwito A, ST., M.Eng., Ph.D
Sujantoko, ST., MT

ABSTRACT

Surabaya Western Acces Channel (APBS) is one of the important shipping channel in Indonesia. The effectiveness of the channel is greatly affect the stability and the smoothness of logistics supply at the East Java. The rivers flows into APBS carry large amounts of material resulted in sedimentation, so it will affect the effectiveness of APBS. For shipping channel maintenance, it is necessary to estimate the sedimentation rate. This final project analyse of the volume of sediment by the overlaying bathimetric maps and calculatio using SED-PIT. Sedimentation occurred on the spot HI is equal to 1,971,336.54 m³ per year, while the smallest sedimentation occurs in spots EF is equal to 34772.08 m³ per year. To maintain the effectiveness of the shipping channel, require dredging effort with periods of 3 to 15 years depend on the spot location.

Keywords – Sedimentation Volume, Overlay, SED-PIT

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA LAJU VOLUME SEDIMENTASI DI ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NURUL WAHYUNI

NRP. 4310 100 014

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Haryo Dwito Armono, S.T.,M.Eng.,Ph.D(Pembimbing I)

2. Sujantoko, ST.,MT(Pembimbing II)

Surabaya, 4 Agustus 2014

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah sehingga tugas ini dapat kami selesaikan dengan baik. Kami sampaikan terimakasih kepada Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. dan Bapak Sujantoko, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang senantiasa sabar memberikan arahan, dan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi Sarjana (S1-) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Tugas akhir yang berjudul “Analisa Laju Volume Sedimentasi di Alur Pelayaran barat Surabaya (APBS)” ini menyajikan analisa volume sedimentasi yang terjadi berdasarkan dua metode yang berbeda (Overlaying dan SED-PIT). Hasil analisa kedua metode tersebut dibandingkan dan digunakan untuk prediksi sedimentasi 30 tahun kedepan, sehingga diperoleh peramalan periode pengerukan yang dibutuhkan sebagai upaya pemeliharaan efektifitas alur.

Penulis menyadari keterbatasan kemampuan diri, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dalam rangka penyempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, sekali lagi penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin

Surabaya, Agustus 2014

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa penghargaan dan ucapan terima kasih sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, terutama kepada:

1. Bapak Hamam, Ibu Arofah, dan kak Rosyid, yang dengan tulus, sabar, dan ikhlas atas support dalam setiap do'a dan segalanya. Ananda sangat bersyukur menjadi bagian dari keluarga hebat ini, ananda berjanji akan berbakti selayaknya anak kandung bapak dan Ibu.
2. Ayahanda Yazid, buk Mala juga adek Rizal dan Bilqis, mbak sayang kalian semua.
3. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. dan Bapak Sujantoko, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah memberikan support, pengarahan dan bimbingan selama proses penulisan tugas akhir.
4. Bapak Suntoyo, selaku Ketua jurusan dan Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo selaku Sekretaris Jurusan sekaligus dosen wali penulis, terimakasih banyak atas pengarahan dan bimbingan kepada penulis semasa perkuliahan.
5. Mbak Wani yang telah memberikan support demi kelancaran penulisan tugas akhir ini, *matur nuwon sanget* ya mbak. Mas Rizky dan mas Fendy yang telah membagikan ilmunya yang sangat bermanfaat bagi penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Ida Purmitasari, Fatin, Norma, Gita, Ayu, Aldila, Debrina, mbak nita, mbak happy, terimakasih telah menjadi teman diskusi penulis, wiwi, makasih banyak bantuannya ya.
7. Keluarga besar Megalodon, P-50, juga kakak-kakak senior yang telah berbagi ilmu dan pengalaman semasa perkuliahan.
8. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Semoga seluruh arahan, dorongan, bimbingan dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis dapat bermanfaat dan mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT. Amin.

-Penulis-

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMAKASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Laporan/Buku Tugas Akhir.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DANDASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 Sedimen.....	7
2.2.2 Sifat-sifat Sedimen.....	8
2.2.3 Distribusi ukuran butir	9
2.2.4 Rapat Massa, Berat Jenis dan Rapat Relatif	11
2.2.5 Kecepatan Endap	11
2.2.6 Pasang Surut.....	12
2.2.7 Pola Arus Pasang Surut.....	13
2.2.8 Teori siltasi pada alur pelayaran	13
2.2.9 Metode Analisa Volume Siltasi	15
2.2.9.1 Metode Overlay	15
2.2.9.2 Metode SED_PIT Model	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Metode penelitian.....	21
3.2 Diagram Alir	22
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN METODE OVERLAY	23
4.1 Lokasi daerah studi	23
4.2 Analisa Volume Sedimentasi dan Pembahasan	24
4.2.1 Output dan Overlay Batimetri	25
4.2.1.1 Analisa Spot BC	27
4.2.1.2 Analisa Spot CD	30
4.2.1.3 Analisa Spot DE	32
4.2.1.4 Analisa Spot EF	33
4.2.1.5 Analisa Spot FG.....	34
4.2.1.6 Analisa Spot GH.....	37
4.2.1.7 Analisa Spot HI	38
4.2.1.8 Analisa Spot IJ.....	40
4.2.2 Volume Sedimentasi per-Spot	41
4.2.3 Analisa Volume Sedimentasi per 100m	42
BAB V ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN METODE SED-PIT ...	45
5.1 Lokasi daerah studi.....	45
5.2 Parameter Analisa Metode SED-PIT	45
5.3 Hasil Analisa Sedimentasi dengan metode SED-PIT	48
5.4 Analisa Prediksi Sedimentasi	49
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
6.1 Kesimpulan.....	53
6.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57



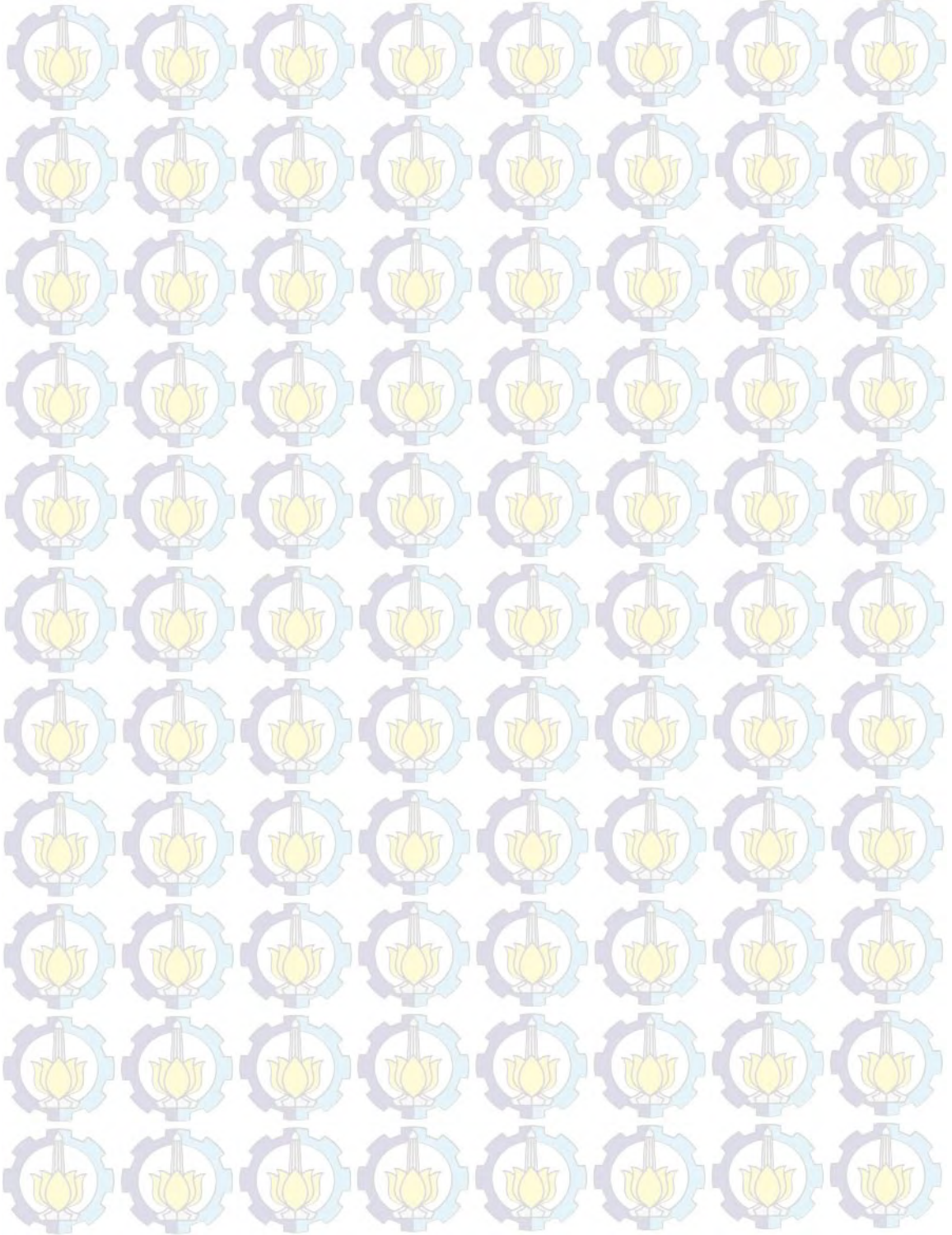
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Ukuran Butir dan Sedimen	10
Tabel 4.1 Pembagian Spot APBS	24
Tabel 4.2 Dimensi Tiap Spot Lokasi Studi	26
Tabel 4.3 Besar Volume Sedimentasi dan Erosi Pada Overlay 2009 – 2013	41
Tabel 4.4 Besar Volume Sedimentasi dan Erosi Pada Overlay 2009 – 2011	41
Tabel 4.5 Besar Volume Sedimentasi dan Erosi Pada Overlay 2011 – 2013	42
Tabel 4.6 Pembagian Section Per 100m	42
Tabel 5.1 Lokasi Studi Analisa SED-PIT	45
Tabel 5.2 Geometri Lokasi Studi	46
Tabel 5.3 Data Sedimen untuk Analisa SED-PIT	47
Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Sedimentasi Pertahun	48
Tabel 5.5 Kedalaman dan Prediksi Rentang Waktu Pengerukan	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur Pelayaran Barat Surabaya	1
Gambar 2.1 Proses Sediment Transpor pada Kanal Tegak Lurus terhadap Aliran	14
Gambar 2.2 Integrasi Numerik dengan Aturan Trapezium.....	16
Gambar 2.3 Integrasi Numerik dengan Aturan Simpson	17
Gambar 2.4 Skema Kanal atau Pit	19
Gambar 4.1 Lokasi Studi.....	23
Gambar 4.2 Hasil Output Batimetri Spot BC (a) 2009, (b) 2011	27
Gambar 4.3 Hasil Output Batimetri Spot BC Tahun 2013	28
Gambar 4.4 Overlay Spot BC	29
Gambar 4.5 Hasil Output Batimetri : (a) CD-2009, (b) CD-2011, (c) CD-2013	30
Gambar 4.6 Overlay : (a) CD 2009 – 2011, (b) CD 2011 – 2013	31
Gambar 4.7 Hasil Output Batimetri DE (a) 2009, (b) 2013, dan (c) Overlay DE ...	32
Gambar 4.8 Hasil Output Batimetri : (a) EF-2009 dan (b) EF-2013	33
Gambar 4.9 Overlay EF 2009 – 2013	34
Gambar 4.10 Hasil Output Batimetri FG (a) 2009 dan (b) 2013	35
Gambar 4.11 Overlay Batimetri FG.....	36
Gambar 4.12 Hasil Output Batimetri GH (a) 2009 dan (b) 2013.....	37
Gambar 4.13 Overlay Batimetri GH	38
Gambar 4.14 Batimetri (a) 2009, (b) 2013, dan (c) Overlay HI 2009 – 2013	39
Gambar 4.15 Batimetri (a) 2009, (b) 2013, dan (c) Overlay IJ 2009 – 2013.....	40
Gambar 4.16 Pembagian Spot CD	43
Gambar 4.17 Diagram Batang Volume Sedimentasi CD 2009 – 2011.....	43

Gambar 4.18 Diagram Batang Volume Sedimentasi CD 2011 – 2013.....	44
Gambar 5.1 Grafik Batang Perbandingan Hasil Analisa Sedimentasi.....	49
Gambar 5.2 Grafik Prediksi Sedimentasi Spot BC.....	50
Gambar 5.3 Grafik Prediksi Sedimentasi dengan Pengerukan.....	51



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Wilayah maritim Indonesia yang luas menunjang transportasi barang dan orang antar pulau dilakukan melalui laut. Oleh karena itu diperlukan suatu informasi kondisi perairan pada jalur yang sangat luas tersebut. Hal tersebut dibutuhkan untuk menghindari terjadinya kecelakaan akibat kurangnya informasi mengenai jalur pelayaran di laut Indonesia. Alur pelayaran mempunyai fungsi untuk memberi jalan kepada kapal untuk memasuki wilayah pelabuhan dengan aman dan mudah. Karena perbedaan antara perkiraan dan fakta dilapangan, maka penyediaan alur perlu dilakukan untuk mengantisipasi kehadiran kapal-kapal besar (Achmad,2011).



Gambar (1.1) alur pelayaran barat Surabaya (APBS)

Salah satu alur pelayaran penting di Indonesia yaitu Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS). Hingga kini kedalaman APBS 9,55 m hingga 10,5 m dan lebar 100 m dengan panjang 19 Km. Pelaku usaha di sekitar pelabuhan Tanjung Perak mengeluhkan belum maksimalnya kapasitas alur pelayaran barat Surabaya (APBS). Keterbatasan APBS ini menghambat kenyamanan sektor usaha pelayaran termasuk pelaku usaha perdagangan. Bila kapal petikemas skala besar bisa masuk Perak otomatis akan berdampak positif bagi Jawa Timur (Hidayat, 2012).

Rencananya APBS akan direvitalisasi menjadi kedalaman 14 meter dan lebar 200 meter, sehingga kapal post ataupun super panamax berkapasitas 60.000-100.000 GT bisa bersandar (Hidayat, 2012). Kestabilan dan kelancaran arus logistik di Jawa Timur sangat vital karena berdampak bagi kelancaran logistik di Kawasan Indonesia Timur. Apabila distribusi barang dari Jawa Timur terganggu, maka dampaknya akan ada kenaikan harga di daerah lain.

Alur pelayaran pelabuhan Bintulu, Indonesia mengalami siltasi sebesar $1,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ per tahun dengan sedimen berupa mud dan silt. Alur pelayaran Suez zona 2 (depth 10m), Mesir juga mengalami sedimentasi sebesar $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ per tahun dengan sedimen berupa mud dan silt (Van Rijn).

Alur Pelayaran barat Surabaya juga mengalami pendangkalan. Sebagian besar sedimen dibawa oleh beberapa sungai besar seperti Kalimas dan Bengawan Solo yang bermuara di APBS. Untuk pemeliharaan alur pelayaran, perlu dilakukan metode-metode pengurangan sedimentasi. Dalam melakukan berbagai metode tersebut, salah satu informasi utama yang harus dipenuhi adalah besarnya volume sedimen. Untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang laju sedimentasi yang terjadi di perairan APBS sehingga bisa menjadi referensi dalam manajemen sedimen untuk menjaga efektifitas Alur Pelayaran Barat Surabaya.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Berapakah laju volume sedimentasi di Alur Pelayaran Barat Surabaya berdasarkan peta batimetri ?
2. Berapakah laju volume sedimentasi di Alur Pelayaran Barat Surabaya berdasarkan perhitungan analitis ?
3. Berapakah periode pengerukan yang diperlukan untuk menjaga kedalaman alur yang efektif?

1.3 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui laju volume sedimentasi di Alur Pelayaran Barat Surabaya berdasarkan peta batimetri.
2. Mengetahui laju volume sedimentasi di Alur Pelayaran Barat Surabaya berdasarkan analisa perhitungan.
3. Mengetahui periode pengerukan yang diperlukan untuk menjaga kedalaman alur yang efektif.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui berapa besar laju sedimentasi yang terjadi di Alur Pelayaran Barat Surabaya berdasarkan data sounding dan perhitungan analitis sehingga dapat diketahui bagaimana pola sedimentasi yang terjadi di Alur tersebut. Dari informasi tersebut diharapkan dapat menjadi referensi untuk manajemen sedimen dalam upaya perawatan Alur Pelayaran Barat Surabaya.

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah digunakan untuk menghindari pembahasan yang melebar dan mempermudah perhitungan sehingga digunakan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Data batimetri yang dipakai adalah data 10 tahun terakhir
2. Profil konsentrasi sedimen dari dasar hingga permukaan di asumsikan konstan.
3. Data pasang surut yang digunakan berdasarkan buku DISHIDROS.
4. Data gelombang yang dipakai berdasarkan studi AMDAL APBS tahun 2011
5. Data tanah yang digunakan berdasarkan Soil Survey Surabaya (DETEC)

1.6 Sistematika Laporan/Buku Tugas Akhir

Sistematika yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang hal apa saja yang melatarbelakangi dilakukannya studi ini, permasalahan apa saja yang akan dibahas, tujuan yang hendak dicapai, manfaat yang akan diperoleh dari studi ini, batasan-batasan masalah yang diterapkan, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Selama proses pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir ini, penulis menggunakan dasar-dasar teori, berbagai macam persamaan dan rumus sehingga dalam bab ini akan dicantumkan hal-hal tersebut sebagai tinjauan pustaka.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini lebih menguraikan tentang tahapan-tahapan dan metode yang digunakan dalam mengerjakan tugas akhir ini.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN METODE OVERLAY

Pada bab ini membahas bagaimana untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini dengan metode overlaying.

BAB V ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN METODE SED-PIT

Bab ini membahas mengenai penyelesaian permasalahan yang diangkat dengan metode SED-PIT serta prediksi untuk kondisi beberapa tahun kedepan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjawab permasalahan yang telah di rumuskan pada Bab I. Selain berisi kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan tugas akhir, bab ini juga memberikan saran-saran yang perlu diperhatikan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Achmad (2011) menyatakan bahwa wilayah maritim Indonesia yang luas menunjang transportasi barang dan orang antar pulau dilakukan melalui laut. Oleh karena itu diperlukan suatu informasi kondisi perairan, seperti kondisi pola arus, sedimentasi dan peta batimetri bagi lalu lintas kapal pada jalur perairan yang sangat luas tersebut. Informasi tersebut sangat dibutuhkan bagi setiap kapal dalam menyusuri jalur pelayarannya dan untuk menghindari terjadinya kecelakaan akibat kurangnya informasi mengenai jalur pelayaran dilaut Indonesia.

Alur pelayaran mempunyai fungsi untuk memberi jalan kepada kapal untuk memasuki wilayah pelabuhan dengan aman dan mudah. Fungsi lain dari alur pelayaran adalah untuk menghilangkan kesulitan yang akan timbul karena gerakan kapal dan gangguan alam, maka perlu bagi perencana untuk memperhatikan keadaan alur pelayaran terutama kedalaman wilayah perairan.

Alur pelayaran harus memperhatikan ukuran (lebar, panjang, berat, dan kecepatan) kapal yang akan dilayani, jumlah jalur lalu lintas, dan bentuk lengkung alur yang berkaitan dengan besar jari-jari alur tersebut. Karena perbedaan antara perkiraan dan fakta dilapangan, maka penyediaan alur perlu dilakukan untuk mengantisipasi kehadiran kapal-kapal besar(Achmad,2011).

Salah satu alur pelayaran penting di indonesia yaitu Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS). Hingga kini kedalaman APBS 9,55m hingga 10,5 m low water dan lebar 100 m. Padahal sejumlah dermaga swasta dan proyek terminal Teluk Lamong telah memiliki kedalaman 15 m LWS. Pelaku usaha di sekitar pelabuhan Tanjung perak mengeluhkan belum maksimalnya kapasitas alur pelayaran barat surabaya (APBS). Kondisi APBS terbatas hanya bisa dilalui kapal petikemas 40.000 gross tonnage dan memicu inefisiensi logistik US\$8-US\$10 per ton (Hidayat,2012)

Ketua Umum Indonesian National Ships-owner Association (INSA) Cabang Surabaya Steven H. Lasawengen menyatakan bahwa keterbatasan APBS ini menghambat kenyamanan sektor usaha pelayaran termasuk pelaku usaha perdagangan. Bila kapal petikamas skala besar bisa masuk Perak otomatis akan berdampak positif bagi Jawa Timur. Gubernur Jawa Timur Soekarwo juga mengatakan telah mengajukan tiga usulan infrastruktur untuk menunjang kelancaran arus logistik kepada pemerintah khususnya kementerian Perhubungan. Salah satunya yaitu revitalisasi APBS. (www.Jatim.com).

Rencananya APBS akan direvitalisasi menjadi kedalaman 14 meter dan lebar 200 meter, sehingga kapal post ataupun super panamax berkapasitas 60.000-100.000 GT bisa bersandar, dan inefisiensi sebesar US\$8-10 per ton bisa dieliminasi (Hidayat,2012). Pada Januari 2014 PT.Pelindo Marine Service bekerja sama dengan Van Oord Dredging and Marine Contractor BV, Rotterdam, Belanda mendirikan PT.APBS untuk mengelola dan mengembangkan APBS.

Kestabilan dan kelancaran arus logistik di Jawa Timur khususnya melalui Pelabuhan Tanjung Perak menjadi sangat vital karena berdampak bagi kelancaran logistik di Kawasan Indonesia Timur. Apabila distribusi barang dari Jawa Timur terganggu, maka dampaknya akan ada kenaikan harga di daerah lain. Jika APBS direvitalisasi dipastikan pertumbuhan perdagangan, baik nilai maupun volumenya akan meningkat tajam. Dengan demikian, target pertumbuhan Jawa Timur bisa mendekati double digit dalam beberapa tahun ke depan akan dapat diraih.

Properti sedimen merupakan salah satu faktor penting dalam proses erosi dan sedimentasi, antara lain yaitu ukuran partikel dan distribusi butiran, bentuk, kecepatan endap, rapat massa, serta tahanan terhadap erosi. Kecepatan endap material tak kohesif seperti pasir dipengaruhi oleh rapat massa dan air, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel. Sedangkan untuk sedimen kohesif, kecepatan endap dipengaruhi oleh konsentrasi sedimen suspensi, salinitas, dan diameter partikel. (Wahyudi dan Jupantara, 2000).

Sumber utama material sedimen yang terdapat pada sebagian besar proses sedimen dasar laut berasal dari daratan, dimana erosi dan pelapukan sangat nyata terhadap pengikisan daratan yang menuju ke laut. Erosi dan sedimentasi pantai tergantung pada kondisi angkutan sedimen pada suatu lokasi pantai tertentu yang dipengaruhi oleh alam seperti angin, arus, arus sejajar pantai, pasang surut, gelombang, aliran sungai, naiknya permukaan air laut serta kemungkinan adanya gangguan aktivitas manusia.

Geometri kolam labuh dan alur pelayaran seringkali menciptakan daerah yang relatif diam di sistem pantai. Karena itu banyak pelabuhan yang mengalami pendangkalan. Pendangkalan ini diatur oleh proses fisik dasar, sehingga sediment regime harus dipahami untuk mendukung sistem management sediment. Pendangkalan di alur pelayaran umumnya merupakan hasil dari pengurangan velocity aliran (PIANC, 2008).

Penelitian mengenai volume siltasi pada alur pelayaran sangat perlu dilakukan, terutama untuk *sediment managemen* alur pelayaran. Alur pelayaran pelabuhan Bintulu, Indonesia mengalami siltasi sebesar $1,6 \times 10^6 \text{m}^3$ per tahun dengan sedimen berupa mud dan silt. Alur pelayaran Suez zona 2 (depth 10m), Mesir juga mengalami sedimentasi sebesar $2,5 \times 10^6 \text{m}^3$ per tahun dengan sedimen berupa mud dan silt (Van Rijn). Alur Pelayaran barat Surabaya juga mengalami pendangkalan. Sebagian besar sedimen dibawa oleh beberapa sungai besar seperti kalimas dan Bengawan Solo yang bermuara di APBS.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sedimen

Beberapa permasalahan pantai yang terkait dengan transport sedimen yaitu erosi, abrasi, ataupun pengendapan sedimen pada alur pelayaran atau muara. Pemahaman mengenai sedimen transport sangat berguna untuk memperkirakan jumlah dan kecepatan transport sedimen. Sehingga dengan pemahaman tingkat/kecepatan transport sedimen, kemungkinan perubahan garis pantai dapat diketahui sebelumnya sehingga pengaruhnya terhadap bangunan dan lingkungan

disekitar pantai dapat diminimumkan. Sedimen merupakan sekumpulan rombakan material (batuan, mineral dan bahan organik) yang mempunyai ukuran butir tertentu.

Pratikto (1996) menjelaskan bahwa proses terjadinya transport sedimen dapat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu, teraduknya material kohesif dari dasar sehingga tersuspensi atau lepasnya material nonkohesif dari dasar laut, perpindahan material secara horisontal, dan kemudian pengendapan kembali material atau partikel sedimen tersebut. Tahapan-tahapan tersebut sangat tergantung dari karakteristik sedimen yang tersangkut. Sehingga pada setiap sedimen mempunyai tahapan perpindahan yang berbeda-beda. Proses sedimentasi juga dipengaruhi oleh adanya gelombang yang bersifat melepaskan material didasar laut dan mengaduknya, serta arus yang akan memindahkan material ketempat lain.

Pada awal pergerakan sedimen, gaya yang ditimbulkan oleh aliran air seimbang dengan gaya hambatan dari sedimen dasar. Namun seiring dengan bertambahnya kecepatan didekat dasar laut, pergerakan partikel sedimen menjadi semakin kuat sehingga memicu pergerakan partikel sedimen tersebut.

2.2.2 Sifat-sifat Sedimen

Sifat-sifat sedimen sangat penting dalam mempelajari proses erosi, sedimentasi dan perubahan kontur. Sedimen dapat berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut dalam yang terbawa arus. Ada 3 (tiga) macam pergerakan angkutan sedimen (Ronggodigdo, 2011) yaitu:

1. *Bed Load Transport*

Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif lambat, sehingga material yang terbawa arus sifatnya hanya menggelinding sepanjang saluran.

2. *Wash Load Transport*

Wash Load adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang. Sumber utama dari *wash load* adalah hasil pelapukan lapisan atas batuan atau tanah di dalam daerah aliran sungai. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif cepat, sehingga material yang terbawa arus membuat loncatan-loncatan akibat dari gaya dorong material tersebut.

3. *Suspended Load Transport*

Suspended load adalah material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran. Jika kecepatan aliran semakin cepat, gerakan loncatan material akan semakin sering terjadi sehingga apabila butiran tersebut tergerus oleh aliran utama atau aliran turbulen ke arah permukaan, maka material tersebut tetap bergerak (melayang) di dalam aliran dalam selang waktu tertentu.

2.2.3 Distribusi Ukuran butir

Distribusi ukuran butir merupakan salah satu sifat paling penting. Distribusi ukuran butir sedimen tersebut dapat mempengaruhi proses transport sedimen sehingga akan mempengaruhi besar kecilnya kemungkinan erosi atau abrasi.

Berdasarkan ukuran butir, sedimen dapat diklasifikasikan menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral, dan batu. Distribusi ukuran butir dianalisis dengan saringan dan dipresentasikan dalam bentuk kurva presentasi berat kumulatif. Untuk mengukur derajat penyebaran ukuran butiran terhadap nilai rerata sering digunakan koefisien S_0 yang didefinisikan sebagai rumus berikut :

$$S_0 = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}}$$

Dengan D_p merupakan ukuran dimana $p\%$ dari berta sampel lebih halus dari diameter butir tersebut. Apabila $1,0 \leq S_0 \leq 1,5$ ukuran butir pasir seragam, untuk $1,5 \leq S_0 \leq 2,0$ penyebaran ukuran butiran pasir sedang, sementara untuk $2,0 \leq S_0$ berarti gradasi ukuran pasir bervariasi (Triatmodjo,1999).

Tabel(2.1) klasifikasi ukuran butir dan sedimen (Triatmodjo,1999).

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		Mm	Satuan Phi
Batu		256	-8
Cobble		128	-7
		64	-6
Koral (Pebble)	Besar	32	5
	Sedang	16	-4
	Kecil	8	-3
	Sangat Kecil	4	-2
Kerikil		2	-1
Pasir	Sangat Kasar	1	0
	Kasar	0,5	1
	Sedang	0,25	2
	Halus	0,125	3
	Sangat Halus	0,063	4
Lumpur	Kasar	0,031	5
	Sedang	0,015	6
	Halus	0,008	7
	Sangat halus	0,004	8
Lempung	Kasar	0,002	9
	Sedang	9,00E-04	10
	Halus	5,00E-04	11
	Sangat Halus	3,00E-04	12

Ukuran partikel juga menunjukkan proses pengangkutan dan pengendapan material, misalnya kemampuan air atau angin untuk memindahkan partikel. Ukuran partikel sangat penting dalam menentukan tingkat pengangkutan sedimen ukuran tertentu dan tempat sedimen tersebut terakumulasi dilaut. Statistik ukuran butir rata-rata, standar deviasi, keruncingan dan kurtosis sering digunakan dalam menentukan lingkungan sedimentasi dan arah transpor sedimen (Dyer,1986).

2.2.4 Rapat Massa, Berat Jenis dan Rapat Relatif

Rapat Massa ρ adalah massa tiap satuan volume, sedangkan berat jenis adalah berat tiap satuan volume. Rapat massa maupun berat jenis merupakan fungsi dari komposisi mineral. Sedangkan rapat relatif merupakan perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air pada 4°.

Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada konsentrasi endapan. Konsentrasi endapan dipengaruhi oleh waktu konsolidasi. Rapat massa adalah konstan selama periode pengendapan. Mulai suatu waktu tertentu rapat massa naik dengan cepat dan kemudian berangsur-angsur sampai dicapai nilai maksimal (Nicholson,1986).

2.2.5 Kecepatan Endap

Kecepatan endap didefinisikan sebagai kecepatan yang diperlukan oleh partikel sedimen untuk dapat terdeposisi didasar sungai. Semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula kecepatan endapnya.

Untuk sedimen non kohesif, kecepatan endap dihitung dengan rumus stokes yang tergantung pada rapat massa sedimen, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen. Untuk sedimen jenis ini kecepatan endap dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti salinitas, konsentrasi sedimen suspensi dan diameter partikel. Konsentrasi sedimen suspensi merupakan parameter paling penting dalam proses flokulasi yaitu fenomena dimana resultan gaya permukaan yang bekerja pada partikel sedimen adalah dominan gaya tarik, maka partikel akan berkumpul dan

membentuk kumpulan sedimen yang disebut flokon dengan dimensi yang lebih besar dari pada partikel sedimen individu (DHI, 2007).

Kecepatan endap akan meningkat dengan cepat akibat salinitas sampai pada 2% dan kemudian konstan. Diameter butir sedimen juga berpengaruh terhadap proses flokulasi. Flokulasi berkurang dengan bertambahnya dimensi partikel karena kohesi berkurang. Semakin kecil diameter semakin besar flokulasi (Migniot,1968).

Persamaan kecepatan endap butir sedimen yaitu :

$$W_s = \sqrt{\frac{4(s-1)gd}{3CD}}$$

Dimana :

- Ws = Kecepatan endap (m/s)
- s = rapat massa relative sedimen
- g = kecepatan gravitasi (m/s²)
- d = diameter butir (m)
- CD = koefisien drag

2.2.6 Pasang Surut

Pasang surut didefinisikan sebagai fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa matahari jauh lebih besar dari pada massa bulan, gaya tarik bulan terhadap bumi jauh lebih besar pengaruhnya dari pada pengaruh gaya tarik matahari terhadap bumi, hal tersebut dikarenakan jarak bulan yang lebih dekat kebumi. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari. Pengetahuan tentang pola pasang surut sangat diperlukan terutama dalam perencanaan pelabuhan, dermaga, dsb (elevasi muka air tertinggi/pasang) dan juga kedalaman alur pelayaran (elevasi muka air terendah/surut). Pasang surut juga berpengaruh untuk menentukan besar kecil transpor sedimen. Saat pasang maka volume air tinggi melibatkan gelombang besar yang akan mengangkut material sedimen lebih banyak, sedangkan saat surut, volume air rendah dan gelombang

yang terjadi mengakibatkan material yang terangkut juga kecil. Kondisi tersebut akan mempengaruhi pola transpor sedimen di lokasi yang ditinjau.

Pasang surut mempunyai kurang lebih 390 komponen dengan periode antara 8 sampai 18,6 tahun berperan aktif dalam pembangkitan pasang surut. Namun yang dipakai dalam peramalan gelombang pasang surut hanya komponen utama saja. Tiap komponen mempunyai periode berdasarkan perhitungan astronomi, dan sudut fase tergantung kondisi lokal sehingga tiap komponen tersebut berbeda di tiap daerah yang berbeda.

2.2.7 Pola Arus Pasang Surut

Selain arus karena debit, pada aliran sungai juga bekerja arus akibat adanya pasang surut. Variasi muka air laut menimbulkan arus yang disebut arus pasang surut, yang mengangkut massa air dalam jumlah yang besar. Arus pasang surut terjadi pada waktu periode pasang dan arus surut terjadi pada periode waktu surut. Slack (titik balik) adalah saat dimana arus berbalik antara arus pasang dan arus surut. Titik balik ini terjadi saat muka air tertinggi dan muka air terendah. Pada saat terjadi kecepatan arus adalah nol.

Pergerakan vertikal permukaan air laut karena pasang surut pada wilayah perairan tempat pasang surut tersebut terjadi menimbulkan gerak badan air ke arah horisontal. Batas-batas perairan tersebut dapat berupa dinding (pantai dan kedangkalan) dan lantai dasar (poerbandono, 2005). arus pasang surut kemudian diberikan pada fenomena ini yang mencakup gerak horisontal badan air menuju dan menjauhi pantai seiring dengan naik turunnya muka air laut yang disebabkan oleh gaya-gaya pemangkit pasang surut.

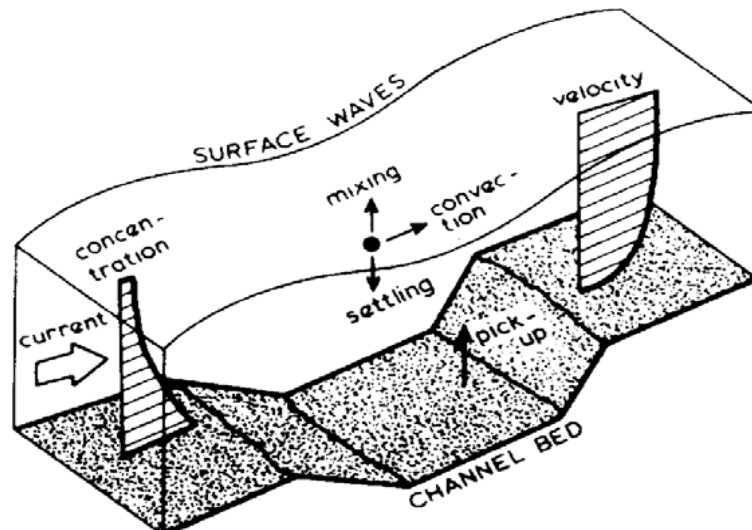
2.2.8 Teori siltasi pada alur pelayaran

Menurut van Rijn, deposisi pada alur pelayaran disebabkan oleh :

- Pengurangan kapasitas transpor sedimen di alur pelayaran karena velocity yang lebih kecil (pada kanal yang tegak lurus terhadap aliran)

- Efek gravitasi menginduksi gaya kebawah pada partikel bedload, di sisi miring kanal (pada kanal sejajar terhadap aliran)
- Pergeseran beting dan tepi kanal

Ketika arus melintangi kanal, velocity arus berkurang karena bertambahnya kedalaman, sehingga kapasitas sediment transport berkurang. Akibatnya partikel bedload dan sejumlah sedimen suspended terperangkap di kanal. Pengendapan partikel sedimen merupakan proses dominan pada *downsloping* dan di tengah kanal. Pada kanal bersisi curam dengan pemisahan aliran dan berkaitan dengan ekstra turbulen energi, proses pengendapan dapat dikurangi. Sedangkan proses dominan pada bagian upsloping (hilir) adalah *pick-up* sedimen dari dasar menuju *accelerating flow*, sehingga menaikkan konsentrasi sedimen suspended.



Gambar (2.1) Proses sediment transpor pada kanal tegak lurus terhadap aliran

Proses paling relevan pada deposisi kanal yaitu adveksi partikel sedimen oleh velocity aliran vertikal dan horisontal, pencampuran partikel sedimen oleh gerakan turbulen dan orbital, pengendapan partikel sedimen akibat gravitasi dan pengangkatan partikel dari dasar oleh arus dan gelombang. Pengaruh dari gelombang yaitu intensitas pengadukan didekat dasar pada konsentrasi sedimen yang besar, dan arus mempengaruhi transpor sedimen.

2.2.9 Metode Analisa Volume Siltasi

2.2.9.1 Metode Overlay

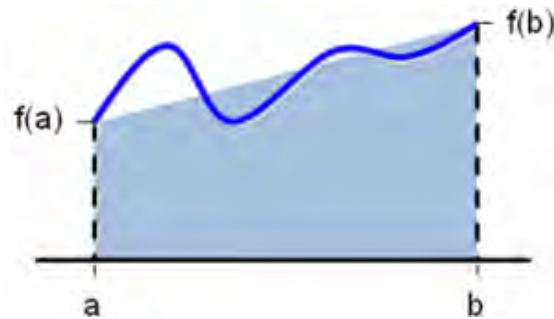
Overlay peta kontur memudahkan analisis sebuah wilayah dengan menyatukan berbagai obyek menjadi sebuah peta. Dalam pembahasan volume, overlay yang dimaksud adalah menyatukan peta kontur terbaru dengan peta kontur sebelumnya untuk mengetahui besarnya volume cut ataupun fill serta titik lokasi terjadinya sedimentasi atau erosi. pada overlay ini obyek yang akan dioverlaykan harus berada pada posisi dan grid yang sama. Volume yang dihasilkan adalah volume bersih dimana perhitungannya adalah volume diatas datum (cut) dikurangi dengan volume dibawah datum (fill).

Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan bantuan software surfer untuk overlay peta. Metode ini juga telah digunakan oleh Maulana(2008), Cahyadi (2009), dan Hakim(2010) untuk analisa volume sedimentasi.

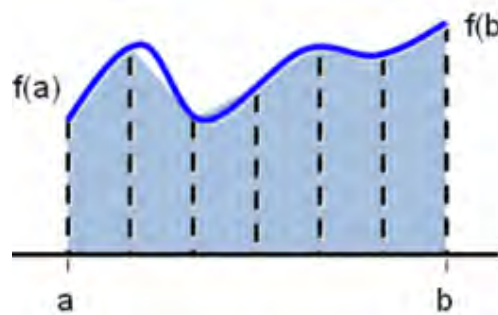
Metode interpolasi data yang dipilih dalam software Surfer ini yaitu metode kriging. Yaitu suatu metode geostatistika yang memanfaatkan nilai spasial pada lokasi tersampel dan variogram untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum dan/atau tidak tersampel dimana nilai prediksi tersebut tergantung pada kedekatannya terhadap lokasi tersampel.

Kriging sebagai interpolasi spasial optimum dapat menghasilkan nilai prediksi kurang presisi jika di antara data yang ada terdapat pencilan (*outlier*). *Outlier* didefinisikan sebagai nilai yang ekstrim dari nilai amatan lainnya yang kemungkinan dapat disebabkan oleh kesalahan pencatatan, kalibrasi alat yang tidak tepat atau kemungkinan lainnya. Pengembangan *ordinary kriging* (kriging klasik) adalah *robust kriging* yang mentransformasi bobot variogram pada variogram klasik sehingga menjadi variogram yang *robust* terhadap *outlier*.

Perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan integrasi numerik dengan pendekatan aturan trapesium. Pada pendekatan ini perhitungan sebuah luasan atau area akan didekati dengan pias-pias berbentuk trapesium. Semakin banyak jumlah pias trapesium, semakin teliti hasil perhitungan luasan yang dilakukan. Gambar berikut menunjukkan skema pendekatan perhitungan luasan dengan aturan trapesium.



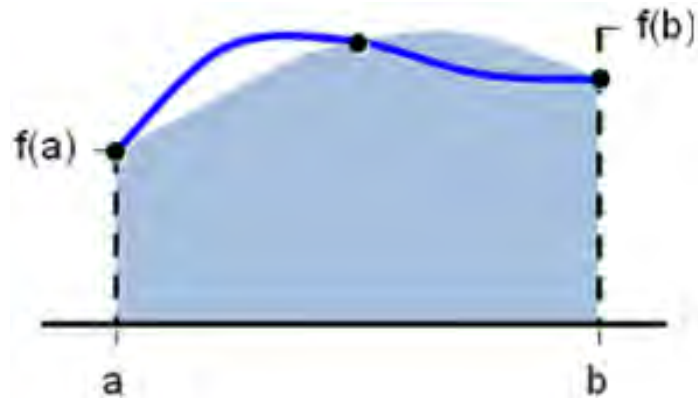
$$\int_a^b f(x) dx \approx (b - a) \frac{f(a) + f(b)}{2}$$



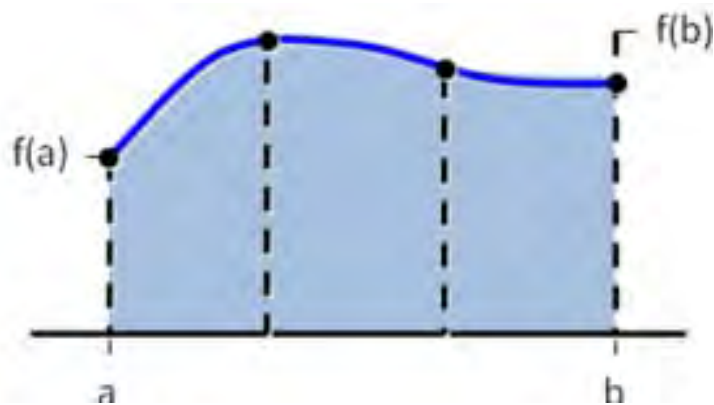
$$\int_a^b f(x) dx \approx h \left(\frac{1}{2} f(a) + f(x_1) + \dots + \frac{1}{2} f(b) \right)$$

Gambar 2.2 Integrasi Numerik dengan Aturan Trapesium

Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, Simpson melakukan pendekatan tidak berupa trapesium namun berupa parabola dengan tiga titik. Selain pendekatan dengan 3 titik ada juga pendekatan parabola dengan 4 titik berdasarkan aturan Simpson. Pendekatan dengan 4 titik ini disebut aturan Simpson 3/8.



$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{3}(f(a) + 4f(a+h) + f(b)) + O(h^5)$$



$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{3h}{8}(f(a) + 3f_{3i-1} + 3f_{3i} + f(b)) + O(h^5)$$

Gambar 2.3 Integrasi Numerik dengan Aturan Simpson

Untuk menghitung volume dalam sebuah bidang $f(x,y)$, digunakan dintegral ganda sebagai berikut:

$$Volume = \int_{x \min}^{x \max} \int_{y \min}^{y \max} f(x,y)dx dy$$

Software *Surfer* melakukan integrasi sepanjang sumbu x (kolom) untuk mendapatkan luasan pada suatu baris dan kemudian diintegrasikan sepanjang sumbu y (baris) untuk mendapatkan harga volumenya. Perhitungan volume didasarkan pada rata-rata hasil perhitungan tiga metode pendekatan. Masing-masing pendekatan memiliki perbedaan pada koefisien yang digunakan untuk menghitung volume. Berikut penjelasan masing-masing metode tersebut:

1. *Extended Trapezoidal Rule*

Pola koefisien {1,2,2,2,...,2,2,1}:

$$A_i = \frac{\Delta x}{2} [G_{i,1} + 2G_{i,2} + 2G_{i,3} + \dots + 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}]$$

$$Vol \approx \frac{\Delta y}{2} [A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{nCol-1} + A_{nCol}]$$

2. *Extended Simpson's Rule*

Pola koefisien {1,4,2,4,2,4,2,...,4,2,1}:

$$A_i = \frac{\Delta x}{3} [G_{i,1} + 4G_{i,2} + 2G_{i,3} + \dots + 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}]$$

$$Vol \approx \frac{\Delta y}{3} [A_1 + 4A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{nCol-1} + A_{nCol}]$$

3. *Extended Simpson's 3/8 Rule*

Pola koefisien {1,3,3,2,3,3,2,...,3,3,2,1}:

$$A_i = \frac{3\Delta x}{8} [G_{i,1} + 3G_{i,2} + 3G_{i,3} + \dots + 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}]$$

$$Vol \approx \frac{3\Delta y}{8} [A_1 + 3A_2 + 3A_3 + \dots + 2A_{nCol-1} + A_{nCol}]$$

dimana:

Δx adalah jarak kolom grid

Δy adalah jarak baris grid

G adalah harga titik nodal grid pada baris i dan kolom j

Perbedaan nilai yang dihasilkan pada ke tiga pendekatan tersebut menentukan tingkat ketelitian hasil perhitungan. Jika ke-tiga hasil perhitungan berdasarkan tiga pendekatan tersebut tidak terlalu jauh, berarti hasilnya cukup akurat. Namun jika hasilnya cukup jauh berbeda, perlu dilakukan gridding yang lebih rapat karena kerapatan jarak grid juga mempengaruhi estimasi hasil perhitungan volume. Grid yang kasar akan menghasilkan ketelitian yang rendah dengan waktu komputasi yang singkat (hitungan jam), sedangkan grid yang halus akan menghasilkan tingkat ketelitian tinggi namun memakan waktu komputasi yang cukup lama.

2.2.9.2 Metode SED-PIT

Excel program untuk metode SED-PIT yang berdasarkan pada metode “trapping efficiency” dapat digunakan untuk menghitung sedimentasi pada kanal, trench atau pit untuk aliran, gelombang dan karakteristik sedimen yang diketahui (Van Rijn, 2012). Metode ini dapat digunakan sebagai validasi terhadap hasil survey (metode overlay)

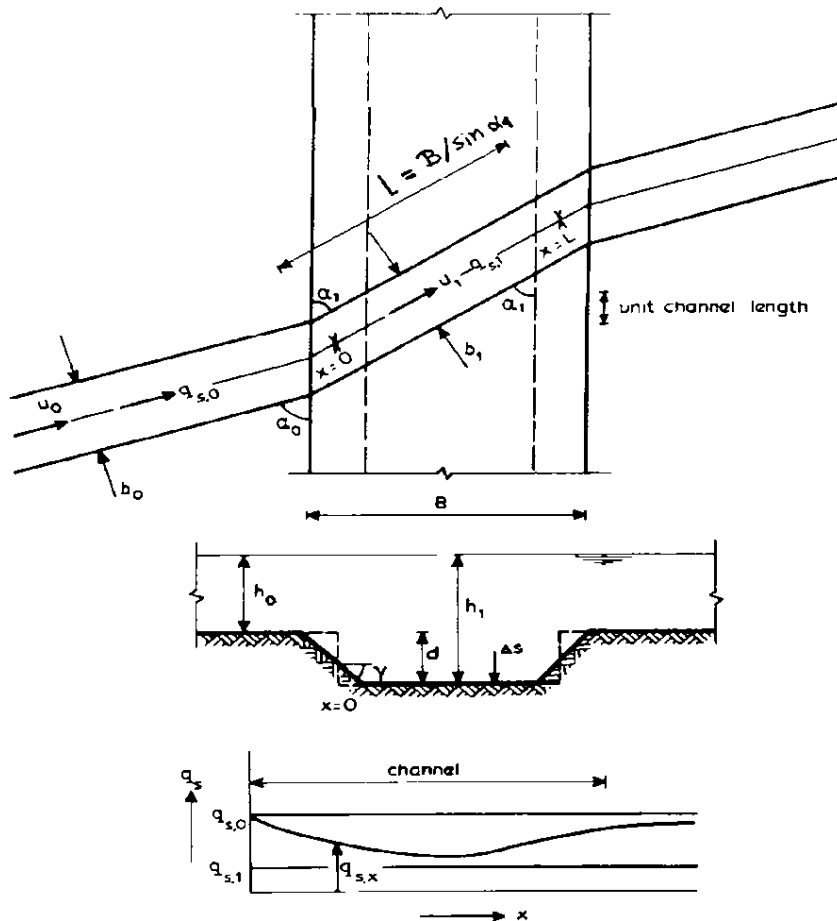
Skema kanal atau pit (gambar 2.4) berikut ini menunjukkan skema parameter-parameter yang diperlukan untuk perhitungan volume sedimen pada penampang persegi panjang dengan lebar B (terhadap sumbu utama kanal) dan kedalaman :

$d = h_1 - h_0 =$ kedalaman *bed level* di hulu,

$h_1 =$ kedalaman di kanal,

$h_0 =$ kedalaman diluar kanal

panjang L (parallel terhadap sumbu utama kanal).



Gambar 2.4 Skema kanal atau pit

Laju upstream transpor didefinisikan sebagai:

$$q_{s,0} = c_0 v_0 h_0$$

Dengan :

v_0 = kecepatan aliran pasut diluar kanal (input value, m/s),

h_0 = kedalaman aliran diluar kanal = $h_{MSL} + \Delta h$, dimana h_{MSL} = kedalaman air terhadap MSL (input value), dan Δh = *tidal water level* (input value),

c_0 = konsentrasi rata-rata (input values dalam kg/m^3).

Metode SED-PIT memperhitungkan tiga fraksi sedimen, yaitu clay, silt dan pasir.

Sedimentasi ΔS (kg) per fraksi dihitung sebagai:

$$\Delta S = \left[\left(\frac{b_0}{b_1} \right) q_{s,0} - q_{s,1} \right] e_s \Delta t L \sin \alpha_1$$

dengan:

$q_{s,0}$ = kecepatan sedimen transpor pada *upstream boundary*,

$q_{s,1} = (v_1/v_0)^3 q_{s,0}$ = laju sedimen transport di kanal/pit,

b_0 = lebar *streamtube* pada *upstream boundary*,

b_1 = lebar *streamtube* di kanal/pit,

e_s = *trapping efficiency* sesuai dengan metode Van Rijn (2006).

Panjang sedimentasi efektif dihitung sebagai: $L_{eff} = B/\sin(\alpha_1)$

Vektor kecepatan v_1 : $V_1 = V_0 [(h_0/h_1)(\sin \alpha_1 / \sin \alpha_0)]$

Sudut defleksi α_1 : $\alpha_1 = \text{atan}[(h_0/h_1)\tan(\alpha_0)]$

Lebar *streamtube* di kanal/pit: $b_1 = v_0 h_0 b_0 / v_1 h_1$

Total massa sedimentasi: $\Delta S_{tot} = \Delta S_{clay} + \Delta S_{silt} + \Delta S_{sand}$

Total volume sedimentasi: $\Delta S_{tot, volume} = \Delta S_{tot} / \rho_{bulk}$

Bulk density (ton/m^3) :

- input value konstant ($0.4 \sim 1.5 ton/m^3$), atau dengan ;

- formula

$$\rho_{bulk} = (\Delta S_{clay} / \Delta S_{tot})(0.415 + 0.43 \times 0.255 \gamma) + (\Delta S_{silt} / \Delta S_{tot})(1.12 + 0.43 \times 0.09 \gamma) + (\Delta S_{sand} / \Delta S_{tot})(1.55)$$

Dengan : $\gamma = [\{(T/(T-1))\ln(T)\} - 1]$ = faktor konsolidasi

(T dalam tahun; $\gamma=0$ untuk $period < 1$ tahun).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode penelitian

Metodologi dalam menyelesaikan tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Tahap awal dalam menyelesaikan tugas akhir ini yaitu studi literatur mengenai teori sedimentasi serta metode menghitung volume sedimentasi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan atau materi penelitian dari berbagai sumber berupa buku-buku, jurnal, atau tugas akhir yang telah ada sebelumnya.

2. Pengumpulan data

Mengumpulkan data yang akan digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang terdiri atas peta bathimetri, data gelombang, data tinggi dan arus pasang surut serta data sedimen di lokasi studi.

3. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam tugas akhir ini menggunakan bantuan autocad untuk digitasi peta serta program surfer untuk metode *Overlay* dan perhitungan analitis dengan metode SED-PIT untuk menghitung volume sedimen.

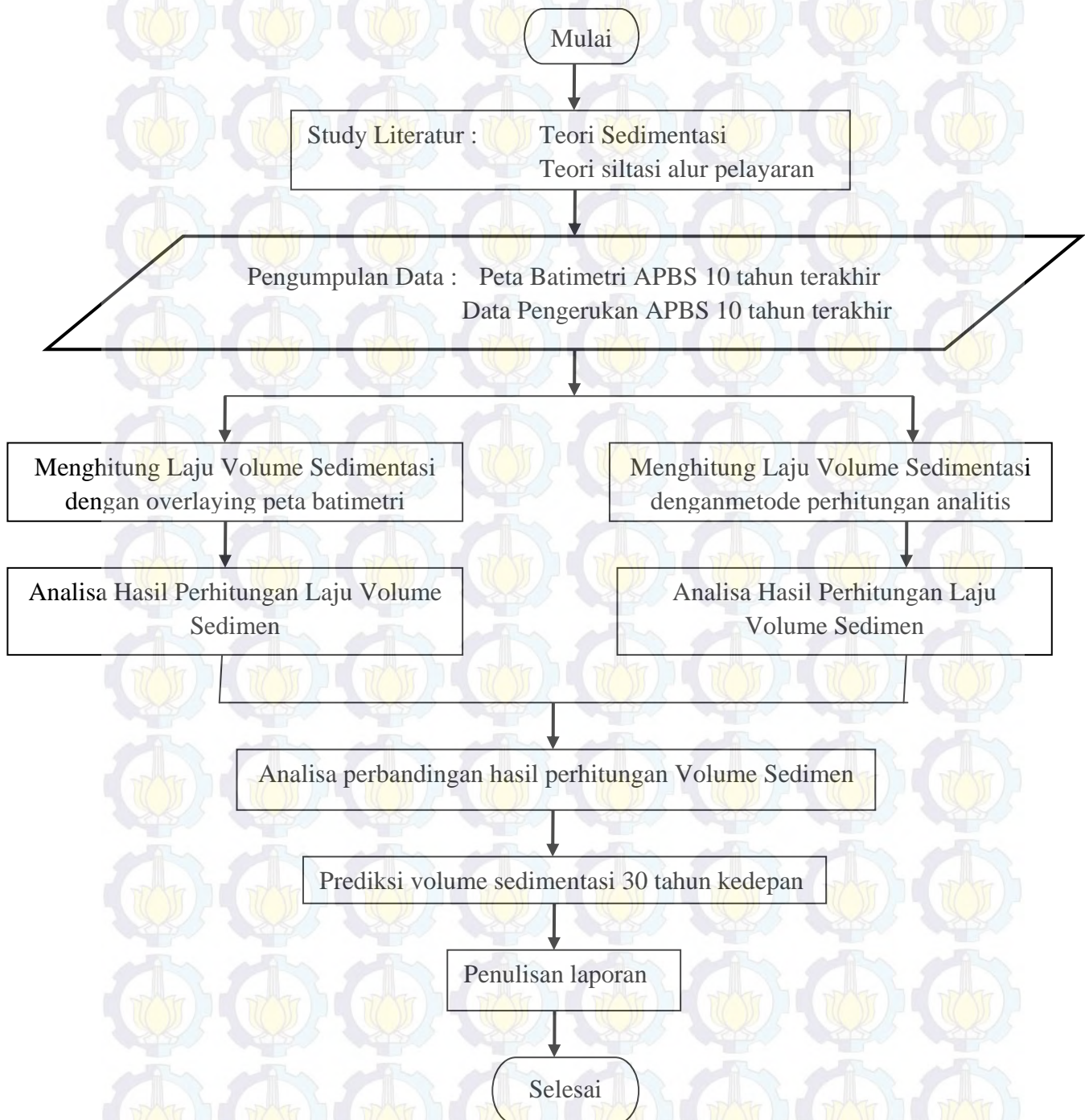
4. Analisa dan hasil kesimpulan.

Analisa data dilakukan dengan tujuan untuk :

- Mengetahui keabsahan dari data yang diperoleh
- Melakukan perbandingan data yang ada sehingga bisa ditarik kesimpulan untuk permasalahan yang ada.

3.2. Diagram Alir

Dalam pengerjaan tugas akhir ini secara umum sistematika adalah sebagai berikut;

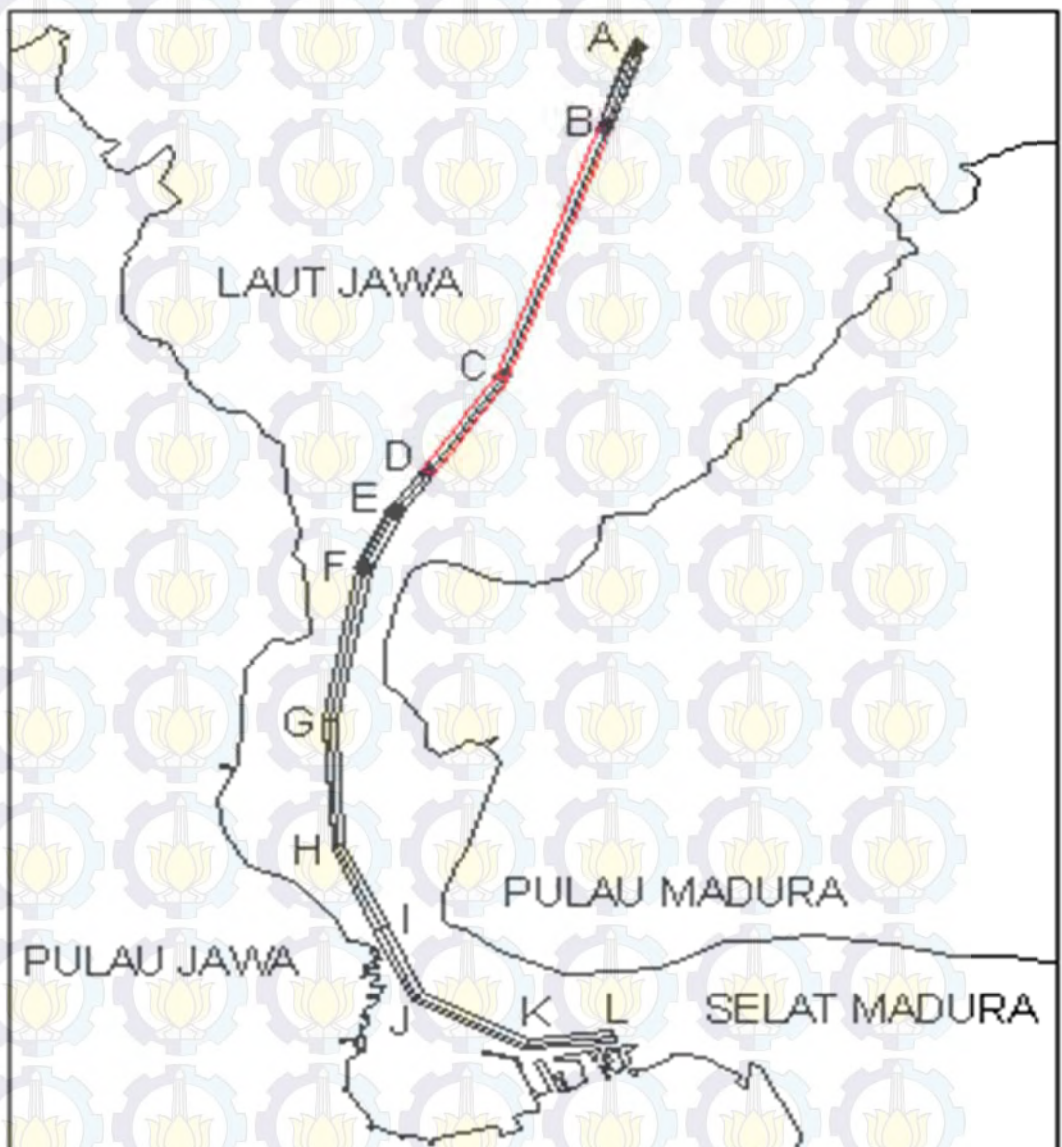


BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN METODE OVERLAY

4.1 Lokasi daerah studi

Lokasi daerah studi adalah di Alur Pelayaran Barat Surabayaadi selat Madura sepanjang sekitar 44 km dari titik A hingga J. Gambar 4.1 berikut menunjukkan lokasi studi serta pembagian spot analisa volume sedimentasi.



Gambar 4.1 (Lokasi Studi)

4.2 Analisa Volume Sedimentasi dan Pembahasan

Data koordinat (X dan Y) serta data kedalaman sepanjang alur hasil survey di gridding tiap tahunnya, kemudian di bagi (boundary line) menjadi 11 spot yaitu spot AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH, HI, IJ, JK, dan KL. Pembagian spot tersebut telah ditentukan oleh pihak PT.PELINDO berdasarkan kondisi alur untuk memudahkan manuver kapal. Untuk spot AB dan JK pada tahun 2013 dilakukan pembelokan alur. Survey pada tahun 2011 hanya dilakukan pada spot BC, dan CD, sehingga tidak dapat dilakukan overlay perdua tahunan untuk keseluruhan alur. Untuk itu analisa sedimentasi per dua tahun dengan metode overlay dalam tugas akhir ini dilakukan hanya pada spot BC dan CD, sedangkan analisa kurun waktu empat tahun dilakukan pada spot DE,EF,FG,GH,HI dan IJ. Analisa dilakukan per spot dan juga pada jarak per seratus meter ditiap spot nya untuk mengetahui lebih detail daerah mana yang terjadi sedimentasi dan daerah mana yang terjadi erosi.

Tabel (4.1) Pembagian Spot APBS

Titik	X	Y	Jarak Titik	DATA		
				2009	2011	2013
Section	[m]	[m]	[m]			
A	692.973,57	9.241.511,68				
AB			3.201,72	ada	tidak ada	ada
B	691.889,54	9.238.499,06				
BC			9.829,44	ada	ada	ada
C	688.561,99	9.229.249,99				
CD			4.221,00	ada	ada	ada
D	686.133,41	9.225.797,62				
DE			1.796,22	ada	tidak ada	ada
E	685.081,00	9.224.342,00				
EF			2.404,53	ada	tidak ada	ada
F	684.060,00	9.222.165,00				
FG			5.748,38	ada	tidak ada	ada

Titik Section	X [m]	Y [m]	Jarak Titik [m]	DATA		
				2009	2011	2013
G	682.949,00	9.216.525,00				
GH			4.674,63	ada	tidak ada	ada
H	683.233,00	9.211.859,00				
HI			3.349,08	ada	tidak ada	ada
I	684.612,00	9.208.807,00				
IJ			2.776,13	ada	tidak ada	ada
J	685.768,00	9.206.283,00				
JK			4.000,19	ada	tidak ada	ada
K	689.368,00	9.204.539,00				
KL			2.867,18	tidak ada	tidak ada	ada
L	692.224,00	9.204.792,00				
Total			44.868,52			

Tabel tersebut menyajikan ketersediaan data untuk proses analisa. Data koordinat yang ada berdasarkan alur survey tahun 2013. Pembagian spot dilakukan selain untuk memudahkan manuver kapal saat survey, juga dimaksudkan untuk kemudahan dalam proses analisa dan pengolahan data. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa analisa volume sedimentasi tidak dapat dilakukan pada spot KL. Data hasil survey pada spot BC dan JK tahun 2009-2013 memiliki perbedaan karena perubahan alur, karena itu analisa juga tidak dapat dilakukan untuk spot AB dan JK

4.2.1 Output dan Overlay Batimetri

Data koordinat (X dan Y) serta kedalaman(Z) diperoleh dari data sumber yang tersedia yaitu data hasil survey batimetri. Proses tabulasi data hasil survey yang sudah terkoreksi dengan pasang surut ke bentuk koordinat XYZ dilakukan dengan menggunakan modul spreadsheet yang ada dalam software. Hal tersebut dilakukan pada tiap spot pertahun data.

Setelah proses Tabulasi Data Hasil Survey selesai dilakukan, maka proses gridding data dilakukan untuk menghasilkan garis-garis interpolasi antara titik grid yang akan memberikan gambaran garis-garis kontur. Sedapat mungkin dalam

proses Gridding dilakukan sehalus mungkin untuk mendapatkan gambar garis kontur yang halus (smooth). Dimensi luas area studi dan tingkat kerapatan grid sangat mempengaruhi lama waktu gridding dan akurasi hasil gridding. Semakin rapat jarak grid maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses gridding.

Tabel berikut ini menunjukkan dimensi lebar, panjang serta luasan tiap spot yang akan dianalisa. Proses gridding yang paling lama terjadi pada section BC yang merupakan section terpanjang yaitu sepanjang sekitar 9km dengan luas 3931776 m². Sedangkan proses gridding yang paling cepat terjadi pada section DE yang memiliki dimensi luas terkecil yaitu 718488 m².

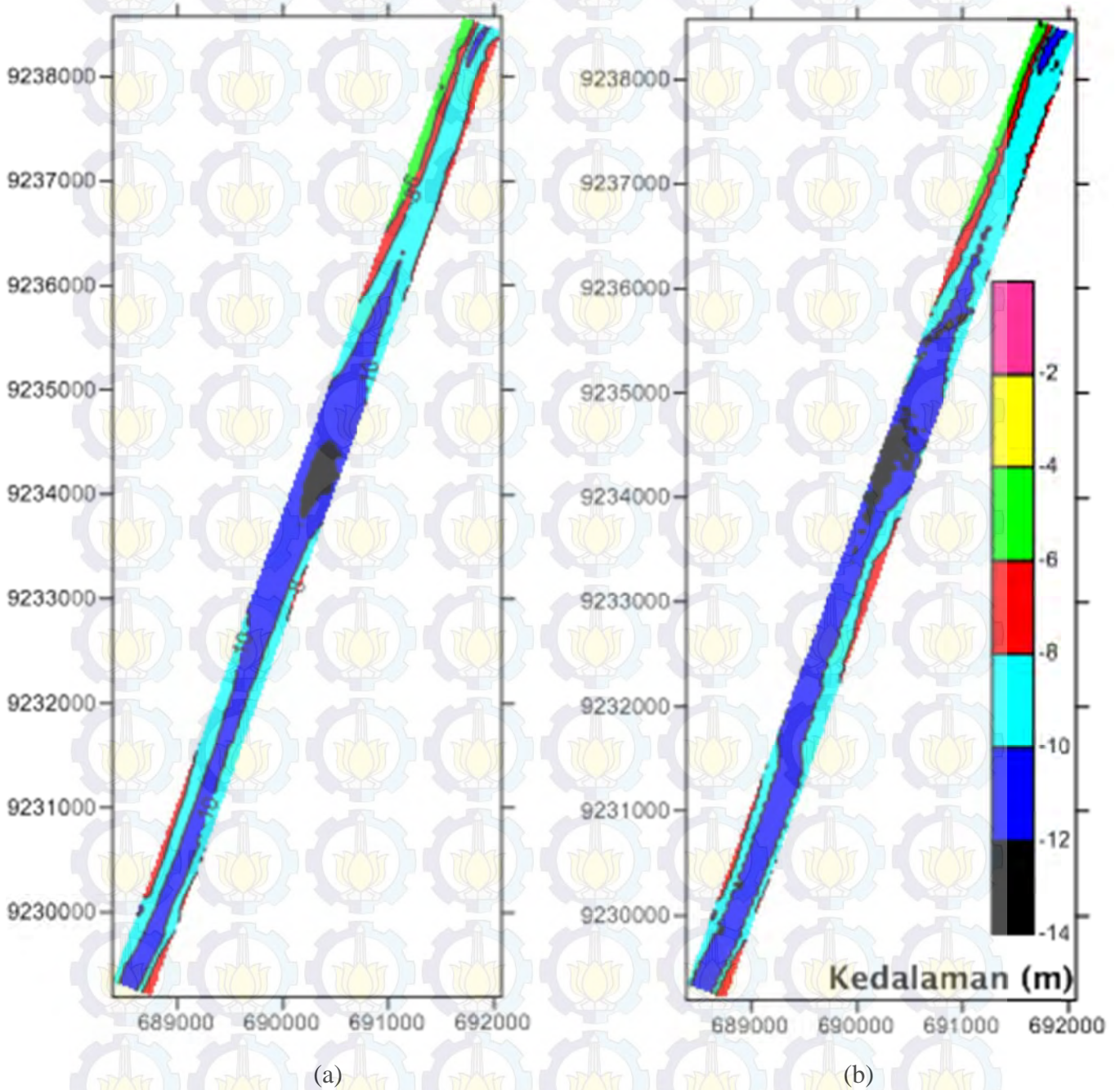
Tabel 4.2. Dimensi tiap spot lokasi studi

SPOT	LEBAR	PANJANG	LUAS
	(m)	(m)	(m ²)
BC	400	9829,44	3931776
CD	400	4221,00	1688400
DE	400	1796,22	718488
EF	400	2404,53	961812
FG	400	5748,38	2299352
GH	400	4674,63	1869852
HI	400	3349,08	1339632
IJ	400	2776,13	1110452

Setelah proses griding selesai dilakukan, diperoleh file dengan extension *.grd. File inilah yang akan digunakan untuk analisa lebih lanjut. Yaitu penggambaran garis kontur (batimetri) dengan extension *.srf. Dari output batimetri tersebut diperoleh gambaran kedalaman Spot ditiap waktu sounding. Selanjutnya peta batimetri dari dua waktu sounding yang berbeda dioverlaykan untuk mendapatkan gambaran besarnya penambahan ataupun pengurangan kedalaman yang mengindikasikan terjadinya sedimentasi atau erosi pada daerah studi.

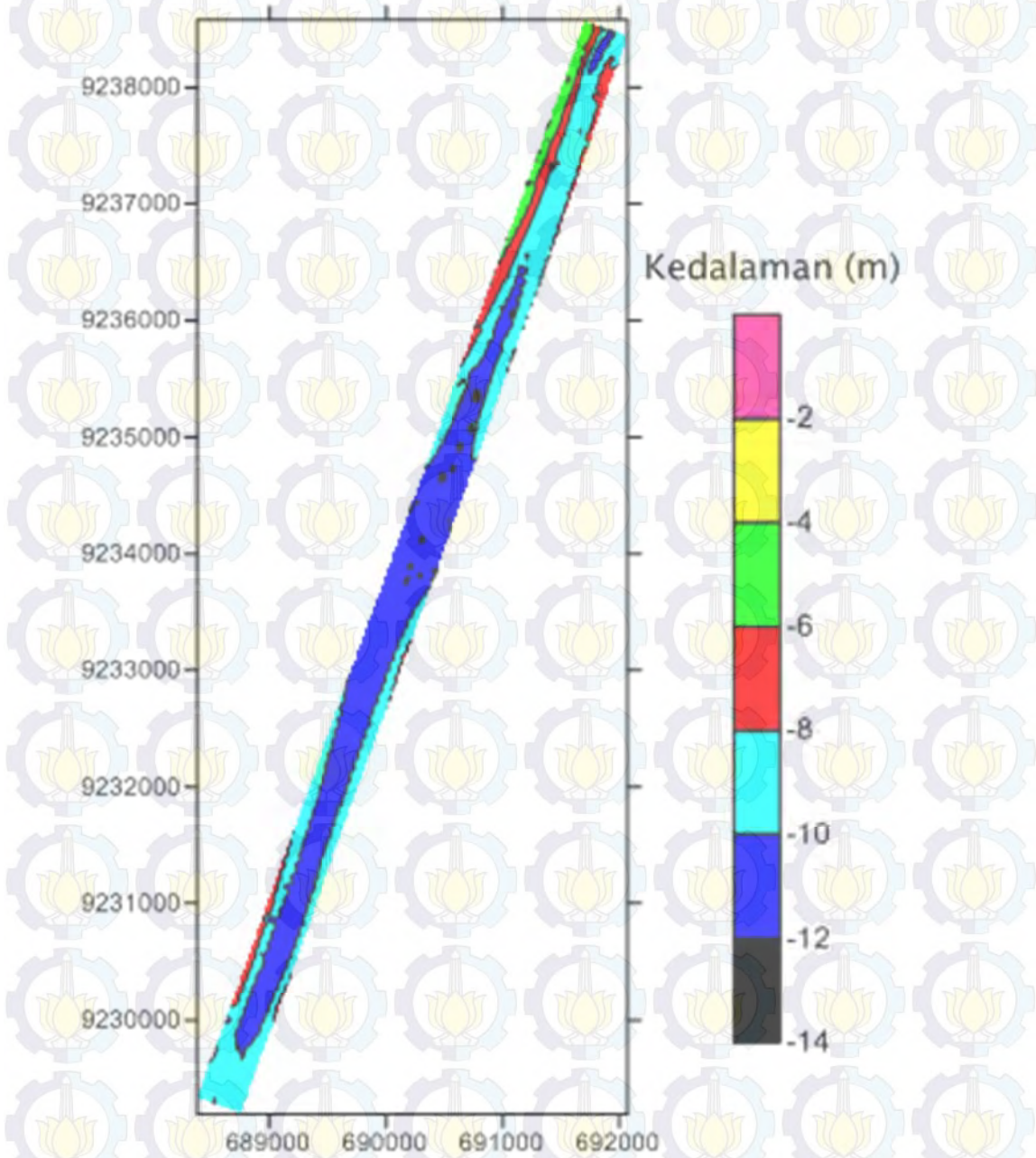
Syarat utama dalam proses overlaying yaitu adanya kesamaan nilai koordinat X dan Y minimum dan maximum serta jarak grid dari kedua peta yang akan dioverlaykan. Jika salah satu parameter tersebut berbeda, maka proses overlay tidak dapat dilakukan. Untuk itu data hasil gridding harus disesuaikan boundary line nya terlebih dahulu.

4.2.1.1 Analisa Spot BC



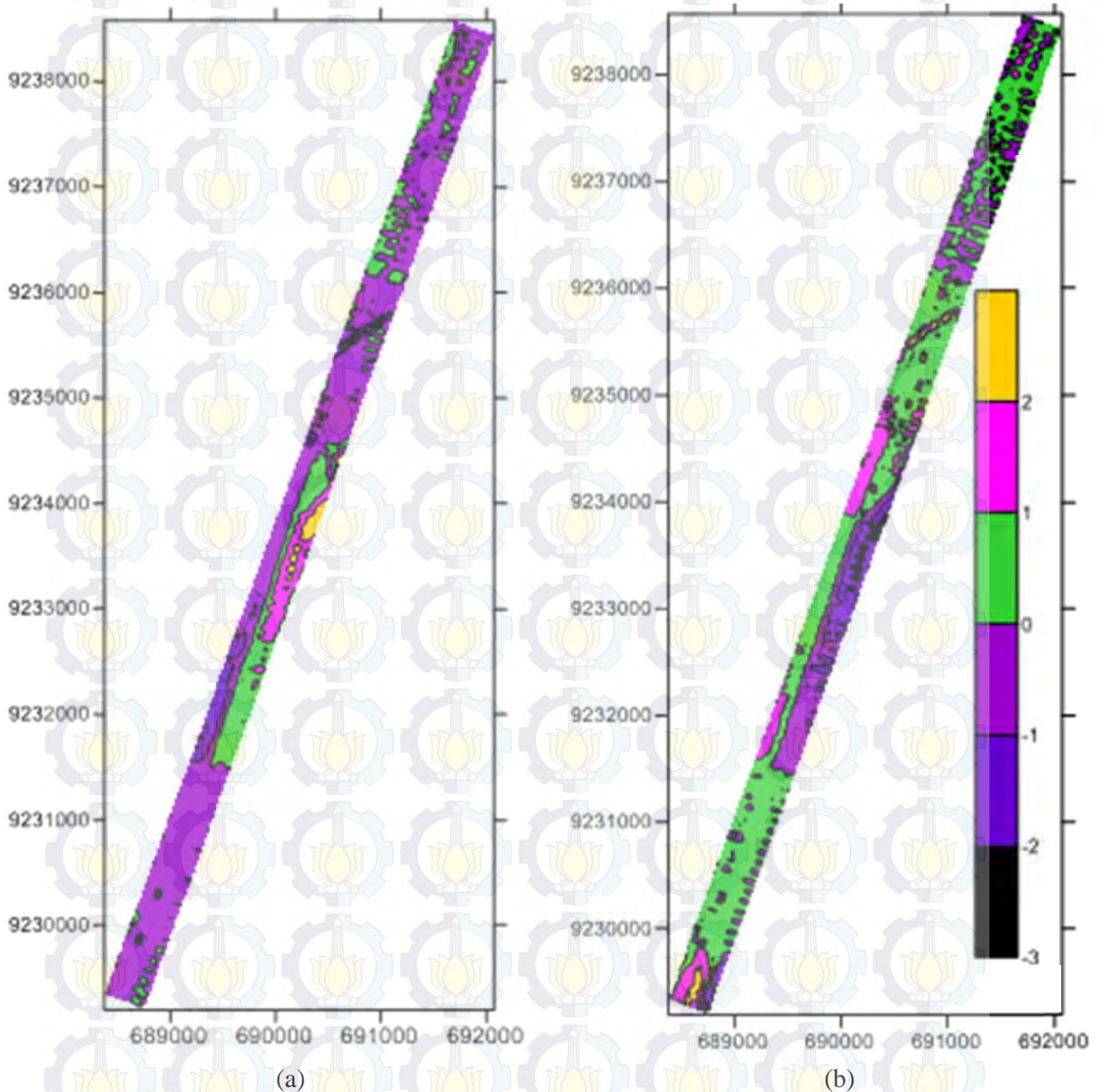
Gambar 4.2 Hasil Output Batimetri Spot BC (a) 2009, (b) 2011

Gambar 4.2 (a) merupakan hasil plotting batimetri dari proses gridding spot BC hasil survey tahun 2009, sedangkan gambar (b) menunjukkan hasil plotting batimetri spot BC hasil survey tahun 2011. Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat adanya perbedaan kontur kedalaman.



Gambar 4.3 Hasil Output Batimetri BC tahun 2013

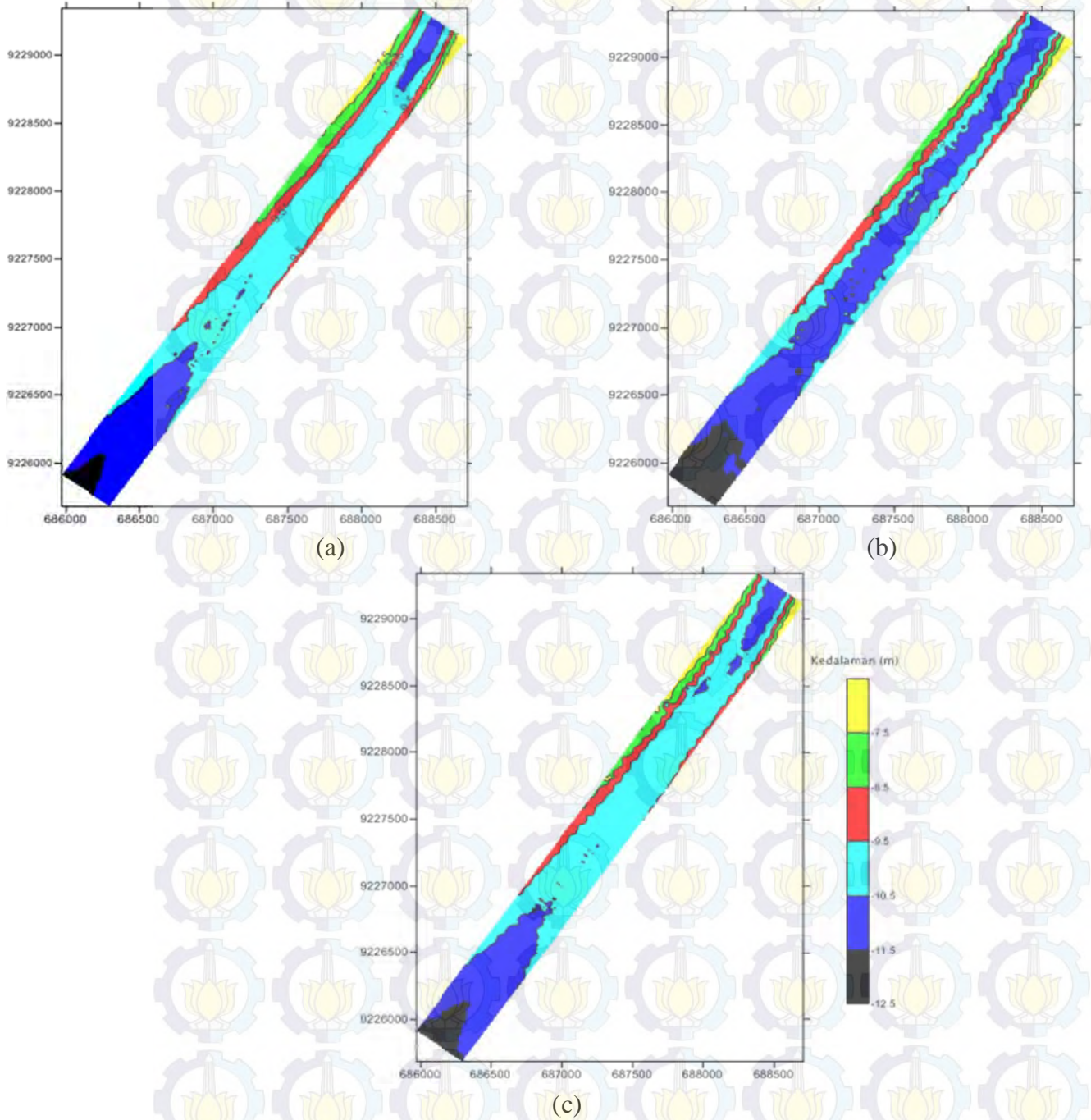
Dari gambar tersebut dapat dilihat gambaran kedalaman spot BC pada tahun 2013. Jika dibandingkan dengan batimetri tahun-tahun sebelumnya, terlihat adanya perubahan kontur kedalaman. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada hasil overlay (2011-2009) dan (2013-2011) adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4 Overlay Spot BC (a) 2009-2011, (b) 2011-2013

Gambar 4.4(a) menunjukkan hasil overlay spot BC 2009-2011, dan (b) BC 2011-2013. Dari gambar tersebut dapat dilihat gambaran penambahan dan pengurangan kedalaman yang mengindikasikan terjadinya proses sedimentasi dan erosi spot BC. Dari gambar dapat dilihat bahwa naiknya kontur kedalaman terjadi lebih banyak pada kurun waktu dua tahun terakhir.

4.2.1.2 Analisa Spot CD

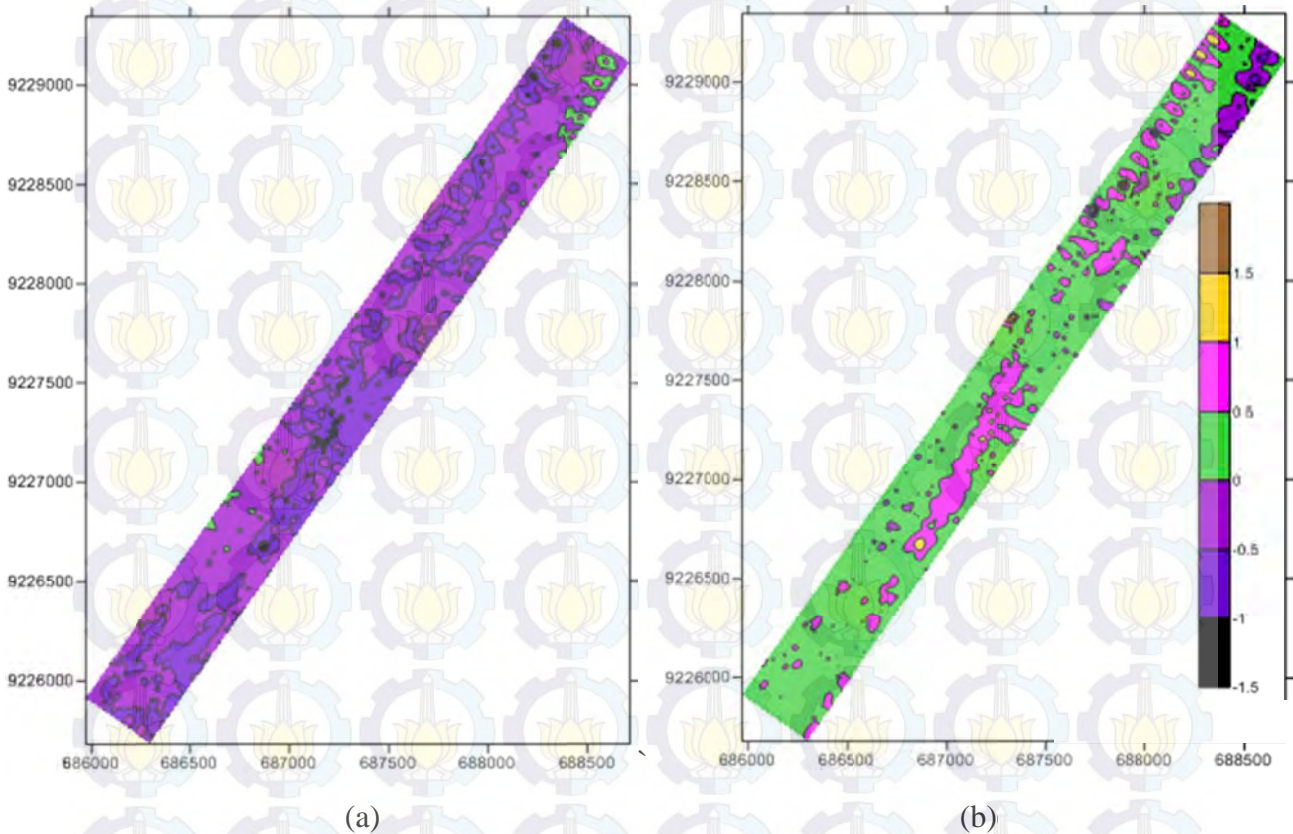


Gambar 4.5 Hasil Output Batimetri: (a) CD-2009, (b) CD-2011, (c) CD-2013

Dari gambar 4.5(a), (b), dan (c) tersebut dapat dilihat gambaran kedalaman spot CD dalam 3 tahun yang berbeda. Kondisi batas pada spot CD yaitu ;

X Minimum: 685970
X Maximum: 688710
X Spacing: 1
Y Minimum: 9225683
Y Maximum: 9229343
Y Spacing: 1
Grid Size: 3661 rows x 2741 columns

Untuk melihat lebih jelas adanya penambahan atau pengurangan kedalaman, dilakukan proses overlaying pada spot BC. Hasil overlay (2011-2009) dan (2013-2011) adalah sebagai berikut :

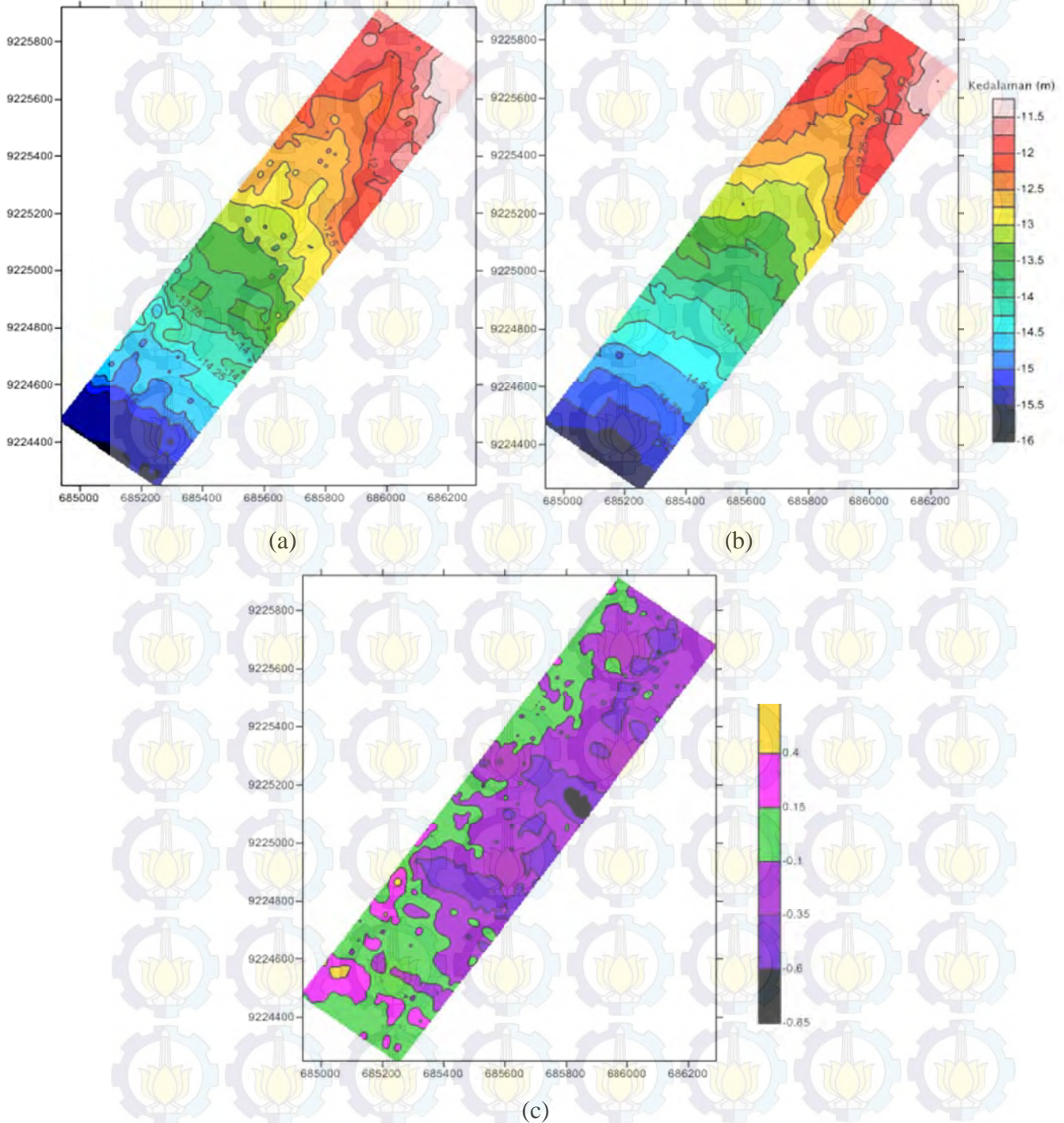


Gambar 4.6 Overlay : (a) CD 2009-2011, (b) CD 2011-2013

Dari gambar 4.6 (a), dan (b) tersebut dapat dilihat gambaran besarnya Penambahan ataupun pengurangan kedalaman yang terjadi pada spot

CD.Perubahan tersebut mengindikasikan terjadinya proses erosi dan sedimentasi. Pada gambar dapat dilihat adanya kecenderungan erosi pada tahun 2009-2011.

4.2.1.3. Analisa Spot DE



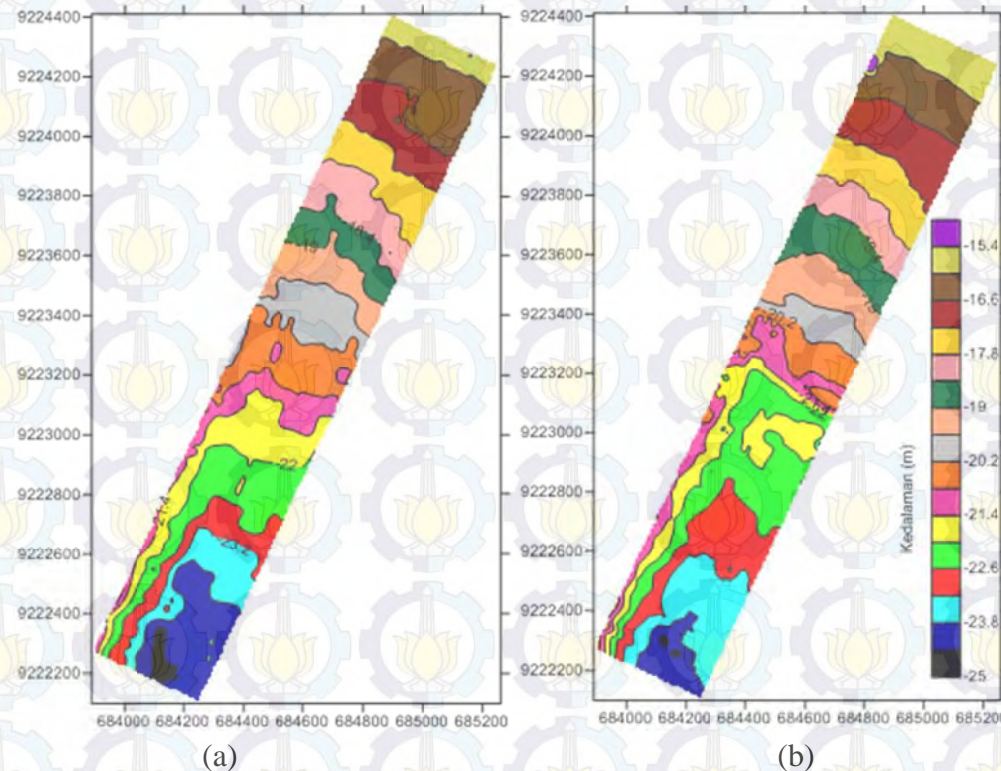
Gambar 4.7 Hasil Output Batimetridan Overlay DE(a) 2009, (b) 2013, dan (c) Overlay DE

Hasil output batimetri pada gambar 4.7 (a) dan (b) tersebut dapat dilihat gambaran kedalaman spot DE dalam 2 tahun yang berbeda, yaitu tahun 2009 dan 2013. Sehingga dapat dilihat adanya perbedaan kedalaman spot DE dalam kurun waktu 4 tahun. Sedangkan hasil overlay batimetri spot DE-2009 dan DE-2013 dapat dilihat pada gambar (c). Dari gambar overlay tersebut dapat dilihat gambaran besarnya penambahan dan pengurangan kedalaman yang terjadi pada spot DE dalam kurun waktu empat tahun.

4.2.1.4. Analisa Spot EF

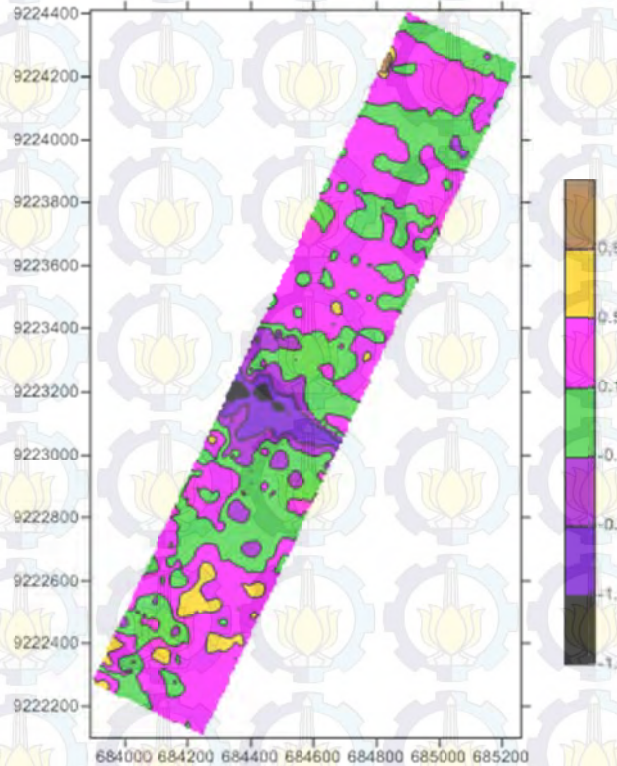
Kondisi Batas untuk analisa spot EF yaitu ;

X Minimum: 683890
 X Maximum: 685260
 X Spacing: 10
 Y Minimum: 9222100
 Y Maximum: 9224410
 Y Spacing: 10
 Grid Size: 232 rows x 138 columns



Gambar 4.8 Hasil Output Batimetri: (a) EF-2009 ,(b)EF-2013

Dari gambar 4.8(a) dan (b) tersebut dapat dilihat adanya perbedaan nilai kedalaman pada spot EF dalam 2 tahun yang berbeda. Sedangkan hasil overlay untuk mendapatkan gambaran besarnya penambahan atau pengurangan kedalaman yang terjadi pada spot EF dalam kurun waktu 2009 hingga 2013 dapat dilihat pada gambar berikut ini



(c)

Gambar 4.9 Overlay EF 2009-2013.

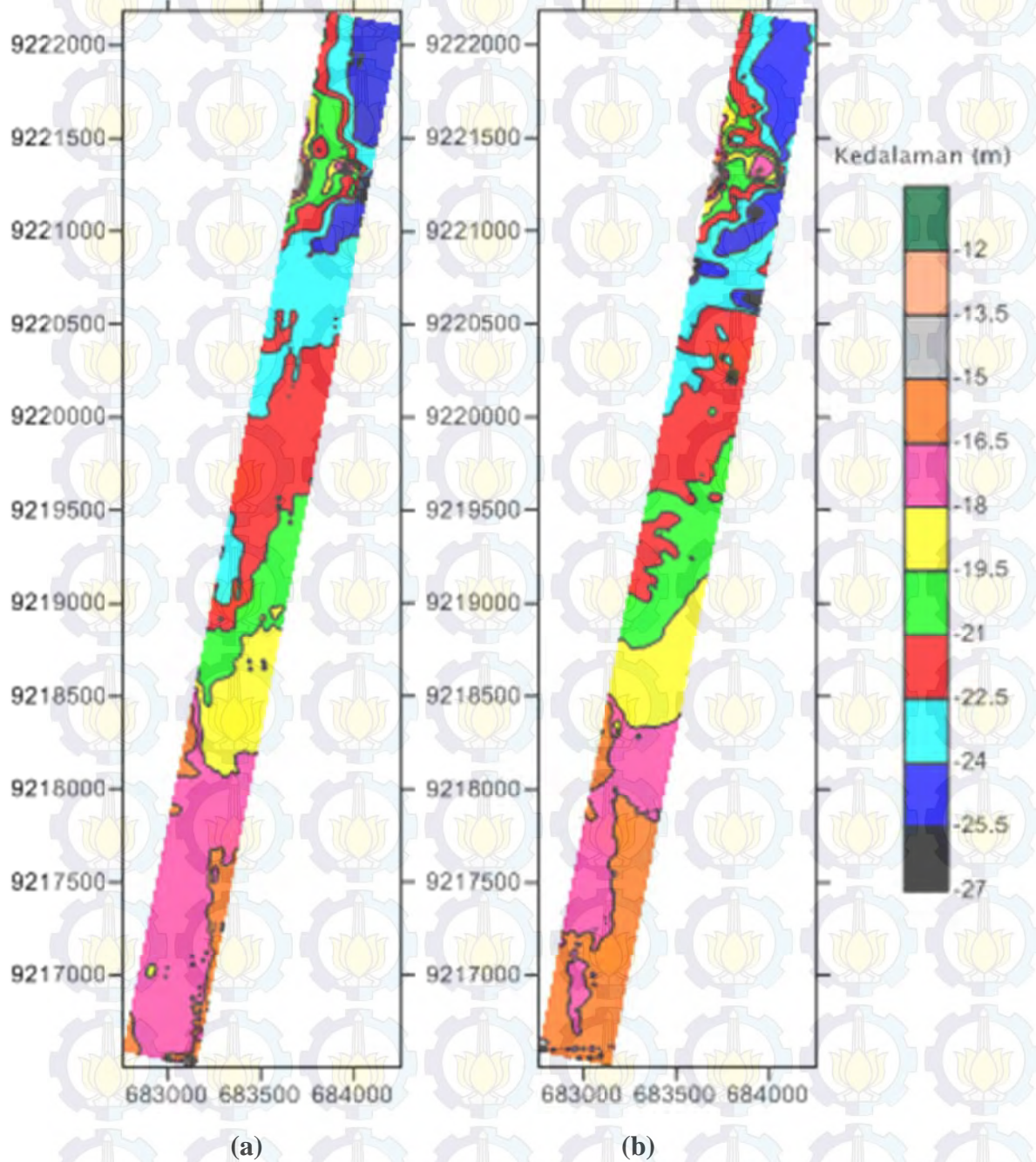
Dari gambar overlay tersebut dapat dilihat adanya kecenderungan pengurangan kedalaman. Hal tersebut mengindikasikan bahwa di lokasi tersebut lebih dominan terjadi proses sedimentasi.

4.2.1.5. Analisa Spot FG

Kondisi batas untuk analisa spot FG adalah sebagai berikut ;

X Minimum: 682760
 X Maximum: 684250
 X Spacing: 1
 Y Minimum: 9216510

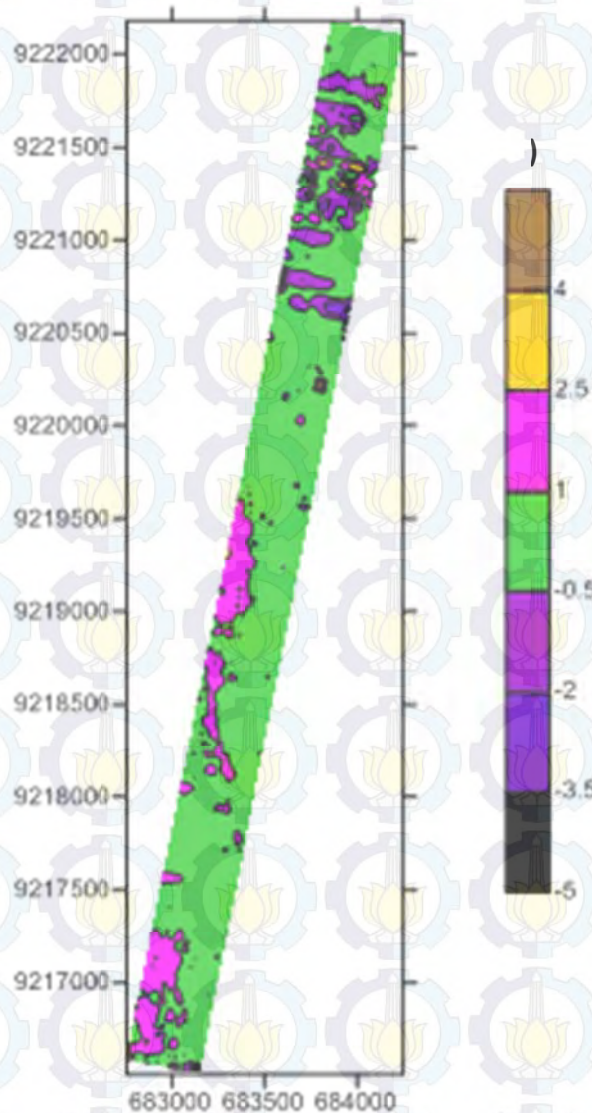
Y Maximum: 9222180
Y Spacing: 1
Grid Size: 5671 rows x 1491 columns



Gambar 4.10 Hasil Output Batimetri FG

Gambar 4.10 (a) merupakan batimetri FG 2009 dan (b) merupakan hasil plot batimetri tahun 2013. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa dalam kurun

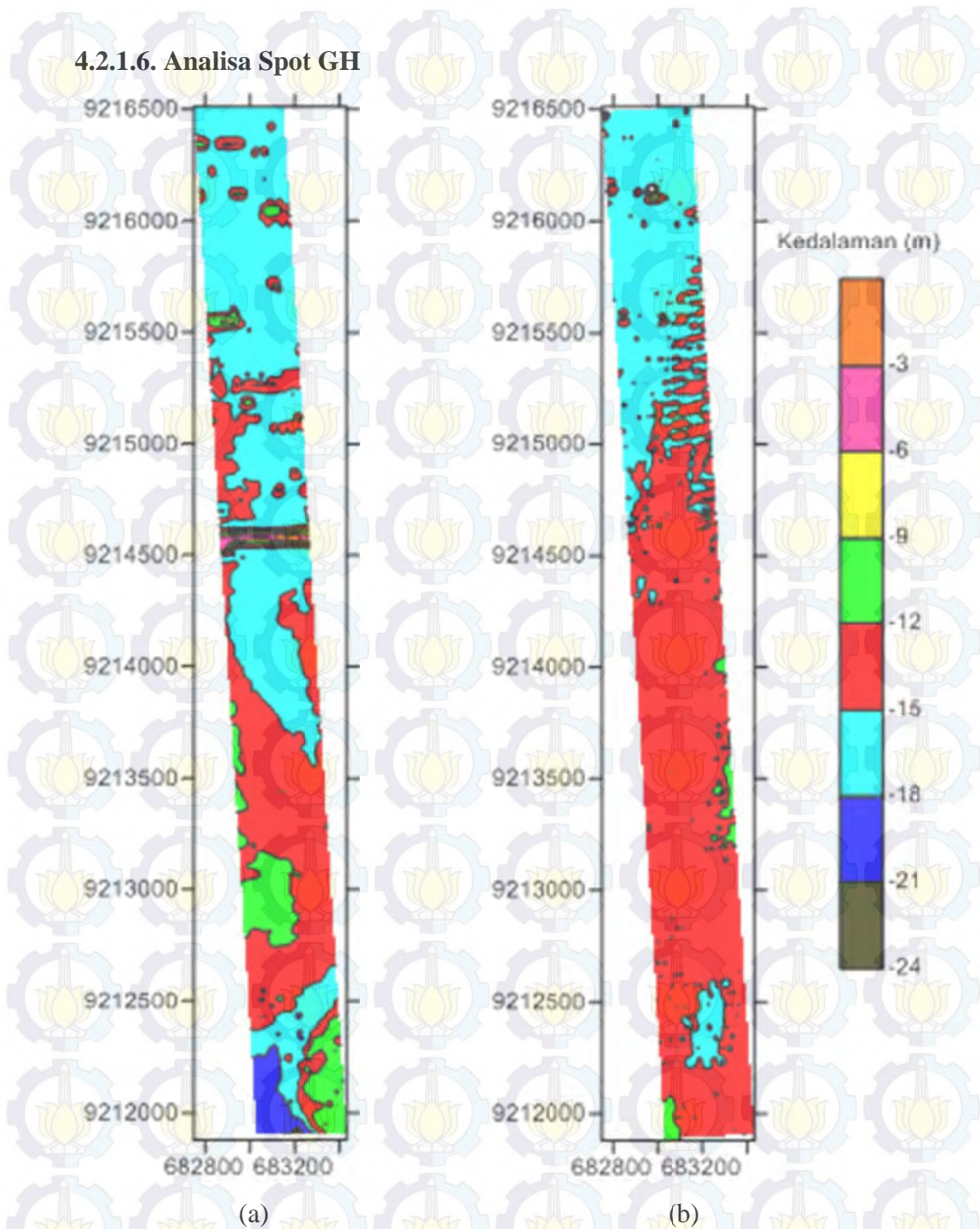
waktu 4 tahun terakhir terjadi perubahan kedalaman pada spot FG. Adanya perbedaan nilai kedalaman tersebut menunjukkan bahwa daerah pada spot tersebut mengalami sedimentasi dan erosi. Besarnya nilai perubahan kedalaman disepanjang spot FG dapat dilihat pada gambar berikut ;



Gambar 4.11 Overlay Batimetri FG

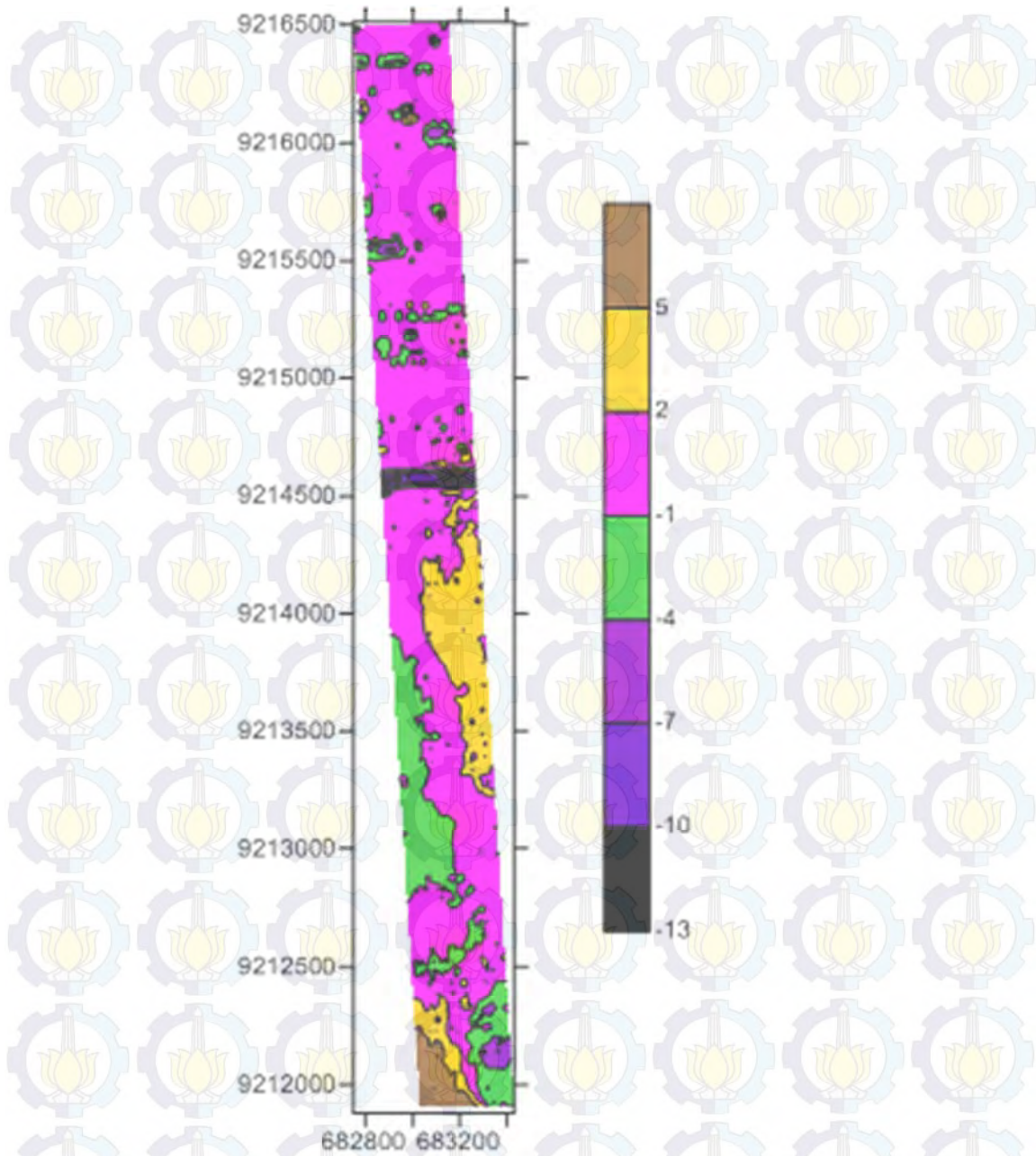
Gambar tersebut menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 2009-2013 pada spot FG lebih banyak mengalami pendangkalan dan pada sebagian kecil area penambahan kedalaman. Besar nilai pendangkalan yang paling banyak terjadi yaitu sebesar 1m.

4.2.1.6. Analisa Spot GH



Gambar 4.12 Hasil Output Batimetri GH

Gambar 4.12 (a) merupakan hasil output batimetri tahun 2009 dan (b) merupakan hasil output batimetri tahun 2013. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa dalam kurun waktu 4 tahun kedalaman pada spot FG mengalami perubahan kontur kedalaman yang cukup signifikan. Hal tersebut mengindikasikan terjadinya proses erosi dan sedimentasi pada spot GH.



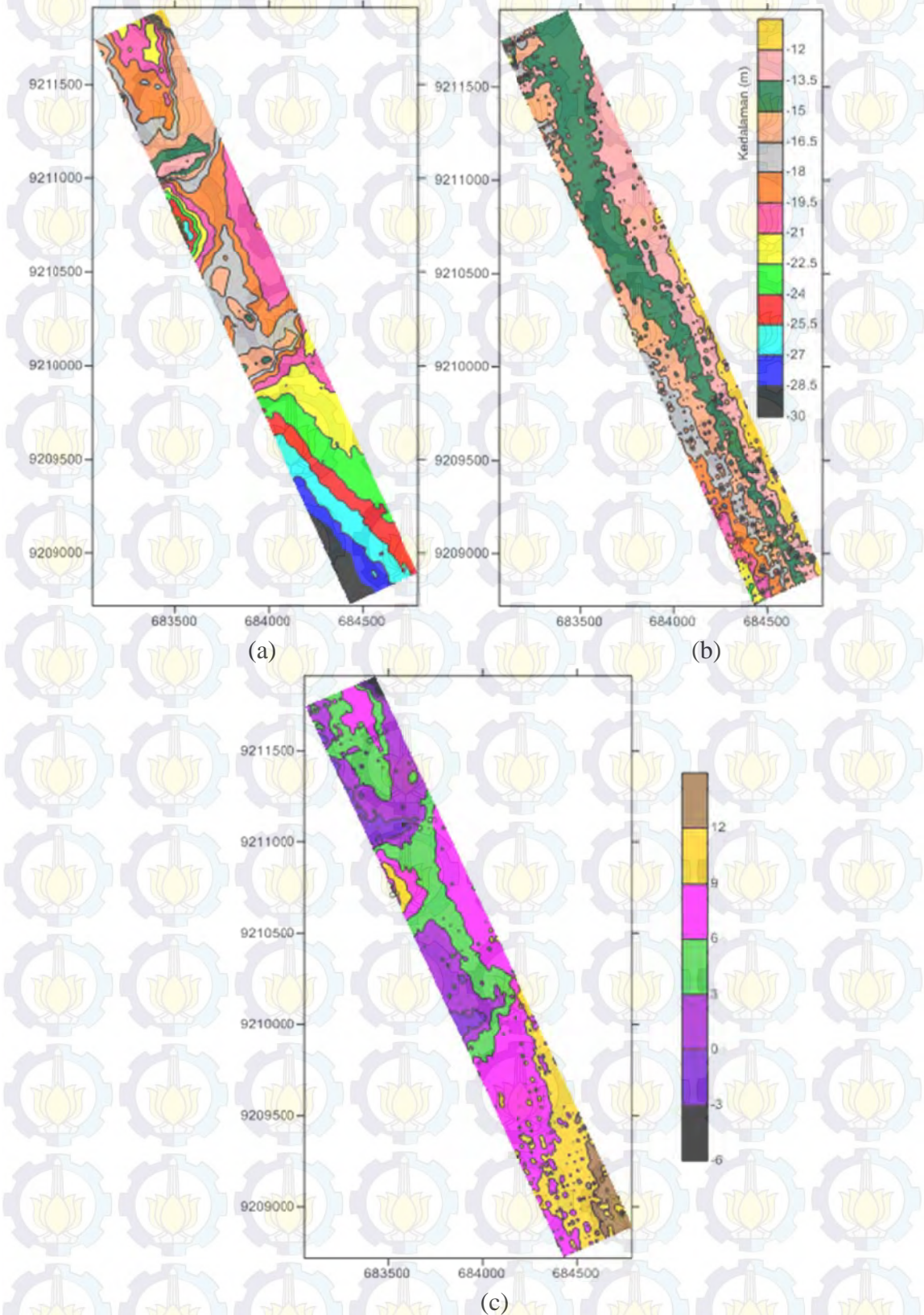
Gambar 4.13 Overlay Batimetri GH

Dari gambar 4.13 tersebut dapat dilihat bahwa dalam kurun waktu 2009-2013 pada spot GH mengalami pendangkalan yang lebih dominan dari pada proses erosinya. Besar nilai pendangkalan yang paling banyak terjadi yaitu mencapai 2m.

4.2.1.7. Analisa Spot HI

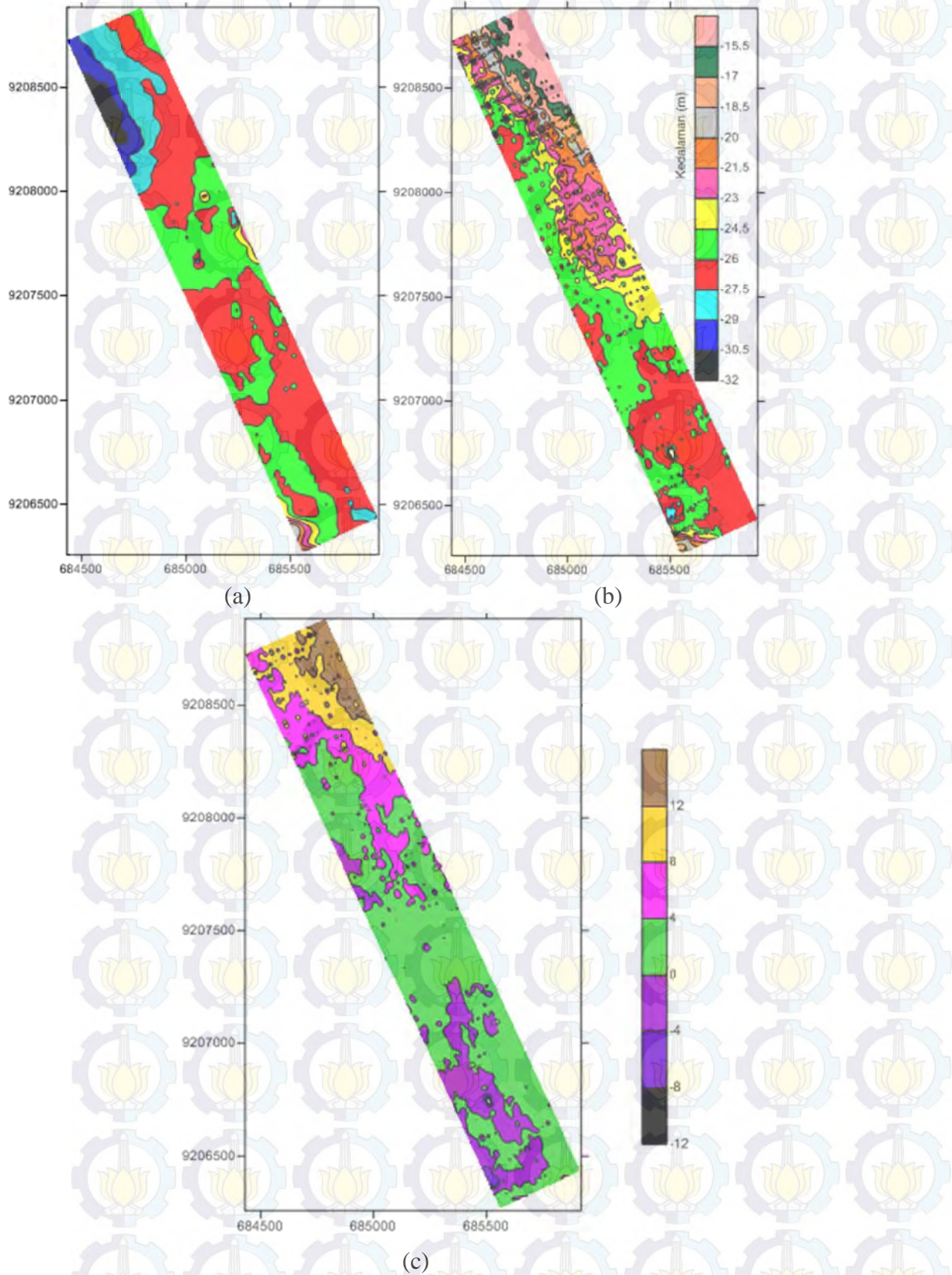
Hasil output batimetri pada gambar 4.14 (a) dan (b) berikut ini dapat dilihat gambaran kedalaman spot HI dalam 2 tahun yang berbeda, yaitu tahun 2009 dan

2013. Sedangkan gambar (c) menunjukkan dominasi proses pendangkalan pada spot HI dalam kurun waktu tersebut.



Gambar 4.14 Batimetri: (a) 2009, (b) 2013, (c) overlay HI 2009-2013.

4.2.1.8. Analisa Spot IJ



Gambar 4.15 Batimetri: (a)2009 ,(b) 2013, (c) Overlay IJ 2009-2013.

Dari gambar 4.15 (a) dan (b) tersebut dapat dilihat adanya perbedaan nilai kedalaman pada spot IJ dalam 2 tahun yang berbeda. Sedangkan dari gambar (c) dapat diketahui besarnya Pendangkalan dan penambahan kedalaman yang terjadi pada spot IJ dalam kurun waktu 2009 hingga 2013.

4.2.2 Volume Sedimentasi per-Spot

Perhitungan volume sedimentasi dengan metode overlay dilakukan dengan menggunakan data tahun terbaru sebagai *upper surface*, sedangkan tahun sebelumnya sebagai *lower surface* nya. Berikut ini merupakan gambaran proses Dari output surfer diperoleh besar volume sedimentasi pada tiap spot di tiap waktu sounding sebagai berikut:

Tabel 4.3 Besar Volume Sedimentasi Dan Erosi Pada Overlay 2009-2013

Spot	Volume 2009-2013 (m3)		
	Sedimentasi	Erosi	Dominan
DE	20541.39	127273.24	Erosi
EF	141536.93	87020.33	Sedimentasi
FG	1131241.12	306460.24	Sedimentasi
GH	1615487.73	1106283.75	Sedimentasi
HI	7885346.17	67086.39	Sedimentasi
IJ	3317778.79	120127.41	Sedimentasi
JK	199870.98	153942.86	Sedimentasi

Tabel 4.3 Besar Volume Sedimentasi Dan Erosi Pada Overlay 2009-2011

Spot	Volume 2009-2011(m3)		
	Sedimentasi	Erosi	Dominan
BC	766400.05	1291614.64	Erosi
CD	8040.99	731283.71	Erosi

Tabel 4.5 Besar Volume Sedimentasi Dan Erosi Pada Overlay 2011-2013

Spot	Volume 2011-2013 (m ³)		
	Sedimentasi	Erosi	Dominan
BC	1610590.51	856031.63	Sedimentasi
CD	573223.31	21332.07	Sedimentasi

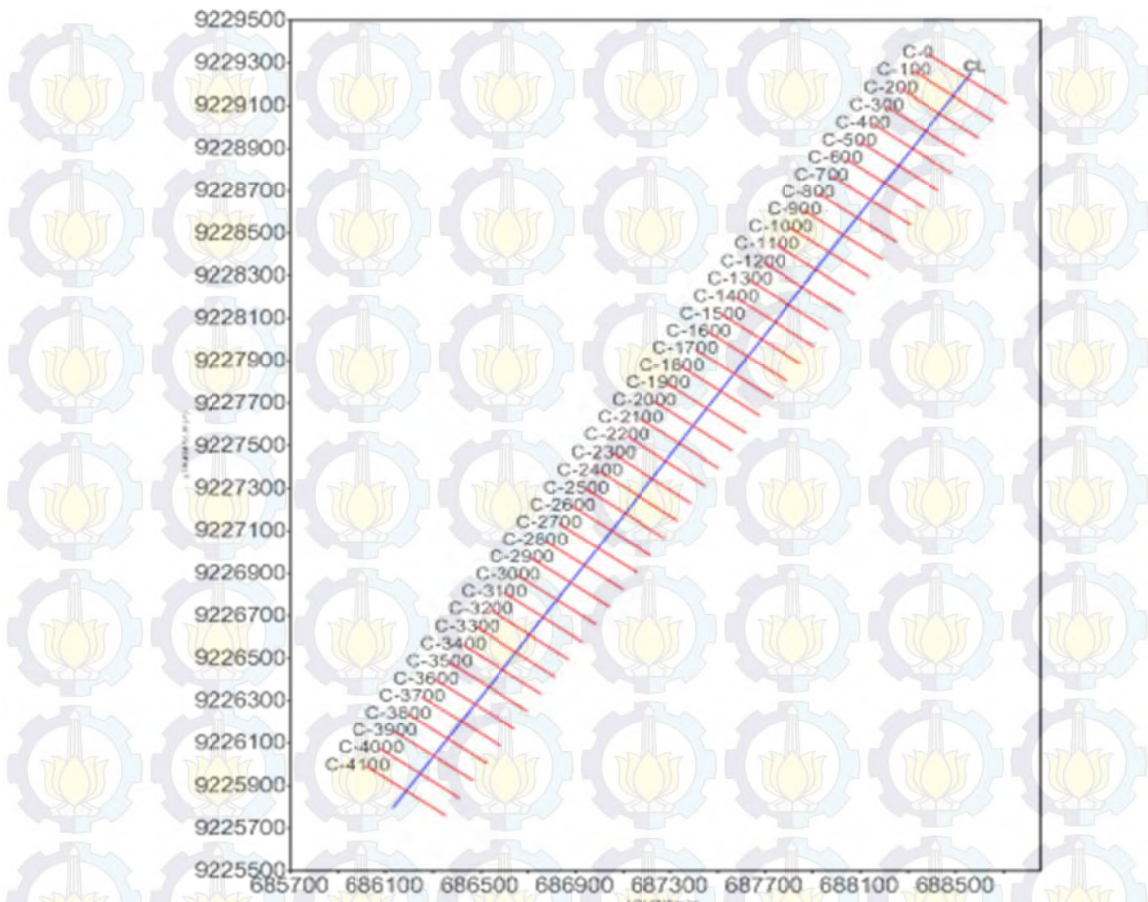
4.2.3 Analisa Volume Sedimentasi per 100m

Output peta perspot di bagi –bagi lagi berdasarkan boundary line per 100mX400m, kemudian di overlaykan tiap dua tahun (2009-2011 dan 2011-2013) untuk spot BC dan CD, sedangkan spot DE sampai IJ dilakukan overlay tahun 2009-2013. Analisa volume sedimentasi per 100 m bertujuan untuk mengetahui lebih rinci lokasi terjadinya sedimentasi maupun erosi. Tabel berikut ini menyajikan dimensi dan pembagian section per 100m.

Tabel 4.6 Pembagian Section per 100m

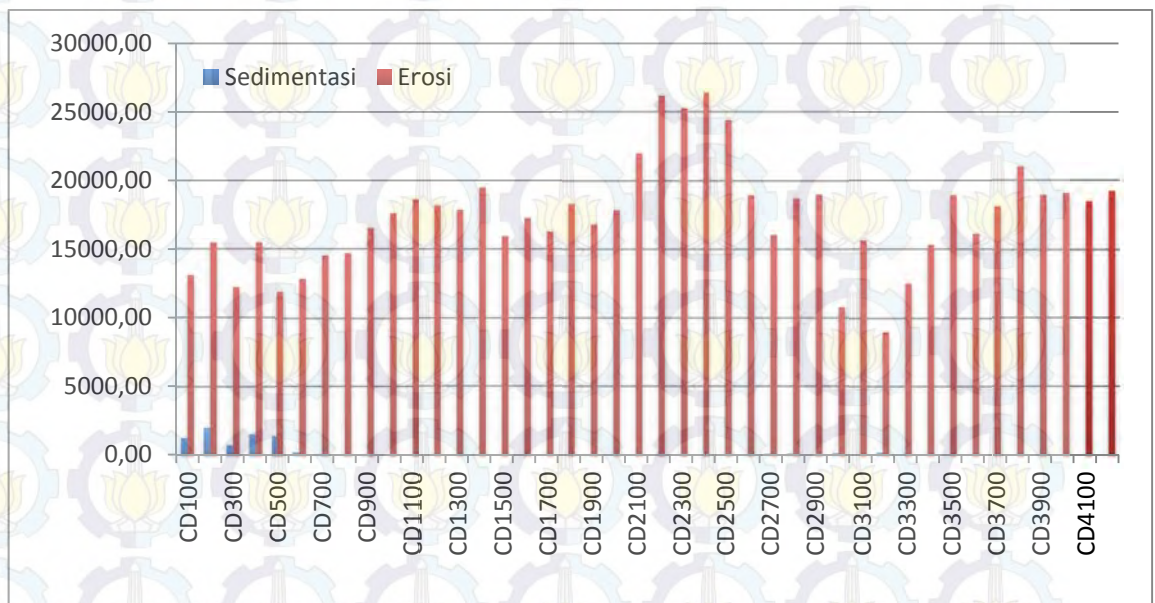
SPOT	Ordinat awal (UTM)		LEBAR (m)	Spot Section (m)
	X	Y		
BC	691889,542	9238499,07	400	0 - 9800
CD	688561,99	9229249,99	400	0 - 4200
DE	686133,396	9225797,63	400	0 - 1800
EF	685081	9224342	400	0 - 2400
FG	684060	9222165	400	0 - 5700
GH	682949	9216525	400	0 - 4600
HI	683233	9211859	400	0 - 3300
IJ	684612,213	9208806,54	400	0 - 2700

Spot CD dengan batas boundary line yang ada selanjutnya dipotong-potong menjadi pias-pias dengan dimensi panjang 100m dan lebar 400m. Potongan pembagian section spot CD per 100 meter yaitu sebagai berikut,



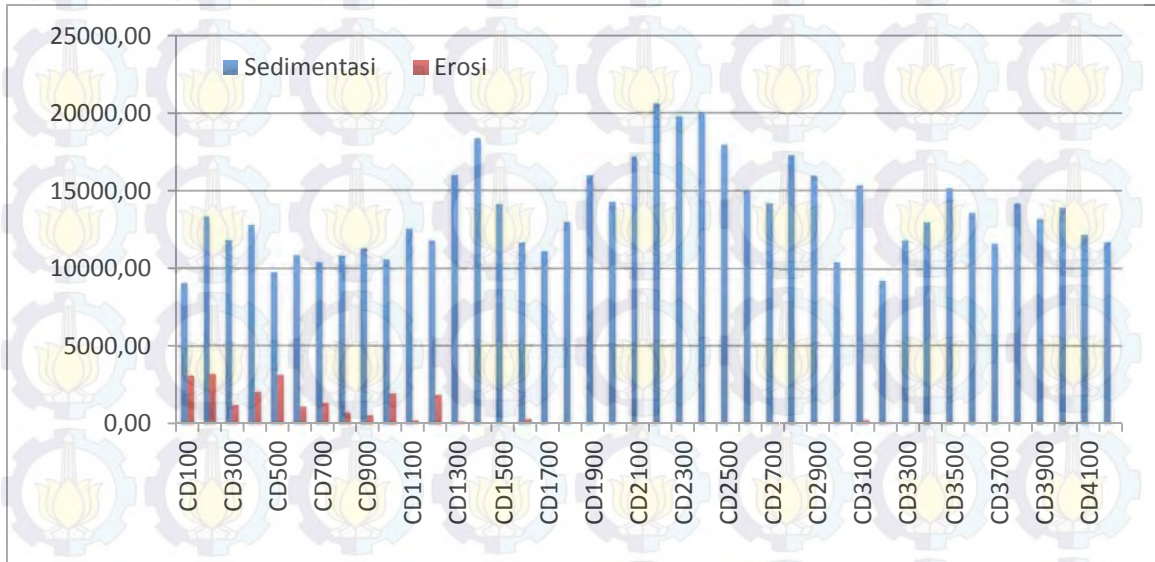
Gambar 4.16. Pembagian Spot CD

Gambar diatas menunjukkan skema pembagian spot CD dari section CD-0 hingga Section CD-4100.



Gambar 4.17 Diagram Batang Volume Sedimentasi CD 2009-2011

Diagram batang diatas menunjukkan besar volume sedimentasi dan erosi spot CD pada overlay tahun 2009-2011. Dapat dilihat bahwa pada kurun waktu tersebut jumlah sedimen paada spot CD banyak berkurang. Hal ini dikarenakan adanya proyek pengerukan pada spot tersebut.



Gambar 4.18. Diagram Batang Volume Sedimentasi CD 2011-2013

Diagram batang diatas menunjukkan besar volume sedimentasi dan erosi spot CD pada overlay tahun 2011-2013. Dapat dilihat bahwa pada kurun waktu tersebut terjadi kenaikan jumlah sedimen. Kedalaman pada spot CD semakin dangkal. Untuk hasil analisa perseccion 100 m hanya ditampilkan untuk spot CD, sedangkan hasil untuk spot yang lain dapat dilihat pada lampiran.

BAB V

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN METODE SED-PIT

5.1 Lokasi daerah studi

Metode SED-PIT hanya digunakan untuk analisa sedimentasi, maka untuk spot yang mengalami kecenderungan erosi berdasarkan hasil analisa overlay yaitu spot BC dan CD 2009-2013 serta spot DE 09-13. Tabel 5.1 berikut ini menunjukkan spot mana saja yang dapat dilakukan analisa volume sedimentasi dengan metode SED-PIT.

Tabel 5.1 Lokasi Studi analisa SED-PIT

Spot-tahun	Dominasi Hasil Overlay	Analisa SED-PIT
BC 09-11	Erosi	tidak
CD 09-11	Erosi	tidak
BC 11-13	Sedimentasi	ya
CD 11-13	Sedimentasi	ya
DE 11-13	Erosi	tidak
EF 11-13	Sedimentasi	ya
FG 11-13	Sedimentasi	ya
GH 11-13	Sedimentasi	ya
HI 11-13	Sedimentasi	ya
IJ 11-13	Sedimentasi	ya

5.2 Parameter Analisa Metode SED-PIT

Analisa Volume Sedimentasi dengan metode SED-PIT dilakukan untuk selanjutnya dibandingkan dengan nilai hasil analisa volume sedimentasi dengan metode Overlay. Selisih hasil analisa dari kedua metode tersebut bisa diterima bila tidak melebihi 10%, jika melebihi prosentase tersebut maka perlu dilakukan analisa ulang yang lebih teliti untuk mengetahui titik kesalahan dan diperoleh hasil yang lebih sesuai.

Perbedaan utama dari kedua metode ini adalah parameter yang di inputkan dalam proses analisa. Metode Overlay hanya diperlukan parameter koordinat (X, Y), dan kedalaman (Z) dari hasil survey dalam dua kurun waktu berbeda untuk

selanjutnya dilakukan integrasi untuk memperoleh nilai besarnya volume sedimentasi maupun erosi. Sedangkan metode SED-PIT mensyaratkan input parameter yang lebih kompleks dalam proses analisisnya, namun parameter yang diinputkan hanya berasal dari satu waktu data dan output yang dihasilkan hanya menyajikan besarnya volume sedimentasi, tidak dapat digunakan untuk menghitung besarnya nilai volume erosi.

Tabel berikut ini menyajikan parameter-parameter yang berasal dari hasil survey yang selanjutnya digunakan untuk analisa volume sedimentasi dengan metode SED-PIT.

Tabel 5.2 Parameter analisa SED-PIT dari Hasil Survey

SPOT	L (m)	B (m)	h1 (m)	h0 (m)	α °(degree)
BC	9829,44	3320	9,66	9,15	110
CD	4221	2413	10,53	9,94	110
EF	2404,53	1364,75	20,21	20	126
FG	5748,38	1493,55	21,53	20,68	115
GH	4674,63	682,587	17,43	14,47	101
HI	3349,08	1758,63	24,57	21,31	87
IJ	2776,13	1489,95	26,15	23,82	66

Spot yang dianalisa memiliki dimensi lebar dan panjang yang besar, dalam area yang luas tersebut tentunya memiliki kedalaman yang sangat beragam. Sementara analisa dengan metode SED-PIT hanya memerlukan satu nilai kedalaman, untuk itu untuk nilai h0 dan h1 yang digunakan adalah nilai rata-rata. h0 merupakan kedalaman diluar alur, sedangkan h1 merupakan kedalaman didalam alur.

Analisa dengan metode SED-PIT juga memerlukan data profil sediment serta konsentrasi sedimennya. Karena keterbatasan data sediment yang ada maka digunakan data asumsi berdasarkan kombinasi data sediment disekitar alur pelayaran barat surabaya dan referensi data sedimen alur pelayaran pada umumnya. Data profil sediment tersebut disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 5.3 data sedimen untuk analisa SED-PIT

Parameter	BC	CD	EF	FG	GH	HI	IJ
Tipe pasir	Med.sand	fine sand			fine sand		
d50s (m)	0,00025	0,000188	0	0	0,000188	0	0
d90s (m)	0,0003	0,00026	0	0	0,00026	0	0
Ws,clay (m/s)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ws,silt (m/s)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Ws,sand (m/s)	0,02	0,0057	0	0	0,0057	0	0
c silt (kg/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,25	0,3
c clay (kg/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,25	0,3

Tabel tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi silt dan clay pada spot HI dan spot IJ lebih besar dari pada spot lain. Hal ini disebabkan posisi spot HI dan IJ yang lebih dekat dengan areal pelabuhan dan sungai-sungai yang bermuara ke alur pelayaran barat surabaya. Aliran sungai-sungai tersebut mengangkut sediment menuju APBS. Sehingga konsentrasi silt dan clay lebih besar.

Analisa dengan metode SED-PIT juga memperhitungkan pengaruh pasang-surut dan gelombang. Data tinggi (Dh) dan kecepatan arus (U) pasang surut yang digunakan berasal dari buku peramalan tinggi dan arus pasang surut oleh DISHIDROS. Untuk data tinggi dan arus pasut, diperoleh dari data pasut bulan Juni yang merupakan waktu dilakukannya survey batimetri. Data dalam satu bulan tersebut dikelompokkan berdasarkan periode pasang dan surut. Selanjutnya data yang telah dikempokkan selanjutnya dirata-ratakan untuk memperoleh nilai rata-rata Dh dan U saat pasang dan surut. Sedangkan data gelombang yang digunakan adalah data gelombang signifikan dari data angin 2000-2009 berdasarkan Studi Amdal APBS 2011. Parameter gelombang dan pasang-surut yang digunakan dalam analisa dengan metode ini yaitu ;

Tinggi pasang terhadap MSL (Dh flood): 1,15 m

Tinggi pasang terhadap MSL (Dh ebb) : 1,03 m

Kecepatan arus saat pasang (U flood) : 0,374 m/s

Kecepatan arus saat surut (U ebb) : 0,437 m/s
 Tinggi Gelombang Signifikan (H) : 0,689 m
 Periode Gelombang Signifikan (T) : 3,456 s

Keseluruhan input parameter tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai-nilai yang mempengaruhi sedimentasi baik didalam alur maupun yang diluar alur. Output yang dihasilkan berupa besarnya volume sedimentasi (m³).

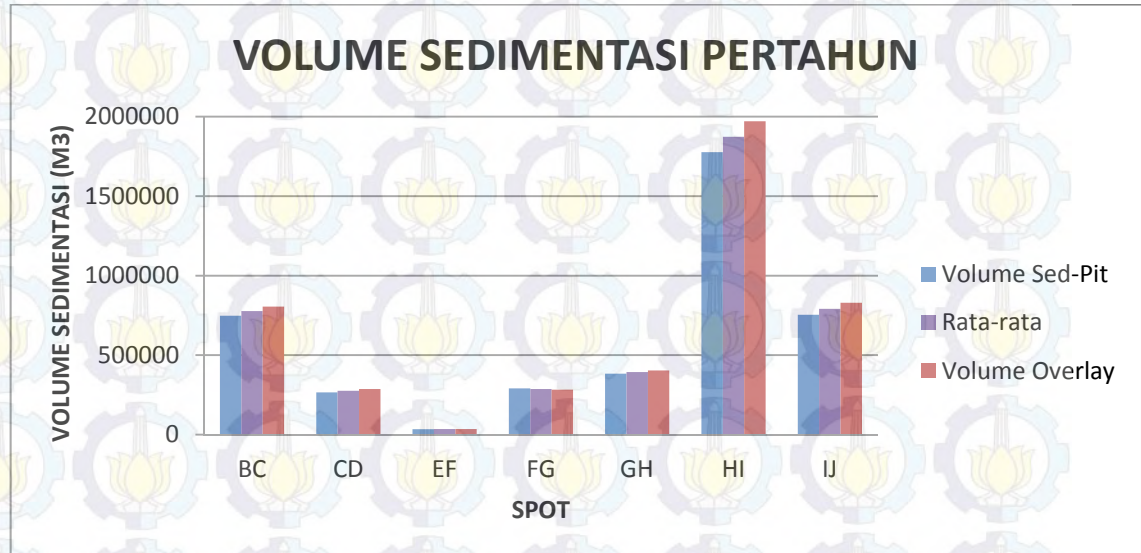
5.3 Hasil Analisa Sedimentasi dengan metode SED-PIT

Perbedaan parameter-parameter yang digunakan dalam analisa dengan metode overlay dan SED-PIT mengakibatkan adanya perbedaan hasil nilai volume sedimentasi yang diperoleh dari kedua metode tersebut. Kelebihan dari metode overlay yaitu parameter yang di inputkan (koordinat dan kedalaman) sudah pasti karena berasal dari hasil survey. Sedangkan kelebihan dari metode SED-PIT yaitu melibatkan parameter yang lebih kompleks seperti pengaruh pasut, arus, gelombang serta konsentrasi sedimen. Sehingga hasil yang diperoleh lebih teoritis, namun beberapa parameter untuk metode SED-PIT menggunakan data asumsi. Berikut ini disajikan hasil perhitungan volume sedimentasi pertahun pada area studi.

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Sedimentasi Pertahun

SPOT	Volume		ERROR	Rata-rata
	Sed-Pit	Overlay		
BC	748450,58	805295,26	7,06%	776872,92
CD	265676,50	286611,66	7,30%	276144,08
EF	34772,08	35384,23	1,73%	35078,16
FG	291549,79	282810,28	3,09%	287180,04
GH	383682,33	403871,93	5,00%	393777,13
HI	1776390,14	1971336,50	9,89%	1873863,34
IJ	754080,77	829444,70	9,09%	791762,734

Tabel tersebut menunjukkan nilai error berada dalam nilai toleransi. Yaitu kurang dari 10%. Apabila disajikan dalam bentuk grafik, maka diperoleh tampilan sebagai berikut ini;

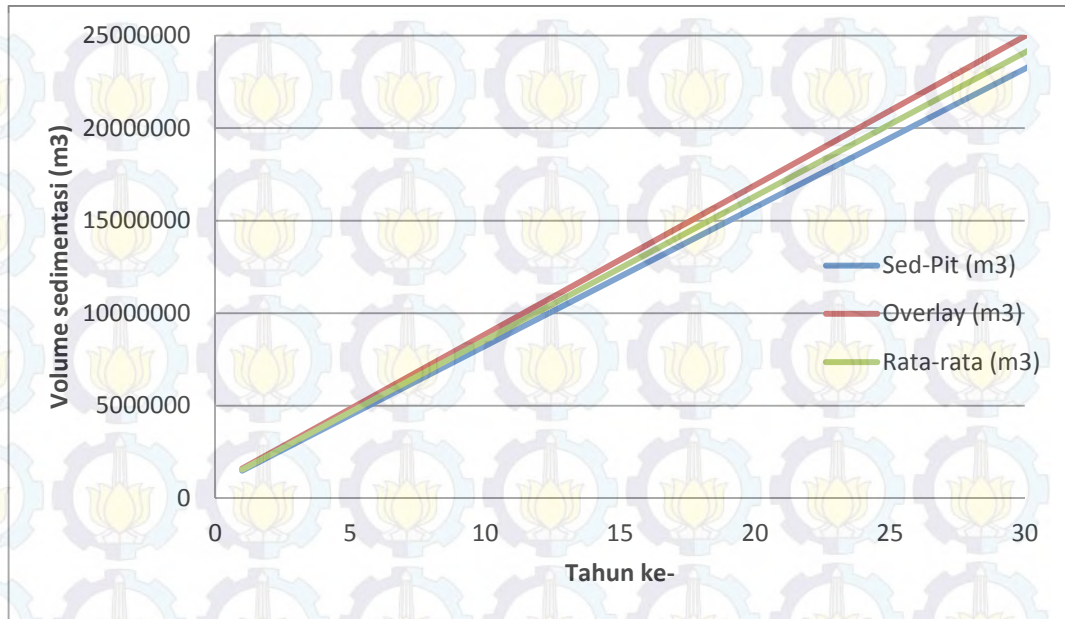


Gambar 5.1 Grafik Batang Perbandingan Hasil Analisa Sedimentasi

Dari tabel dan grafik tersebut dapat diketahui bahwa sedimentasi terbesar terjadi pada spot HI. Hal ini disebabkan konsentrasi sedimen dan juga kemiringan lereng yang lebih besar akibat besarnya perbedaan nilai h_1 dan h_0 . Sedangkan volume sedimentasi terkecil terjadi pada spot EF, karena dimensi spot EF memang paling sempit, perbedaan h_1 dan h_0 pada spot ini juga kecil.

5.4 Analisa Prediksi Sedimentasi

Prediksi sedimentasi dilakukan setelah memperoleh harga error antara hasil metode overlay dan metode SED-PIT yang tidak melebihi 10%. Nilai volume sedimentasi pertahun yang diperoleh dari kedua metode diolah lebih lanjut untuk memperoleh prediksi sedimentasi selama beberapa tahun ke depan. Prediksi dilakukan dengan asumsi tidak ada upaya pengerukan dalam kurun waktu tersebut. Berikut ini disajikan grafik prediksi sedimentasi pada spot BC.

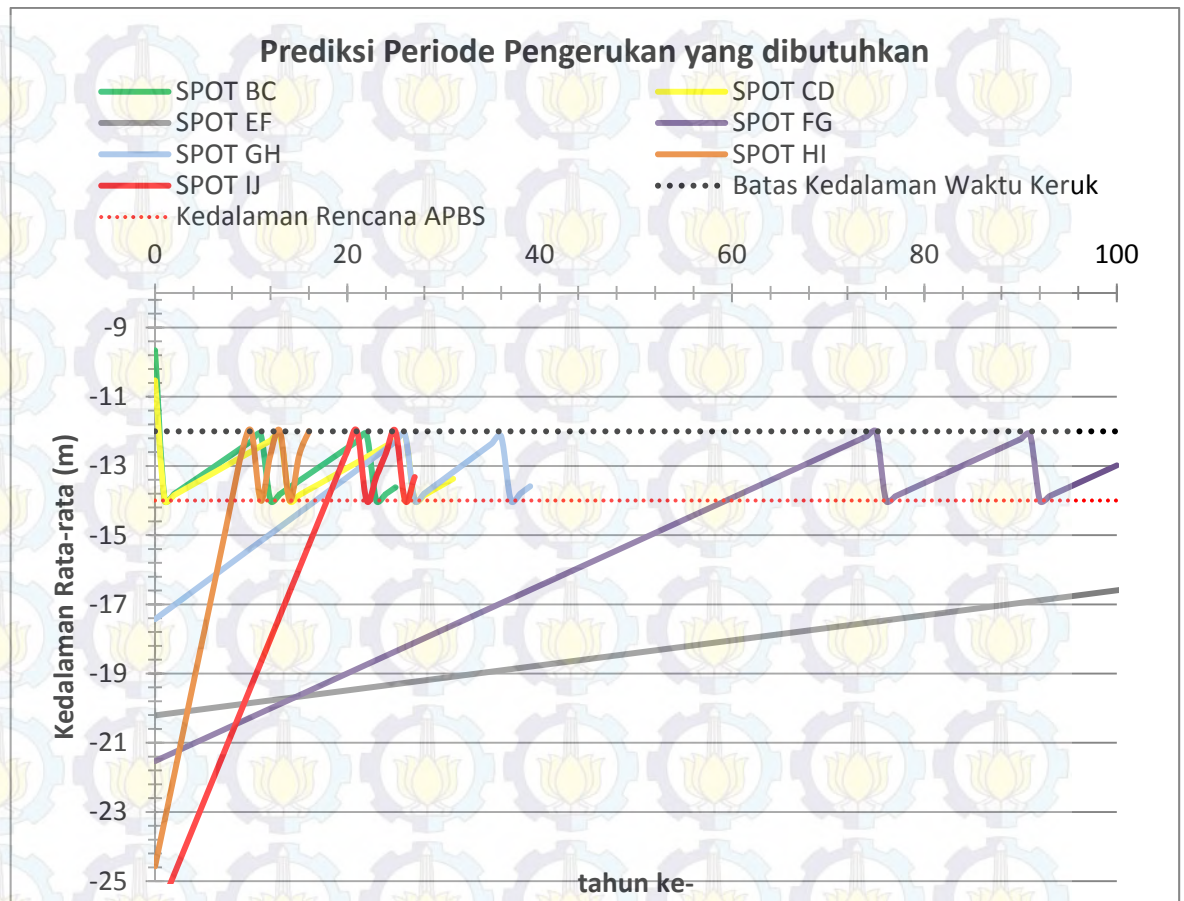


Gambar 5.2 Grafik Prediksi Sedimentasi Spot BC

Prediksi sedimentasi untuk spot yang lain dengan asumsi tidak ada kegiatan pengerukan juga menunjukkan pola yang sama. Detail nilai volume sedimentasi tiap spot yang lain dapat dilihat di lampiran.

Prediksi sedimentasi dari tahun ke tahun dapat dimanfaatkan untuk upaya sediment management dalam rangka menjaga efektifitas alur pelayaran. Untuk menjaga kedalaman alur efektif, ditetapkan batas kedalaman untuk dilakukan upaya pengerukan pada waktu besarnya kedalaman alur mencapai batas tersebut. Kemudian diprediksi lagi hingga kembali mencapai batas kedalaman untuk dikeruk lagi, sehingga bisa diperoleh prediksi waktu pengerukan yang diperlukan.

Kondisi eksisting masing-masing spot memiliki rata-rata kedalaman yang berbeda-beda. Alur Pelayaran Barat Surabaya direncanakan harus memiliki kedalaman minimal -14m. Untuk itu alur dengan kedalaman yang tidak mencapai -14m harus dikeruk. Selanjutnya untuk menjaga efektifitas alur, batas kedalaman ditentukan pada -12m. Artinya, apabila terdapat spot dengan kedalaman diprediksi akan mencapai -12m, maka harus dilakukan pengerukan pada spot tersebut.



Gambar 5.3 Grafik Prediksi Sedimentasi dengan Pengerukan

Grafik tersebut menunjukkan prediksi periode keruk dalam kurun waktu 100 tahun kedepan. Dalam kurun waktu tersebut, kedalaman spot EF tidak mencapai batas kedalaman, sehingga tidak perlu dilakukan pengerukan. Spot FG memiliki laju sedimentasi yang sangat kecil, sehingga dibutuhkan waktu 75 tahun untuk mencapai kondisi batas. Selanjutnya spot FG memerlukan pengerukan dalam rentang waktu 15 tahun sekali. Spot BC dan CD memerlukan tindakan pengerukan untuk mencapai kedalaman -12, perawatan selanjutnya dilakukan pengerukan dengan periode 11 tahun sekali untuk spot BC dan 12 tahun sekali untuk spot CD. Laju sedimentasi pada spot GH mengakibatkan kedalaman spot ini baru mencapai -12m pada tahun ke-26, setelah itu membutuhkan selang waktu pengerukan 9 tahun sekali. Spot HI dengan kedalaman eksisting -23,57m memerlukan waktu yang lama untuk mencapai batas kedalaman, yaitu setelah tahun ke-11, selanjutnya untuk pemeliharaan alur, diperlukan pengerukan dengan selang waktu 3 tahun sekali. Sedangkan untuk spot IJ membutuhkan waktu 21 tahun untuk mencapai kedalaman batas. Setelah itu dibutuhkan pengerukan dalam

rentang waktu 4 tahun sekali. Berikut ini disajikan tabel mengenai detail prediksi laju sedimentasi;

Tabel 5.5 Kedalaman dan Prediksi Rentang Waktu Pengerukan

SPOT	Kondisi Eksisting (m)	Tebal Sedimentasi /Tahun (m)	Lama Ke-14 (LWS)	Periode Keruk (Tahun)
			(tahun)	
BC	-9,66	0,19	0	11
CD	-10,53	0,16	0	12
EF	-20,21	0,04	~	-
FG	-21,53	0,13	75	15
GH	-17,43	0,21	26	9
HI	-24,57	1,33	11	3
IJ	-26,15	0,68	21	4

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju volume sedimentasi terbesar berdasarkan metode *overlay* terjadi pada Spot HI yang berdimensi luas 1339632 m^2 yaitu sebesar $7885346,17 \text{ m}^3$ dalam kurun waktu empat tahun ($1971336,54 \text{ m}^3$ pertahun). Sedimentasi terkecil berdasarkan metode ini terjadi pada spot EF yang berdimensi luas 961812 m^2 yaitu sebesar $35384,23 \text{ m}^3$ pertahun.
2. Analisa laju volume sedimentasi berdasarkan metode SED-PIT menunjukkan hasil dengan nilai selisih berbeda-beda pada tiap Spot yaitu berkisar $<10\%$ dari hasil analisa dengan metode *overlay*. Hal ini disebabkan parameter dalam metode Sed-PIT yang lebih kompleks. Sedimentasi terkecil berdasarkan metode ini terjadi pada spot EF yaitu sebesar $34772,08$. Sedangkan sedimentasi terbesar terjadi pada spot HI yaitu $1776390,14 \text{ m}^3$. Hasil analisa metode ini digunakan untuk validasi terhadap hasil *overlay*.
3. Berdasarkan prediksi sedimentasi, spot BC hingga IJ perlu dilakukan pengerukan dengan periode yang berbeda-beda, yaitu berkisar antara 3 hingga 11 tahun sekali. Pengerukan tersebut dilakukan saat kedalaman spot mencapai -12m .

6.2 SARAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Perlu adanya data sedimen dasar yang lebih kompleks, seperti data diameter butiran dan konsentrasi sedimen di sepanjang alur untuk memperoleh hasil yang lebih mendekati nilai *real*.
2. Kedepannya bisa dilakukan analisa yang lebih kompleks dengan memodelkan transpor sedimen dari sungai-sungai yang bermuara ke APBS guna mengetahui asal dan arah pergerakan sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Z. 2011. *Analisa Pola Arus dan Laju Sedimentasi Terhadap Perubahan Batimetri di Perairan Teluk Tomini Gorontalo*. **Tugas Akhir**. Jurusan Teknik Kelautan ITS.
- Cahyadi, Dony Eko. 2009. *Analisis Sedimentasi Akibat Reklamasi di Teluk lamong*. **Tugas Akhir**. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- DHI Water & Environment. 2007. *Mike 21 & Mike 3 Flow Model FM Mud Transport Module*. Denmark.
- Dyer KR. 1986. *Coastal and Estuarine Sediment Dynamic*. New York
- Hakim, Al M.Habib.M.2010. *Studi Penanggulangan Sedimentasi di Dermaga Domestik PT.TerminalPetikemas Surabaya*. **Tugas Akhir**. Jurusan Teknik Kelautan ITS. Surabaya.
- Hidayat, Yuristiarso. 2012. *Alur Pelayaran : Pebisnis Desak APBS Segera Direvitalisasi*. www.jatim.com. diakses pada 26 Februari 2014
- Maulana, Indra. 2008. *Analisa Sedimentasi di Dermaga Domestik Terminal Petikemas Surabaya*. **Tugas Akhir**. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Migniot C., 1968. *Etude des Proprietes Physiques de Differents Sediments Tres Fins et de Leur Comportement Sous des Actions Hydrodynamique, La Houille Blanche, No.7*.
- Nicholson J., Connor B. A.. 1986. *Cohesive Sediment Transport Model*, **Journal of Hydraulic Engineering**, Vol. 112.
- PIANC Working Group. 2008. *Minimising Harbour Siltation*.
- Poerbandono dan Djunarsjah, Eka. 2006. *Survei Hidrografi*. RefikaAditama : Bandung.
- Pratikto, Widi Agus, Armono, Haryo Dwito, dan Suntoyo. 1996. *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut*. BPFE: Jogjakarta.
- Ronggodigdo, Subhan. 2011. *Kajian Sedimentasi Serta Hubungannya Terhadap Pendangkalan di Muara Sungai Belawan*. **Tugas Akhir** Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik-USU. Sumatra Utara.

Trawle, M.J. and Herbich, J.B.. 1980. *Prediction of shoaling rates in offshore navigation channels*. Center for Dredging Studies, Department of Civil Engineering, Texas Engineering Experiment Station, COE report No. 232, USA.

Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset : Jogjakarta.

Van Rijn, Leo C. *Basics of Channel Deposition/Siltation*. www.leovanrijn-sediment.com. diakses pada 26 Februari 2014

Wahyudi dan Jupantara, Dikor. 2000. *Simulasi Sedimentasi Akibat Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak*. **Prosiding Seminar nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan**. Surabaya. www.jatim.com diakses pada 26 Februari 2014

BIODATA PENULIS



Nurul Wahyuni lahir di Gresik, 08 Mei 1992. Setelah menempuh pendidikan di MI Hidayatul Ulum Kisik, Mts Al-Hidayat Indrodelik, dan SMA Negeri 1 Sidayu, penulis melanjutkan studinya di Program Studi S1 Teknik Kelautan FTK-ITS pada tahun 2010. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam beberapa organisasi, yaitu Pramuka ITS, BEM FTK, kepemanduan (LKMM) serta berperan dalam kepanitiaan FTK Ladies Day (SYMPHONY FTK),

Kontes Pramuka Terampil serta beberapa kegiatan lainnya. Selain itu penulis juga sering mengikuti berbagai kegiatan pengembangan diri, seperti mengikuti kegiatan seminar, kuliah tamu, lomba bisnis plan, dan PKMK dan sebagainya. Di akhir semester 8, penulis menyusun tugas akhir yang berjudul “Analisa Laju Volume Sedimentasi di Alur Pelayaran Barat Surabaya” dengan semangat dan motivasi tinggi guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi S-1 di Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS. Tugas akhir tersebut dikembangkan dari ilmu dan pengalaman yang penulis peroleh dari kegiatan Kerja Praktek di PT.Pelindo Marine Service. Penulis dapat dihubungi melalui email Nurulwahyuni.its@gmail.com

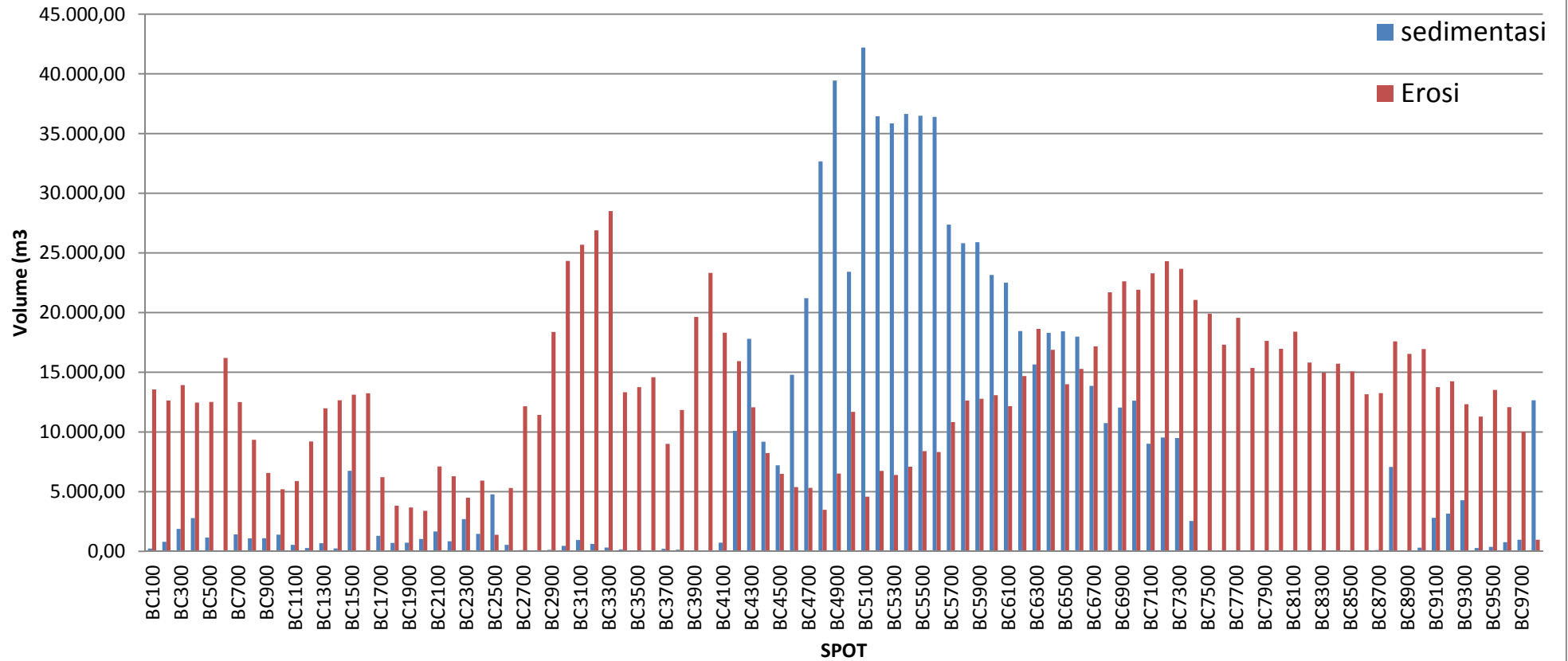
LAMPIRAN A

GRAFIK BATANG

VOLUME SEDIMENTASI

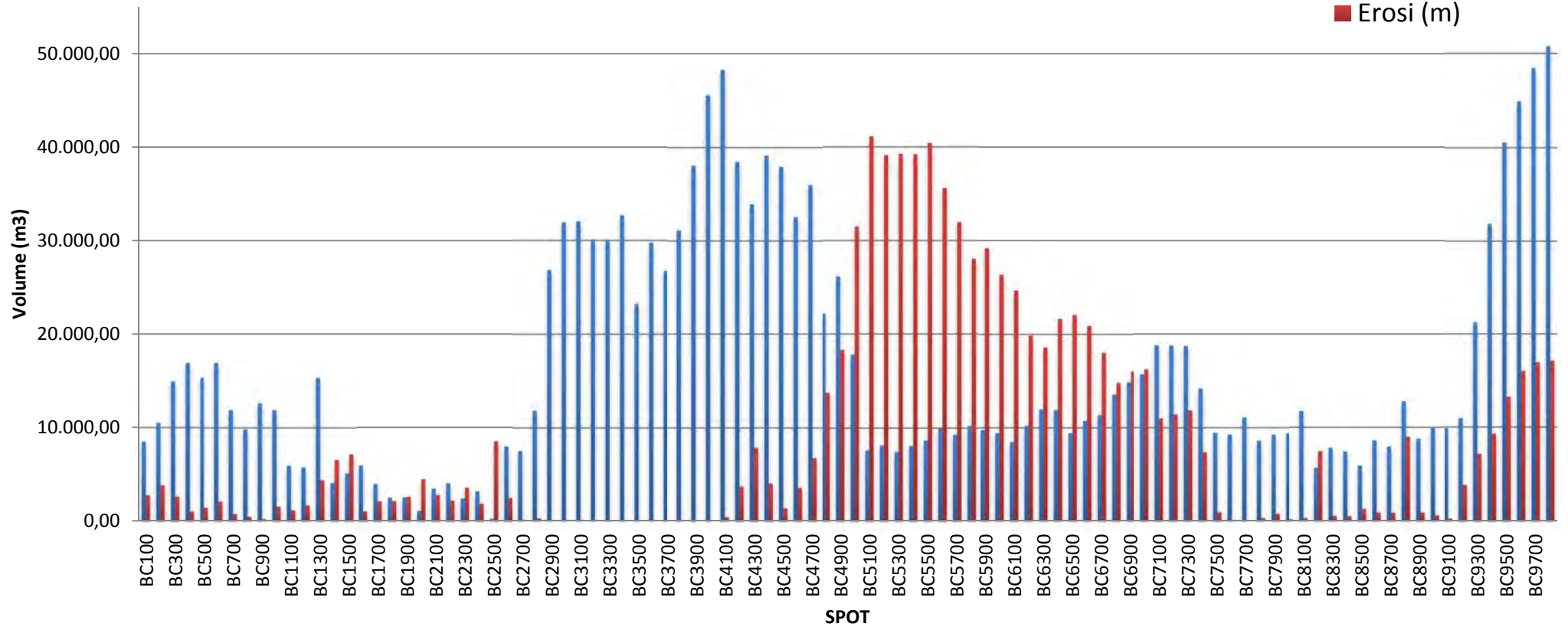
PER-SPOT SECTION

BC 2009-2011

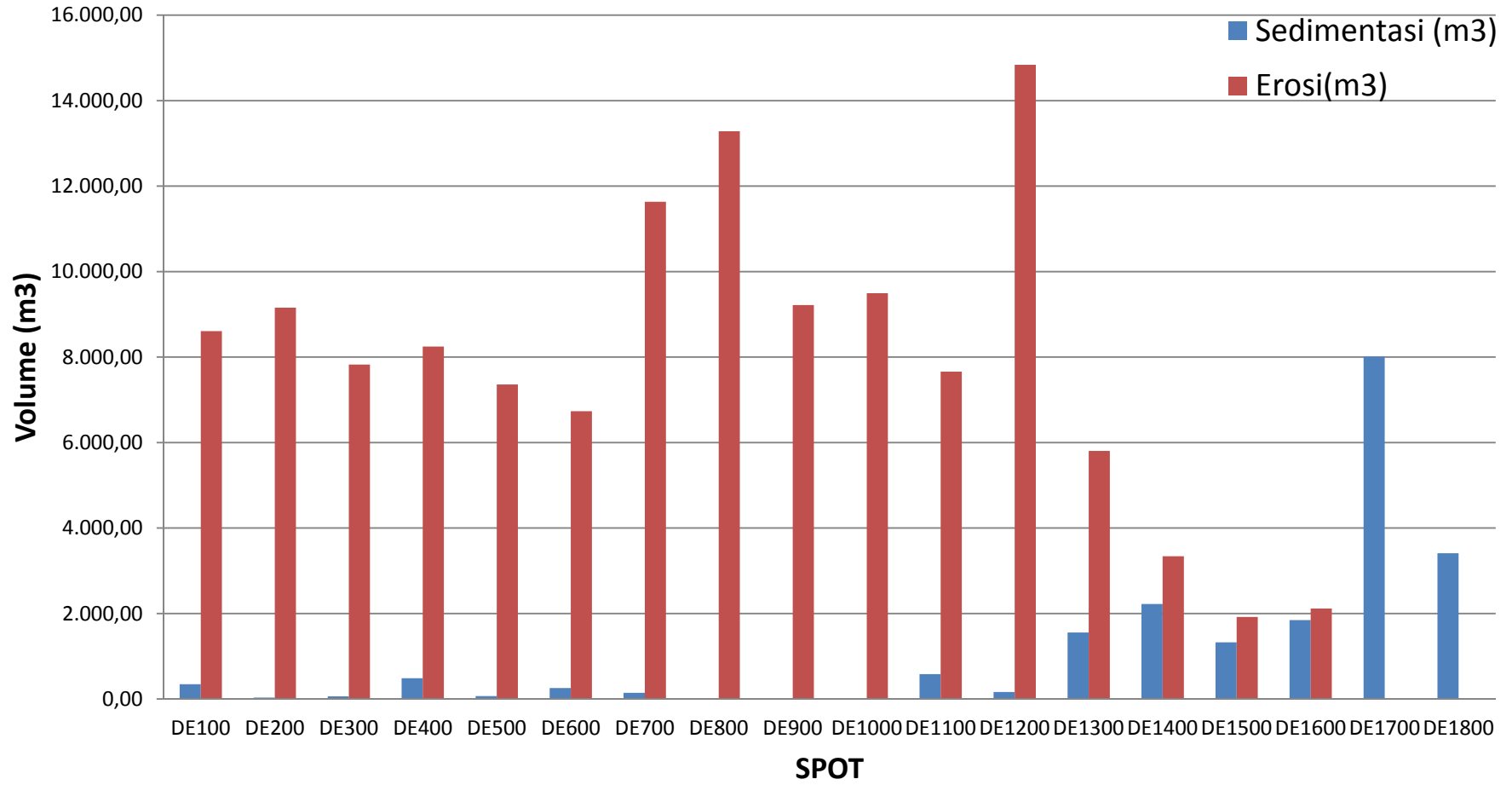


BC 2011-2013

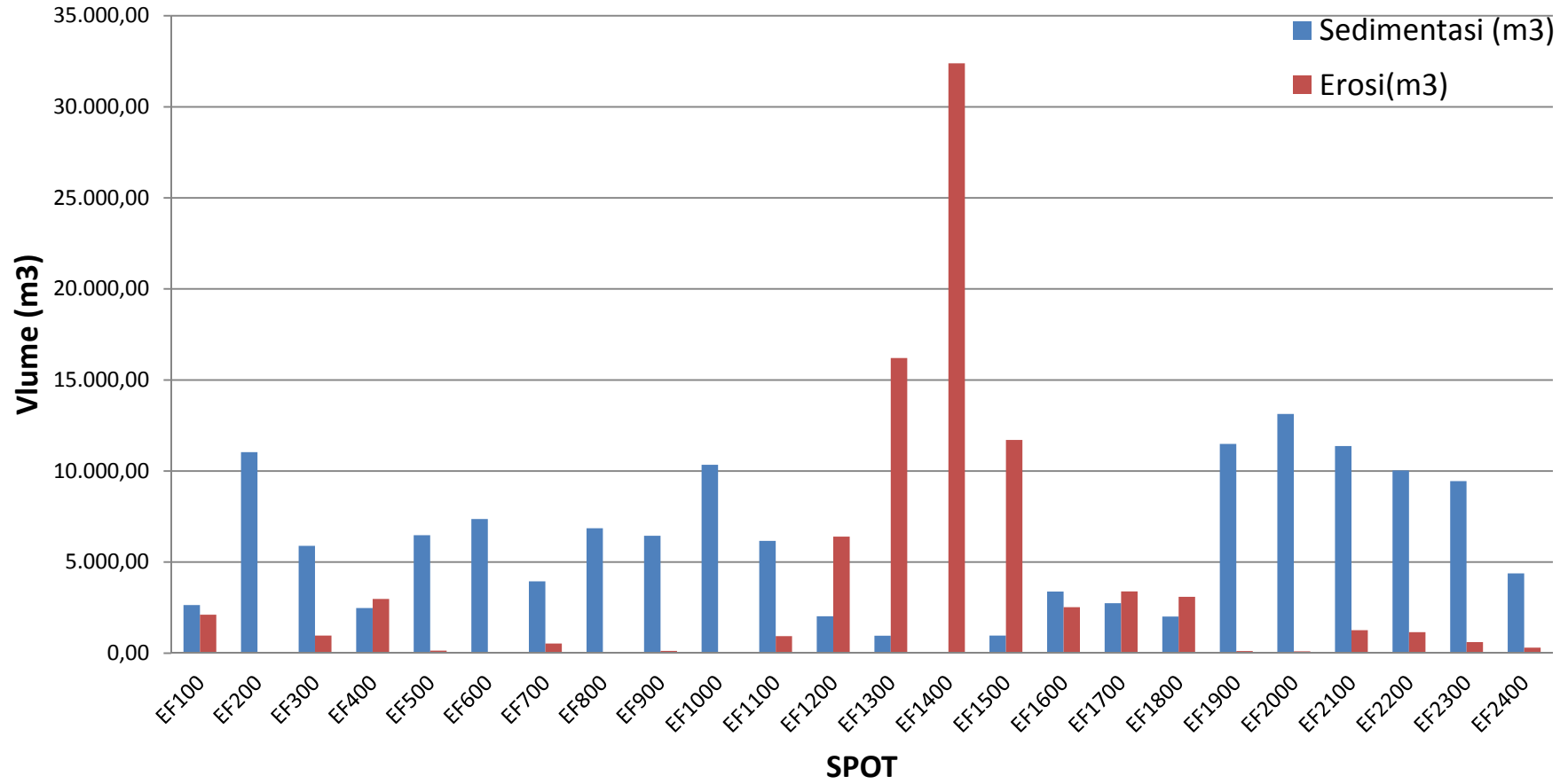
- Sedimentasi (m)
- Erosi (m)



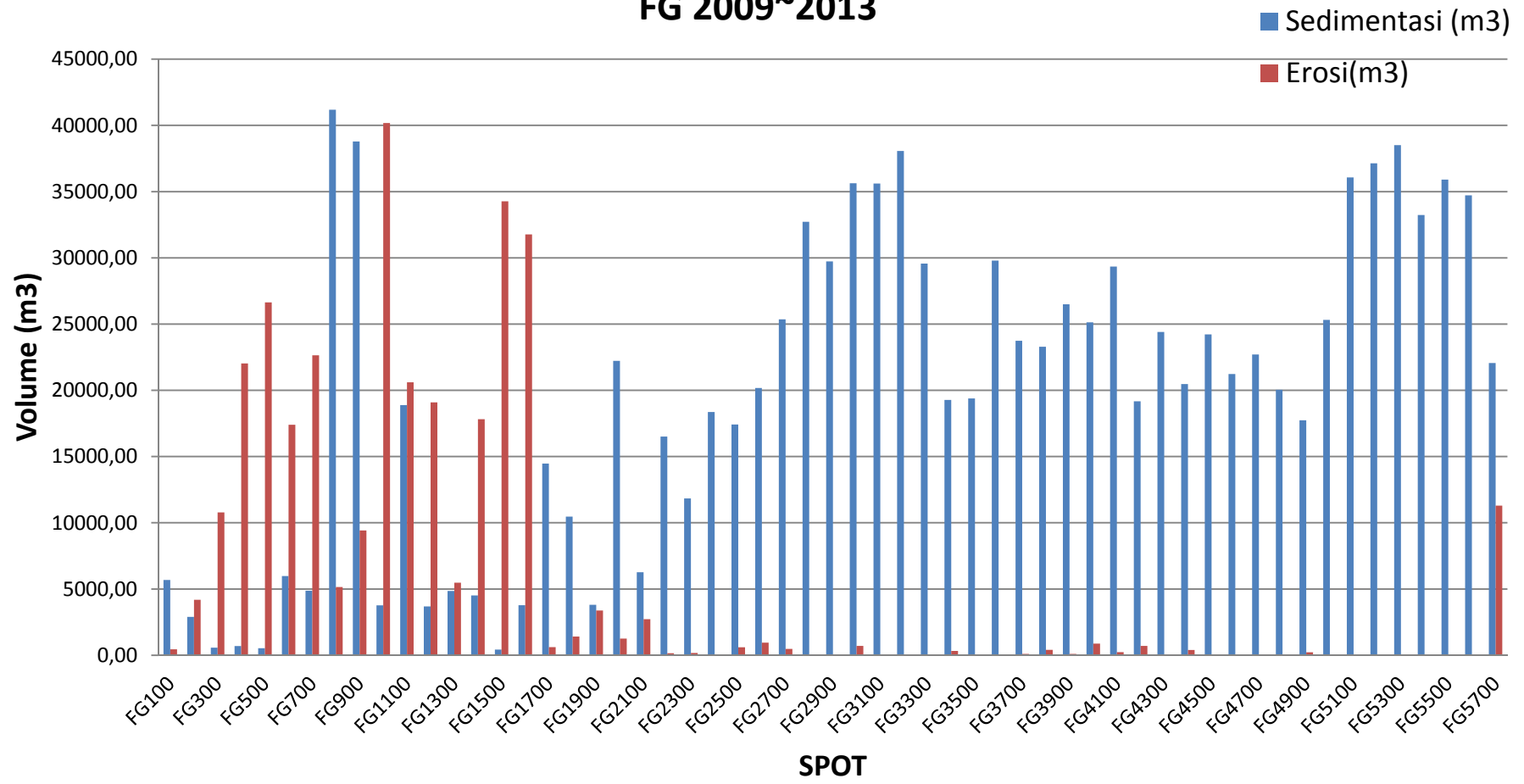
DE 2009-2013



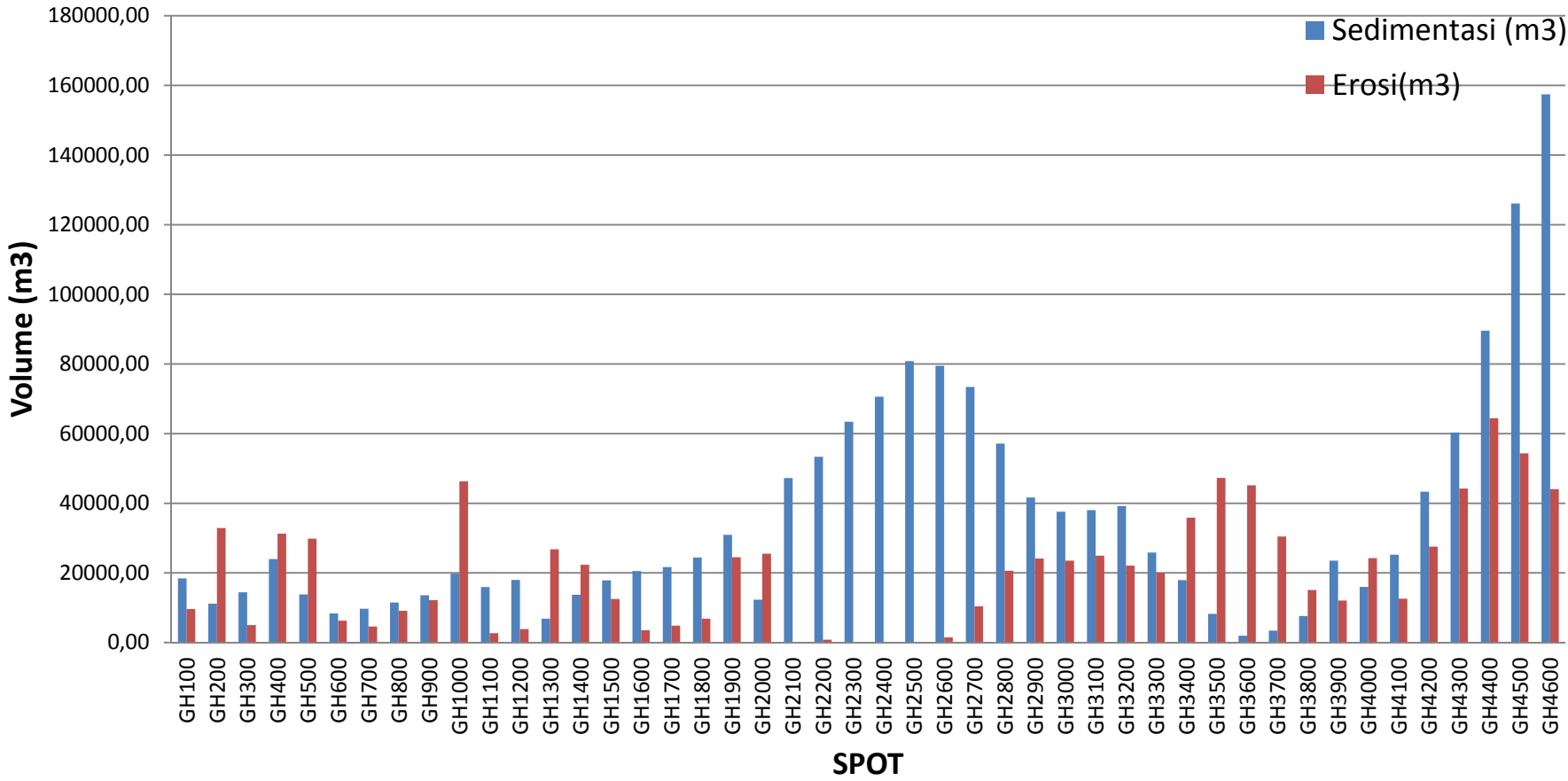
EF 2009-2013



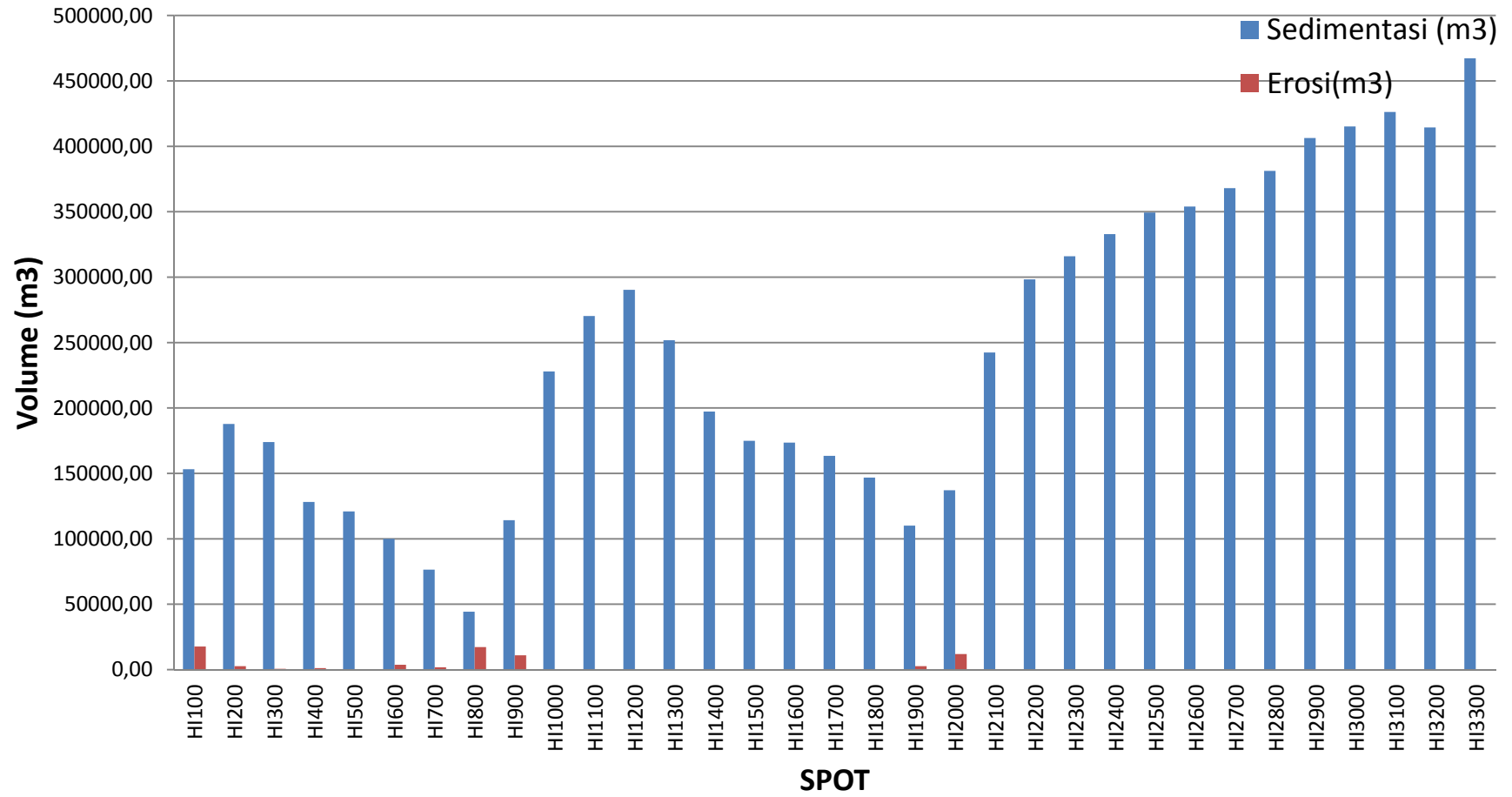
FG 2009~2013



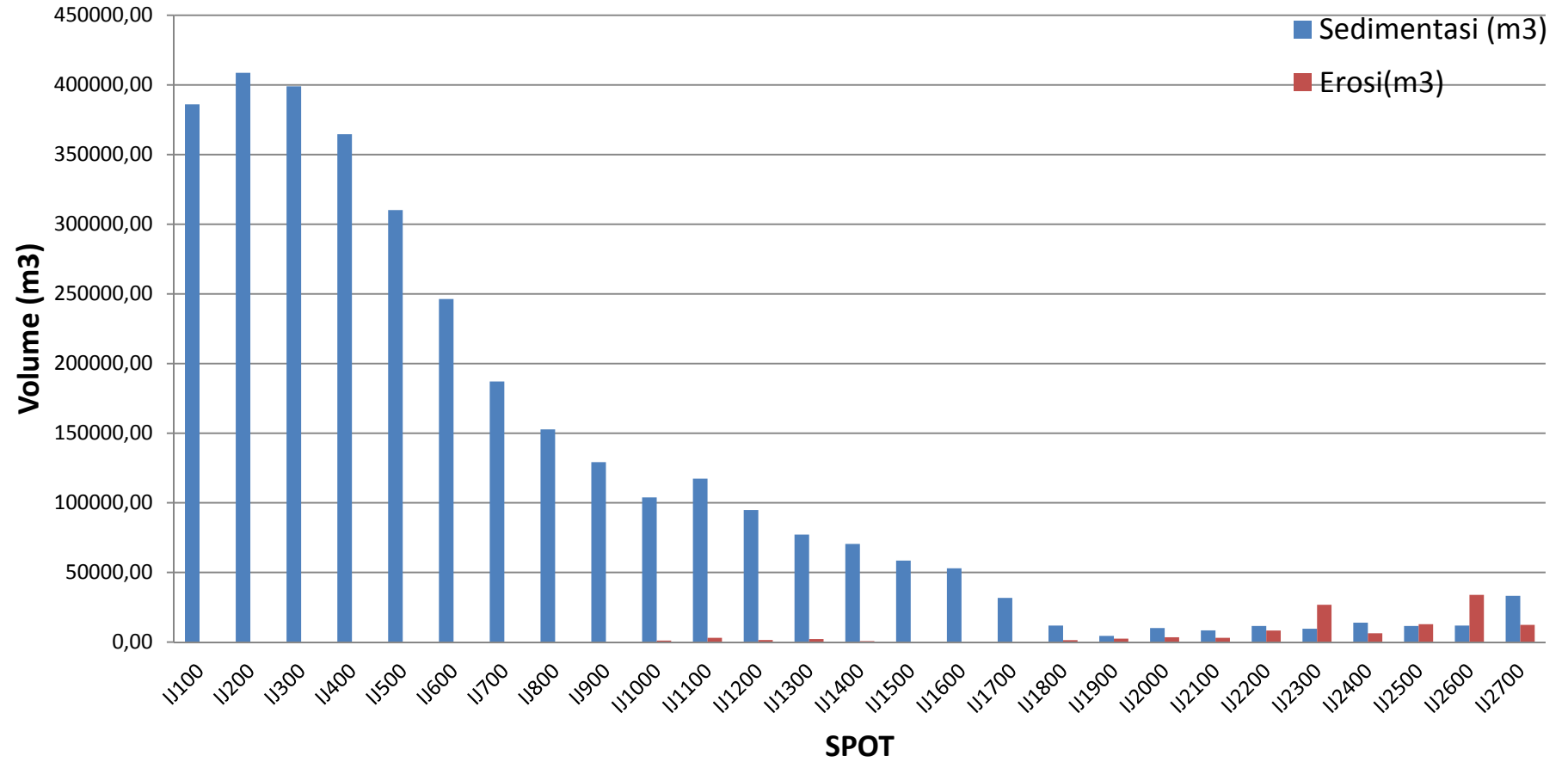
GH 2009~2013



HI 2009~2013



IJ 2009~2013

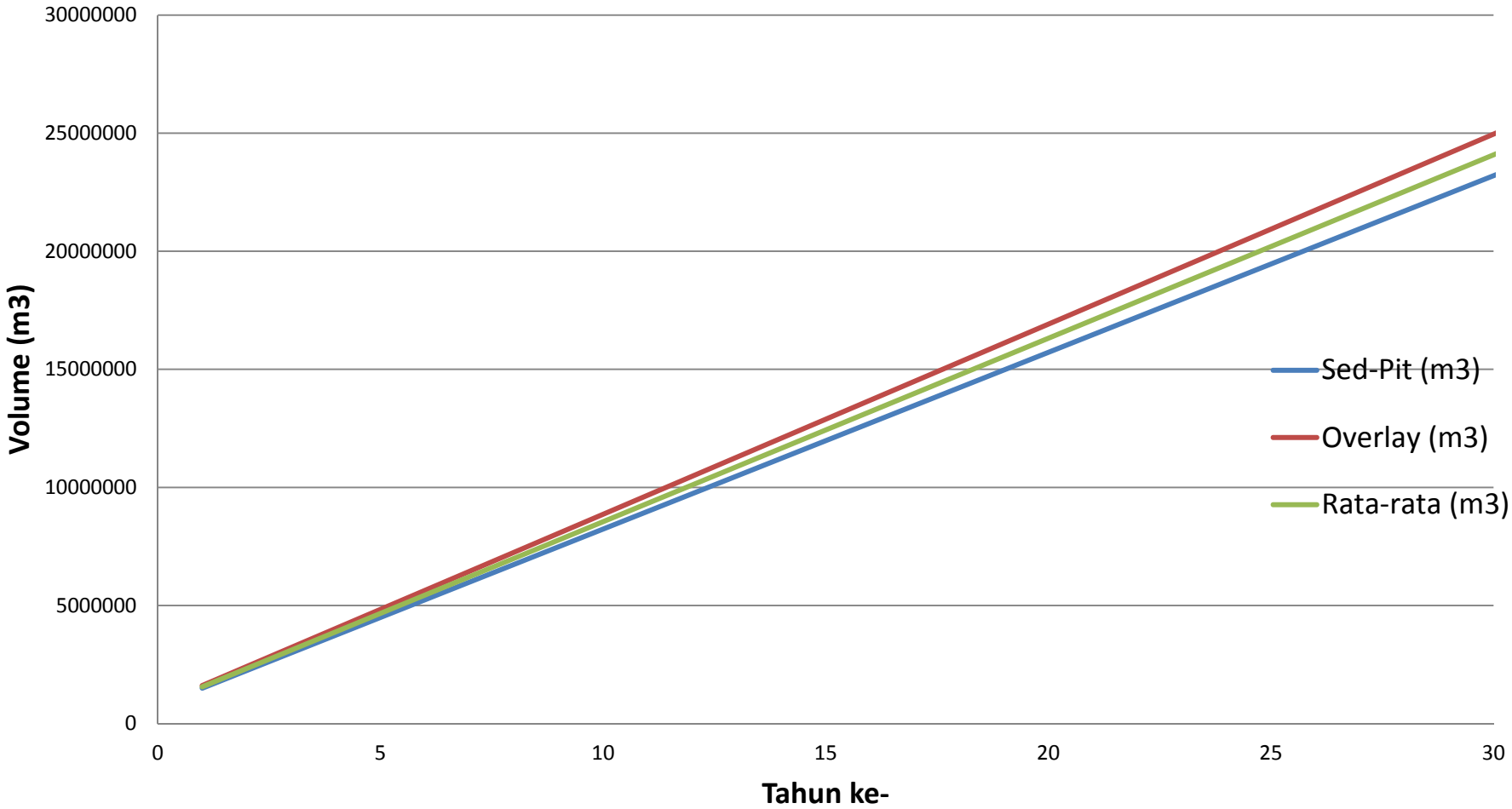


LAMPIRAN B

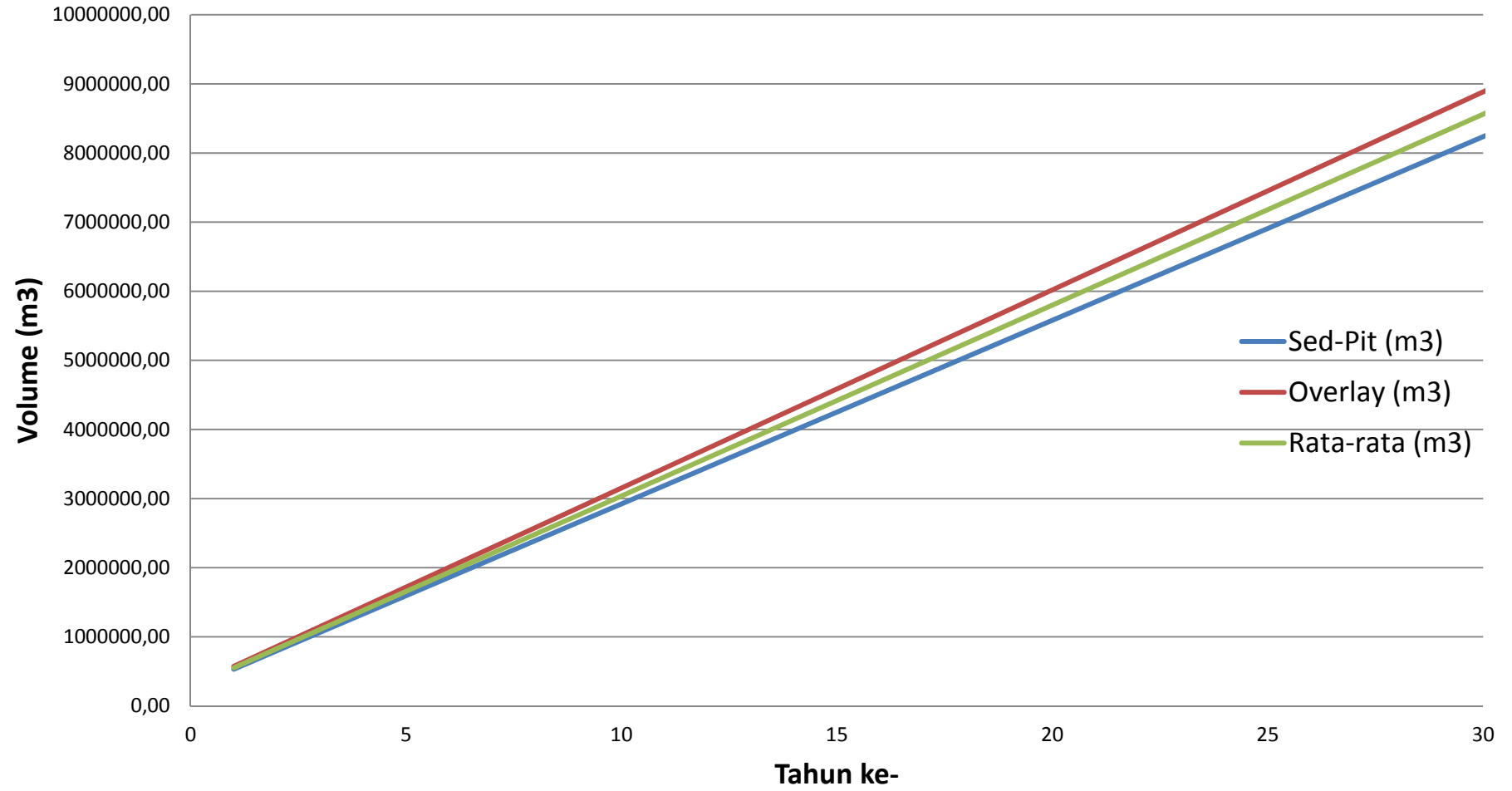
PREDIKSI LAJU VOLUME SEDIMENTASI TIAP SPOT

DENGAN ASUMSI TANPA Pengerukan

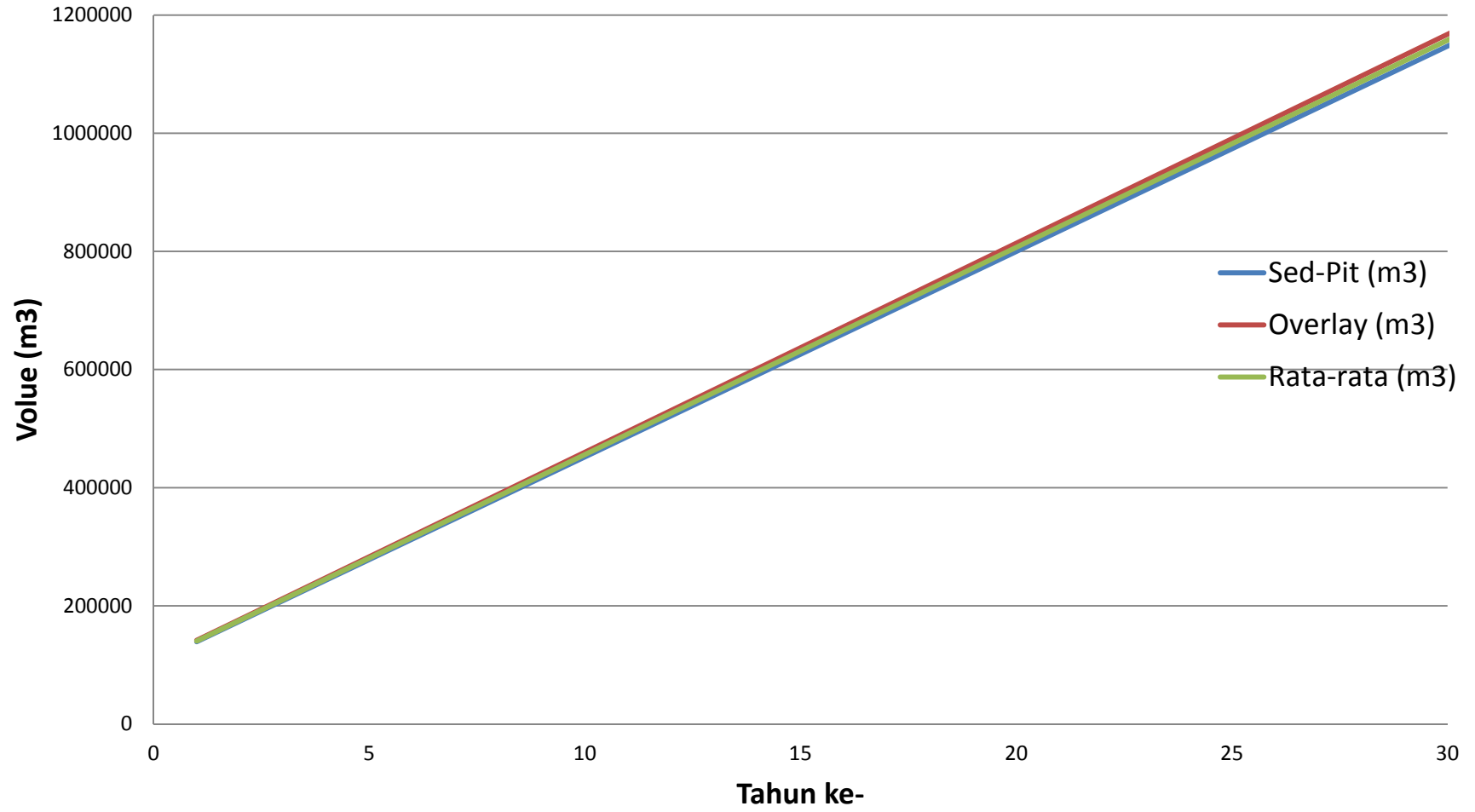
Prediksi Sedimentasi BC



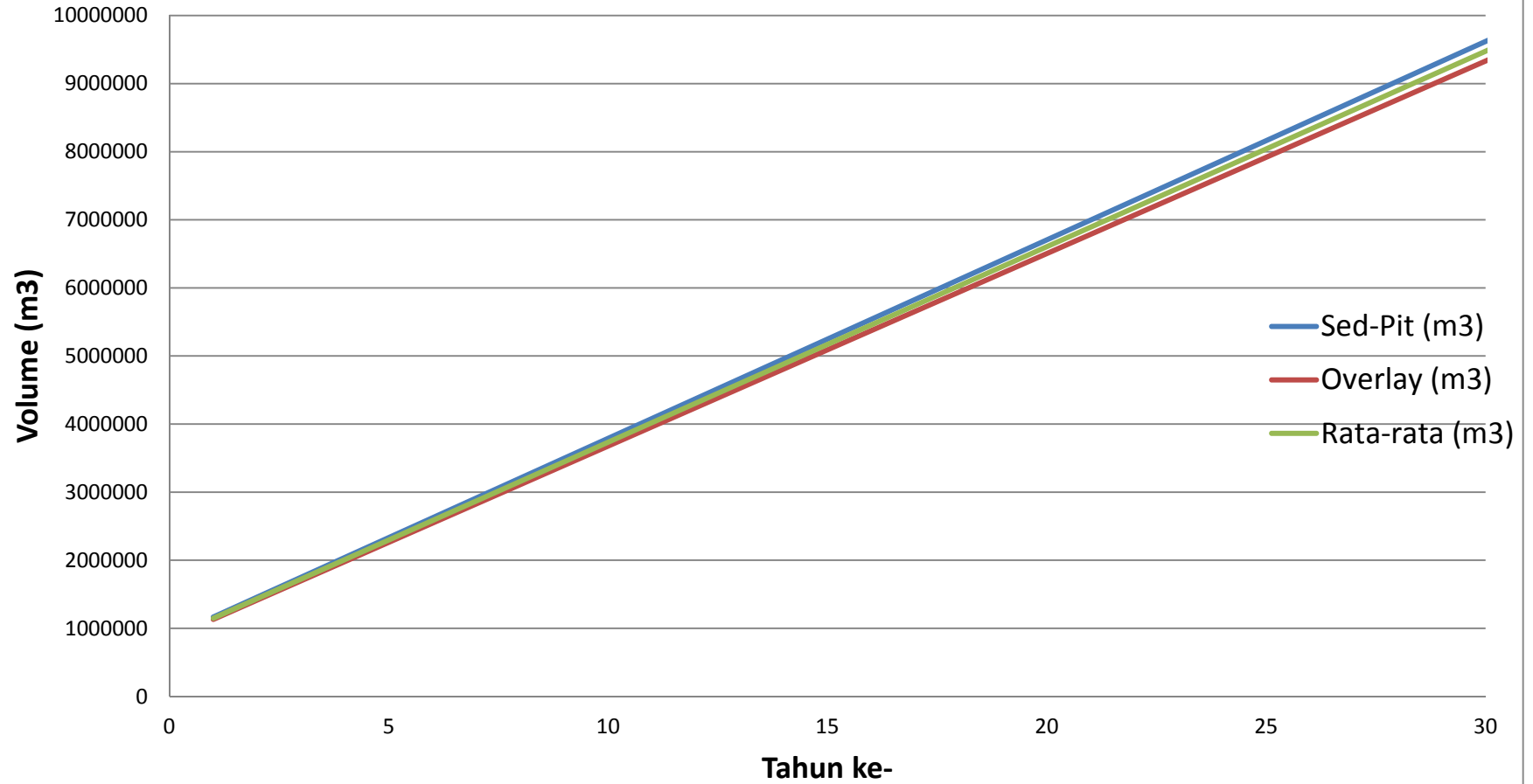
Prediksi Sedimentasi CD



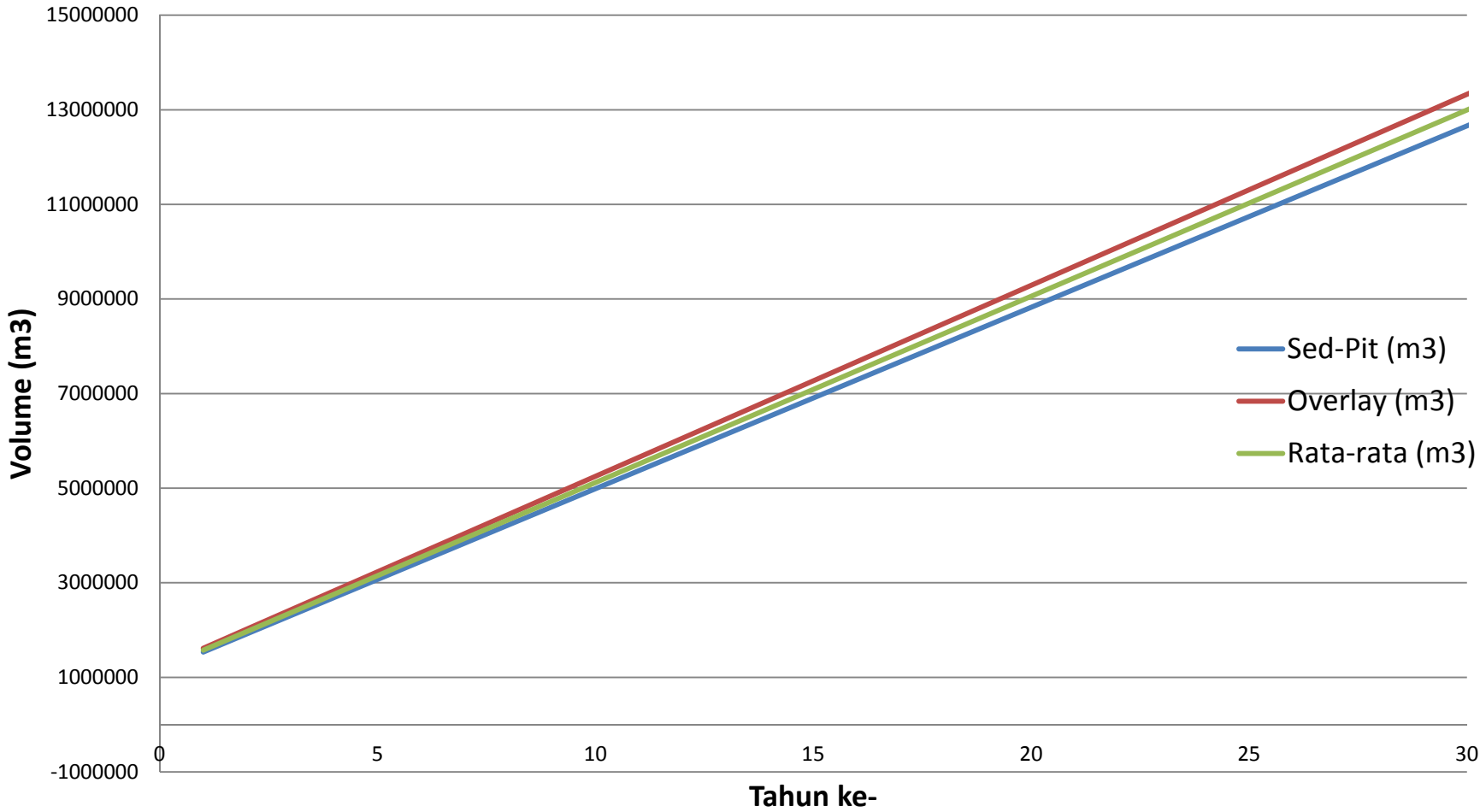
Prediksi Sedimentasi EF



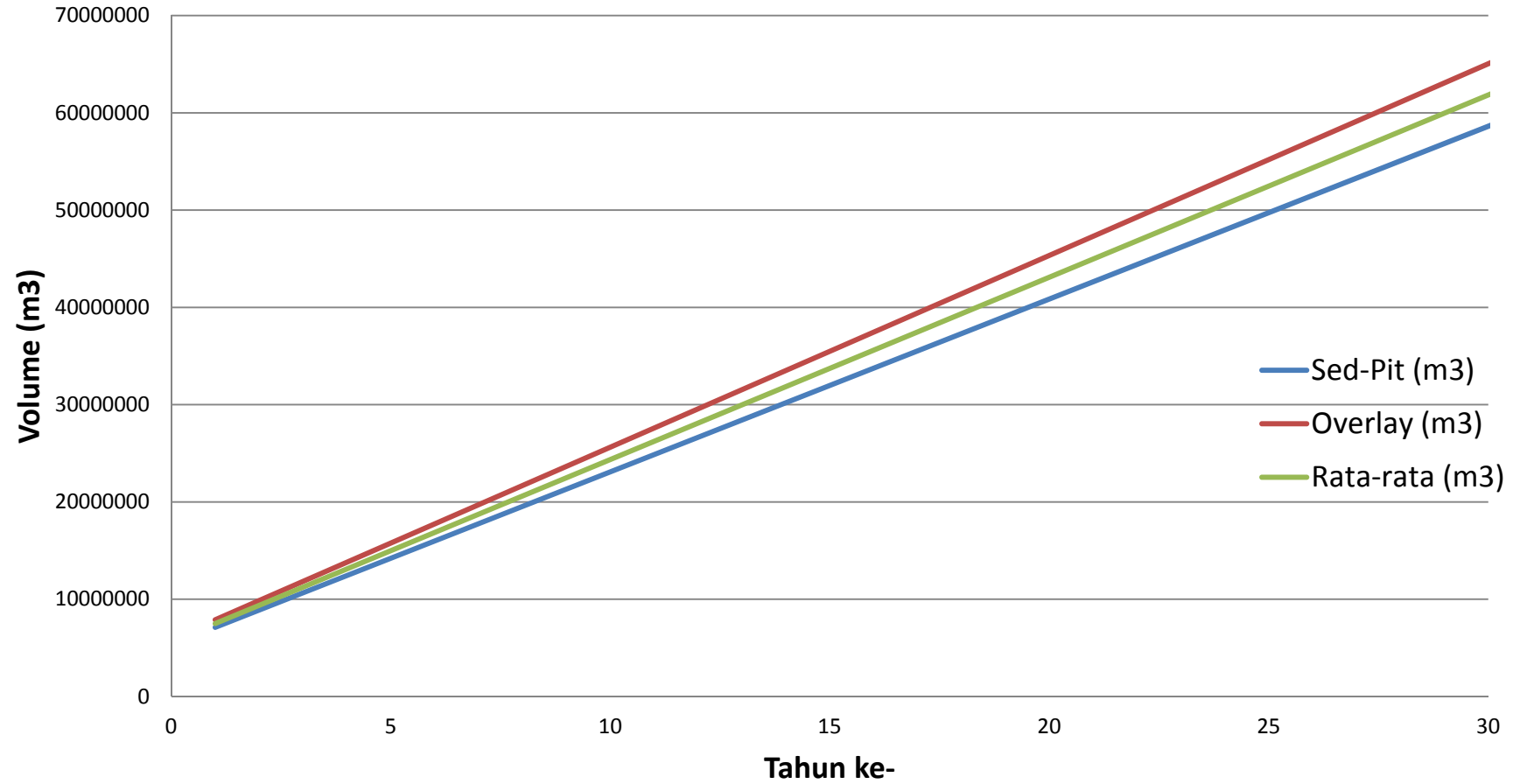
Prediksi Sedimentasi FG



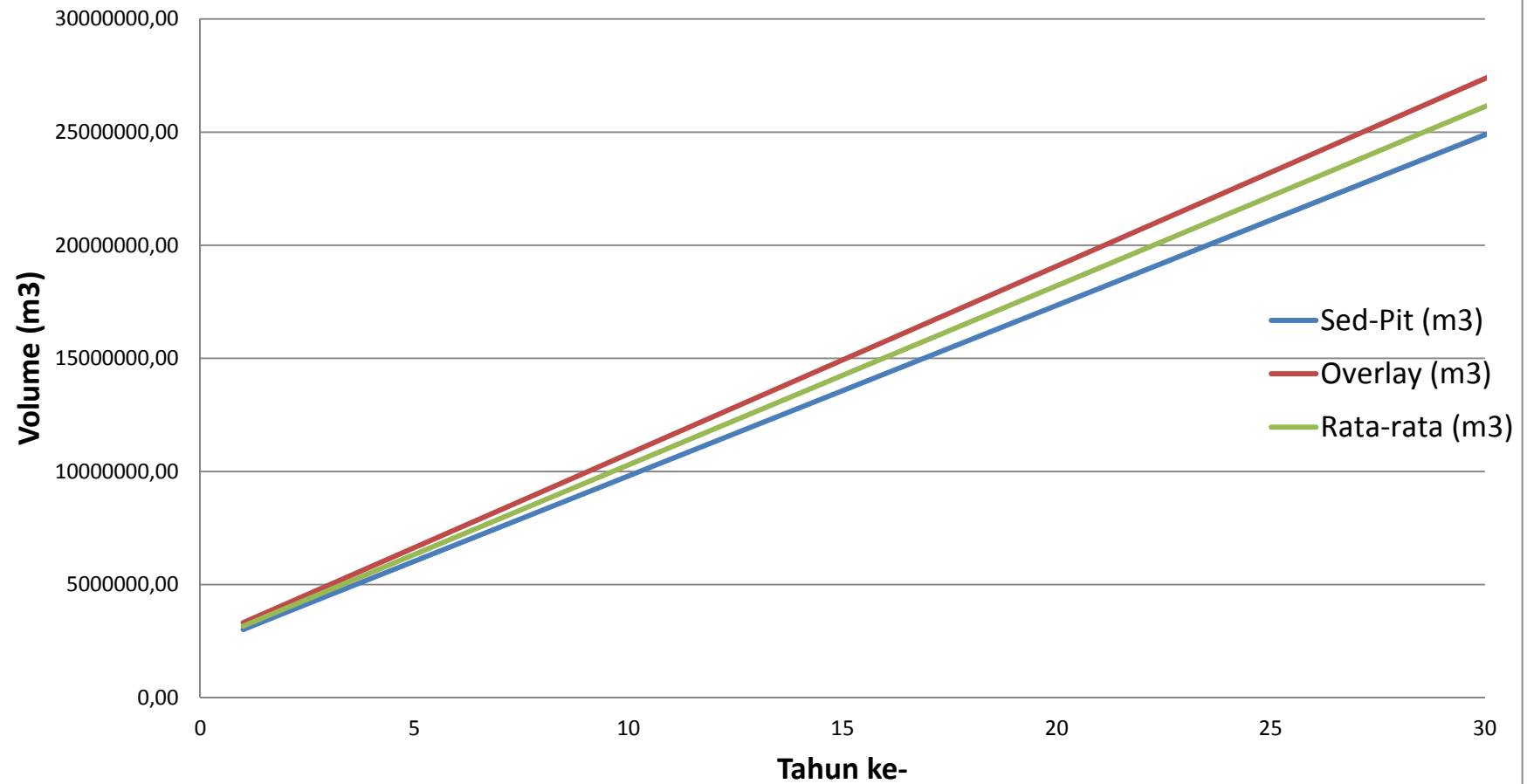
Prediksi Sedimentasi GH



Prediksi Sedimentasi HI



Prediksi Sedimentasi IJ



LAMPIRAN C
GRID VOLUME REPORT

Grid Volume Computations

Fri May 16 11:20:28 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2011\2011\BC'11\BC'11 blnk.grd
Grid Size: 938 rows x 370 columns

X Minimum: 688380
X Maximum: 692070
X Spacing: 10

Y Minimum: 9229200
Y Maximum: 9238570
Y Spacing: 10

Z Minimum: -16.685133887549
Z Maximum: -3.1168817538054

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2009\BC'09\surfer\BC'09 BLN.grd
Grid Size: 938 rows x 370 columns

X Minimum: 688380
X Maximum: 692070
X Spacing: 10

Y Minimum: 9229200
Y Maximum: 9238570
Y Spacing: 10

Z Minimum: -12.458730205282
Z Maximum: -4.2295884065847

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -525214.60088326

Simpson's Rule: -525199.25111927
Simpson's 3/8 Rule: -525214.63805164

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 766400.04794329
Negative Volume [Fill]: 1291614.6488265
Net Volume [Cut-Fill]: -525214.60088325

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1059910.7953664
Negative Planar Area [Fill]: 2732139.2046336
Blanked Planar Area: 30783250
Total Planar Area: 34575300

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 1060174.4387518
Negative Surface Area [Fill]: 2732539.6174703

Grid Volume Computations

Fri May 16 11:38:16 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2013\BC'13\surfer\B-C Existing.grd
Grid Size: 938 rows x 370 columns

X Minimum: 688380
X Maximum: 692070
X Spacing: 10

Y Minimum: 9229200
Y Maximum: 9238570
Y Spacing: 10

Z Minimum: -12.624385267074
Z Maximum: -2.18736620140508

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2011\2011\BC'11\BC'11 blnk.grd
Grid Size: 938 rows x 370 columns

X Minimum: 688380
X Maximum: 692070
X Spacing: 10

Y Minimum: 9229200
Y Maximum: 9238570
Y Spacing: 10

Z Minimum: -16.685133887549
Z Maximum: -3.1168817538054

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 754558.87952983

Simpson's Rule: 754896.17772044
Simpson's 3/8 Rule: 754258.41415298

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1610590.5066543
Negative Volume [Fill]: 856031.62712449
Net Volume [Cut-Fill]: 754558.87952983

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 2597521.8303901
Negative Planar Area [Fill]: 1194528.1696099
Blanked Planar Area: 30783250
Total Planar Area: 34575300

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 2599434.3403345
Negative Surface Area [Fill]: 1195018.0746114

Grid Volume Computations

Wed May 14 09:26:28 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2011\2011\CD'11\CD'11.blk.grd
Grid Size: 3661 rows x 2741 columns

X Minimum: 685970
X Maximum: 688710
X Spacing: 1

Y Minimum: 9225683
Y Maximum: 9229343
Y Spacing: 1

Z Minimum: -12.487009490731
Z Maximum: -6.7276353112691

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2009\CD'09\surfer\CD'09 blk.grd
Grid Size: 3661 rows x 2741 columns

X Minimum: 685970
X Maximum: 688710
X Spacing: 1

Y Minimum: 9225683
Y Maximum: 9229343
Y Spacing: 1

Z Minimum: -11.951493676001
Z Maximum: -6.4863577072996

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -723242.72643135

Simpson's Rule: -723243.12543031
Simpson's 3/8 Rule: -723242.67324924

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 8040.985235238
Negative Volume [Fill]: 731283.71166662
Net Volume [Cut-Fill]: -723242.72643138

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 46142.53140627
Negative Planar Area [Fill]: 1624798.9685937
Blanked Planar Area: 8357458.5
Total Planar Area: 10028400

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 46149.040770309
Negative Surface Area [Fill]: 1624885.3766273

Grid Volume Computations

Fri May 16 11:47:05 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2013\CD'13\surfer\C-D Existing.grd
Grid Size: 3661 rows x 2741 columns

X Minimum: 685970
X Maximum: 688710
X Spacing: 1

Y Minimum: 9225683
Y Maximum: 9229343
Y Spacing: 1

Z Minimum: -12.108536831035
Z Maximum: -4.70000000155503

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2011\2011\CD'11\CD'11.blk.grd
Grid Size: 3661 rows x 2741 columns

X Minimum: 685970
X Maximum: 688710
X Spacing: 1

Y Minimum: 9225683
Y Maximum: 9229343
Y Spacing: 1

Z Minimum: -12.487009490731
Z Maximum: -6.7276353112691

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 551891.24300861

Simpson's Rule: 551891.34891343
Simpson's 3/8 Rule: 551890.99542302

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 573223.31336341
Negative Volume [Fill]: 21332.070354799
Net Volume [Cut-Fill]: 551891.24300861

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1565867.4813295
Negative Planar Area [Fill]: 105074.01867048
Blanked Planar Area: 8357458.5
Total Planar Area: 10028400

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 1566040.7620492
Negative Surface Area [Fill]: 105100.40214383

Grid Volume Computations

Wed May 21 22:06:03 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2013\DE'13\surfer\D-E Existing.grd
Grid Size: 1671 rows x 1351 columns

X Minimum: 684940
X Maximum: 686290
X Spacing: 1

Y Minimum: 9224250
Y Maximum: 9225920
Y Spacing: 1

Z Minimum: -15.534035018684
Z Maximum: -11.499056897859

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2009\DE'09\surfer\DE BLN.grd
Grid Size: 1671 rows x 1351 columns

X Minimum: 684940
X Maximum: 686290
X Spacing: 1

Y Minimum: 9224250
Y Maximum: 9225920
Y Spacing: 1

Z Minimum: -15.700000008141
Z Maximum: -11.208227237132

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -106731.85363672

Simpson's Rule: -106731.04501388
Simpson's 3/8 Rule: -106732.26554256

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 20541.389860021
Negative Volume [Fill]: 127273.24349674
Net Volume [Cut-Fill]: -106731.85363671

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 163352.38474993
Negative Planar Area [Fill]: 544097.11525007
Blanked Planar Area: 1547050.5
Total Planar Area: 2254500

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 163356.12672059
Negative Surface Area [Fill]: 544107.70440904

Grid Volume Computations

Wed May 21 22:08:18 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2013\EF'13\surfer\E-F Existing.grd
Grid Size: 232 rows x 138 columns

X Minimum: 683890
X Maximum: 685260
X Spacing: 10

Y Minimum: 9222100
Y Maximum: 9224410
Y Spacing: 10

Z Minimum: -24.606389174413
Z Maximum: -14.209654991368

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2009\EF'09\surfer\EF'09 blnk.grd
Grid Size: 232 rows x 138 columns

X Minimum: 683890
X Maximum: 685260
X Spacing: 10

Y Minimum: 9222100
Y Maximum: 9224410
Y Spacing: 10

Z Minimum: -24.644561307934
Z Maximum: -15.396081061122

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 54516.593330471

Simpson's Rule: 54803.109857855
Simpson's 3/8 Rule: 54506.957136524

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 141536.92767909
Negative Volume [Fill]: 87020.33434862
Net Volume [Cut-Fill]: 54516.593330471

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 622991.51031368
Negative Planar Area [Fill]: 286508.48968632
Blanked Planar Area: 2255200
Total Planar Area: 3164700

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 623020.85385215
Negative Surface Area [Fill]: 286534.18310989

Grid Volume Computations

Wed May 21 22:10:51 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2013\FG'13\surfer\F-G'13_Existing.grd
Grid Size: 5671 rows x 1491 columns

X Minimum: 682760
X Maximum: 684250
X Spacing: 1

Y Minimum: 9216510
Y Maximum: 9222180
Y Spacing: 1

Z Minimum: -30.699999987123
Z Maximum: -11.799999987861

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2009\FG'09\FG'09 blnk.grd
Grid Size: 5671 rows x 1491 columns

X Minimum: 682760
X Maximum: 684250
X Spacing: 1

Y Minimum: 9216510
Y Maximum: 9222180
Y Spacing: 1

Z Minimum: -26.668495134118
Z Maximum: -11.49999998606

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 824780.87944427

Simpson's Rule: 824791.21701362
Simpson's 3/8 Rule: 824781.98700069

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1131241.1179565
Negative Volume [Fill]: 306460.23851223
Net Volume [Cut-Fill]: 824780.87944424

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1773548.8569837
Negative Planar Area [Fill]: 498639.14301634
Blanked Planar Area: 6176112
Total Planar Area: 8448300

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 1774135.9672528
Negative Surface Area [Fill]: 499058.63745834

Grid Volume Computations

Wed May 21 22:11:36 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2013\GH'13\surfer\G-H Existing.grd
Grid Size: 4631 rows x 681 columns

X Minimum: 682750
X Maximum: 683430
X Spacing: 1

Y Minimum: 9211880
Y Maximum: 9216510
Y Spacing: 1

Z Minimum: -109.16999320267
Z Maximum: -1.30000002608134

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2009\GH'09\GH'09 BLNgrd.grd
Grid Size: 4631 rows x 681 columns

X Minimum: 682750
X Maximum: 683430
X Spacing: 1

Y Minimum: 9211880
Y Maximum: 9216510
Y Spacing: 1

Z Minimum: -23.299999998028
Z Maximum: -2.0999999892821

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 509203.97786009

Simpson's Rule: 508897.19436228
Simpson's 3/8 Rule: 509402.78781333

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1615487.7281024
Negative Volume [Fill]: 1106283.7502422
Net Volume [Cut-Fill]: 509203.97786011

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1144981.8803585
Negative Planar Area [Fill]: 690156.6196415
Blanked Planar Area: 1313261.5
Total Planar Area: 3148400

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 1147431.9663723
Negative Surface Area [Fill]: 697047.02628656

Grid Volume Computations

Wed May 21 22:13:46 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2013\HI'13\surfer\H-I Existing.grd
Grid Size: 3191 rows x 1731 columns

X Minimum: 683060
X Maximum: 684790
X Spacing: 1

Y Minimum: 9208720
Y Maximum: 9211910
Y Spacing: 1

Z Minimum: -23.776759524282
Z Maximum: -9.2646989527888

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2009\HI'09\HI'09 okk 2.grd
Grid Size: 3191 rows x 1731 columns

X Minimum: 683060
X Maximum: 684790
X Spacing: 1

Y Minimum: 9208720
Y Maximum: 9211910
Y Spacing: 1

Z Minimum: -30.199999975646
Z Maximum: -8.7769828529117

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 7818259.7736007

Simpson's Rule: 7818254.4838614
Simpson's 3/8 Rule: 7818256.4780824

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 7885346.1681959
Negative Volume [Fill]: 67086.394595095
Net Volume [Cut-Fill]: 7818259.7736008

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1244532.2681976
Negative Planar Area [Fill]: 57324.23180241
Blanked Planar Area: 4216843.5
Total Planar Area: 5518700

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 1248381.7385332
Negative Surface Area [Fill]: 57596.104779186

Grid Volume Computations

Wed May 21 22:15:36 2014

Upper Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2013\IJ'13\surfer\I-J Existing.grd
Grid Size: 2621 rows x 1491 columns

X Minimum: 684430
X Maximum: 685920
X Spacing: 1

Y Minimum: 9206260
Y Maximum: 9208880
Y Spacing: 1

Z Minimum: -54.582317744059
Z Maximum: -9.5152837725719

Lower Surface

Grid File Name: D:\Dokumen\Kuliah\TA.. bismillah\Yuyun Fightiiiiing..... !!!!!\progress
p2\APBS 2009\IJ'09\IJ'09 okk.grd
Grid Size: 2621 rows x 1491 columns

X Minimum: 684430
X Maximum: 685920
X Spacing: 1

Y Minimum: 9206260
Y Maximum: 9208880
Y Spacing: 1

Z Minimum: -31.317066907915
Z Maximum: -18.659564087095

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 3197651.3860954

Simpson's Rule: 3197654.7351946
Simpson's 3/8 Rule: 3197660.5654879

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 3317778.7929281
Negative Volume [Fill]: 120127.40683265
Net Volume [Cut-Fill]: 3197651.3860954

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 883661.94137782
Negative Planar Area [Fill]: 166393.05862218
Blanked Planar Area: 2853745
Total Planar Area: 3903800

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 887272.40907576
Negative Surface Area [Fill]: 167397.2869222