

Pemodelan Inundasi (Banjir Rob) di Pesisir Kota Semarang Dengan Menggunakan Model Hidrodinamika

Paret Agung Sanjaka, Sugeng Widada, Indra Budi Prasetyawan*)

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698

Email : paretagungsanjaka@yahoo.co.id

Abstrak

Fenomena banjir rob yang terjadi di Semarang sudah sangat memprihatinkan, karena banjir ini tidak hanya terjadi pada daerah pesisir pantai saja tetapi sudah menggenangi wilayah pariwisata, pemukiman, maupun industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung jarak dan luas genangan rob di pesisir Kota Semarang akibat kondisi pasang surut pada saat purnama dan perbani.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Penelitian dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pengumpulan data sekunder, pengambilan data lapangan, dan pengolahan data. Pengambilan data lapangan dilakukan di perairan Kota Semarang yang dilaksanakan dari tanggal 5 - 20 Juli 2010 pada koordinat $6^{\circ}52'30''$ - $6^{\circ}57'30''$ LS dan $110^{\circ}19'45''$ - $110^{\circ}27'30''$ BT. Pengolahan data serta proses pemodelan dilakukan di BPPT, Yogyakarta.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa arus di daerah penelitian didominasi oleh arus pasang surut sebesar 74,3%, dimana pergerakannya condong dari arah utara ke selatan dengan kecepatan rata-rata terhadap kedalaman mencapai 0,024 m/s. Sedangkan dari hasil analisis banjir rob (inundasi), jarak terjauh terjadi di kecamatan Genuk yang mencapai 4,295 km dari garis pantai pada saat pasang purnama dan jarak terdekat terjadi di kecamatan Semarang Barat yang mencapai 488,93 m dari garis pantai pada saat pasang perbani. Selain itu berdasarkan hasil penelitian didapat luas banjir maksimal terjadi di kecamatan Tugu dengan luas 3450,1 Ha pada saat pasang purnama. Sedangkan wilayah yang paling sedikit terendam terjadi di kecamatan Gayamsari dengan luas 71,228 Ha pada saat pasang perbani.

Hasil verifikasi bathimetri mempunyai tingkat kebenaran sekitar 73,69%, pasut sekitar 84,87%, vektor u dan v arus lapangan sekitar 93,58% dan model sekitar 92%.

Kata kunci : pasang surut, banjir rob, pasang purnama, pasang perbani, model hidrodinamika

Abstract

Tidal inundation in Semarang city need more concern because nowadays the flood have already flooded tourism, residential, and industrial areas. And the aim of this study is to calculate distance and wide of tidal inundation in Semarang city that is impacted by neap and spring tide.

This research use quantitative method. There are three stages technique collecting the data, the first is collecting the secondary data, the second is collecting the field data and the last is processing data. The field data collected in seawaters in Semarang that held in 5th until 20th July 2010 at coordinates $6^{\circ}52'30''$ - $6^{\circ}57'30''$ S and $110^{\circ}19'45''$ - $110^{\circ}27'30''$ E. The processing and modelling data finished at BPPT Jogjakarta.

Based on result of hydrodynamic model simulation, the tidal current dominates the current of this study area around 74,3%. The movement is incline from north to south at average speed to depth about 0,024 m/s. While based on the result analysis of tidal inundation, the farthest of flooding occurs in Genuk district that reach around 4,295 km from coastline at spring tide and the closest occurs in West Semarang district that reach around 488,93 m from coastline at neap tide. Moreover, base on this research the maximum of wide flood occurs in Tugu district around 3450,1 Ha at spring tide. While Gayamsari district the least submerged about 71,228 Ha at neap tide.

The verification result of bathymetry has accuracy degree around 73,69%, tidal around 84,87%, u vector and v vector field current around 93,58 and model around 92%.

Keywords : Tidal, Tidal Inundation, Spring Tide, Neap Tide, Hydrodynamic Model

I. Pendahuluan

Kota Semarang yang terletak di bagian utara Propinsi Jawa Tengah dan merupakan daerah pesisir dari Laut Jawa menjadi wilayah yang tidak luput dari pengaruh naiknya muka air laut. Naiknya muka air laut (*sea level rise*) merupakan salah satu permasalahan penting yang dihadapi oleh negara-negara pantai dan kepulauan. Wilayah pesisir Kota Semarang sendiri mengalami permasalahan fisik lingkungan seperti banjir, rob, maupun penurunan muka tanah (*land subsidence*) (Wirasatriya, 2005 dan Gumilar, dkk, 2009).

Banjir adalah suatu kondisi ketika air meluap baik secara alami maupun buatan yang melampaui batas pada aliran air yang terkumpul pada saluran air (Mc Graw-Hill, 2003). Rob adalah banjir yang diakibatkan oleh air laut yang pasang yang menggenangi daratan, merupakan permasalahan yang terjadi di daerah yang lebih rendah dari muka air laut. Di Semarang permasalahan Rob ini telah terjadi cukup lama dan semakin parah karena terjadi penurunan muka tanah sedang muka air laut meninggi sebagai akibat pemanasan suhu bumi (Wikipedia, 2009). Berdasarkan data pasang surut dari tahun 1998-2002, Sutisna (2002) mendapatkan kenaikan muka air laut di perairan utara Jawa, yaitu Tanjung Priok, Semarang, Jepara sekitar 8 mm/tahun. Sebagai contoh banjir bulan Februari 2009 menyebabkan beberapa bagian wilayah pesisir terendam banjir dengan ketinggian air mencapai 10 cm - 1,2 m (Republika, 2009). Hal ini juga terjadi di bulan November dan Desember 2009 yang intensitas curah hujannya cukup tinggi. Pada bulan tersebut terdapat beberapa bagian Kota Semarang yang tergenang banjir mencapai 15-20 cm (Suara Merdeka, 2009).

Dalam penelitian ini, pola penyebaran banjir rob disimulasikan dan dihitung dengan menggunakan model hidrodinamika 2D pada program MIKE 21 berdasarkan metoda *finite volume* dan *rectangular mesh* (DHI, 2007). Persamaan hidrodinamika yang digunakan dalam memodelkan banjir pasang surut pada penelitian ini adalah persamaan perairan dangkal 2D horisontal yang terdiri dari persamaan kontinuitas dan momentum. Model ini menggunakan inputan data pasang surut dan *mesh*-nya merupakan hasil gabungan antara data *DEM* dan batimetri. Dari hasil simulasi hidrodinamika tersebut, akan didapat hasil (nilai-nilai) perhitungan hidrodinamika seperti waktu, pasang surut, kecepatan arus, arah arus, kedalaman, dan daerah genangan (jarak dan luas) banjir pasang surut pada saat pasut purnama dan perbani. Nilai-nilai tersebut yang kita ambil sesuai dengan lokasi survey untuk dilakukan verifikasi dengan data lapangan yang ada. Metode analisis dengan pemodelan hidrodinamika relatif lebih hemat waktu dan biaya dibandingkan dengan pengukuran langsung di lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung jarak genangan dan luas genangan rob di pesisir Kota Semarang akibat kondisi pasang surut pada saat purnama dan perbani.

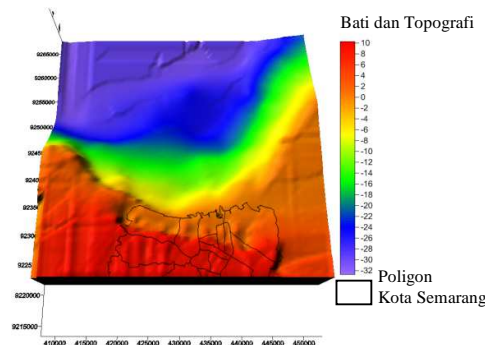
II. Materi dan Metode Penelitian

Daerah model dalam penelitian ini meliputi daerah perairan dan wilayah pesisir (daratan) Kota Semarang yang dibatasi koordinat : 110°18'10,27"- 110°27'57,38" BT dan 6°54'25,16" - 7°0'55,16" LS. Materi yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder (data instansi lain). Data primer meliputi data pasang surut, bathimetri, dan arus laut. Data sekunder meliputi data pasang surut selama delapan tahun (Tahun 2003 – Tahun 2010), data topografi 2009 (*digital elevation model*), dan peta dasar (*base map*) Lingkungan Pantai Indonesia BAKOSURTANAL skala 1 : 250.000.

Penelitian dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pengumpulan data sekunder, pengambilan data lapangan, dan pengolahan data. Pengambilan data lapangan dilakukan di perairan Kota Semarang yang dilaksanakan dari tanggal 5 - 20 Juli 2010. Pengolahan data serta proses pemodelan dilakukan di laboratorium Balai Pengkajian Dinamika Pantai, BPPT, Yogyakarta.

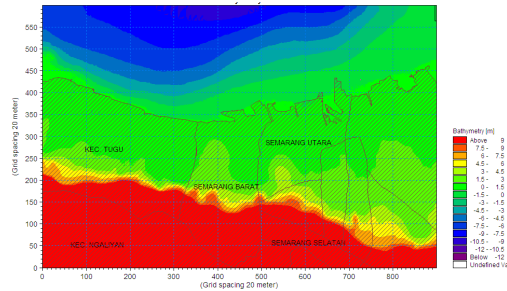
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik. Metode ini sebagai metode ilmiah karena telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah, yaitu konkrit/empiris, obyektif, terukur, rasional dan sistematis (Sugiyono, 2010). Dalam penelitian ini akan digambarkan kondisi hidrodinamika pesisir Kota Semarang dan pengaruhnya terhadap genangan banjir rob.

III. Hasil dan Pembahasan



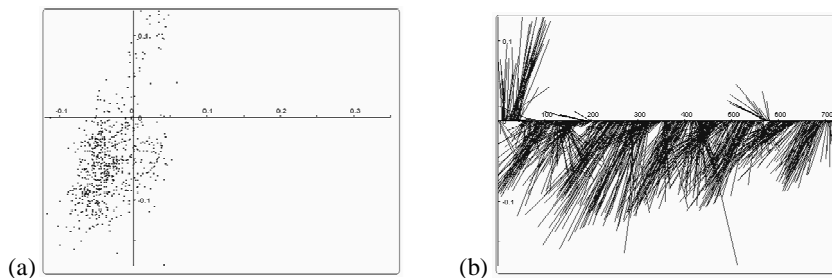
Gambar 1. Batimetri 3 dimensi lokasi penelitian tampak atas

Pengolahan data batimetri dari pengukuran di lapangan menghasilkan data yang relatif baik. Dari nilai-nilai tersebut diperoleh nilai reduksi (koreksi) yang diberikan kepada hasil pengukuran kedalaman pada waktu t (rt) dengan nilai rata-rata sebesar $-0,257$ m; sedangkan nilai kesalahan relatif rata-rata (*Mean Relative Error*) antara data lapangan dan model batimetri GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*) mencapai 26,31% dengan tingkat kebenaran mencapai 73,69%. Gambar dibawah ini merupakan hasil interpolasi dari gabungan data batimetri dan topografi daratan dari data DEM (*Digital Elevation Model*) secara 3 dimensi.



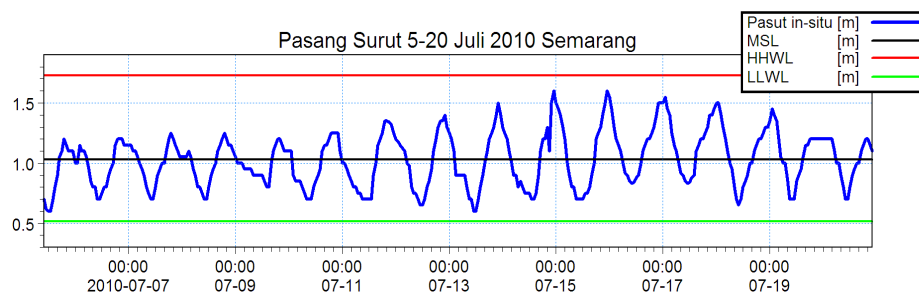
Gambar 2. Domain model $j = 900$; $k = 600$ dengan selang 20 m dengan garis penampang melintang pada tiap Kecamatan

Semua grid yang telah terisi nilai kedalaman kemudian di-*resample* menjadi ukuran $dx = dy = 20$ meter dengan jumlah grid *domain* model $j=900$ dan $k=600$. Hasil gridding tersebut kemudian disimpan dalam bentuk ASCII yang dapat dibaca oleh *software* MIKE 21. Selanjutnya hasil pembuatan grid batimetri dan topografi ini akan digunakan dalam masukan data untuk model hidrodinamika yang akan mensimulasikan banjir pasang surut atau rob. Profil penampang pada tiap Kecamatan digunakan untuk menambah informasi mengenai tingginya genangan yang terjadi pada tiap Kecamatan.



Gambar 3. Contoh a) Scatter Plot dan b) Vektor Plot

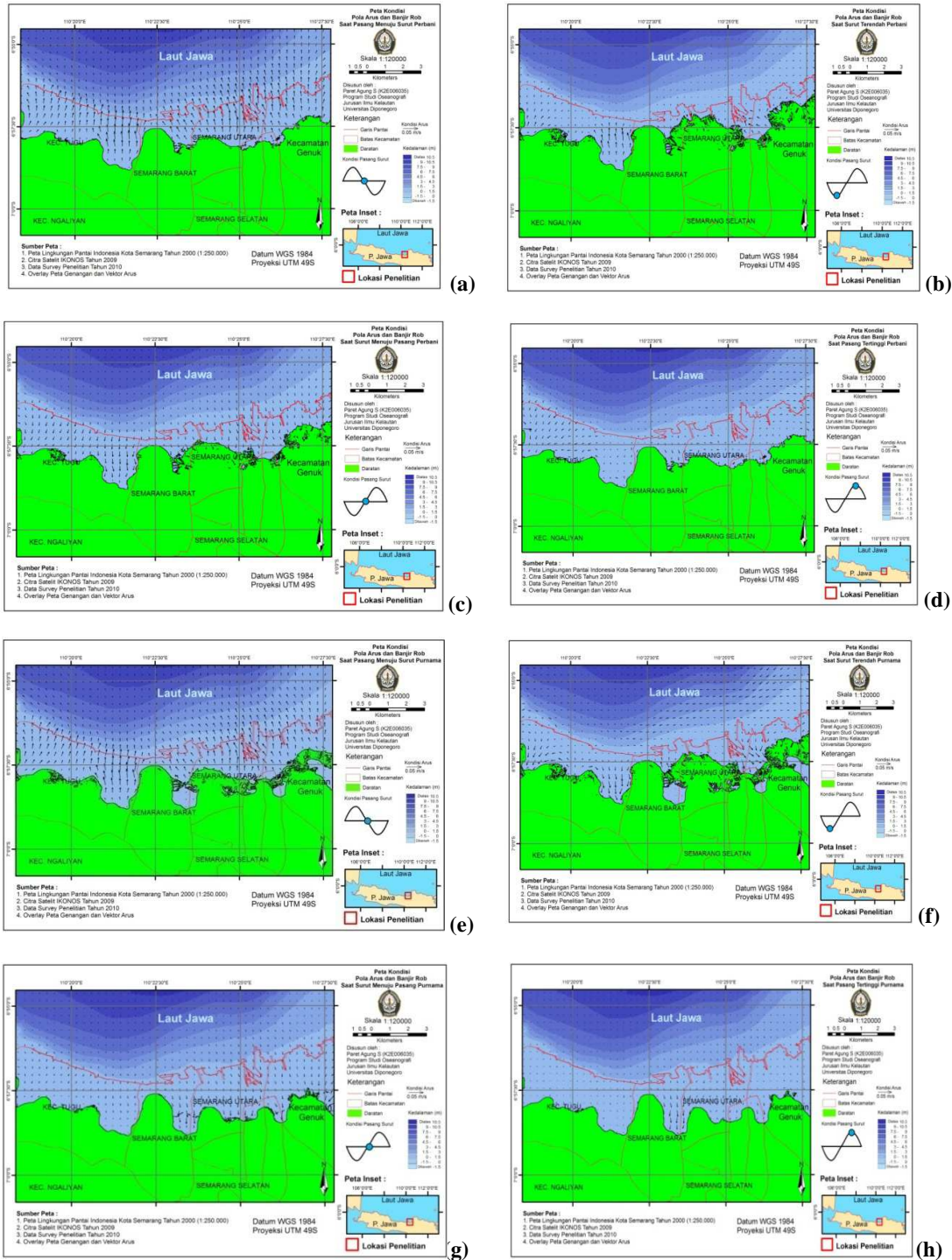
Gambar 3a merupakan plot-data arus yang menunjukkan sebaran arus lapangan. Sedangkan Gambar 3b merupakan vektor plot arus yang menunjukkan besaran kecepatan arus dan arah arus selama pengukuran. Kecepatan arus rata-rata pada daerah penelitian adalah $0,05$ m/detik. kecepatan maksimum terjadi pada kondisi pasang menuju surut dan surut menuju pasang sedangkan kecepatan minimum terjadi pada kondisi pasang tertinggi dan surut terendah.



Gambar 4. Grafik pasang surut Semarang bulan Juli 2010 (Sumber: penelitian).

Pengolahan data pasang surut dari pengukuran di lapangan menghasilkan konstanta harmonik pasang surut yang diperoleh dari hasil analisis komponen pasang surut melalui metode admiralti (Lampiran 2). Dari nilai-nilai

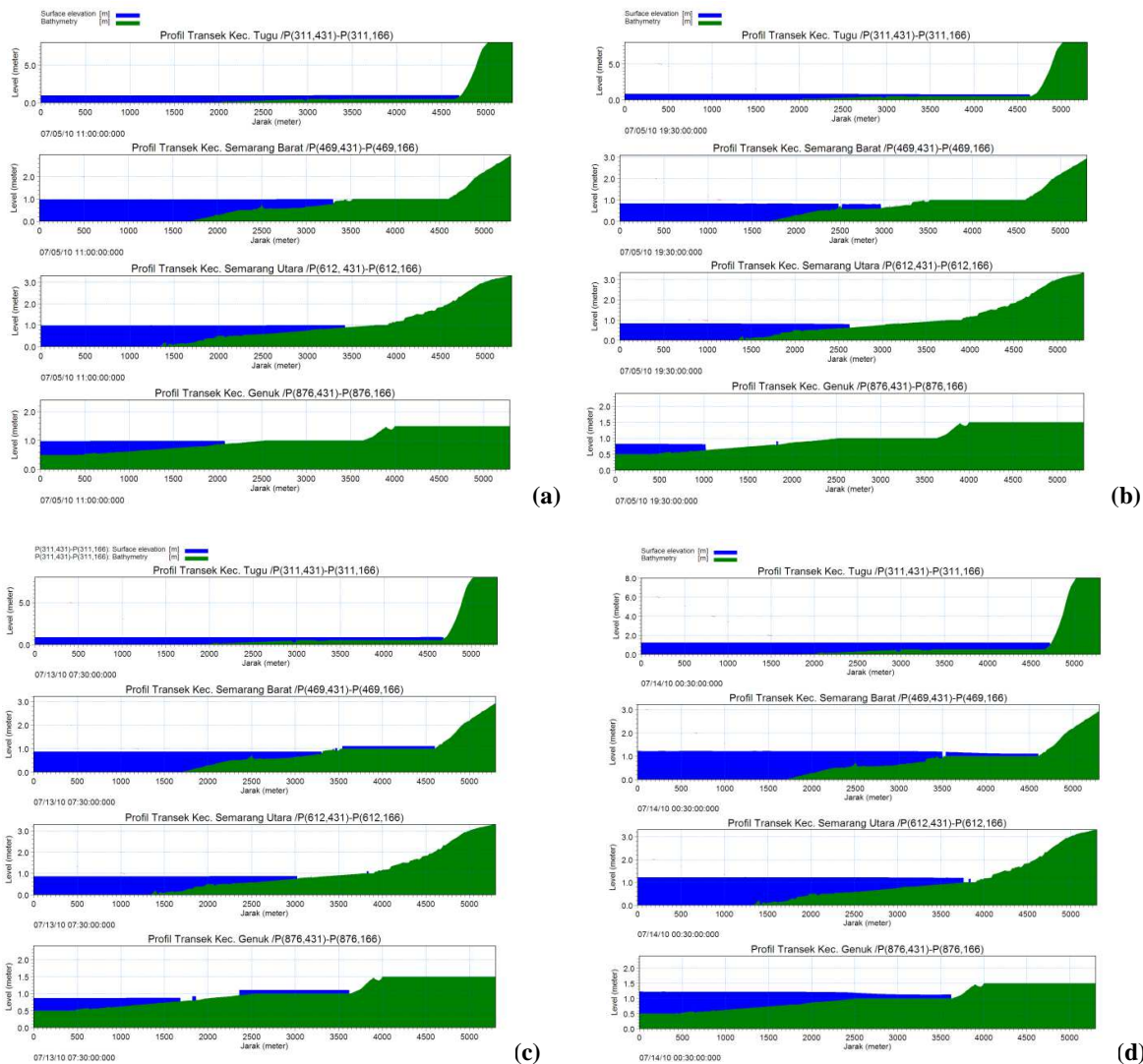
tersebut diperoleh nilai Tinggi Muka Air Rata-rata (*Mean Sea Level*), Tinggi Muka Air Tertinggi (*High Highest Water Level*), Tinggi Muka Air Terendah (*Low Lowest Water Level*) berturut-turut sebesar 103,1 cm, 173 cm, dan 51,4 cm. Dari data pasang surut diperoleh juga bilangan *Formzahl* sebesar 1,5294 yang menunjukkan bahwa pasang surut di perairan daerah penelitian bertipe campuran condong tunggal.



Gambar 5 Kondisi Pasang Surut pada saat; (a) Pasang menuju Surut Perbani, (b) Surut Terendah Perbani, (c) Surut menuju Pasang Perbani, (d) Kondisi saat Pasang Tertinggi Perbani, (e) Pasang menuju Surut Purnama, (f) Surut Terendah Purnama, (g) Surut menuju Pasang Purnama, (h) Pasang Tertinggi Purnama

Kecepatan arus pada Model Hidrodinamika 2 D antara 0,001 – 0,118 m/s dengan kecepatan rata-rata 0,024 m/s. Pada saat perbani kondisi pasang menuju surut (Gambar 5a), kecepatan arus diketahui sebesar 0,036 m/s dan bergerak ke arah Utara. Kondisi ini terjadi pada tanggal 5 Juli 2010 jam 11.00 WIB. Sementara untuk kondisi surut terendah (Gambar 5b) terjadi pada tanggal 5 Juli jam 15.30 WIB. Sedangkan saat surut menuju pasang (Gambar 5c), pola arus didominasi ke arah Selatan dengan kecepatan 0,048 m/s. Kondisi ini terjadi pada tanggal 5 Juli 2010 jam 19.30 WIB. Sementara untuk pasang tertinggi (Gambar 5d) saat perbani, terjadi pada tanggal 6 Juli 2010 jam 00.00 WIB. Kecepatan arus saat pasut perbani menunjukkan nilai yang lebih besar dibanding kecepatan arus saat purnama, hal ini terjadi karena gaya pembangkit arus yang terjadi cenderung membawa massa air yang tidak begitu besar dibanding saat purnama.

Pada saat purnama kondisi pasang menuju surut (Gambar 5e), kecepatan arus diketahui sebesar 0,034 m/s dan bergerak ke arah Utara. Kondisi ini terjadi pada tanggal 13 Juli 2010 jam 07.30. Sementara untuk kondisi surut terendah (Gambar 5f) terjadi pada tanggal 14 Juli 2010 jam 11.30 WIB. Sedangkan kondisi pada saat surut menuju pasang (Gambar 5g), pola arus didominasi ke arah Selatan dengan kecepatan 0,044 m/s. Kondisi ini terjadi tanggal 14 Juli 2010 jam 00.30 WIB. Sementara kondisi pada saat pasang tertinggi (Gambar 5h), terjadi pada tanggal 15 Juli 2010 jam 02.30 WIB. Pada saat kondisi pasang tertinggi dan surut terendah terjadi kecepatan arus dengan nilai yang kecil bahkan mendekati nol, fenomena ini biasa dikenal dengan *slack water*, yaitu saat dimana kecepatan arus mengecil bahkan diam saat kondisi pasut di titik puncak atau lembah pasut.



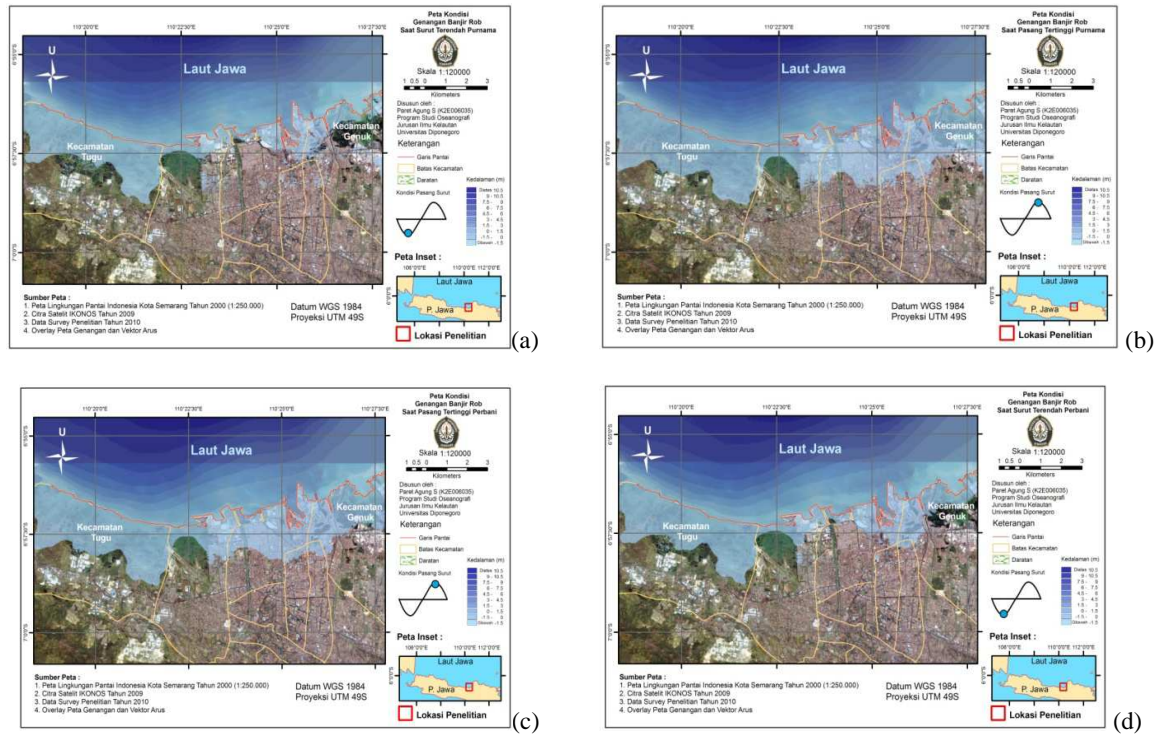
Gambar 6. Profil Penampang Melintang saat; (a) Pasang menuju Surut Perbani, (b) Surut menuju Pasang Perbani, (c) Pasang menuju Surut Purnama, (d) Surut menuju Pasang Purnama

Tinggi banjir rob pada tiap Kecamatan bervariasi tergantung kondisi topografi (kelerengan pantai). Tampilan penampang melintang pada saat pasut perbani kondisi pasang menuju surut, ketinggian banjir diketahui sebesar 0,23-0,875 m yang terjadi pada tanggal 05 juli 2010, jam 11.00 WIB (Gambar 6a).

Pada saat pasut perbani kondisi surut menuju pasang, ketinggian banjir diketahui sebesar 0,16-0,523 m yang terjadi pada tanggal 05 Juli 2010, jam 19.30 WIB (Gambar 6b). Daerah Kecamatan Tugu menjadi daerah yang paling jauh tergenang karena topografinya yang landai.

Pada saat purnama kondisi pasang menuju surut, ketinggian banjir diketahui sebesar 0,13-0,875 m yang terjadi pada tanggal 13 Juli 2010, jam 07.30 WIB (Gambar 6c). Pada Kecamatan Semarang Barat dan Genuk terdapat sisa genangan rob yang tidak terbawa oleh arus balik, sehingga menjadi genangan sisa pasang yang terjadi sebelumnya.

Pada saat purnama kondisi surut menuju pasang, ketinggian banjir diketahui sebesar 0,16-1,22m yang terjadi pada tanggal 14 Juli 2010, jam 00.30 WIB (Gambar 6d).



Gambar 7. Daerah banjir rob (inundasi) pada saat; (a) Pasang Tertinggi Purnama, (b) Surut Terendah Purnama, (c) Pasang Tertinggi Perbani, (d) Surut Terendah Perbani

Untuk analisis sebaran luas dan wilayah yang terkena langsung banjir rob dapat dilihat pada gambar 7a saat pasang tertinggi purnama pada tanggal 15 Juli, jam 3:00 WIB dimana luas maksimum banjir terjadi. Sedangkan gambar 7b merupakan kondisi pada saat surut terendah purnama, kondisi ini terjadi pada tanggal 14 Juli 2010, jam 11.30 WIB. Kondisi pada saat pasut purnama membawa banyak massa air menuju daratan, sehingga banjir akibat *run-up* dari laut menjadi salah satu faktor penting pada fenomena banjir rob, selain pengaruh gelombang dan badai sesuai data *overlay* dengan peta rawan banjir Bappeda Semarang. Hal yang menarik pada saat kondisi surut terendah purnama adalah dimana luas genangan berkurang secara ekstrim, hal ini dikarenakan tumpang pasut atau jarak antara puncak dan lembah pasut saat purnama memang besar. Sehingga perubahan genangan rob yang terjadi secara signifikan terlihat.

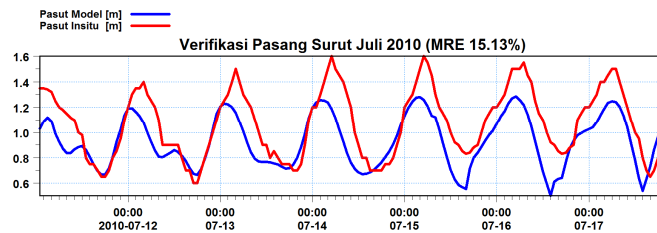
Pada gambar 7c menjelaskan kondisi saat pasang tertinggi perbani pada tanggal 6 Juli jam 00:00 WIB. Pada kondisi ini, luas banjir yang terjadi tidak seluas saat purnama. Sedangkan pada gambar 7d merupakan kondisi pada saat surut terendah perbani, kondisi ini terjadi pada tanggal 5 Juli 2010, jam 15.30. Hal yang menarik pada saat kondisi surut terendah perbani adalah dimana luas genangan berkurang tidak begitu besar, hal ini dikarenakan tumpang pasut atau jarak antara puncak dan lembah pasut saat purnama memang lebih kecil dibanding saat purnama. Sehingga perubahan genangan rob yang terjadi tidak terlalu signifikan.

Berikut ini (Tabel 1) adalah hasil analisis daerah banjir rob pada saat pasang tertinggi perbani dan purnama sehingga didapat jarak dan luas banjir rob pada tiap kecamatan. Data yang diambil dibagi menjadi 2, yaitu skenario minimum dan maksimum. Skenario minimum menjelaskan nilai terendah yang terjadi pada saat kondisi pasut perbani atau purnama. Dan skenario maksimum menjelaskan nilai tertinggi yang terjadi pada saat kondisi pasut perbani atau purnama.

Tabel 1. Analisis jarak dan luas rob pada saat pasang perbani dan purnama

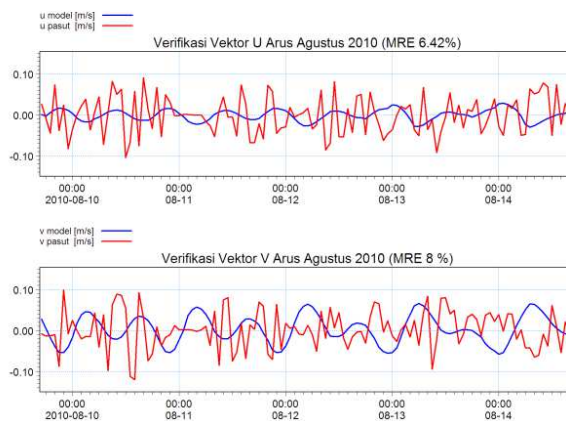
No	Wilayah Kecamatan	Sub Skenario	Pasang Perbani		Pasang Purnama	
			Jarak (m)	Luas (Ha)	Jarak (m)	Luas (Ha)
1	Tugu	Minimum	1475.4		1684.6	
		Maksimum	3107.8	3431.4	3432.7	3450.1
2	Semarang Barat	Minimum	488.93		588.73	
		Maksimum	2279.8	969.45	3097.3	1344.9
3	Semarang Utara	Minimum	881.87		881.87	
		Maksimum	2756.6	1576	3062.3	2045.9
4	Genuk	Minimum	1288.2		1418.9	
		Maksimum	2689.8	1652.6	4295.4	1957.2
5	Semarang Timur	Minimum	249.2		364.49	
		Maksimum	434.83	98.392	846.91	140.86
6	Gayamsari	Minimum	373.24		495.27	
		Maksimum	775.98	71.228	1522	148.2

Untuk menguji hasil dari pendekatan numerik dapat dilakukan uji verifikasi. Hasil verifikasi diperoleh dari hasil model hidrodinamika yang dibandingkan dengan data lapangan menunjukkan nilai *Mean Relative Error* (MRE) untuk elevasi pasang surut sebesar 15,13% dengan tingkat kebenaran 84,87 %. Secara kualitatif, grafik juga menunjukkan kualitas yang baik.



Gambar 8. Perbandingan pasang surut lapangan dan hasil model

Sedangkan nilai *Mean Relative Error* (MRE) untuk vektor *u* arus sebesar 6,42% dengan tingkat kebenaran 93,58 %; dan untuk nilai *Mean Relative Error* (MRE) untuk vektor *v* arus sebesar 8 % dengan tingkat kebenaran 92 %. Secara kualitatif, grafik juga menunjukkan kualitas yang baik.



Gambar 9. Perbandingan vektor arus lapangan dan hasil model

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa arus yang ditimbulkan didominasi oleh arus pasut yaitu sebesar 74,3% dan memiliki arah bolak-balik dari Utara ke Selatan sesuai dengan pasut yang terjadi. Tipe pasut di daerah penelitian adalah campuran cenderung tunggal. Secara umum simulasi model hidrodinamika 2D yang dijalankan mampu merepresentasikan kondisi hidrodinamika di daerah penelitian. Kecepatan arus daerah model mencapai 0,048 m/detik pada kondisi pasut perbani dan 0,044 m/detik pada kondisi pasut purnama.

Berdasarkan hasil analisis model banjir rob (inundasi) didapatkan jarak terjauh mencapai 4,295 km di Kecamatan Genuk sedangkan jarak terdekat mencapai 488,93 m. Untuk luas banjir maksimal terjadi di Kecamatan Tugu dengan luas 3450,1 Ha saat pasang purnama, sedangkan wilayah yang paling sedikit terendam di Kecamatan gayamsari dengan luas 71,228 Ha saat pasang perbani. Secara wilayah fenomena banjir rob ini sudah menjangkau wilayah Kecamatan yang tidak berbatasan langsung dengan garis pantai, seperti Kecamatan Gayamsari dan Semarang Timur.

Daftar Pustaka

- DHI Water and Environment. 2007. *MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM; Hydrodynamics and Transport Module, Scientific Documentation*, DHI Software, Denmark.
- Graw, Mc dan Hill. 2003. *Dictionary of Earth Science*. The Mc Graw-Hill Companies, Inc. United State of America.
- Republika. 2009. *Semarang Dikepung Banjir*. Diunduh dari Republika www.republika.co.id
- Suara Merdeka. 2009. *Hujan Sebentar jalan Protokol di Semarang Banjir*. Diunduh dari Suara Merdeka www.suaramerdeka.co.id
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta, Bandung.
- Sutisna, S. 2002. *Monitoring Permukaan Laut Akibat Pemanasan Global dan Dampaknya Pada Daerah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Bakosurtanal.
- Wikipedia. 2009. *Rob*. <http://id.wikipedia.org>
- Wirasatriya, A. 2005. *Kajian Kenaikan Muka Laut Sebagai Landasan Penanganan Rob di Pesisir Kota Semarang*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang.