

PEMODELAN MIKE21 DALAM KEJADIAN BANJIR ROB MENJELANG GERHANA BULAN DI PESISIR SEMARANG

Ratna Cintya Dewi¹, Oky Sukma Hakim², Ejha Larasati Siadari³

¹Prodi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan

²Stasiun Meteorologi Maritim Perak II, Surabaya

³Stasiun Meteorologi Juanda, Sidoarjo

ABSTRAK

Pesisir Semarang merupakan wilayah yang rentan terkena dampak bencana banjir rob. Hampir setiap bulan wilayah tersebut tergenang akibat pasang air laut. Peristiwa banjir rob yang paling diingat publik adalah saat terjadi menjelang gerhana bulan tanggal 31 Januari 2018. Peringatan dini informasi banjir rob perlu dibuat dengan tingkat akurasi tinggi dan dalam bentuk yang mudah dipahami masyarakat untuk kepentingan mitigasi. Tipe pasang surut (pasut) di Pesisir Semarang perlu diidentifikasi untuk mengetahui kecenderungan waktu kejadian banjir rob. Model Hidrodinamika Mike 21 digunakan untuk mengolah data pengamatan pasut sepanjang tahun 2017 menjadi informasi prakiraan pasut sepanjang bulan Januari 2018. Nilai akurasi prakiraan pasut Mike 21 diukur dengan Root Mean Square Error (RMSE), serta dibandingkan dengan keakurasian prakiraan pasut dari Pushidrosal (Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut) dan BIG (Badan Informasi Geospasial). Hasil prakiraan pasut terbaik selanjutnya diolah pada aplikasi ArcGIS, dengan mengambil nilai prakiraan pasang tertinggi pada hari kejadian sebagai data input untuk pembuatan peta luas genangan banjir rob. Puncak kejadian banjir rob cenderung terjadi pada pukul 06.00 WIB dan 17.00 WIB, yang mana berdasarkan hasil identifikasi di Pesisir Semarang termasuk tipe pasang surut harian ganda. Prakiraan pasut dari Mike 21 memiliki nilai RMSE terbaik. Nilai RMSE prakiraan pasut Mike 21, Pushidrosal dan BIG berturut-turut bernilai 10 cm, 30 cm dan 22 cm. Nilai pasut tertinggi baik model Mike 21 maupun hasil pengamatan terjadi pukul 20.00 WIB. Pemodelan nilai pasut tertinggi dari Mike21 sebesar 122 cm menghasilkan peta luas genangan banjir rob sebesar 1753.35 ha, sedangkan nilai pasang tertinggi hasil pengamatan sebesar 133 cm menghasilkan 185.31 ha lebih luas.

Kata kunci: Banjir Rob, Mike 21, Pasang Surut

ABSTRACT

Coastal Semarang is vulnerable area affected by the flood disaster. Almost every month the area is inundated by tides. The most publicly remembered tidal flood event is the time leading up to the lunar eclipse on January 31, 2018. Early warning tidal flood information needs to be made with a high degree of accuracy and in a form that people can easily understand for mitigation purposes. Tidal type on Semarang Coastal needs to be identified to know the trend of tidal flood events. The Mike 21 Hydrodynamics Model is used to process tidal observation data throughout 2017 into tidal forecast information throughout January 2018. The accuracy value of Mike 21's tidal forecast is measured by Root Mean Square Error (RMSE), as compared with the accuracy of tidal forecasts from Pushidrosal (Hydrography and Oceanography Center, Indonesian Navy) and BIG (Geospatial Information Agency). The best tidal forecast results are then processed in the ArcGIS application, taking the highest tidal forecast values on the day of the event as input data for the creation a map of tidal flood inundation area. The peak of tidal flood incident tends to occur at 06.00 WIB and 17.00 WIB, which based on the identification in Coastal Semarang includes double daily tidal type. Mike 21's tidal forecasts have the best RMSE values. The RMSE for Mike 21, Pushidrosal and BIG forecasts are 10 cm, 30 cm and 22 cm, respectively. The both of Mike21 model and observation result highest tidal value are at 20.00 WIB. The Mike21 model's highest tidal value of 122 cm resulted in a map of the tidal flood inundation area of 1753.35 ha, while the observation result's highest tidal value of 133 cm resulted in 185.31 ha wider.

Keywords: Tidal Flood, Mike 21, Tides

1. PENDAHULUAN

Menjelang fenomena *supermoon* (Bulan berada pada posisi sangat dekat dengan Bumi), *blue moon* (bulan purnama kedua dalam 1 bulan kalender masehi) dan gerhana bulan total yang memancarkan warna merah (*blood moon*) dalam waktu yang bersamaan atau yang biasa disebut dengan istilah *Super Blue Blood Moon* pada hari Rabu tanggal 31 Januari 2018, wilayah Kota Semarang kembali tergenang banjir rob pada beberapa titik di jalan pantai utara (*Kompas*, 2018). Pengaruh *Super Blue Blood Moon* menyebabkan terjadinya air pasang rob yang cukup tinggi di Jalan Kaligawe, Semarang, sehingga 5 unit pompa air yang disiapkan menjadi tidak sebanding dengan luasan dan genangan air. Upaya pemerintah Kota Semarang dengan menyiagakan 48 pompa penyedot air belum mampu mengatasi banjir rob secara maksimal, karena sampai hari Sabtu tanggal 3 Februari 2018, genangan rob masih saja terjadi di sejumlah titik khususnya di wilayah-wilayah pesisir.

Letaknya yang berada di tepi pantai utara Jawa dan juga berada di sepanjang arah aliran sungai Semarang, menyebabkan kelurahan-kelurahan ini sering dilanda genangan banjir (Astuti, 2009). Wilayah pesisir Semarang memiliki topografi yang landai dengan kemiringan 0-2% dengan sebagian besar wilayahnya hampir sama tingginya dengan permukaan laut bahkan di beberapa tempat berada dibawahnya (BPPD, 2002). Topografi yang demikian landai menyebabkan tingkat kerentanan terhadap perubahan iklim tersebut menjadi semakin besar dan resiko tersebut semakin besar dengan adanya pertumbuhan pemukiman dari tahun ke tahun yang semakin meningkat (Pigawati dan Rudiarto, 2011). Kota Semarang memiliki masalah kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh adanya genangan banjir rob, disebabkan kota Semarang memiliki kontur yang relatif datar sehingga menyulitkan drainase dalam mengalirkan air ke daerah perkotaan, apalagi pada saat air laut pasang (Ramadhany dan Subardjo, 2012).

Rob atau disebut juga banjir pasang didefinisikan sebagai banjir yang melanda wilayah dengan elevasi rendah di wilayah pesisir, termasuk estuari dan delta, yang tergenang oleh air payau atau air laut (Marfai, 2004). Pasang surut (pasut) adalah naik turunnya muka air laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa

terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Pariwono, 1989). Pasang surut dapat terjadi karena adanya teori kesetimbangan, diantaranya rotasi Bumi pada porosnya, revolusi Bulan terhadap Matahari dan revolusi Bumi terhadap Matahari (Wyrтки, 1961).

Peningkatan luas genangan rob akibat kenaikan muka air laut berperan besar dalam nilai indeks kerentanan (Suhelmi, 2013). Kenaikan muka air laut secara umum akan mengakibatkan dampak peningkatan frekuensi dan intensitas banjir, perubahan arus laut dan meluasnya kerusakan hutan bakau, perluasan intrusi air laut, peningkatan ancaman terhadap kegiatan sosial-ekonomi masyarakat pesisir, serta berkurang luas daratan atau hilangnya pulau-pulau kecil (Diposaptono, 2002). Kenaikan muka laut akibat dari pemanasan global menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir rob di kota Semarang (Wirasatriya, 2005). Selain itu berdasarkan penggunaan data GPS (*Global Positioning System*) dan sipat datar, menyebutkan bahwa telah terjadi penurunan muka tanah di wilayah Semarang, dimana hal tersebut menjadi penyumbang penyebab terjadinya banjir rob kota Semarang (Gumilar, 2009).

Dalam upaya memberikan informasi peringatan dini, BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) mengembangkan sistem peringatan dini melalui kegiatan *Coastal Inundation Forecasting Demonstration Project Indonesia* (CIFDP-I). Kegiatan ini telah dimulai sejak tahun 2013 atas asistensi dari WMO (World Meteorological Organization). Sistem ini diimplementasikan di Jakarta dan Semarang sebagai *pilot project* dengan pertimbangan kedua daerah tersebut memiliki dampak yang begitu besar akibat adanya bencana rob ini (BMKG, 2017).

Pada tahun 1992 *Danish Hydrodynamic Institute* (DHI) membuat Mike 21, yaitu program komputer untuk mensimulasikan proses fisik, kimia dan biologi yang mencakup aliran permukaan dalam bentuk dua dimensi (DHI, 2007). Verifikasi arus model Mike21 dengan arus pasang surut diperoleh nilai MRE (*Mean Relative Error*) rata-rata sebesar 33.75% (Leksono dkk., 2013). Verifikasi model masih dapat diterima jika masih berada didalam batas 40% (Sugiyono, 2011), sehingga simulasi model hidrodinamika 2D menggunakan Mike21 dapat dikatakan mampu merepresentasikan kondisi hidrodinamika di daerah penelitian

(Leksono dkk., 2013). Hidrodinamika adalah ilmu yang mempelajari gerak aliran dari fluida, serta memiliki tiga persamaan, yang mana diadopsi dari persamaan momentum, kontinuitas dan energi (DHI, 2007).

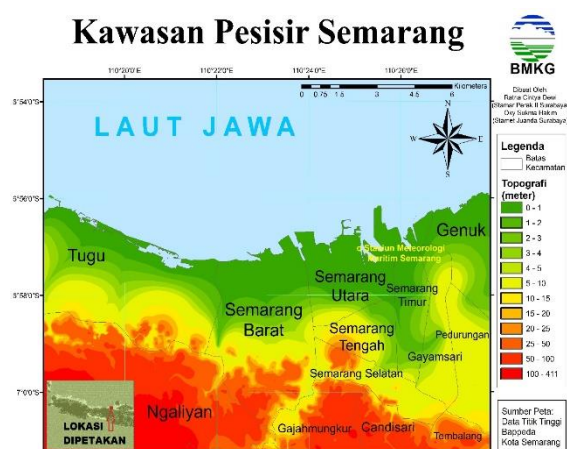
Pemodelan genangan banjir rob sangat dibutuhkan khususnya bagi masyarakat pesisir untuk kepentingan mitigasi. Model Hidrodinamika Mike21 diharapkan mampu memberikan informasi prakiraan luas genangan banjir rob yang akurat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan tingkat akurasi prediksi pasang surut hasil pemodelan Mike21 terhadap prakiraan dari Pushidrosal dan BIG, serta membandingkan luas genangan banjir rob di pesisir kota Semarang dari hasil pemodelan terhadap observasinya.

2. METODE PENELITIAN

Pertama dibutuhkan data pengamatan pasang surut dari Stasiun Meteorologi Maritim (Stamar) Semarang sepanjang tahun 2017 untuk mengetahui tipe pasang surut di Semarang. Pasang surut di bagi menjadi 4 tipe, yaitu pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*) dan pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) (Ongkosongo dan Suyarso, 1989). Lokasi Stasiun Meteorologi Maritim Semarang, serta lokasi yang menjadi fokus penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Data tersebut dirata-ratakan dalam tiap jam untuk mengetahui pola diurnal pasut di Semarang. Selain itu juga diidentifikasi nilai maksimum dan minimum pasut tiap jam. Identifikasi ini berfungsi untuk mengetahui waktu terjadinya pasang tertinggi, yang mengindikasikan rentan waktu terjadi banjir rob.

Setelah diperoleh tipe pasut di Semarang, data sepanjang tahun 2017 tersebut digunakan sebagai data input dalam pemodelan Mike21 menggunakan metode IOS untuk diperoleh prakiraan pasut sepanjang bulan Januari 2018. Kemudian hasil prakiraan pasut divalidasi dengan data pengamatan pasang surut dari Stasiun Meteorologi Maritim Semarang untuk mengetahui tingkat akurasi prakiraan Mike21. Selanjutnya tingkat akurasi prakiraan model Mike21 dibandingkan dengan prakiraan pasang surut dari Pushidrosal dan BIG. Dalam

membandingkan tingkat akurasi, digunakan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) yang menghitung jumlah *error sample* (e_i) dibagi banyaknya *sample* (n) sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (1) (Chai dan Draxle, 2014).



Gambar 1. Kawasan Pesisir Semarang dan Lokasi Stamar Semarang (Lingkarang Kuning)

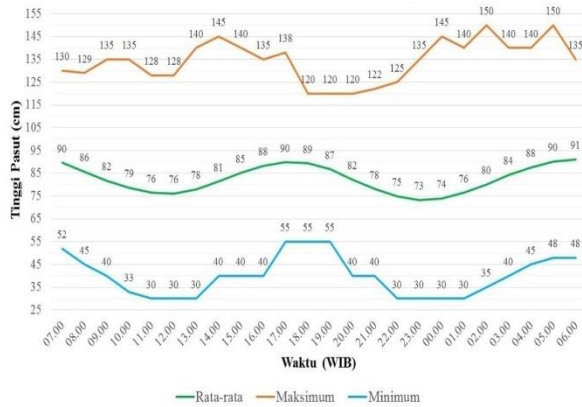
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Prakiraan dengan tingkat akurasi terbaik digunakan sebagai data input dalam ArcGIS untuk memetakan genangan banjir rob di pesisir Semarang. Pemetaan dengan data input dari pasut pengamatan juga dilakukan untuk membandingkan luas genangan banjir rob hasil prakiraan. Perbandingan tersebut berfungsi untuk menyatakan layak tidaknya prakiraan tersebut digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Tipe Pasang Surut

Berdasarkan Gambar 2, teridentifikasi bahwa tipe pasut di Semarang adalah pasut harian ganda. Hal ini dikarenakan pola pasut diurnal rata-rata memiliki dua puncak tertinggi pada pukul 17.00 WIB dan 06.00 WIB, serta dua lembah terendah pada pukul 11.00 – 12.00 WIB dan 23.00 WIB. Nilai puncak tertinggi pada pukul 06.00 WIB hanya lebih tinggi 1 cm daripada puncak tertinggi pada pukul 17.00 WIB. Sementara itu lembah terendah pada pukul 23.00 WIB memiliki nilai lebih rendah 3 cm daripada lembah terendah pada pukul 11.00 – 12.00 WIB.



Gambar 2. Pola Pasut Diurnal pada Tahun 2017 di Pesisir Semarang

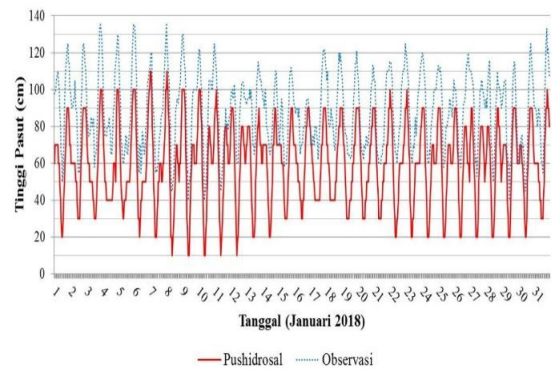
Pola surut diurnal minimum memiliki kemiripan dengan pola pasut diurnal rata-rata, yang memiliki dua puncak tertinggi pada pukul 17.00 – 19.00 WIB dan 07.00 WIB, serta dua lembah terendah pada pukul 11.00 – 13.00 WIB dan 22.00 – 01.00 WIB. Namun pola berbeda ditunjukkan pada pola pasang diurnal maksimum yang tidak teratur. Nilai pasang maksimum tertinggi terjadi pada pukul 02.00 dan 05.00 WIB, dengan tinggi pasang sebesar 150 cm. Pola berbeda ini menunjukkan ada faktor lain selain gaya tarik benda-benda angkasa, yang menambah ketinggian air pasang.

Tipe pasut harian ganda di Semarang membuat dalam sehari terdapat 2 waktu yang lebih utama diwaspadai terkait kejadian banjir rob, yaitu sekitar pukul 17.00 WIB dan 06.00 WIB. Namun pola pasut diurnal maksimum yang tidak teratur dengan nilai ≥ 120 cm, menyatakan bahwa keseluruhan waktu dalam 24 jam di Semarang dapat berpotensi banjir rob. Perlu kajian lebih lanjut dalam menentukan faktor lain yang menyebabkan pasang tinggi muka air laut diurnal tertinggi berpola tidak teratur, seperti faktor intensitas curah hujan yang tidak terjadi secara kontinyu.

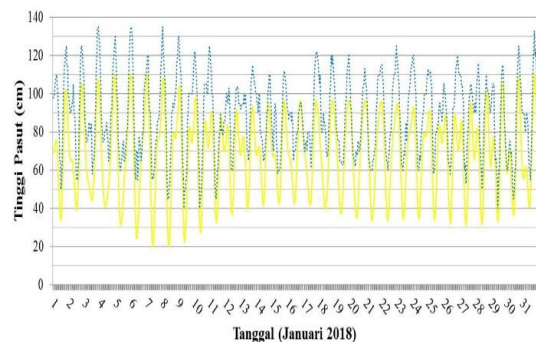
3.2. Perbandingan Prakiraan Pasut Mike21, BIG dan Pushidrosal

Perbandingan Gambar 3a, 3b dan 3c menunjukkan bahwa prakiraan Mike21 paling mendekati hasil pengamatan dibandingkan Pushidrosal dan BIG. Hasil ketiga prakiraan tersebut secara umum didominasi nilai yang *underestimate*. Prakiraan dari Pushidrosal

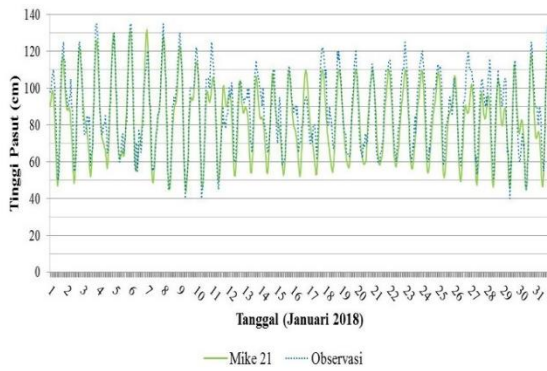
terlihat jelas memiliki nilai *underestimate* paling besar dibanding dua lainnya. Namun ketiga prakiraan tersebut memiliki pola fase puncak dan lembah yang sesuai dengan hasil pengamatan. Pada saat terjadinya peristiwa gerhana tanggal 31 Januari 2018, terlihat jelas adanya pola peningkatan nilai pasut hasil pengamatan. Pola peningkatan ini juga dapat dideteksi oleh ketiga jenis prakiraan tersebut, tetapi Mike21 mampu menyajikan hasil prakiraan yang paling mendekati hasil pengamatan.



(a)



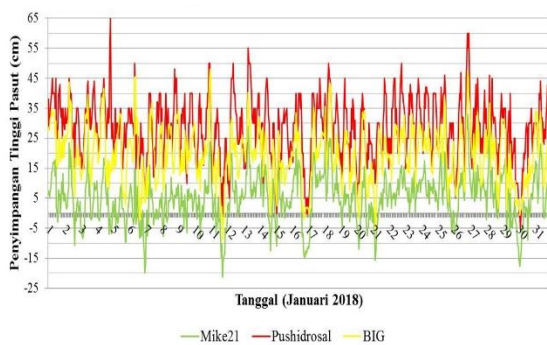
(b)



(c)

Gambar 3. Perbandingan Validasi Prakiraan Pasut Pushidrosal (a), BIG (b) dan Mike21 (c)

Nilai RMSE dari prakiraan pasut Mike21 paling kecil, dengan nilai hanya sebesar 10 cm. Nilai ini jauh berbeda dengan RMSE dari prakiraan Pushidrosal yang bernilai 30 cm. Prakiraan dari Pushidrosal hampir tidak pernah mengalami *overestimate*, tetapi kecenderungan prakiraan *underestimate* memiliki nilai penyimpangan yang paling besar. Adapun nilai RMSE dari prakiraan BIG sedikit lebih baik, dengan nilai 22 cm. Sama halnya dengan prakiraan Pushidrosal, prakiraan dari BIG hampir tidak pernah mengalami *overestimate*. Lain halnya dengan Mike21 yang cukup sering mengalami *overestimate*, meskipun prakiraan *underestimate* juga lebih mendominasi. Hasil nilai RMSE ini menyatakan bahwa prakiraan pasut Mike21 memiliki nilai penyimpangan yang paling kecil dibandingkan BIG dan Pushidrosal, seperti yang terlihat jelas pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai Penyimpangan Tinggi Pasut antara Prakiraan dan Pengamatan. Nilai (+) menunjukkan prakiraan *underestimate* dan nilai (-) menunjukkan prakiraan *overestimate*

Hasil analisis dari Gambar 3 dan Gambar 4 menyatakan prakiraan pasut yang paling baik adalah pemodelan Mike21. Hasil prakiraan yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan hasil pengamatan, yang mana penyimpangan ditaksir hanya sebesar 10 cm. Nilai penyimpangan ini bisa ditambahkan sebagai faktor koreksi dalam pembuatan peta luas genangan banjir rob, mengingat dalam pembuatan informasi untuk kepentingan mitigasi bencana memiliki prinsip diambil kemungkinan yang terburuk.

3.3. Pemetaan Banjir Rob

Nilai maksimum prakiraan pasut dari Mike21 yang memiliki nilai RMSE terbaik pada tanggal 31, digunakan sebagai data input dalam ArcGIS untuk memperoleh peta prakiraan genangan banjir rob di pesisir kota Semarang, yang ditunjukkan pada Gambar 5a. Waktu terjadinya pasut maksimum pada tanggal 31 antara prakiraan dan pengamatan, terjadi pada waktu yang sama yaitu pukul 20.00 WIB seperti yang terlihat pada Gambar 3c. Selisih nilai pasut maksimum antara prakiraan dan pengamatan bernilai sama dengan nilai RMSE yaitu 10 cm. Hasil pasut prakiraan *underestimate* terhadap hasil pengamatan, dengan nilai sebesar 122 cm. Peta prakiraan luas genangan banjir rob menghasilkan informasi luas wilayah pesisir Semarang yang tergenang sebesar 1753.35 ha.



(a)



(b)

Gambar 5. Peta Banjir Rob Semarang dengan data pasut dari Mike21 (a) dan Pengamatan (b)

Peta prakiraan genangan banjir rob dibandingkan dengan peta genangan banjir rob pada Gambar 5b yang menggunakan data input hasil pengamatan pasut. Peta menggunakan data input hasil pengamatan menghasilkan informasi luas wilayah pesisir Semarang yang tergenang sebesar 1938.66 ha. Perbedaan antara Gambar 5a dan Gambar 5b terlihat jelas pada kecamatan Semarang Barat. Perbedaan terlihat pada ujung wilayah tergenang paling jauh dari garis pantai pada peta hasil prakiraan tidak melewati garis lintang $6^{\circ}58'$, sedangkan pada peta hasil pengamatan melewati garis lintang tersebut.

Prakiraan pasut dengan nilai *underestimate* sebesar 10 cm mengasilkan luas prakiraan genangan banjir rob *underestimate* sebesar 185.31 ha. Hal ini perlu dipertimbangkan untuk menambahkan faktor koreksi sebesar 10 cm pada saat input data untuk kepentingan mitigasi. Wilayah yang tergenang banjir antara peta hasil prakiraan dan peta hasil pengamatan menunjukkan sebaran genangan banjir rob yang tidak jauh berbeda. Kecamatan-kecamatan di Semarang yang rawan terkena dampak banjir rob berdasarkan pada Gambar 5 yaitu Tugu, Semarang Barat, Semarang Utara, Semarang Timur dan Genuk.

4. KESIMPULAN

Tipe pasut harian ganda di Semarang memberikan informasi kisaran 2 waktu yang rawan terhadap kejadian banjir rob, yaitu pada pukul 17.00 WIB dan 06.00 WIB. Prakiraan pasut paling baik digunakan di wilayah pesisir kota Semarang adalah pemodelan dengan Mike21 dengan nilai RMSE hanya 10 cm. Hasil pemetaan menggunakan data input prakiraan pasut Mike21 menghasilkan luas genangan banjir rob di wilayah Semarang sebesar 1753.35 ha, yang mana *underestimate* sebesar 185.31 ha. Hal ini perlu pertimbangan penambahan faktor koreksi 10 cm untuk kepentingan informasi mitigasi bencana banjir rob, serta pengkajian yang lebih dalam terkait faktor selain gaya tarik benda-benda angkasa yang menyebabkan pasang tinggi muka air laut diurnal tertinggi berpola tidak teratur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan pada Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Mas Semarang yang telah menyediakan data pengamatan pasang surut, serta Pushidrosal dan BIG yang telah menyediakan prakiraan pasang surut.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, S. 2009. *Reklamasi Tipologi Bangunan dan Kawasan Akibat Pengaruh Kenaikan Muka Air Laut di Kota Pantai Semarang*. Departemen Kimpraswil. Bandung.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 29 Maret 2017. *BMKG Rangkul 5 K/L Bangun Sistem Peringatan Dini Rob*. Diperoleh 27 Februari 2018, dari <http://www.bmkg.go.id/berita/?p=bmkg-rangkul-5-kl-bangun-sistem-peringatan-dini-rob&lang=ID>
- Bappeda, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, Kota Semarang. (2002). Laporan Antara: *Rencana Pengembangan Potensi Kelautan Kota Semarang Tahun Anggaran 2001/ 2002*. Semarang: Bappeda Kota Semarang.

- Chai, T., dan Draxle, R. R. 2014. *Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature*. Geosci. Model Dev. Discuss. USA.
- _____. 2007. *Mike 21 Flow Model Hydrodynamic Module User Guide*. Danish Hydrodynamic Institute, Denmark.
- Diposaptono, S. 2002. *Pengaruh Pemanasan Global terhadap Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Bina Pesisir Direktorat Jenderal Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil DKP.
- Gumilar, I., Abidin H.Z., Andres, H., Mahendra, A.D., Sidiq, T.P., dan Gamal, M. 2009. Studi Potensi Kerugian Ekonomi (Economic Losses) Akibat Penurunan Muka Tanah. *Prosiding Seminar Nasional FIT ISI 2009*. Teknik Geodesi UNDIP. Semarang.
- Kompas. 30 Januari 2018. *Jelang Supermoon Pantura Semarang dilanda Banjir Rob*. Diperoleh 27 Februari 2018, dari <https://regional.kompas.com/read/2018/01/30/12410981/jelang-supermoon-pantura-semarang-dilanda-banjir-rob>
- Leksono, A., Atmodjo, W., Maslukah, L. 2013. Studi Arus Laut Pada Musim Barat di Perairan Pantai Kota Cirebon. *Jurnal Oseanografi*. Volume 2, Nomor 3, Tahun 2013, Halaman 208.
- Liputan6. 4 Februari 2018. *Gerhana Total Bikin Semarang Banjir Parah Kemacetan pun Mengular*. Diperoleh 25 Februari 2018, dari <http://regional.liputan6.com/read/3253844/gerhana-total-bikin-semarang-banjir-parah-kemacetan-pun-mengular>
- Marfai, M.A. 2004. *Tidal Flood Hazards Assessment: Modelling in Raster GIS, Case in Western Part of Semarang Coastal Area*. Indo. J. Geography. 36(1):25-28.
- Ongkosongo, O. S. R., dan Suyarso. 1989. *Pasang Surut*, LIPI-Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Pariwono, J. I. 1989. *Gaya Penggerak Pasang Surut. Dalam Pasang Surut*. Ed. Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. Hal. 13-23. P3O-LIPI. Jakarta.
- Pigawati, Bitta, dan Iwan R. (2011). Penggunaan Citra Satelit untuk Kajian Perkembangan Kawasan Permukiman Di Kota Semarang. *Forum Geografi*. Vol. 25, No. 2, Desember 2011: 140 – 151.
- Ramadhany, A. S., Anugroho D. S. A., dan Subardjo, P. 2012. Daerah Rawan Genangan Rob di Wilayah Semarang. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. *Journal of Marine Research*.
- Sindonews. 3 Februari 2018. *Banjir Rob di Pantura Semarang Semakin Meninggi*. Diperoleh 26 Februari 2018, dari <https://daerah.sindonews.com/read/1279103/22/banjir-rob-di-pantura-semarang-semakin-meninggi-1517640278>
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Afabeta.
- Suhelmi, I. R. 2013. Pemetaan Kapasitas Adaptif Wilayah Pesisir Semarang dalam Menghadapi Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut dan Perubahan Iklim. *Forum Geografi*, Vol. 27, No. 1, Juli 2013: 81 – 92.
- Wirasatriya, A. 2005. Kajian Kenaikan Muka Laut Sebagai Landasan Penanggulangan Rob di Pesisir Kota Semarang. *Tesis*. Program Studi Magister Manajemen Sumber Daya Air. Pascasarjana UNDIP. Semarang.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*. *Naga Report Vol. 2 Scripps*, Institute Oceanography, California.

