

KAJIAN ARUS SEJAJAR PANTAI (*LONGSHORE CURRENT*) AKIBAT PENGARUH TRANSFORMASI GELOMBANG DI PERAIRAN SEMARANG

Intan Meilistya R. R, Denny Nugroho Sugianto, Elis Indrayanti ^{*)}

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698

Abstrak

Gelombang yang merambat dari perairan dalam menuju ke perairan dangkal (pantai) akan mengalami perubahan perilaku gelombang (transformasi). Gelombang pecah yang membentuk sudut dengan garis pantai dapat menimbulkan arus menyusur pantai (longshore current), dimana dapat mengakibatkan proses erosi pantai secara alami. Perairan Semarang merupakan salah satu daerah di Jawa Tengah yang pesisirnya mengalami erosi pantai. RCPWAVE (Regional Coastal Processes Wave) digunakan untuk simulasi penjalaran gelombang. Kecepatan longshore current dihitung dengan perhitungan empiris $V = 1,17\sqrt{gH_b} \sin\alpha_b \cos\alpha_b$. Hasil simulasi model menunjukkan bahwa arah penjalaran gelombang menuju Perairan Semarang akan mengalami refraksi dan shoaling akibat adanya perubahan kedalaman. Kecepatan longshore current dari pengukuran tinggi dan periode gelombang signifikan adalah 1,586 m/det, sedangkan kecepatan longshore current dari hasil simulasi adalah 0,9017 – 1,1832 m/det.

Kata Kunci : Erosi, Transformasi Gelombang, Longshore Current, Semarang

Abstract

Waves propagation from deep water to the shallow waters (coastal) will change the behavior of the wave (transformation). Breaking waves that formed angle with shoreline causing longshore current, which can cause erosion process by nature. Coastal waters of Semarang is one of the areas in Central Java which occurred coastal erosion. RCPWAVE (Regional Coastal Processes Wave) was used for the simulation of tranformation waves. Longshore current velocity was calculated by the calculation of empirical $V = 1,17\sqrt{gH_b} \sin\alpha_b \cos\alpha_b$. Model simulation results indicate that the direction of wave propagation towards Semarang coastal waters will run into refraction and shoaling caused by a change of depth. Longshore current velocity measurement of wave height and period significant was 1,586 m/sec, while longshore current velocity of the simulation results was 0,9017 - 1,1832 m/sec.

Keywords : Erosion, Wave Transformation, Longshore Current, Semarang

1. Pendahuluan

Gelombang yang merambat dari perairan dalam menuju ke perairan dangkal (pantai) akan mengalami perubahan perilaku gelombang (transformasi) dari sifat dan parameter gelombang seperti proses refraksi, *shoaling*, refleksi maupun difraksi akibat pengaruh karakteristik dan bentuk pantai.

Gelombang yang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai dapat menimbulkan arus sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999). Arus sepanjang pantai (*longshore current*) atau arus litoral, merupakan salah satu penyebab dalam pembentukan morfologi pantai (Dahuri *et al*, 2008). Hal ini dapat disebabkan karena arus sejajar pantai merupakan media pengangkut sedimen yang telah digerakkan oleh gelombang dan terus bergerak sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999).

Perairan Semarang merupakan salah satu daerah di Jawa Tengah yang pesisirnya mengalami erosi pantai. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan mempergunakan citra satelit landsat dan alos, perubahan garis pantai yang terjadi antara tahun 1999 sampai tahun 2006 di garis pantai Semarang Demak lebih banyak mengalami erosi jika dibandingkan dengan akresi. Erosi yang terjadi sebesar 771,424 hektar (ha), sedangkan akresi yang terjadi sebesar 177,931 ha. Erosi yang terjadi disebabkan oleh kuatnya arus dan ombak yang cukup besar (Parman, 2010).

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

Kerusakan pantai akibat erosi yang terjadi di Perairan Semarang hampir sebagian diakibatkan oleh pembangunan di kawasan pesisir, yang mana dengan leluasa mengubah fungsi pantai dengan mendirikan bangunan, baik di wilayah pantai maupun laut dengan cara mereklamasi pantai. Aktifitas tersebut dapat berimbas terhadap perubahan penjalaran gelombang. Perubahan arah penjalaran gelombang ini akan mempengaruhi arus yang terjadi dan mempengaruhi transport sedimennya. Arus yang terbentuk dari gelombang laut yang telah pecah di pantai, salah satunya adalah *longshore current*. Terjadinya arus *longshore current* ini dapat mengakibatkan mengikisnya pantai dan menyebabkan erosi.

2. Materi dan Metode Penelitian

A. Materi Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini meliputi data lapangan (data primer) dan data pendukung dari instansi terkait (data sekunder). Data primer berupa data gelombang. Sedangkan untuk data sekunder meliputi data angin selama sepuluh tahun (2001 – 2010), peta dasar (Base Map) Lingkungan Pantai Indonesia BAKOSURTANAL lembar Kancilan skala 1 : 50.000 dan Peta Rupa Bumi BAKOSURTANAL lembar Kancilan skala 1 : 25.000

B. Metode Penelitian, Pengolahan dan Analisa Data

Metode Penentuan Lokasi Pengukuran Gelombang

Penentuan lokasi pengukuran gelombang menggunakan metode Area Sampling (*Cluster Sampling*) yaitu menentukan lokasi pengukuran bila daerah yang diamati sangat luas (Fathoni, 2006). Pengambilan data dilakukan pada koordinat 06° 55' 21.0" LS dan 110°23' 32.00"BT, dimana pada satu lokasi titik tersebut sudah dapat mewakili luasan daerah penelitian.

Pengukuran Arah dan Kecepatan Angin

Data arah dan kecepatan angin diperoleh dengan dua cara. Dengan observasi langsung, yaitu menggunakan anemometer selama 5 hari pengamatan berlangsung dan observasi tidak langsung, yaitu menggunakan data dari BMKG Ahmad Yani, Semarang. Data angin dari instansi yang diperlukan adalah data angin per jam selama 10 (sepuluh) tahun. Data tersebut cukup representatif untuk memprediksi gelombang dan pengaruhnya terhadap pembangkitan arus *longshore current*.

Pengukuran Gelombang

Pengambilan data gelombang dilakukan secara langsung selama 6 x 24, dengan pencatatan data setiap 10 menit menggunakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) Argonaut-XR yang diletakkan pada kedalaman 14 meter. Data yang diperoleh dari pengukuran adalah tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T).

Memodelkan Penjalaran (Transformasi) Gelombang

Menggunakan software NEMOS (*Nearshore Evolution Modelling System*) yang merupakan paket bagian dari paket program CEDAS (*Coastal Engineering Design and Analysis System*). Di dalam paket program ini terdapat modul untuk mensimulasikan penjalaran gelombang yaitu: RCPWAVE (*Regional Coastal Processes Wave*).

Longshore Current (Arus Sejajar Pantai)

Hasil tinggi gelombang pecah (H_b) yang diperoleh setiap grid dari model akan dilihat dan digunakan untuk perhitungan kedalaman gelombang pecah $\frac{d_b}{H_b} = 1,28$. *Longshore current* biasanya terjadi di daerah *mid-surf* dan bila berdasarkan Longuet-Higgins (1970), maka didapat perbandingan antara *longshore current* dan lebar *surf zone* yang sangat kasar. Dengan menggabungkan data lapangan di California oleh Putnam, Munk dan Taylor (1949); Saville (1950); dan Brebner dan Kamphius (1963) serta memperhitungkan teori gelombang linear (Komar, 1979) maka didapat persamaan *longshore current* $V = 1,17\sqrt{gH_b} \sin\alpha_b \cos\alpha_b$ (Triatmodjo, 1999).

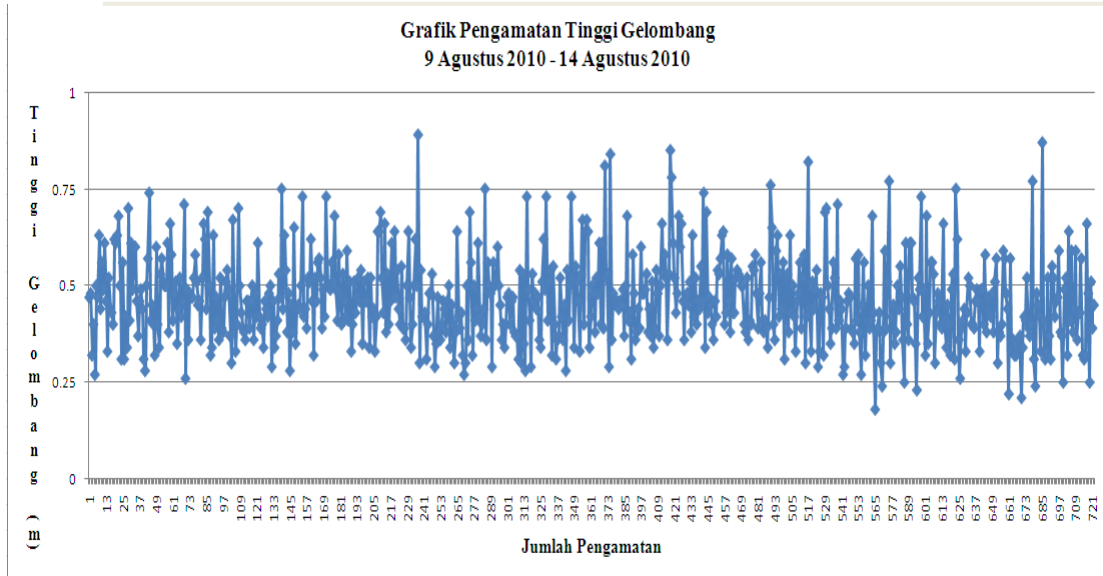
3. Hasil dan Pembahasan

Tujuan melakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui arus sejajar pantai (*longshore current*) akibat pengaruh transformasi gelombang di perairan Semarang. Kecepatan angin di wilayah Kota Semarang berkisar antara 6-8 km/jam dengan rata-rata tahunan sebesar 66 km/jam dan arah yang paling dominan sepanjang tahun yaitu arah Barat laut. Gelombang di perairan Semarang berasal dari seretan angin yang terjadi di laut Jawa. Panjang seretan angin sedikit terhambat dengan adanya kepulauan Karimun Jawa dan pantai Demak. Gelombang pada musim Muson Barat Laut relatif tinggi dan pada musim Muson Tenggara gelombang lebih tenang (BAPPEDA, 2001).

Pengukuran Gelombang di Lapangan

Pengukuran gelombang dilakukan pada tanggal 9 Agustus 2010 sampai dengan tanggal 14 Agustus 2010 dengan kedalaman sekitar 14 meter di perairan Semarang dengan posisi geografis 110°23'32" BT 6°55'21" LS. Dari data pengukuran yang diperoleh diketahui bahwa tinggi gelombang tertinggi mencapai 0.89 meter, sedangkan periode tertinggi 14.2 detik. Berdasarkan perhitungan diperoleh tinggi gelombang

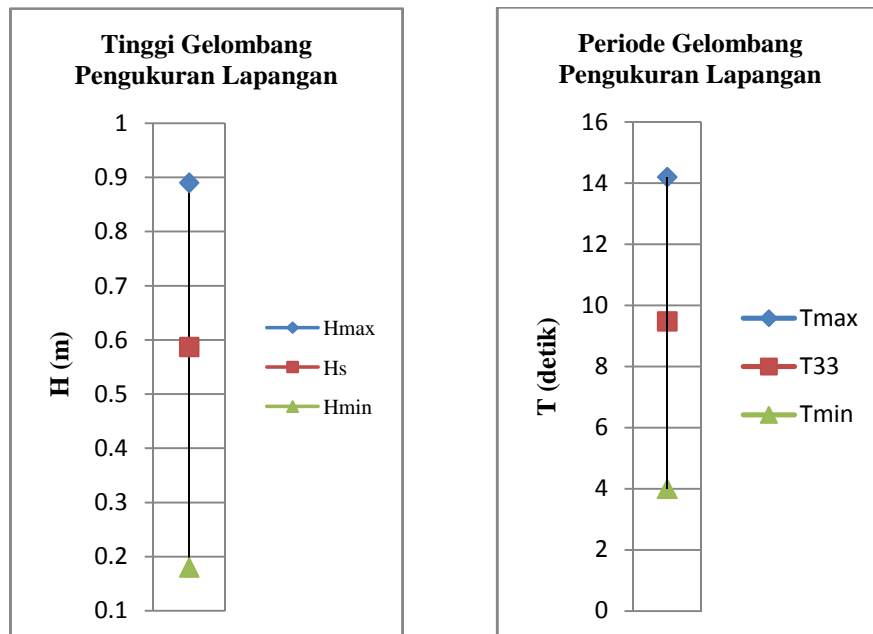
signifikan (H_s) adalah 0.588 meter dan 9.476 detik untuk periode signifikan (T_s). Hasil secara lengkap tersaji pada Tabel 1.



Gambar 1. Grafik tinggi gelombang pengamatan di lapangan

Tabel 1. Tinggi dan periode gelombang lapangan (kedalaman perairan = 14 meter)

No	Keterangan	Minimum	Signifikan	Maksimum
1	H (meter)	0.18	0.587	0.89
2	T (detik)	4	9.476	14.2



Gambar 2. Tinggi dan Periode gelombang laut pada Bulan Agustus 2010

Dari data perhitungan pada tabel 2, dimana, $L = 99,333$ meter dan $d = 14$ meter, menghasilkan $d/L = 0,141$, dimana nilai d/L yang dihasilkan termasuk klasifikasi gelombang perairan menengah atau transisi ($1/20 < d/L < 1/2$) dengan kecepatan longshore current yang terjadi adalah 1,586 meter/det.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Gelombang

	Ho (m)	To (det)	α_0 ($^\circ$)	Lo (m)	L (m)	Hb (m)	db (m)	ab ($^\circ$)	Longshore Current (m/det)
max	0,89	14,2	45	314,558	158,564	1,446	1,952	22,028	2,003
signifikan	0,587	9,476	45	140,065	99,333	0,907	1,214	30,142	1,586
min	0,18	4	45	24,960	24,917	0,270	0,355	44,921	0,866

Konversi Gelombang

Tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) hasil konversi data angin (Tahun 2001-2010) musim timur adalah 0,371 meter dan 2,228 detik. Tinggi dan periode gelombang signifikan dari konversi data angin pada periode bulan yang sama dengan penelitian, yaitu bulan Agustus menunjukkan tinggi gelombang signifikan yang mendekati dengan gelombang lapangan.

Hasil pengelompokan konversi data angin menjadi data gelombang (Tahun 2001-2010) berdasarkan musim dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Tinggi gelombang representatif musiman (Tahun 2001–2010)

Musim	H_{min} (meter)	H_{33}/H_s (meter)	H_{max} (meter)
Barat	0.050	0.431	1.072
Peralihan I	0.050	0.397	1.072
Timur	0.019	0.371	0.786
Peralihan II	0.050	0.400	0.866

Tabel 4. Periode gelombang representatif musiman (Tahun 2001–2010)

Musim	T_{min} (detik)	T_{33}/T_s (detik)	T_{max} (detik)
Barat	0.999	2.361	3.416
Peralihan I	0.999	2.287	3.416
Timur	0.684	2.228	3.017
Peralihan II	0.999	2.295	3.135

Verifikasi Gelombang

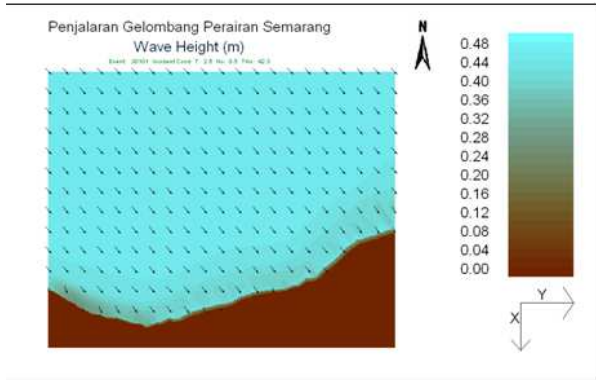
Tinggi gelombang signifikan hasil pengukuran lapangan (H_s) adalah 0.587 meter, Sedangkan tinggi gelombang signifikan hasil konversi adalah 0.371 meter. Relative Error (RE) yang diperoleh dari hasil perhitungan antara tinggi gelombang signifikan konversi data angin dengan lapangan 36.797%. Verifikasi data gelombang signifikan yang merupakan hasil konversi data angin menjadi data gelombang (2001-2010) menunjukkan bahwa data tinggi gelombang hasil konversi mendekati data gelombang lapangan.

Penjalaran Gelombang dengan Pendekatan Model NEMOS (RCPWAVE)

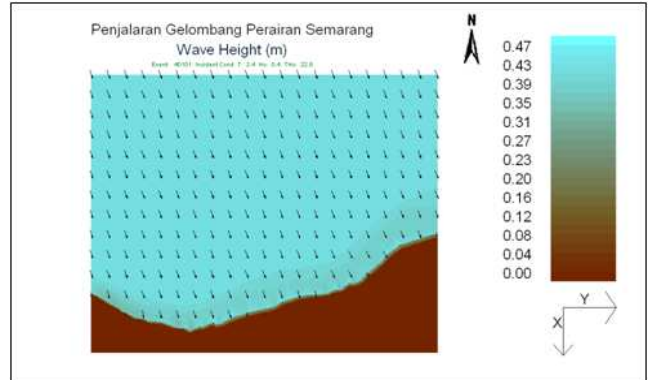
Model penjalaran gelombang dibangun dengan menggunakan paket program NEMOS (*Nearshore Evolution Modelling System*) yang merupakan bagian dari paket program CEDAS (*Coastal Engineering Design and Analysis System*). Di dalam paket program ini terdapat model untuk mensimulasikan penjalaran gelombang yaitu RCPWAVE (*Regional Coastal Processes Wave*) adalah model matematik untuk mensimulasikan penjalaran gelombang dan perubahan kontur dasar laut (batimetri).

A. Model Penjalaran Gelombang

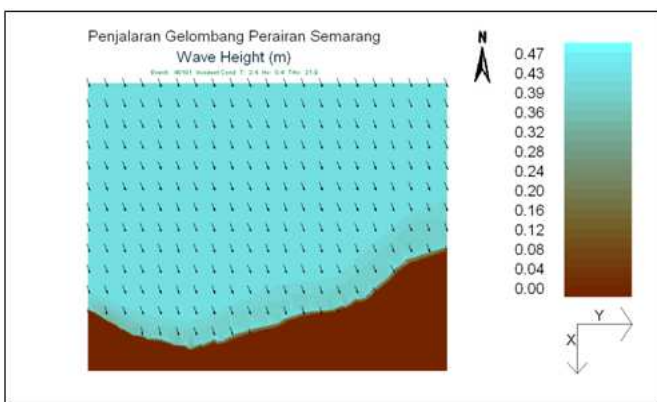
Dari hasil *running* dengan menggunakan program CEDAS diperoleh model hasil penjalaran gelombang pada daerah lokasi penelitian. Gambar 3-6 merupakan model penjalaran gelombang untuk berbagai kondisi arah datang gelombang pada lokasi penelitian. Hasil simulasi model penjalaran gelombang tersebut menunjukkan terjadinya proses refraksi gelombang dan *shoaling* karena pengaruh perubahan kedalaman laut.



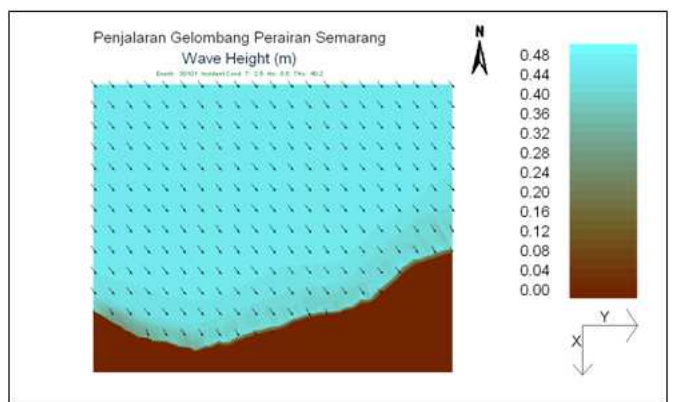
Gambar 3. Penjalaran gelombang dengan sudut datang gelombang dalam skenario model $42,3^{\circ}$ (Musim Barat)



Gambar 4. Penjalaran gelombang dengan sudut datang gelombang dalam skenario model $40,2^{\circ}$ (Musim Peralihan I)



Gambar 5. Penjalaran gelombang dengan sudut datang gelombang dalam skenario model $21,9^{\circ}$ (Musim Peralihan II)

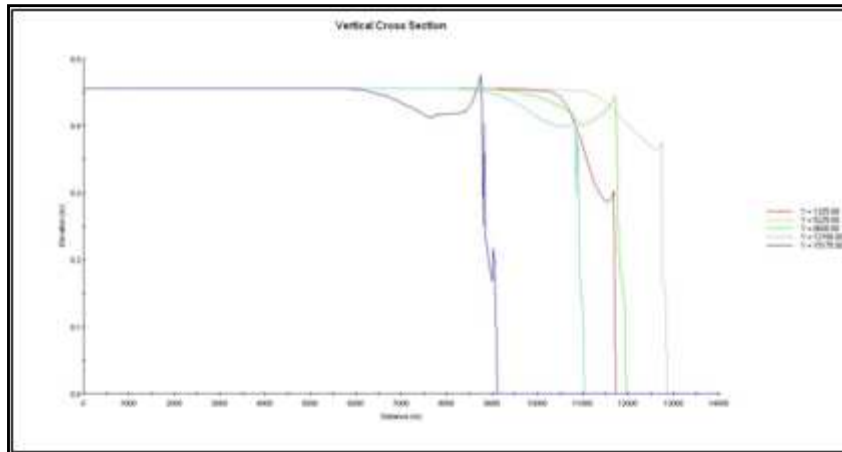


Gambar 6. Penjalaran gelombang dengan sudut datang gelombang dalam skenario model $22,8^{\circ}$ (Musim Timur)

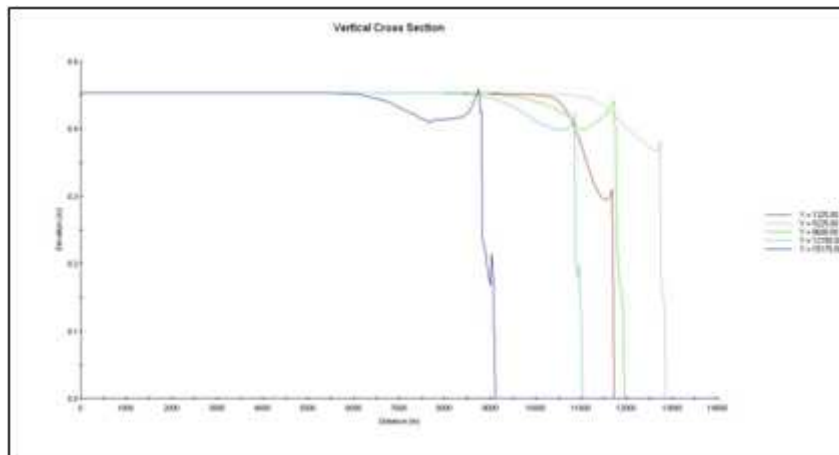
Pada musim barat gelombang datang berasal dari arah timur laut menuju tenggara (Gambar 3) dengan sudut datang gelombang $42,3^{\circ}$, memiliki ketinggian maksimum 0,505 meter dan tinggi minimum sebesar 0,122 meter. Pada musim peralihan I (Gambar 4) dengan sudut $40,2^{\circ}$, gelombang maksimum 0,501 m dan minimum 0,123 m. Gambar 5 menunjukkan penjalaran gelombang pada musim peralihan II dimana tinggi gelombang maksimum dan minimumnya masing-masing sebesar 0,493 m dan 0,122 m. Pada musim timur gelombang yang datang dari arah barat laut menuju selatan (Gambar 6) memiliki ketinggian minimum 0,122 dan maksimum 0,488 meter dengan sudut datang gelombang $22,8^{\circ}$.

B. Potongan Melintang

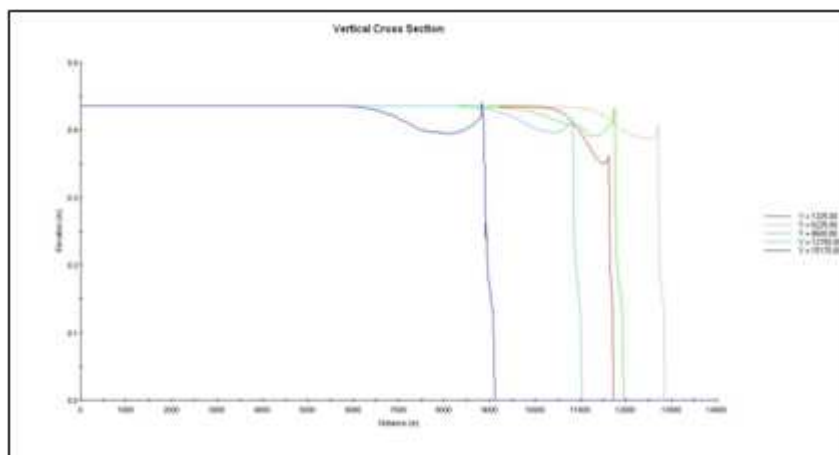
Gambar 7-10 menunjukkan perubahan tinggi gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju garis pantai untuk beberapa garis penampang melintang (*cross section*) hasil simulasi. Dari gambar terlihat bahwa untuk perairan dalam tinggi gelombangnya relatif sama. Hal ini dikarenakan tinggi gelombang di perairan dalam tidak dipengaruhi oleh perubahan kedalaman. Saat gelombang memasuki perairan transisi atau perairan dangkal, tinggi gelombang berangsur berkurang. Namun, semakin mendekati garis pantai nilai tinggi gelombang akan bertambah lagi dan kemudian pecah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Latief 1994 dalam Triana 2000 dimana selama penjalaran gelombang, periode dianggap konstan, tinggi gelombang mula-mula menurun di perairan menengah dan dangkal namun tiba-tiba di perairan yang sangat dangkal tinggi gelombang membesar sampai terjadi pecah.



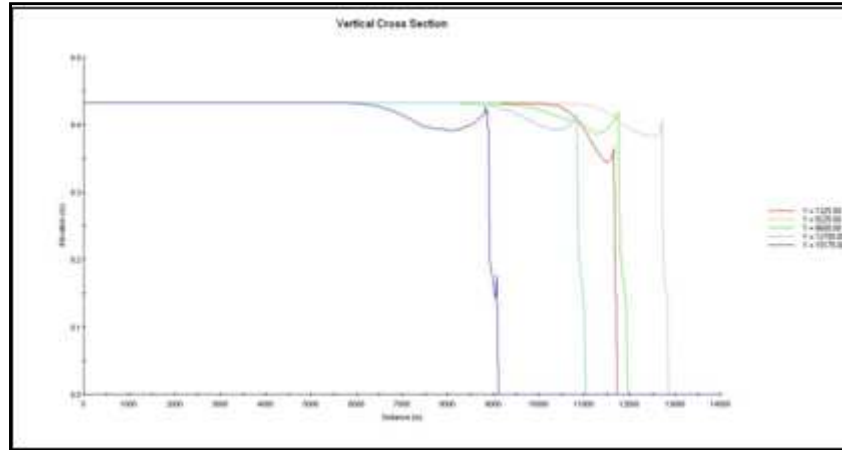
Gambar 7. Penampang melintang hasil simulasi untuk musim Barat



Gambar 8. Penampang melintang hasil simulasi untuk musim Peralihan I



Gambar 9. Penampang melintang hasil simulasi untuk musim Peralihan II



Gambar 10. Penampang melintang hasil simulasi untuk musim Timur

Longshore Current (Arus Sejajar Pantai)

Arus sejajar pantai atau *longshore current* mengalir sejajar dengan garis pantai dan terbatas pada daerah perairan tempat gelombang pecah hingga garis pantai. Faktor utama penentu kecepatan arus menyusur pantai adalah sudut gelombang pecah dan tinggi gelombang pecah. Tabel 5-8 menyajikan besar kecepatan arus sejajar pantai pada penampang melintang yang berbeda untuk berbagai musim.

Tabel 5. Kecepatan Arus Sejajar Pantai untuk Musim Barat

Musim Barat				
Y	Hb (m)	db (m)	αb (derajat)	V (m/det)
1325	0,303	-0,38784	-0,768	-
5225	0,376	-0,48128	27,4	0,9173
8600	0,443	-0,56704	30,6	1,06782
12150	0,409	-0,52352	32,1	1,05416
15175	0,403	-0,51584	41,1	1,1517

Tabel 6. Kecepatan Arus Sejajar Pantai untuk Musim Peralihan I

Musim Peralihan I				
Y	Hb (m)	db (m)	αb (derajat)	V (m/det)
1325	0,311	-0,398	-0,986	-
5225	0,382	-0,489	26,8	0,91072
8600	0,441	-0,564	29,1	1,03327
12150	0,425	-0,544	30,8	1,04989
15175	0,426	-0,545	39,6	1,17396

Tabel 7. Kecepatan Arus Sejajar Pantai untuk Musim Peralihan II

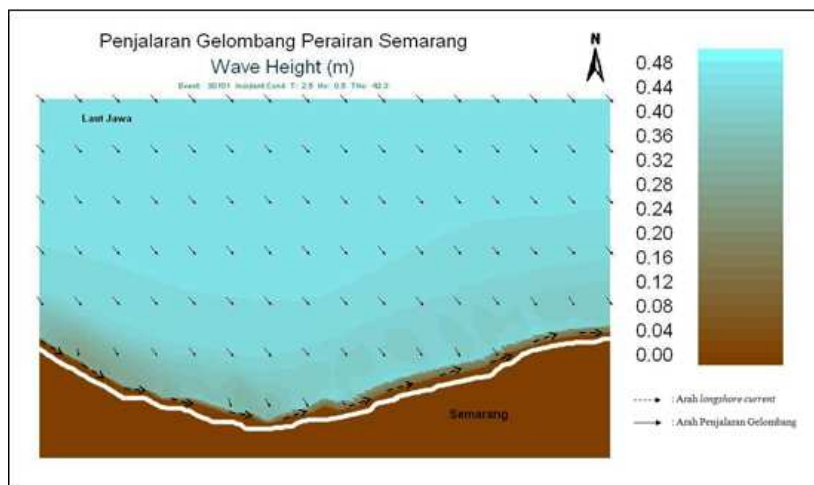
Musim Peralihan II				
Y	Hb (m)	db (m)	αb (derajat)	V (m/det)
1325	0,361	-0,462	3,85	-
5225	0,406	-0,520	26,8	0,9389
8600	0,433	-0,554	27,7	0,9916
12150	0,414	-0,530	30,3	1,02627
15175	0,442	-0,566	38,2	1,1832

Tabel 8. Kecepatan Arus Sejajar Pantai untuk Musim Timur

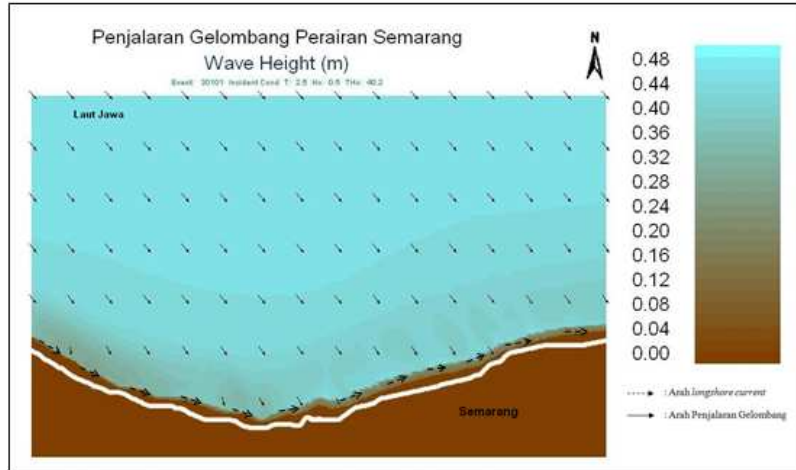
Musim Timur				
Y	Hb (m)	db (m)	α_b (derajat)	V (m/det)
1325	0,365	-0,4672	1,93	-
5225	0,406	-0,51968	27,4	0,9532
8600	0,419	-0,53632	28,5	0,99386
12150	0,414	-0,52992	31,1	1,04203
15175	0,427	-0,54656	39,1	1,17123

Berdasarkan Tabel 5, kecepatan arus sejajar pantai tertinggi pada musim barat terjadi pada posisi $Y = 15175$ sebesar $1,1517$ m/det. Dan kecepatan arus sejajar pantai terendah terjadi pada posisi $Y=5225$ yaitu sebesar $0,9173$ m/det. Pada musim Peralihan I, berdasarkan Tabel 6 kecepatan arus sejajar pantai tertinggi terjadi pada posisi $Y = 15175$ sebesar $1,17396$ m/det sedangkan kecepatan arus sejajar pantai terendah terjadi pada posisi $Y=5225$ yaitu sebesar $0,91072$ m/det. Pada musim Peralihan II, berdasarkan Tabel 7 diperoleh kecepatan arus sejajar pantai tertinggi terjadi pada posisi $Y = 15175$ sebesar $1,1832$ m/det dan kecepatan arus sejajar pantai terendah pada posisi $Y=5225$ sebesar $0,9389$ m/det. Pada musim Timur, berdasarkan Tabel 8 kecepatan arus sejajar pantai tertinggi terjadi pada posisi $Y = 15175$ sebesar $1,17123$ m/det kecepatan arus sejajar pantai terendah terjadi pada posisi $Y=5225$ yaitu sebesar $0,9532$ m/det.

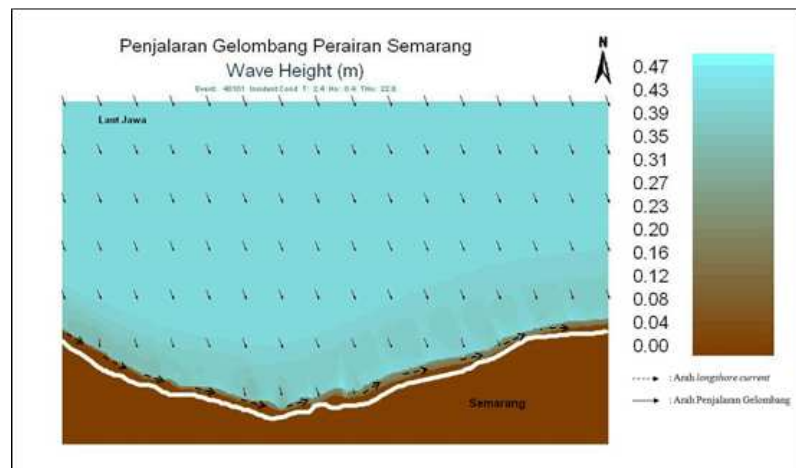
Bruce (1986) dalam Fahmi (2007) menyatakan gelombang lebih besar akan menciptakan *longshore current* lebih cepat dan sudut gelombang yang dekat dengan daerah pecah gelombang juga mempengaruhi kecepatan arus. Puncak arus akan terjadi ketika gelombang mendekati dari 45° , apabila sudutnya lebih kecil maka akan menghasilkan arus yang lebih lambat dan bila lebih besar tidak dapat menghasilkan arus. Triatmodjo (1999) juga menyatakan bahwa hanya gelombang pecah yang memiliki sudut terhadap garis pantai (α_b) lebih dari 5° saja yang akan menimbulkan arus sejajar pantai disepanjang pantai. Gambar 11-14 mengilustrasikan arah *longshore current* yang terjadi untuk berbagai musim.



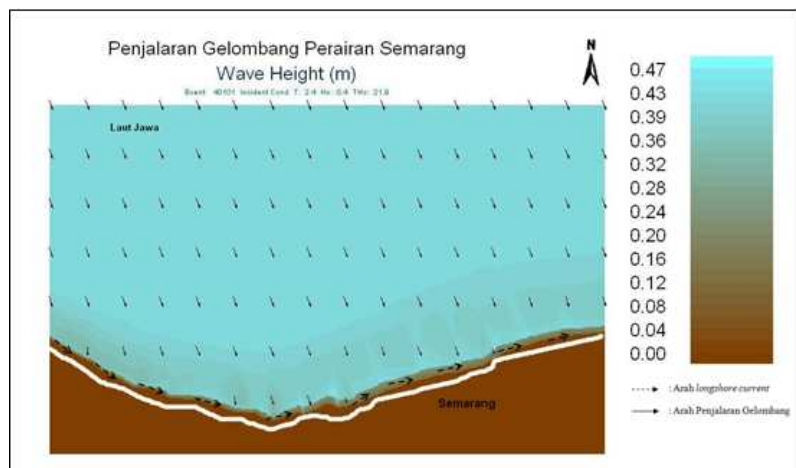
Gambar 11. Ilustrasi arah *Longshore Current* pada musim Barat



Gambar 12. Ilustrasi arah Longshore Current pada musim Peralihan I



Gambar 13. Ilustrasi arah Longshore Current pada musim Timur

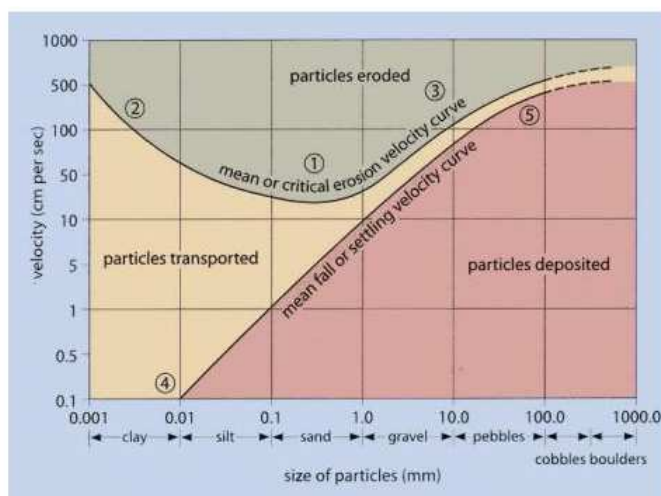


Gambar 14. Ilustrasi arah Longshore Current pada musim Peralihan II

Menurut Horikawa (1988) dalam Hadikusumah (2009) menyatakan bahwa jika tinggi gelombang kuat, maka kecepatan arus berubah membesar dan terbentuklah *longshore current* yang kuat, yang mengakibatkan sedikit demi sedikit pantai tersebut akan terjadi erosi.

Kurva Hjulstrom's (Gambar 15) menunjukkan adanya hubungan antara kecepatan arus dengan proses sedimentasi, erosi maupun transportasi partikel sedimen pada suatu perairan pantai (Waugh, 2000). Di dalam kurva menunjukkan adanya tipe sedimen dengan berbagai ukuran butir yang berkisar antara 0,001-1000 mm. Sedimen-sedimen tersebut dapat menyebabkan erosi ataupun sedimentasi bergantung pada kecepatan arus yang terjadi di suatu kawasan perairan pantai. Sedimen dengan material lempung

membutuhkan kecepatan arus yang lebih kuat untuk menyebabkan erosi jika dibandingkan material sedimen lainnya.



Gambar 15. Kurva Hjulstrom's (Waugh, 2000)

Berdasarkan data BAPPEDA KOTA SEMARANG tahun 2001, diketahui bahwa perairan pantai Semarang merupakan perairan pantai yang tersusun atas lanau (*silt*) dan pasir (*sand*). Perairan pantai dengan sedimen tipe lanau (*silt*) sebagai penyusunnya, akan tererosi jika kecepatan arus yang terjadi lebih dari 50 cm/detik (0,5 m/detik), sedangkan untuk pasir (*sand*) kecepatan arus yang dapat menyebabkan erosi yaitu lebih dari 30 cm/detik (0,3 m/detik). Kecepatan *longshore current* yang dihasilkan berdasarkan Tabel 5-8 menunjukkan bahwa *longshore current* dapat berpotensi mengakibatkan erosi di Perairan Semarang.

4. KESIMPULAN

- Hasil simulasi model menunjukkan bahwa arah penjalaran gelombang menuju pantai Perairan Semarang akan mengalami refraksi dan *shoaling* akibat adanya perubahan kedalaman.
- Tinggi gelombang pecah yang terjadi di Perairan Semarang mempengaruhi besar kecepatan *longshore current*. Kecepatan *longshore current* tertinggi terjadi pada posisi Y = 15175 dimana nilai tinggi gelombang pecahnya (H_b) sebesar 0,442 meter. Kecepatan *longshore current* dari pengukuran tinggi dan periode gelombang signifikan adalah 1,586 m/det, sedangkan kecepatan *longshore current* dari hasil simulasi adalah 0,91072 – 1,1832 m/det.
- Perairan Semarang berpotensi terjadi erosi karena kecepatannya lebih dari 50 cm/det atau 0,5 m/det.

Daftar Pustaka

- BAPPEDA, 2001. *Profil Wilayah Pantai dan Laut Semarang*. Micro. Semarang. 112 hlm.
- Dahuri, R. J. Rais, S.P. Ginting dan M.J. Stepu. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: PT Paradya Paramita. 328 hlm.
- Fahmi, Mokhamad F. 2007. *Pergerakan Sedimen Litoral oleh Arus Menyusur Pantai (Longshore Current) di Perairan Mundu, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor. 147 hlm.
- Fathoni, A. 2006. *Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*. Rineka Cipta. Bandung. 149 hlm.
- Hadikusumah. 2009. *Karakteristik Gelombang dan Arus di Eretan, Indramayu*. Makara Sains. 13 (2): 163 - 172 hlm.
- Parman, S. 2010. *Deteksi Perubahan Garis Pantai Melalui Citra Penginderaan Jauh di Pantai Utara Semarang Demak*. Jurnal Geografi. 7 (1): 34 - 37 hlm.
- Triana, Yeni. 2008. *Longshore Current yang Ditimbulkan Oleh Transformasi Gelombang di Eretan Kulon, Indramayu*. Tesis (Tidak dipublikasikan). Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 100 hlm.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta. 397 hlm
- Waugh, David. 2000. *Geography: An Integrated Approach*. Nelson Thornes. Cheltenham. 657 pp