

KAJIAN POLA SEBARAN SEDIMEN PADA SALURAN BANJIR SUNGAI KRUENG ACEH

Alfaisal¹, Syamsidik², Masimin³

¹⁾ Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111

^{2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
email: syamsidik@unsyiah.ac.id², masimin_mas@yahoo.com³

Abstract: *Krueng Aceh River is one of the main river in Aceh Province located in Krueng Aceh River Basin Area (DAS) with in 17.800 Acre wide and 145 km length. In order to minimize the flood impact in Banda Aceh with 1.300 m³/s flood discharge design, 900 m³/s discharge has been redirected to Krueng Aceh river floodway while the rest had distributed to the Krueng Aceh existing river. Meanwhile for 900 m³/s of the flood discharge is distributed through the floodway from the diversion weir. It is worried that the water will reach the top of the dike in some location of the main river. It is because of the swallow in the estuary due to the sediment concentration. This research aims is to investigate the sediment distribution pattern, estimating volume of the deposited sediment. Furthermore, the investigation is also to find how the sediment transport occurred while the flood. The flood simulation had been done by the Delft3D Model which combine with the hydrodynamics and the sediment transport calculation. This model use 20x20 m grid for the domain. Topography and bathymetry data were collected from Balai Wilayah Sungai Sumatera-I (BWSS-I). Sediment characteristic had been primarily collected in the field. Simulation results had shown that the sediment distribution pattern on Krueng Aceh river floodway has a particular pattern remain relatively on the right side of the estuary. The sediment increase of 868.236 m³ and produced 2.039.560 m³ massive erosion during 3 month simulation with flood scenario. The sedimentation process is smaller compared to the erosion. But the erosion only happen in the area with the greater than value of current. The simulation complimented by 5 years return flood design was incapable to flush the sediment which deposited on the eastern side of the estuary. The phenomenon happened because of the river morphology with it meandering channel, not enough length of left jetty and the current that not equally distributed. The solution for this problem is by lengthening the left side of the jetty toward the breakwater and constructing the river training toward the current in the left side of the estuary.*

Keywords : *Floodway, Sediment, Delft3D, Estuary*

Abstrak: Krueng Aceh merupakan salah satu sungai besar di Provinsi Aceh, berada dalam wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh dengan luas DAS 17.800 Ha dan panjang sungai 145 Km. Untuk meminimalisir terjadinya banjir di kota Banda Aceh dengan debit banjir rancangan sebesar 1.300 m³/detik, maka untuk debit banjir 400 m³/detik dialirkan melalui Sungai Kr. Aceh existing. Sedangkan untuk debit banjir sebesar 900 m³/detik dialirkan melalui saluran banjir dari bendung pelimpah banjir (Diversion Weir). Pada beberapa lokasi di sungai induk dikhawatirkan elevasi muka air akan mencapai puncak tanggul. Ini akibat dari pendangkalan yang terjadi di bagian muara dengan adanya konsentrasi sedimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola sebaran sedimen pada bagian hilir saluran banjir, mengetahui volume sedimen yang terkonsentrasi setelah kejadian banjir dan mengetahui bagaimana pergerakan sedimen terjadi setelah banjir. Penelitian dilakukan dengan simulasi numerik menggunakan software Delft3D yang berfungsi sebagai model traspor sedimen pada lokasi simulasi. Model ini menggunakan grid dengan ukuran 20 m x 20 m. Data yang digunakan adalah data topografi dan batimetri dari Balai Wilayah Sungai Sumatera-I dan parameter sedimen dari hasil pengambilan sampel di lokasi kajian. Hasil simulasi menunjukkan bahwa, pola sebaran sedimen pada saluran banjir sungai Krueng Aceh memiliki pola yang relatif tetap khususnya pada sisi kanan muara, peningkatan sedimen setelah terjadinya banjir sebesar 868.236 M3 dan yang tergerus sebesar 2.039.560 M3. Artinya volume sedimen yang mengendap lebih kecil dari pada yang tergerus. Namun yang tergerus tersebut hanya pada jalur

dengan arus yang lebih besar. Hasil dari simulasi dengan menggunakan debit banjir rancangan lima tahunan, sedimen yang berada di sisi kanan muara tidak mampu tergelontor ke laut. Hal ini diakibatkan karena bentuk meander saluran yang berbelok, jetty di sisi kiri yang kurang panjang dan arus banjir yang tidak merata. Upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan memperpanjang jetty sisi kiri sampai kedalaman gelombang pecah dan membuat river training untuk mengarahkan arus ke bagian sedimen di sisi kanan muara.

Kata kunci : Saluran Banjir, Sedimen, Delft3D, Muara

Sungai Krueng Aceh merupakan salah satu sungai besar di Provinsi Aceh. Sungai Krueng Aceh memiliki panjang ± 145 Km dengan luas DAS $\pm 1.681,05$ Km². Berada di dalam Wilayah Sungai Aceh-Meureudu mengalirkan debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun sebesar 1.300 m³/detik (BWSS-I, 2013). Pihak pemerintah membangun pengendalian banjir sungai Krueng Aceh (*Urgent Flood Control*) pada tahun 1993 (IFNET, 2015).

Konsep pengendalian banjir Sungai Krueng Aceh tersebut dibagi menjadi dalam dua bagian. Untuk debit banjir sebesar 400 m³/detik dialirkan melalui sungai Krueng Aceh *existing*, yang bermuara ke Selat Malaka di Desa Lampulo. Sedangkan untuk debit banjir sebesar 900 m³/detik dialirkan melalui saluran banjir dari percabangan pengalihan sungai (*Diversion Weir*) Desa Bakoy, yang bermuara ke Selat Malaka di Desa Alue Naga (BWSS-I, 2015).

Akibat tingginya erosi yang terjadi di bagian hulu sungai yang berupa lahan kritis saat ini seluas 79.577,58 Ha. Dengan tingkat bahaya erosi relatif sangat tinggi mencapai 94,28 Ton/Ha/Thn dan sedimen potensial yang masuk ke saluran banjir Krueng Aceh sebesar 712.548.74 Ton/Tahun. Kondisi tersebut dikhawatirkan akan mempengaruhi pendangkalan pada sungai Krueng Aceh khususnya pada saluran banjir Krueng Aceh.

Untuk mengatasi dan mengendalikan sedimentasi tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai pola sebaran sedimen pada muara saluran banjir Sungai Krueng Aceh.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengkaji pola sebaran sedimen pada bagian hilir saluran banjir sungai Krueng Aceh.
2. Mengetahui peningkatan volume sedimen setelah terjadinya banjir.
3. Mengetahui pergerakan sedimen setelah terjadi banjir.

Manfaat dari penelitian ini berupa tersedianya informasi mengenai pola sebaran sedimen yang terjadi. Dari kajian ini dapat diketahui perubahan elevasi dasar sungai akibat sedimentasi di bagian hilir saluran banjir. Dikhawatirkan apabila sedimentasi terus meningkat elevasi muka air pada sungai induk melebihi muka air banjir maksimum yang direncanakan pada debit 400 m³/detik. Informasi dari penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam merencanakan pengendalian sedimen sebagai upaya dalam mengatasi sedimentasi tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Sedimen

Menurut Asdak (2004) sedimen adalah

hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk.

Transport Sedimen

Transport sedimen berlangsung ketika sedimen mulai memasuki badan sungai. Partikel sedimen ukuran kecil seperti tanah liat dan debu dapat diangkut aliran air dalam bentuk terlarut (*washload*). Sedangkan partikel yang lebih besar, antara lain, pasir cenderung bergerak dengan cara melompat. Partikel yang lebih besar dari pasir, misalnya kerikil (*gravel*) bergerak. Dengan cara merayap atau menggelinding di dasar sungai (*bed load*). (Asdak, 2004).

Delft3D

Delft3D merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemodelan morfologi pantai, software ini merupakan model berbasis Windows. Delft3D mempunyai beberapa bagian seperti pada Gambar 2.8 berikut ini. Delft 3D terdiri dari beberapa sistem dan fungsi yaitu:

- Delft3D-FLOW : Simulasi tsunami, pasang surut, aliran sungai dan banjir
- Delft3D-WAVE : Perambatan gelombang
- Delft3D-WAQ : Kualitas air pada daerah *far-field*
- Delft3D-PART : Kualitas air dan gerakan partikel pada daerah *midfield*
- Delft3D-ECO : Pemodelan Ekologi
- Delft3D-SED : Pengangkutan sedimen untuk partikel kohesif dan non kohesif

Delft3D-WAVE

Delft3D-WAVE merupakan bagian dari sistem Delft3D, Delft-WAVE digunakan untuk melakukan simulasi di perairan pantai. Sistem yang ini bisa digunakan untuk mensimulasi pada perairan dangkal, menengah dan dalam (Deltares, 2007). WAVE-GUI (*Graphical User Interface*) alat yang digunakan untuk memberikan nilai pada semua parameter yang digunakan untuk mengimpor nama atribut file ke MDW-file. MDW-file adalah input file untuk simulasi gelombang. Untuk pemodelan gelombang dan menjalankan perhitungan gelombang diperlukan MDW-file yang berisi semua data pemodelan tersebut.

Selanjutnya untuk perhitungan angkutan sedimen, digunakan modul Delft3D-Morphology Arus dan gelombang yang terjadi bertindak sebagai parameter masukan pada angkutan sedimen. Modul ini berhubungan dengan Delft3D-Flow dan Delft3D-Wave yang memungkinkan arus dan gelombang menyesuaikan diri dengan kondisi batimetri (Deltares, 2009). Untuk perhitungan transpor sedimen yang dilakukan oleh Delft3D menggunakan persamaan van Rijn (Li dan Huang, 2013) yakni:

$$q_s = 0,012 \bar{u} \frac{(\bar{u} - \bar{u}_{cr})^{2.4} d_{50} D_*^{-0.6}}{((s-1)gd_{50})^{1.2}}$$

$$q_b = 0,005 \bar{u} h \left(\frac{\bar{u} - \bar{u}_{cr}}{((s-1)gd_{50})^{0.5}} \right)^{2.4} \left(\frac{d_{50}}{h} \right)^{1.2}$$

Disini,

$$D_* = \left[\frac{g}{v^2} \right]^{1/3} D_{50}$$

$$\bar{u}_{cr} = 0,19(D_{50})^{0.1} \log \left(\frac{12h}{3D_{90}} \right) \text{ untuk } 0,0001 \text{ m} \leq D_{50} < 0,0005 \text{ m}$$

$$\bar{u}_{cr} = 8,50(D_{50})^{0.6} \log \left(\frac{12h}{3D_{90}} \right) \text{ untuk } 0,0005 \text{ m} \leq D_{50} < 0,002 \text{ m}$$

Dimana :

- D_{50} = diameter butiran sedimen median (m),
 D_{90} = 1.5 kali D_{50} ,
 D^* = diameter butiran,
 $\bar{u}$ = kecepatan arus pada kedalaman rata-rata,
 $\bar{u}_{cr}$ = kecepatan arus kritis,
 h = kedalaman (m),
 g = percepatan gravitasi (m/d^2);
 v = kecepatan pada arah y,
 q_b = transpor sedimen dasar, dan
 q_s = transpor sedimen melayang.

Standard Error Of The Estimate (SEE)

Standard Error Of The Estimate (SEE) merupakan ukuran akurasi prediksi. Karena Y' merupakan harga penaksiran regresi, maka sangat mungkin terjadi kekeliruan (*error*) yaitu selisih antara Y observasi dengan Y taksiran. Oleh karena itu perlu dihitung *Standard Error of The Estimate* (kekeliruan standar dari penaksiran). *Standard Error of The Estimate* digunakan untuk mengukur simpangan dari data aktual. Semakin kecil nilai SEE maka semakin baik untuk mewakili data aktual demikian juga jika sebaliknya. Persamaan yang digunakan yaitu (David, 2013).

$$\sigma_{est} = \sqrt{\frac{\sum(y-y')^2}{N}} \quad (6)$$

Dimana :

- σ_{est} = *Standar Error Of The Estimate*
 y = Nilai Aktual
 y' = Nilai Prediksi
 N = Jumlah Data

METODE PENELITIAN

Lokasi, Objek dan Subjek Penelitian

Kajian ini dilakukan pada saluran banjir sungai Krueng Aceh pada bagian hilir sepanjang 4 Km dari muara hingga jembatan

Lamnyong. Ini dilakukan karena berdasarkan hasil observasi lapangan terlihat konsentrasi sedimen lebih banyak terdapat pada bagian hilir dari saluran banjir tersebut. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar. 1 Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth)

Simulasi Pola Sebaran Sedimen Menggunakan Software Delft3D

Skenario simulasi dilakukan dengan beberapa skenario seperti terlihat pada Tabel. 3.

Dalam melakukan entri data pada software Delft3D diisi masing-masing sel pada grid yang sudah ada. Pada kondisi normal data yang diinput berada pada sel IV sampai dengan sel VIII, sel ini berada pada saluran tengah saluran banjir sungai Krueng Aceh. Dan pada kondisi banjir data yang diinput berada pada sel I sampai dengan sel XII, sel I sampai III dan sel IX sampai XII berada pada bantaran sungai saluran banjir sungai Krueng Aceh. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 1. Data-data primer yang dibutuhkan

No	Item Data	Penggunaan Data	Lokasi	Pengambilan Data
1.	Data Arus.	Kecepatan aliran sungai untuk mengetahui debit sesaat	Pada saluran banjir bagian hilir	Menggunakan alat <i>current meter</i> .
2.	Data Sedimen	Sedimen melayang dan Ukuran butiran sedimen dasar D_{50} sebagai data input pada software Delft3D	Pada bagian hilir saluran banjir.	Sedimen melayang menggunakan botol sampel dan sedimen dasar menggunakan grab.

Tabel 2. Data-data sekunder yang dibutuhkan.

No	Item Data	Penggunaan Data	Sumber & Tahun	Spesifikasi Data
1.	Data Gambar Pelaksanaan Saluran Banjir	Elevasi dasar saluran banjir dan dimensi bangunan pembagi banjir.	Perencanaan dan Program BWSS-I / 1993	Dimensi bangunan pembagi banjir.
2.	Peta situasi dan gambar profil saluran banjir bulan Maret 2015	Proyeksi kontur darat dan dasar saluran banjir	BWSS-I / 2015	Elevasi dasar saluran
3.	Peta situasi dan gambar profil saluran banjir bulan Juni 2015	Proyeksi kontur darat dan dasar saluran banjir.	BWSS-I / 2015	Elevasi dasar saluran
4.	Peta Batimetri	Proyeksi kontur dasar laut	BWSS-I / 2006	Elevasi dasar pantai
5.	Peta <i>Time Series</i> Google Earth	Analisa visual perubahan dasar saluran banjir dari tahun 2002-2015	Google Earth	Google Time Series.
6.	Data Pasang Surut	Informasi perubahan elevasi muka air selama 15 hari (Tgl.1 s/d 16 Juli 2015)	BWSS-I / 2015	Komponen utama pasang surut.
7.	Data Angin	Data angin maksimum harian tahun 2006-2015	Stasiun BMKG Blang Bintang 2015	Data angin maksimum harian
8.	Data debit banjir rancangan	Debit rancangan kala ulang 5 tahunan	BWSS-I / 2015	Data Debit Rancangan
9.	Data Sedimen	Sampel sedimen dasar D_{50}	BWSS-I, 2006	Diameter butiran sedimen

Tabel 3. Skenario simulasi dengan Delft3D

No	Skenario
1	Simulasi Pola Sebaran Sedimen dengan data angin 3 bulan Arah Barat, Barat Laut, Utara dan Timur Laut (Untuk Validasi Parameter) Dengan Debit yang digunakan adalah hasil pengukuran debit sesaat.
2	Simulasi Pola Sebaran Sedimen dengan data angin 10 tahun Arah Barat, Barat Laut, Utara dan Timur Laut Dengan Debit yang digunakan adalah debit Banjir Rancangan Kala Ulang 5 Tahunan

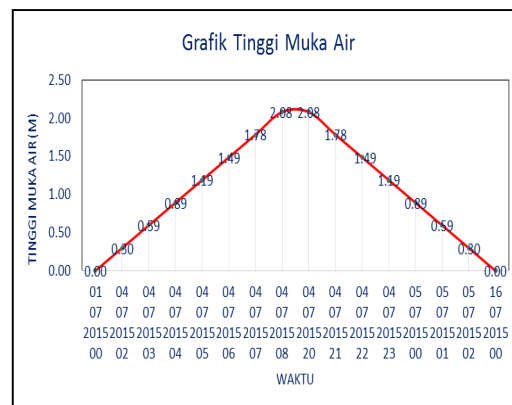
Tabel 4. Data input Per-Sel pada Delft3D

Lokasi	Sel	Kondisi Banjir				Kondisi Normal			
		A (m ²)	V (m/d)	Q (m ³ /dt)	Konsentrasi Sedimen (kg/m ³)	A (m ²)	V (m/d)	Q (m ³ /dt)	Konsentrasi Sedimen (kg/m ³)
Bantaran	I	11.872	1.458	17.309	0.179				
	II	15.232	1.458	22.208	0.179				
	III	51.968	1.458	75.769	0.179				
Sal. Tengah	IV	87.248	1.458	127.208	0.179	36.300	0.015	0.545	0.047
	V	84.896	1.458	123.778	0.179	34.200	0.015	0.513	0.047
	VI	71.792	1.458	104.673	0.179	22.500	0.015	0.338	0.047
	VII	62.048	1.458	90.466	0.179	13.800	0.015	0.207	0.047
	VIII	63.392	1.458	92.426	0.179	7.000	0.015	0.105	0.047
Bantaran	IX	39.536	1.458	57.643	0.179				
	X	13.888	1.458	20.249	0.179				
	XI	13.216	1.458	19.269	0.179				
	XII	13.104	1.458	19.106	0.179				

Tabel 6. Siklus waktu simulasi pada kondisi banjir.

Waktu	Normal			Menuju Banjir			Banjir			Menuju Normal			Normal		
Rentang	01/07/2015	s.d	04/07/2015	04/07/2015	s.d	04/07/2015	04/07/2015	s.d	05/07/2015	05/07/2015	s.d	16/07/2015			
	00.00		02.00	02.00		08.00	08.00		20.00	20.00		02.00	00.00		
	WIB		WIB	WIB		WIB	WIB		WIB	WIB		WIB	WIB		
Durasi	74 Jam			6 Jam			12 Jam			6 Jam			262 Jam		
	3 hari 2 jam			1 Hari									10 hari 22 jam		
	15 Hari														

Untuk input tinggi muka air pada simulasi normal adalah pada elevasi ± 0.00 m. Elevasi ini adalah tinggi muka air pada saat pengukuran debit sesaat. Namun untuk simulasi banjir menggunakan tinggi muka air yang bervariasi, pada keadaan normal elevasi muka air ± 0.00 m dan pada saat normal menuju banjir elevasi di interpolasi terhadap elevasi muka air pada Q5 tahun yaitu + 2.08 m. demikian juga pada saat banjir menuju normal tinggi muka air di interpolasi. Interpolasi ini dilakukan dengan asumsi bahwa muka air banjir meningkat secara perlahan-lahan. Untuk lebih jelas data tinggi muka air sesuai durasinya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik tinggi muka air untuk boundary sungai pada simulasi banjir

Untuk siklus waktu simulasi pada kondisi normal dilakukan selama 3 bulan yaitu sejak Bulan Maret hingga Juni 2015 dengan waktu simulasi selama 15 hari sesuai dengan data pasang surut. Namun untuk simulasi pada kondisi banjir siklus simulasi disesuaikan dengan data pasang surut sehingga pada saat banjir mendapat hasil banjir disaat pasang

tertinggi dan banjir disaat surut terendah. Banjir diasumsikan selama 1 hari yaitu 6 jam waktu menuju banjir, 12 jam waktu banjir dan 6 jam menuju normal kembali, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 6.

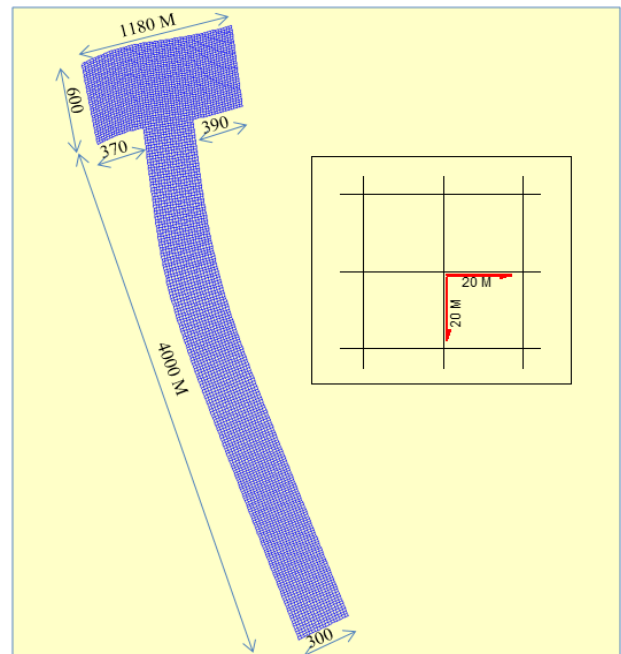
Input Data Kedalaman Bathymetri dan Topografi.

Data kedalaman bathymetri dan topografi diperoleh dari Balai Wilayah Ssungai Sumatera-I. Data tersebut diambil padan 2006. Data kedalaman area simulasi disimpan dalam format sample *.xyz. Data tersebut diinterpolasi dengan program Delft3D-QUICKIN kedalam grid (*.grd) 20 m x 20 m. Kedalaman area simulasi pada Delft3D-QUICKIN. Nilai kedalaman positif (+) digunakan sebagai informasi kedalaman laut, sedangkan nilai negatif (-) digunakan sebagai informasi elevasi daratan. Hasil interpolasi disimpan dalam format *.dep. Selanjutnya, data kedalaman dengan format *.dep digunakan sebagai input bathymetri pada Delft3D-FLOW. Hasil dari input data tersebut menghasilkan gambar *depth*.

Pembuatan Grid.

Program untuk membuat grid digunakan Delft3D-RFGRID, memodifikasi, dan menampilkan secara visual domain hitungan yang akan digunakan sebagai input grid pada Delft3D-FLOW. Grid yang digunakan pada simulasi ditetapkan dalam bentuk spherical coordinate. Grid (dx dan dy) yang digunakan dengan ukuran 20 m x 20 m. Grid yang telah selesai dibuat, disimpan dalam format *.grd. Hasil grid yang digunakan untuk simulasi

terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grid pada daerah simulasi

Description

Description adalah kotak teks tempat untuk menuliskan keterangan tentang simulasi yang dilakukan.

Domain

Toolbar domain digunakan sebagai input grid dan data bathymetri pada daerah simulasi. Hasil grid dalam format file *.grd yang telah dibuat dengan Delft3D-RFGRID menjadi input pada toolbar grid parameters. Data kedalaman yang telah dibuat menggunakan program Delft3D-QUICKIN dengan format file *.dep, menjadi input pada toolbar bathymetry.

Time Frame

Time frame adalah *toolbar* yang berfungsi untuk menginformasikan awal mulai simulasi, mengatur lama waktu simulasi dan interval waktu yang digunakan. Lama waktu

simulasi pada penelitian ini bervariasi pada setiap skenario.

Processes

Toolbar processes digunakan sebagai input sedimen tambahan yang akan disimulasikan. Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini hanya menggunakan input tambahan sediment *non-cohesive*.

Initial Condition

Initial condition merupakan kondisi awal daerah simulasi sebelum simulasi tsunami dijalankan. Kondisi awal pada penelitian ini antara lain data batimetri, topografi, sebaran sedimen D_{50} , kekasaran Manning dan ketinggian gelombang.

Boundaries

Toolbar boundaries digunakan sebagai input data pada open boundary dan menentukan posisi open boundary.

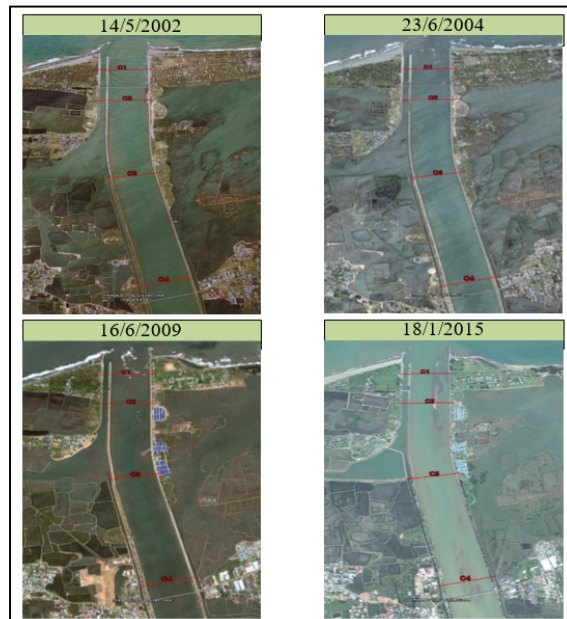
Physical Parameters

Physical parameters merupakan parameter fisik yang berhubungan dengan kondisi area simulasi.

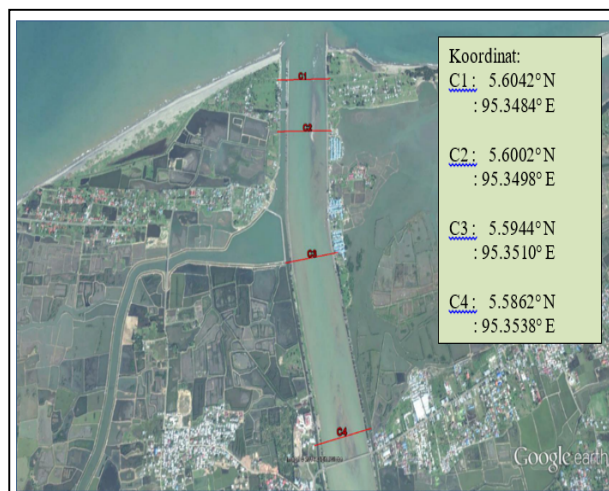
Monitoring

Hasil dari simulasi dilakukan monitoring pada area yang sudah ditentukan. Pada *toolbar monitoring* terdapat *toolbar cross sections* digunakan untuk melihat profil saluran tiap simulasi pada *cross sections* yang telah ditentukan. Penentuan lokasi observasi dan *cross sections* dipilih pada lokasi yang sering terdapatnya konsentrasi sedimen berdasarkan pengamatan melalui peta *time series google*

earth Gambar 4. Adapun lokasi observasi dan *cross sections* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Dan untuk melakukan validasi hasil simulasi dilakukan dengan cara mengamati profil sungai setelah simulasi 3 (tiga) bulan di bandingkan dengan hasil topografi bulan Juni 2015.



Gambar 4. Peta Time Series Google Earth



Gambar 5. Lokasi Observasi dan *Cross Sections*

Menghitung Volume Menggunakan Software Surfer

Volume sedimen baik yang terkonsentrasi maupun yang tergerus dihitung menggunakan *software Surfer*.

Ada dua kontur yang diinput yaitu kontur sebelum dilakukan simulasi dan kontur setelah simulasi banjir. Dari toolbar volume kemudian diinput data kontur sebelum dan sesudah simulasi dan menghasilkan *Cut & Fill Volumes* (*Positive Volume [Cut]*, *Negative Volume [Fill]* dan *Net Volume [Cut-Fill]*).

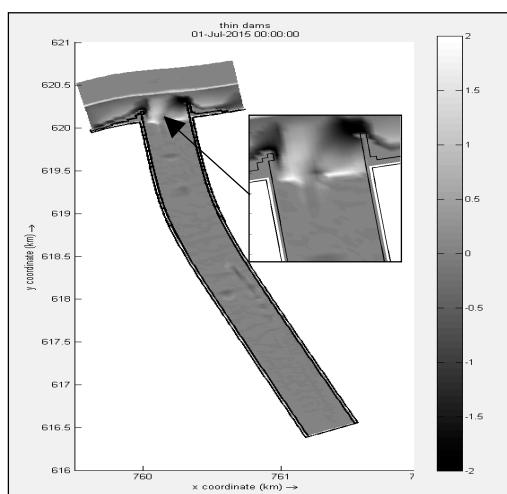
HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi pada kondisi normal (tidak banjir)

Hasil Simulasi pertama yaitu untuk melihat pola sebaran sedimen pada kondisi normal (tidak banjir) dan sebagai validasi data yang di *input* pada *software* Delft3D:

Pola Sebaran Sedimen

Hasil dari simulasi ini menunjukkan adanya perubahan elevasi dasar saluran pada muara. Akibat dari kurang nya arus dari hulu sementara arus laut lebih dominan. Ketika adanya arus dari arah Barat Laut maka terjadi dorongan sedimen ke sisi Timur muara. Sehingga terjadi konsentrasi sedimen pada area tersebut. Di sisi Barat muara juga terlihat adanya konsentrasi sedimen lihat Gambar 6.



Gambar 6. Pola Sebaran Sedimen Setelah 3 Bulan.

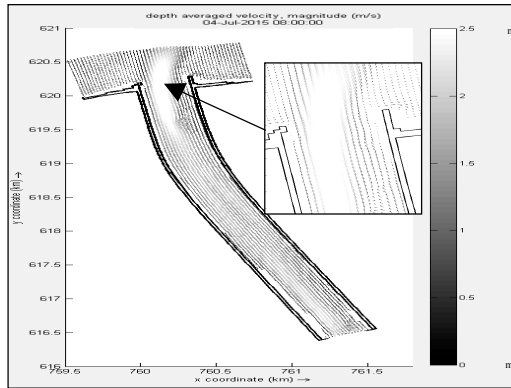
Ini menunjukkan bahwa pada saat tidak banjir arus yang dominan terjadi adalah arus gelombang dan arus pasang surut. Dikarenakan arus debit dari hulu cenderung kecil hanya sebesar $0.844 \text{ m}^3/\text{det}$ (hasil pengukuran) + $1 \text{ m}^3/\text{det}$ (drainase) = $1.844 \text{ m}^3/\text{det}$. Dengan lebar sungai hingga 300 m, debit tersebut tidak berpengaruh terhadap perpindahan sedimen.

Simulasi pada kondisi Banjir

Simulasi selanjutnya adalah simulasi pada kondisi banjir dalam model ini menggunakan debit banjir rancangan Q 5 tahunan yaitu sebesar $770.43 \text{ m}^3/\text{det}$. Adapun tujuan dari simulasi ini adalah untuk melihat pola aliran, pola sebaran sedimen, dan untuk mendapatkan perubahan profil saluran setelah terjadinya banjir.

Pola Aliran

Simulasi pada kondisi banjir dengan menggunakan debit banjir rancangan sebesar $770.43 \text{ m}^3/\text{det}$. Menghasilkan pola aliran seperti terlihat pada Gambar 7. Pola aliran yang terjadi yaitu arus pada bagian kiri muara lebih besar dibanding pada bagian hulu. Hal ini disebabkan karena menyempitnya saluran pada bagian muara sehingga kecepatan arus pada bagian tersebut lebih besar. Penyempitan itu sendiri diakibatkan karena adanya konsentrasi sedimen pada bagian kanan muara yang terjadi pada saat kondisi normal. Dimana pada kondisi tersebut arus dari laut lebih dominan. Sehingga dapat mendorong sedimen ke arah hulu.



Gambar 7. Pola Aliran Air Saat Kondisi Banjir.

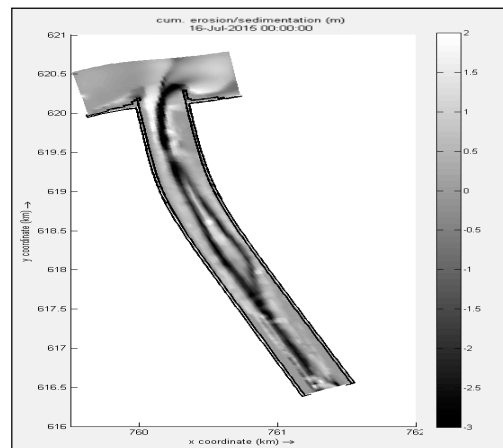
Pola Sebaran Sedimen

Untuk melihat pola sebaran sedimen pada saluran banjir sungai Krueng Aceh dapat dilihat dari hasil simulasi pada saat terjadinya banjir dan bersamaan dengan pasang tertinggi dengan simulasi dari empat arah angin yaitu arah Barat, Barat Laut, Utara dan Timur Laut. Menghasilkan beberapa pola sebaran sedimen yang berubah-ubah. Perubahan bentuk pola sebaran sedimen tersebut akibat dari arah angin yang ber beda. Pada umumnya dari semua hasil simulasi dengan arah angin yang berbeda pada bagian hulu dari saluran banjir tersebut hampir sama pola sebaran sedimennya.

Simulasi Arah Barat

Berdasarkan hasil simulasi arah Barat. Sesuai dengan pola aliran terlihat ketika banjir sebagian sedimen berpindah sesuai arah aliran lihat Gambar 8. Sehingga pada sisi kanan muara tersebut ketika debit kecil maka grafitasi sedimen lebih besar dari daya dorong arus. Ini mengakibatkan sedimen terkonsentrasi pada bagian tersebut. Sementara pada sisi kiri muara mengalami gerusan hingga membentuk alur yang dalam. Setelah banjir berakhir sedimen kembali terdorong ke

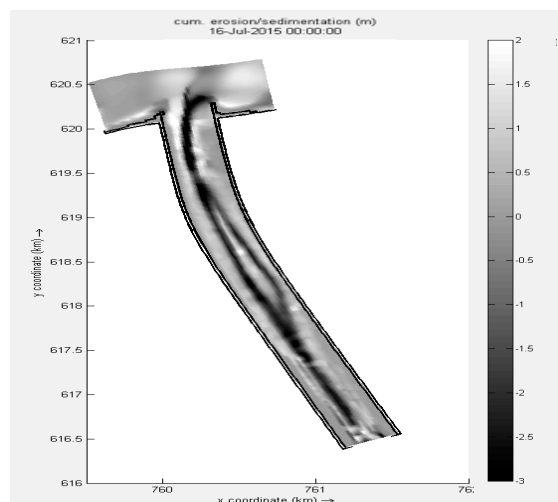
sisi kanan muara.



Gambar 8. Pola Sebaran Sedimen Setelah Banjir Dengan Angin Arah Barat

Simulasi Arah Barat Laut

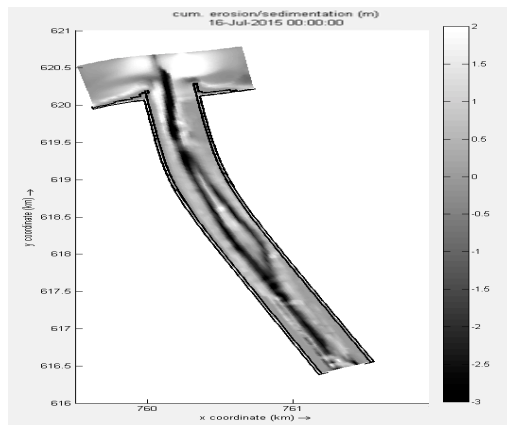
Berdasarkan hasil simulasi arah Barat Laut, pada umumnya pola sebaran sedimen hampir sama dengan hasil simulasi arah Barat. Ketika banjir sebagian sedimen berpindah sesuai arah aliran seperti terlihat pada Gambar 9. Yang membedakan kondisi ini dengan simulasi arah Barat Laut adalah saat terjadinya banjir sedimen cenderung menuju ke arah Utara. Hal ini diakibatkan arus dari arah Barat Laut lebih kecil daripada arus banjir. Namun setelah banjir berakhir kembali terjadi dorongan sedimen ke arah sisi kanan muara.



Gambar 9. Pola Sebaran Sedimen Setelah Banjir Dengan Angin Arah Barat Laut

Simulasi Arah Utara

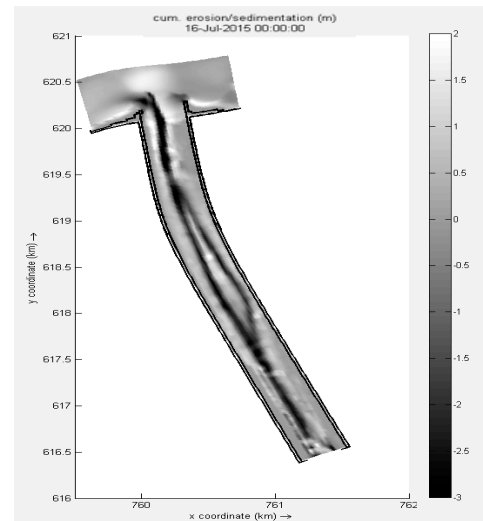
Berdasarkan hasil simulasi arah Utara, pada umumnya pola sebaran sedimen juga hampir sama dengan hasil simulasi arah Barat. Ketika banjir sebagian sedimen berpindah sesuai arah aliran lihat Gambar 10. Dikarenakan arus dari laut berlawanan arah dengan arus banjir dari hulu maka transport sedimen terbagi dua. Sebagian ke arah Barat Laut dan sebagian lagi ke arah Timur Laut. Namun setelah banjir berakhir sedimen kembali terkonsentrasi pada sisi kanan muara.



Gambar 10. Pola Sebaran Sedimen Setelah Banjir Dengan Angin Arah Utara

Simulasi Arah Timur Laut

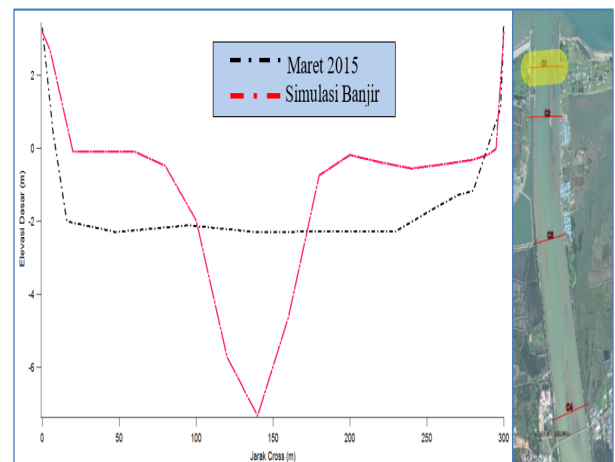
Berdasarkan hasil simulasi arah Timur Laut. Juga pada umumnya pola sebaran sedimen hampir sama dengan hasil simulasi sebelumnya. Ketika banjir sebagian sedimen berpindah sesuai arah aliran lihat Gambar 11. Dikarenakan arus dari arah Timur Laut mengakibatkan sedimen yang tergerus oleh banjir terdorong ke arah Barat Laut namun tidak terlalu jauh. Setelah banjir berakhir konsentrasi sedimen pada sisi kanan muara lebih besar dibandingkan dengan simulasi-simulasi sebelumnya. Dan di depan muara juga terdapat konsentrasi sedimen.



Gambar 11. Pola Sebaran Sedimen Setelah Banjir Dengan Angin Arah Timur Laut

Perubahan Profil Dasar Saluran Banjir

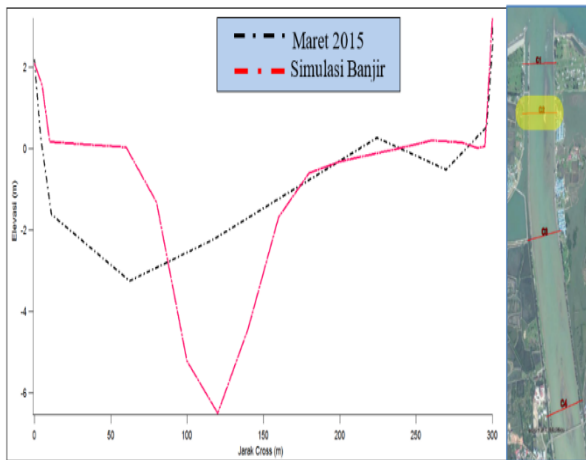
Untuk mengetahui perubahan profil dasar saluran banjir. Dilakukan pengamatan pada 4 (empat) potongan melintang yaitu C1, C2, C3 dan C4. Profil yang dibandingkan yaitu profil bulan Maret 2015 dengan profil setelah simulasi banjir dengan angin arah Barat.



Gambar 12. Grafik pada lokasi observasi C1.

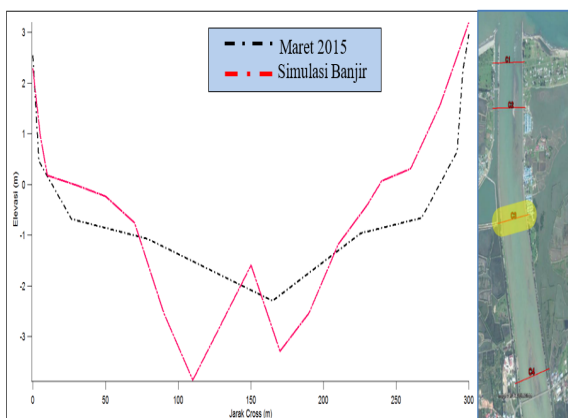
Pada lokasi Cross C1 seperti terlihat pada Gambar 12. Terlihat adanya gerusan di tengah saluran hingga 5 meter dan pada sisi kiri dan kanan terjadi peningkatan sedimen dengan ketebalan hingga 2 meter. Ini akibat dari arus

yang mengalir lebih dominan di tengah saluran dan tidak merata.



Gambar 13. Grafik pada lokasi observasi C2.

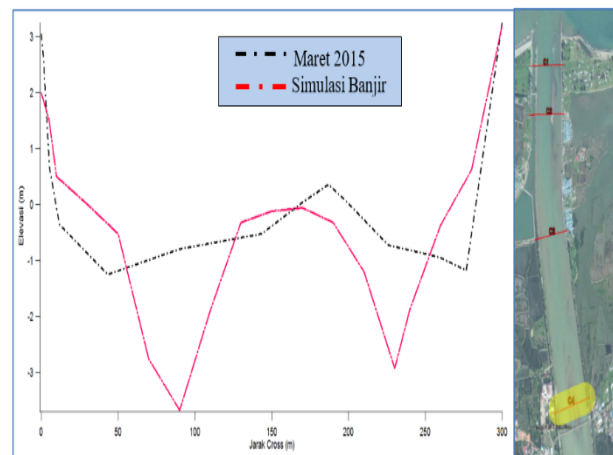
Pada Gambar 13, yang merupakan lokasi *Cross C2* hampir sama dengan hasil simulasi pada *Cross 1*. Dimana yang tergerus adalah pada jarak 100 meter dari sisi kiri. Ada peningkatan konsentrasi sedimen pada bagian kiri saluran. Namun pada sisi kanan terlihat masih tetap seperti semula. Ini mengindikasikan bahwa tidak ada sedimen yang tergelontor dan juga tidak ada sedimen yang mengendap setelah banjir pada sisi kanan tersebut. Ini akibat dari meander sungai sehingga arus yang terjadi pada sisi kanan tidak terlalu besar.



Gambar 14. Grafik pada lokasi observasi C3.

Gambar 14, menunjukkan ada gerusan

pada jarak 100 meter dari sisi kiri. Terlihat juga terjadinya konsentrasi sedimen pada sisi kanan setebal 1 (satu) meter. Namun pada bagian tengah tidak terjadi gerusan ini akibat dari arus yang tidak merata. Salah satu faktor yang mempengaruhi terbentuknya delta adalah diameter butiran sedimen dasarnya yang lebih besar sehingga arus tidak mampu menggelontorkannya ke laut.



Gambar 15. Grafik pada lokasi observasi C4.

Pada *Cross C4* seperti terlihat pada Gambar 15. Bentuk profil setelah di simulasikan dengan debit banjir rancangan Q_5 Tahunan hampir sama dengan yang terjadi pada *Cross C3*. Dimana di tengah saluran membentuk delta sementara pada sisi kanan dan kirinya tergerus sedalam 2.5 Meter. Delta yang terjadi tersebut adalah sedimen yang dibawa oleh banjir dari hulu.

Volume Sedimen

Dari hasil perhitungan volume sedimen setelah terjadinya banjir dengan menggunakan *software* *sulfer*. Menunjukkan bahwa sedimen yang terkonsentrasi (*Positive Volume [Cut]*) sebesar 868.236 M^3 . Dan yang tergerus (*Negative Volume [Cut]*) sebesar $2.039.560 \text{ M}^3$.

Artinya volume sedimen yang mengendap lebih kecil dari pada yang tergerus. Namun yang tergerus tersebut hanya pada jalur dengan arus yang lebih besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pola sebaran sedimen pada saluran banjir sungai Krueng Aceh memiliki pola yang relatif tetap. Artinya bila sedimen tersebut dipindahkan maka pola sebaran sedimen kembali terkonsentrasi pada sisi kanan muara.
2. Setelah terjadinya banjir volume sedimen meningkat sebesar 868.236 M^3 . Dan yang tergerus sebesar $2.039.560 \text{ M}^3$. Artinya volume sedimen yang mengendap lebih kecil dari pada yang tergerus. Namun yang tergerus tersebut hanya pada jalur dengan arus yang lebih besar.
3. Hasil dari simulasi dengan menggunakan debit banjir rancangan lima tahunan, sedimen yang berada di sisi kanan muara tidak mampu tergelontor ke laut. Hal ini diakibatkan karena bentuk meander saluran yang berbelok dan jetty di sisi kiri yang kurang panjang.

Saran.

Dari hasil penelitian ini ada beberapa Saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dalam melakukan simulasi agar menggunakan beberapa debit rancangan.
2. Pada penelitian selanjutnya agar dapat

mensimulasikan dengan menambah panjang jetty sampai kedalaman gelombang pecah. Sehingga dapat diketahui apakah dengan menambah panjang jetty tersebut dapat mengurangi konsentrasi sedimen pada sisi kanan muara?

3. Disarankan pada penelitian berikutnya agar dapat mensimulasikan dengan membuat *River Training* pada bagian kiri muara.
4. Pada penelitian selanjutnya agar dapat mensimulasikan dengan menggunakan elevasi dasar saluran hasil desain pengerukan pada tahun 2015 oleh BWSS-I.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Asdak, C, 2004, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- BWSS-I, 2013, *Laporan BWS-SI (Balai Wilayah Sungai Sumatera-I), Penyusunan Pola Pengelolaan WS Aceh-Meureudu*, Banda Aceh
- BWSS-I, 2015, *Laporan BWS-SI (Balai Wilayah Sungai Sumatera-I), Kajian Normalisasi Floodway Sungai Krueng Aceh*, Banda Aceh
- Deltares, 2007, *User Manual Delft3D-RGFGRID: Generation and manipulation of curvilinear grids for FLOW and WAVE*, Deltares, Delft, Belanda.
- Deltares, 2009, *User Manual Delft3D-Flow: Simulation of Multi-Dimensional Hydrodynamic Flows*

and Transport Phenomena, Including Sediments, Deltares, Delft, Belanda.

David. M Lane, 2013, *Online Statistics Education: An Interactive Multimedia Course of Study*, dilihat 29 Maret 2017 dikutip dari internet <<http://onlinestatbook.com/2/regression/accuracy.html>>.

IFNET, 2015, *Japanes ODA to Indonesia, Main Projects in the Field of Water Resources Management, Flood Management and Sabo*, dilihat 20 Maret 2015 dikutip dari internet <[http://www.internationalfloodnetwork.org/river-ml/file/Japanese_ODA_to_Indonesia_\(MAP\).pdf](http://www.internationalfloodnetwork.org/river-ml/file/Japanese_ODA_to_Indonesia_(MAP).pdf)>.

Li, L dan Huang, Z., 2013. Modeling the Change of Beach Profile Under Tsunami Wave: A Comparison of Selected Sediment Transport Models, *Journal of Earthquake and Tsunami*, Vol.7, No.1.