

PEMANFAATAN DATA *AUTOMATIC WATER LEVEL* UNTUK PREDIKSI
PASANG SURUT DI BATAM PADA BULAN SEPTEMBER DAN OKTOBER 2020



EJHA LARASATI SIADARI

NIP. 199507072014111001

BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
PUSAT METEOROLOGI MARITIM & STASIUN METEOROLOGI HANG NADIM BATAM

2020

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan wilayah perairan cukup luas yang mencakup 2/3 dari wilayah negaranya. Perairan Indonesia yang luas tersebut membutuhkan pemantauan dan kajian parameter keluatan untuk menjelaskan berbagai fenomena yang terjadi di laut. Salah satu wilayah perairan yang membutuhkan pemantauan dan kajian tersebut adalah Perairan Teluk Balikpapan. Salah satu parameter oseanografi yang sangat berpengaruh adalah pasang surut. Tidak tersedianya data pengamatan pasang surut menyebabkan dibutuhkan pemodelan pasang surut di suatu wilayah. Pemodelan pasang surut dengan menggunakan beberapa model yang tersedia diharapkan dapat menjawab permasalahan tersebut mengingat pentingnya informasi mengenai pasang surut dalam kehidupan masyarakat terutama masyarakat yang tinggal di daerah pesisir.

Pasang surut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan gaya tarik bulan, matahari dan benda-benda langit lainnya sejalan dengan perubahan posisinya yang relatif terhadap rotasi bumi. Bulan merupakan penyebab utama terjadinya pasang surut, pengaruh matahari terhadap pasang surut di bumi dengan jaraknya yang sangat jauh hanya sebesar 46 persen dari pengaruh bulan terhadap pasang surut di bumi (Bowditch, 2002). Selain faktor astronomis, beberapa faktor non astronomis yang dapat mempengaruhi kondisi pasang surut adalah topografi dasar laut, morfologi pantai dan kondisi meteorologi. Hal ini menyebabkan perbedaan karakteristik pasang surut antara satu daerah dengan daerah yang lain.

Menurut Triatmodjo (2003) bentuk pasang surut disuatu daerah berbeda – beda. Di suatu daerah dalam satu hari bisa terjadi satu sampai dua kali pasang surut. Tipe pasang surut ditentukan oleh frekuensi air pasang dan surut setiap hari.

Secara umum pasang surut dapat dibedakan menjadi empat tipe (Wyrski, 1961), yaitu sebagai berikut:

a. Harian ganda (*semidiurnal*)

Pasang surut yang dalam satu harinya memiliki dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan ketinggian masing-masing pasang dan surut yang tidak jauh berbeda.

b. Campuran condong ke harian ganda (*mixed, prevailing semidiurnal*)

Pasang surut yang dalam satu harinya lebih sering memiliki dua kali air pasang dan dua kali air surut dari pada satu kali air pasang dan surut dengan ketinggian masing-masing pasang dan surut yang jauh berbeda.

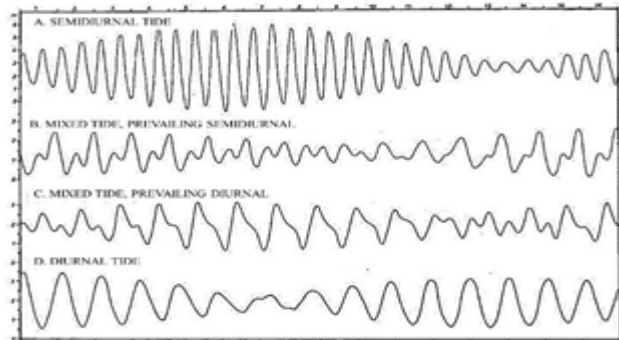
c. Campuran condong ke harian tunggal (*mixed, prevailing diurnal*)

Pasang surut yang dalam satu harinya memiliki satu kali air pasang dan satu kali air surut dan pada beberapa waktu terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan ketinggian masing-masing pasang dan surut yang jauh berbeda.

d. Harian tunggal (*diurnal*)

Pasang surut yang dalam satu harinya memiliki satu kali air pasang dan satu kali air surut.

Periode dari pasang surut sendiri pada sebagian besar wilayah perairan di bumi memiliki periode sebesar 12,42 jam dan pada beberapa wilayah sebesar 24,84 jam (Parker, 2007). Gerakan vertikal naik turunnya pasang surut air laut, diikuti juga dengan gerakan air laut secara horizontal yang biasanya disebut dengan arus pasang surut, dimana arus pasang surut ini mendominasi pada daerah pesisir dan perairan dangkal.



Gambar 1.1 Tipe pasang surut(Wyrtki, 1961)

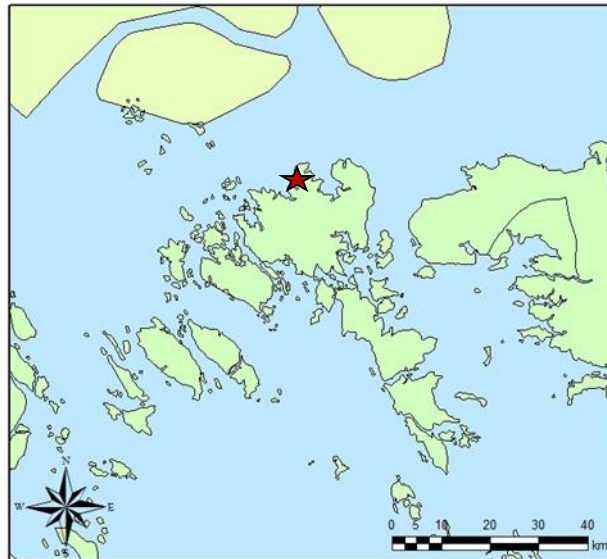
Berdasarkan Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Nomor 10 Tahun 2019 tentang Pelayanan Informasi Meteorologi Maritim pasal 5 huruf o, BMKG melalui Pusat Meteorologi Maritim memiliki tugas dalam menyediakan dan menyebarkan informasi mengenai prakiraan pasang surut. Prakiraan pasang surut sebagaimana dimaksud merupakan informasi yang berisi prakiraan pasang dan surut permukaan laut. Hingga saat ini, informasi prakiraan pasang surut yang diberikan oleh BMKG masih memanfaatkan informasi prediksi pasang surut dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi Angkatan Laut (Pushidrosal).

Melalui tulisan ini, pasang surut akan diprediksi secara periodik dengan menggunakan nilai amplitudo serta fase dari berbagai komponen harmonik pembangkit pasang surut (Surinati, 2007). Nilai amplitudo serta fase dari berbagai komponen harmonik pembangkit pasang surut dapat diperoleh dengan mengolah data observasi tinggi muka laut secara *realtime* yang diperoleh dari *Automatic Water Level* (AWL). Data tinggi muka laut yang diperoleh dari AWL dapat digunakan untuk menghasilkan prediksi pasang surut dengan menggunakan *software* Matlab yang membutuhkan *toolbox t-tide* untuk mendapatkan konstanta pasang surut dan nilai tinggi muka laut rata-rata (msl).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 WILAYAH PENELITIAN

Wilayah yang dikaji pada penelitian ini adalah wilayah perairan Batam yang terdapat AWL pada koordinat gambar 1.165^0 LU dan 103.997^0 BT yang ditandai dengan simbol bintang seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta lokasi penelitian

2.2 DATA PENELITIAN

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan tinggi muka laut *realtime* yang bersumber dari peralatan AWL Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada alamat <http://202.90.199.132/aws-new/>. Data tinggi muka laut terdiri atas pasang surut bulan Agustus dan September 2020 dengan *time step* data setiap 10 menit. Data pengamatan tinggi muka laut tersebut belum dilakukan koreksi terhadap *Mean Sea Level* (MSL). Adapun perangkat lunak R Studio akan digunakan untuk mendownload data AWL dalam format .xlsx secara otomatis.

2.3 METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang diterapkan meliputi dua model penelitian, yaitu sebagai berikut:

a. Penelitian Komparatif

Penelitian ini digunakan untuk membandingkan, mencari persamaan dan perbedaan dari karakteristik objek atau kemunculan suatu fenomena maupun kejadian tertentu yang diteliti berdasarkan kerangka pemikiran tertentu. Dalam penelitian ini, hasil prediksi pasang surut pada bulan September dibandingkan dengan hasil observasi pasang surut pada bulan September.

b. Penelitian Analitik

Penelitian analitik dilakukan dengan menganalisis hasil prediksi pasang surut untuk mengetahui tipe pasang surut, nilai pasang maksimum, dan nilai surut maksimum.

2.4 PROSEDUR PENELITIAN

Tahapan pertama yang harus dilakukan adalah instalasi beberapa perangkat lunak seperti R dan R Studio serta MATLAB. Adapun perangkat lunak R Studio akan digunakan untuk mendownload data AWL secara otomatis. Tahapan berikutnya adalah download *toolbox t-tide*. Peramalan pasang surut dilakukan pada perangkat lunak Matlab yang membutuhkan *toolbox t-tide* untuk mendapatkan nilai konstanta pasang surut yang meliputi amplitudo (A), fasa (g), serta frekuensi dari masing-masing komponen pasang surut, dan nilai tinggi muka laut rata-rata (msl). Nilai konstanta harmonik digunakan untuk melakukan prediksi pasang surut dan untuk menganalisis tipe pasang surut di daerah Batam. Tipe pasang surut di Perairan Batam ditentukan berdasarkan hasil perhitungan bilangan *Formzahl*. Bilangan *Formzahl* yakni pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama.

Quality control juga dilakukan untuk memastikan bahwa data yang digunakan baik dan tidak terbalik. *Filtering data* dilakukan dengan memperlakukan nilai tinggi muka laut yang terlihat menyimpang sebagai *outlier* dan dihilangkan. Untuk data tinggi muka laut yang tidak ada dalam perhitungan akan dianggap kosong (NaN). Tahapan selanjutnya adalah proses analisis data observasi AWL dan proses peramalan pasang surut dengan memanfaatkan fungsi *t_predict* pada *toolbox t-tide* yang dieksekusi melalui perangkat lunak MATLAB. Tahapan akhir yang dilakukan adalah verifikasi hasil prediksi pasang surut dengan membandingkan hasil prediksi dengan data observasi. Proses verifikasi ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi MATLAB sehingga menghasilkan nilai korelasi dan *Mean Relative Error* (MRE) hasil prediksi dengan observasi.

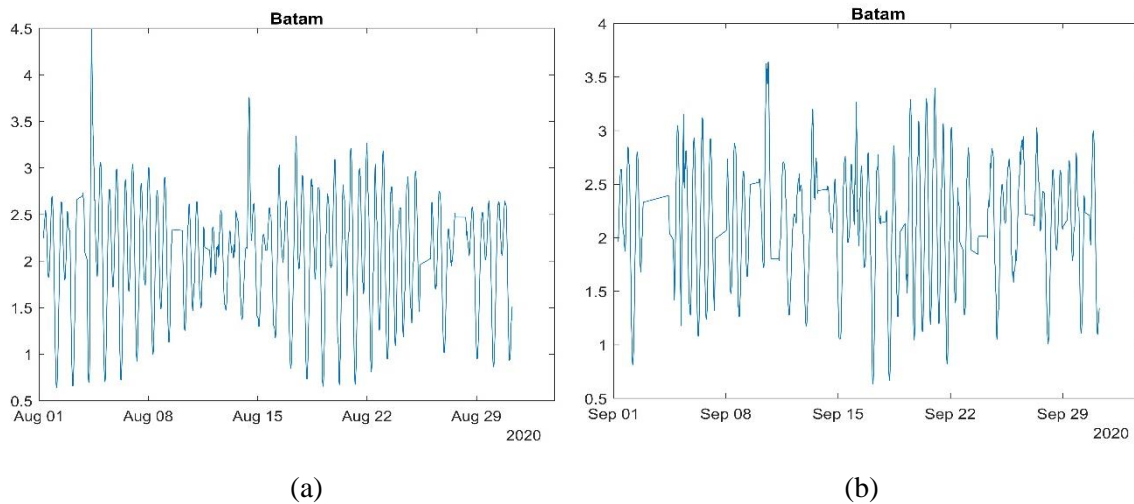
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dan prediksi pasang surut memanfaatkan fungsi *t_predict* pada *toolbox t-tide* yang dieksekusi melalui perangkat lunak MATLAB dengan input data adalah data pasang surut AWL Batam yang bersumber dari peralatan AWL BMKG pada alamat <http://202.90.199.132/aws-new/> yang terdiri atas pasang surut bulan Agustus dan September 2020.

3.1 Quality Control Data

Quality control dilakukan untuk memastikan bahwa data yang digunakan baik dan tidak terbalik. Data tinggi muka laut bulan Agustus 2020 dan September 2020 dari AWL Batam diunduh melalui aplikasi R dalam format .xlsx kemudian dilakukan *quality control* dengan memanfaatkan

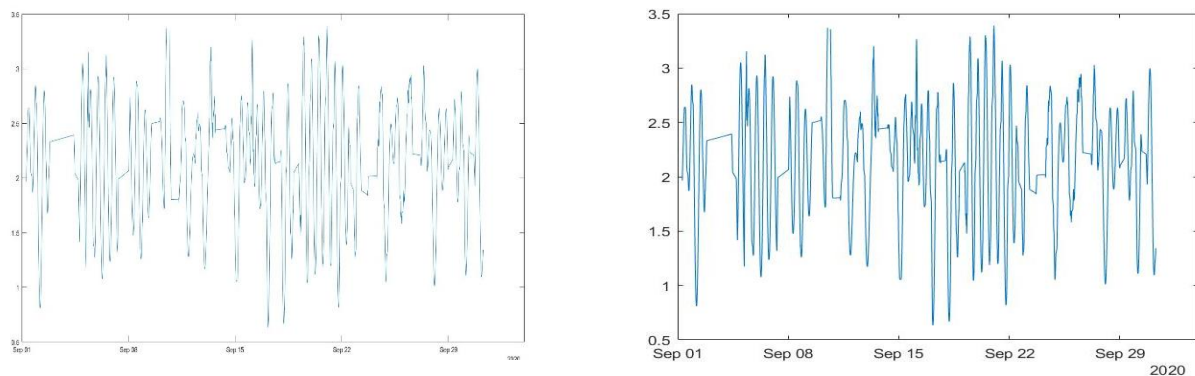
aplikasi MATLAB. Hasil dari pengolahan data tersebut disajikan dalam bentuk grafik nilai tinggi muka laut terhadap waktu selama satu bulan seperti ditunjukkan oleh gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kondisi Data Observasi Pasang Surut AWL Batam (a) Agustus 2020 dan (b) September 2020

3.2 Filtering Data

Filtering data dilakukan dengan memperlakukan nilai tinggi muka laut yang terlihat pada bulan Agustus 2020 dan September 2020 menyimpang sebagai *outlier* dan dihilangkan. Hasil dari *filtering* data yang ditunjukkan oleh gambar 3.2 memperlihatkan bahwa data yang dianggap sebagai *outlier* telah dihilangkan.



Gambar 3.2 Kondisi Data Observasi Tinggi Muka Laut AWL Batam (a) Agustus 2020 dan (b) September 2020 Setelah Dilakukan Filtering

3.3 Hasil Analisis Komponen Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut yang diperoleh dari pengukuran BMKG menghasilkan konstanta harmonik pasang surut yaitu M2, S2, K1, dan O1 yang diperoleh dari hasil analisis komponen pasang surut melalui *least square* menggunakan perangkat lunak MATLAB melalui

toolbox t_tide. Dari tabel tersebut juga dapat diketahui bahwa nilai MSL AWL Batam adalah 2.1 meter. Konstanta harmonik dari hasil pengukuran pasang surut BIG dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.3 Konstituen pasang surut hasil pengamatan pada wilayah perairan Batam

```
x0= 2.1, x trend= 0

var(x)= 0.33696    var(xp)= 0.27249    var(xres)= 0.061269
percent var predicted/var original= 80.9 %

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates
```

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*MSF	0.0028219	0.0137	0.012	183.63	51.73	1.2
*2Q1	0.0357064	0.0496	0.035	225.49	35.80	2
*Q1	0.0372185	0.0445	0.035	335.53	42.36	1.6
*O1	0.0387307	0.2466	0.035	51.69	7.98	48
NO1	0.0402686	0.0068	0.035	251.13	191.81	0.037
*P1	0.0415526	0.0993	0.035	90.06	20.51	7.9
*K1	0.0417807	0.3001	0.035	82.99	6.60	72
*J1	0.0432929	0.0364	0.035	330.83	47.45	1.1
*OO1	0.0448308	0.0389	0.035	253.13	41.39	1.2
*UPS1	0.0463430	0.0377	0.035	166.40	42.28	1.1
*N2	0.0789992	0.1038	0.051	286.31	28.45	4.1
*M2	0.0805114	0.5505	0.051	299.09	5.37	1.1e+02
*S2	0.0833333	0.2729	0.051	344.24	10.81	28
*K2	0.0835615	0.0743	0.051	6.64	38.04	2.1
ETA2	0.0850736	0.0423	0.051	353.26	64.01	0.68
*MO3	0.1192421	0.0295	0.024	313.99	44.38	1.6
M3	0.1207671	0.0230	0.024	16.95	58.76	0.96
MK3	0.1222921	0.0211	0.024	136.10	62.56	0.8
SK3	0.1251141	0.0207	0.024	24.09	63.34	0.78
*MN4	0.1595106	0.0319	0.016	299.38	27.98	4.2
*M4	0.1610228	0.0474	0.016	290.54	18.87	9.3

Keterangan:

- M2* : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- S2* : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari
- N2* : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh perubahan jarak bulan
- K1* : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh perubahan jarak bulan oleh perubahan jarak matahari
- O1* : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

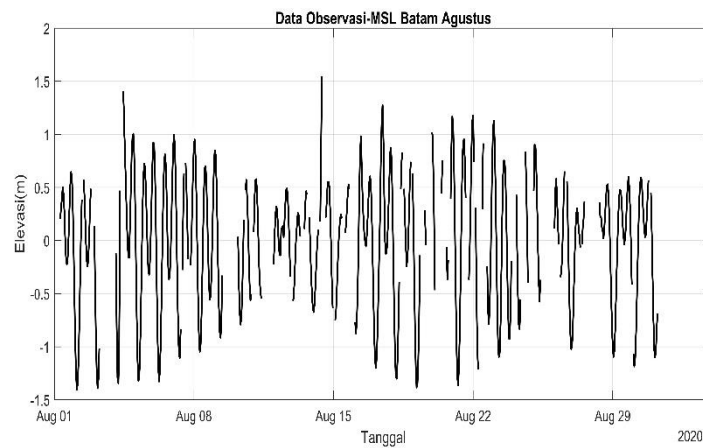
Tipe pasang surut di Perairan Batam ditentukan berdasarkan hasil perhitungan bilangan *Formzahl*. Bilangan *Formzahl* yakni pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian

utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama. Melalui hasil perhitungan bilangan *Formzahl* ini akan diketahui pasang surut pada suatu perairan.

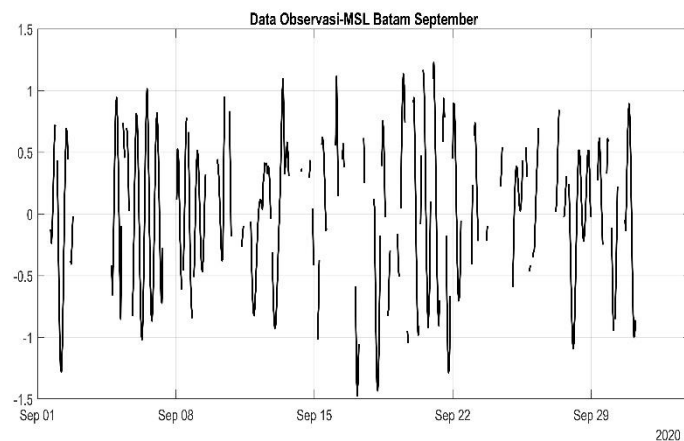
$$F = \frac{A(K1) + A(O1)}{A(M2) + A(S2)} \quad (2.3)$$

Perhitungan bilangan *Formzahl* dilakukan untuk menentukan sifat pasang surut perairan berdasarkan nilai 4 konstanta harmonik pasang surut didapat nilai sebesar 0,493 ($F=0,404$). Hasil ini menunjukkan bahwa tipe pasang surut di perairan di Batam adalah bertipe campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide, Prevailing Semidiurnal*). Nilai konstituen S2 menunjukkan nilai paling besar yaitu 0,6049 menunjukkan bahwa pasang surut di daerah perairan Batam disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari.

Pada gambar 3.3 terlihat hasil pengukuran pasang surut pada bulan Agustus 2020 dan September 2020 setelah dikoreksi dengan MSL.



(a)

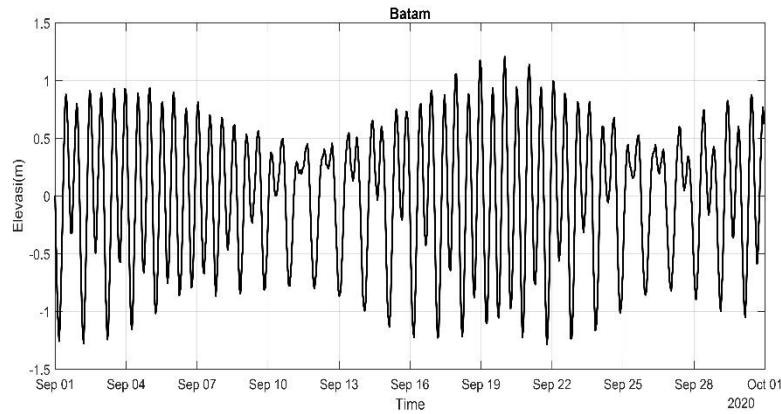


(b)

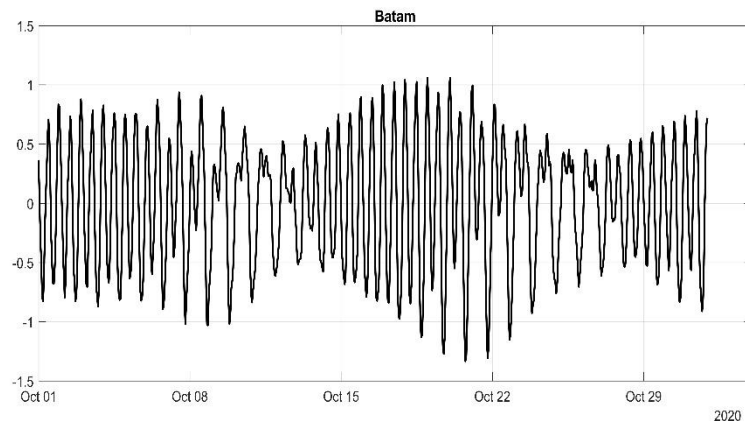
Gambar 3.3 Kondisi Data Observasi Pasang Surut AWL Batam (a) Agustus 2020 dan (b) September 2020 Setelah Dikoreksi dengan MSL

3.4 Prediksi Pasang Surut Bulan September dan Oktober 2020

Proses peramalan pasang surut pada bulan September 2020 dan Oktober 2020 dilakukan dengan memanfaatkan fungsi *t_predict* pada *toolbox t_tide* yang dieksekusi melalui perangkat lunak MATLAB. Hasilnya berupa data prediksi selama satu bulan dengan interval waktu satu jam dalam bentuk file dengan format .xlsx dan grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 3.4.



(a)



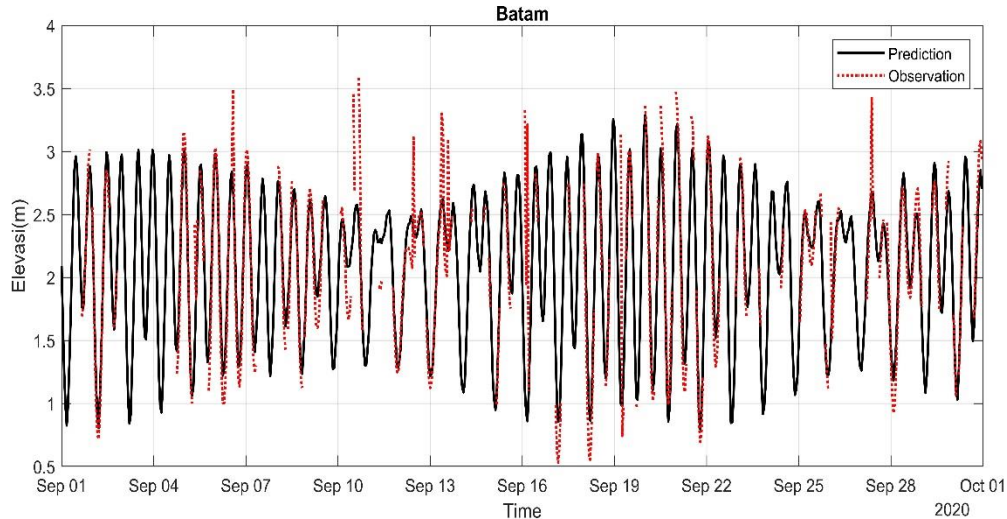
(b)

Gambar 3.4. Grafik Prediksi Pasang Surut Batam (a) September 2020 dan (b) Oktober 2020

Berdasarkan grafik pada Gambar 3.4 (b) yaitu hasil pasang surut prakiraan (dapat dilihat pada titik pengamatan BMKG pada koordinat 1.165^0 LU dan 103.997^0 BT teridentifikasi tipe pasang surut di perairan di Batam adalah bertipe campuran condong ke harian ganda dimana hasil tersebut sesuai dengan nilai perhitungan bilangan Formzahl. Diprakirakan pada bulan Oktober 2020, rata-rata pasang sebesar $+0.42$ m dari MSL, sedangkan rata-rata surut sebesar -0.50 m dari MSL. Peningkatan pasang surut terjadi mulai tanggal 16 - 21 Oktober 2020 akibat fase bulan baru. Pasang tertinggi mencapai $+1.06$ m dari MSL yang terjadi pada tanggal 20 Oktober 2020 dan surut terendah mencapai -1.33 m dari MSL yang terjadi pada tanggal 20 Oktober 2020.

3.5 Verifikasi Prediksi Pasang Surut Bulan September 2020

Pengujian hasil prediksi pasang surut pada bulan September 2020 dilakukan membandingkan data prediksi dengan data observasi pada bulan September 2020 seperti ditunjukkan pada gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5. Perbandingan Prediksi Pasut BMKG pada Bulan September 2020 dengan Data Observasi pada Bulan September 2020

Berdasarkan Gambar 3.5 terlihat bahwa prediksi pasut BMKG pada bulan September 2020 dengan menggunakan data *water level* bulan Agustus 2020 memiliki pola yang hampir berimpit dengan data observasi meskipun terdapat beberapa waktu dimana nilai prediksi lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai data observasi. Nilai korelasi antara prediksi dan observasi pasut pada bulan September 2020 adalah 0.8994 dengan nilai MRE prediksi sebesar 8.9115%, sehingga akurasi prediksi cukup tinggi yaitu sekitar 91.088%. Perbedaan diantara kedua hasil pasang surut tersebut juga terlihat pada waktu terjadinya pasang maksimum dan pasang minimum serta surut maksimum dan surut minimum.

4. PENUTUP

4.1 KESIMPULAN

Hasil analisis komponen pasang surut dengan perhitungan bilangan *Formzahl* yang dilakukan untuk menentukan sifat pasang surut perairan berdasarkan nilai 4 konstanta harmonik pasang surut menghasilkan nilai sebesar 0,493 dimana nilai ini menunjukkan bahwa tipe pasang surut di perairan di Batam adalah bertipe campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide, Prevailing Semidiurnal*). Nilai konstituen S2 menunjukkan nilai paling besar yaitu 0,6049 menunjukkan bahwa pasang surut di daerah perairan Batam disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Prakiraan pasut pada bulan Oktober 2020, rata-rata pasang sebesar +0.42 m dari MSL, sedangkan rata-rata surut sebesar -0.50 m dari MSL. Peningkatan pasang surut terjadi mulai tanggal 16 - 21 Oktober 2020 akibat fase bulan baru. Pasang tertinggi mencapai +1.06 m dari MSL yang terjadi pada tanggal 20 Oktober 2020 dan surut terendah mencapai -1.33 m dari MSL yang terjadi pada tanggal 20 Oktober 2020.

Hasil verifikasi prediksi pasut BMKG pada bulan September 2020 dengan menggunakan data *water level* bulan Agustus 2020 memiliki pola yang hampir berimpit dengan data observasi meskipun terdapat beberapa waktu dimana nilai prediksi lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai data observasi. Nilai korelasi antara prediksi dan observasi pasut pada bulan September 2020 adalah 0.8994 dengan nilai MRE prediksi sebesar 8.9115%, sehingga akurasi prediksi cukup tinggi yaitu sekitar 91.088%. Perbedaan diantara kedua hasil pasang surut tersebut juga terlihat pada waktu terjadinya pasang maksimum dan pasang minimum serta surut maksimum dan surut minimum.

4.2 REKOMENDASI

1. Akurasi dari prediksi pasang surut sangat dipengaruhi oleh nilai data tinggi muka laut yang diperoleh dari AWL, sehingga perlu diperhatikan kelengkapan data, pola tinggi muka laut, dan nilai-nilai yang dianggap *outlier* untuk memperoleh hasil maksimal.
2. Pengaplikasian prediksi pasang surut untuk kegiatan operasional perlu dikaji lebih lanjut dengan rentang waktu penelitian yang lebih panjang untuk melihat konsistensi akurasi dari prediksi pasang surut.
3. AWL yang ada perlu dilakukan kalibrasi dan pemeliharaan berkala karena terdapat banyak *spike* pada data observasi sehingga data prediksi pasut yang dihasilkan juga bagus; *garbage in, garbage out*.

DAFTAR RUJUKAN

- ¹ Bowditch, N., 2002, The American Practical Navigator.
- ² Ongkosono, O.S.R., dan Suyarso, 1989, Pasang Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O) LIPI, Jakarta.
- ³ Parker, B. B., 2007, Tide Analysis and Prediction, Maryland: NOAA.
- ⁴ Siagian, Y. S., Aziz, R., dan Aris, I., 2016, Pemodelan Sebaran Tumpahan Minyak di Perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur, Jurnal Oseanografi, vol.5 No.2
- ⁵ Surinati, D., 2007. Pasang Surut Dan Energinya. Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi. Jakarta.
- ⁶ Triatmodjo, B., 2003, Perencanaan Pelabuhan, Edisi Ketiga, Yogyakarta: Beta Offset.
- ⁷ Wyrski, K., 1961, Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters, Naga Report, vol. 2, Scripps Institution of Oceanography La Jolla, California.