

Analisis Perbandingan Peramalan Data Pemrograman Pasang Surut Anfor Dengan Data Pengukuran Pasang Surut Admiralty Pada Stasiun Cilacap

Yeshe Anggraini ¹⁾

Ahmad Zakaria ²⁾

Endro Prasetyo Wahono³⁾

Mariyanto ⁴⁾

Abstract

A seawater retreat is a periodic rise and descent of the water surface as a result of the attraction between the earth, the moon and the sun. Recession analysis is essential in determining the mean position of the level as well as forecasting the surface of the sea that can be analyzed with the admiralty program and anfor program. In this study, we analyzed four types of relapse pairs for 15 days. Data processing analyzes anfor programs using Totis software and analyzes admiralty programs using microsoft excel software. The major difference was obtained on the S2 component of 9,3503 m from the Cilacap observation data analysis in 2015, while the largest phase difference was on the K2 part of the 2014 cilacap data analysis of 687,6405⁰. The test results of the predictive data of each analysis with observational data showed that the anfor program was better. It can be seen from the RMSE value of anfor program on four smaller data than the admiralty program. Based on the test results of both methods resulted that the advantages of anfor program is faster and easier in analysis as well as producing more fitting components and more accurate prediction results.

Key words : rebound, anfor, admiralty, comparison

Abstrak

Pasang surut air laut merupakan suatu gerakan naik turunnya permukaan air secara periodik sebagai akibat dari gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari. Analisa pasang surut sangat diperlukan dalam penentuan posisi *mean level* maupun prediksi muka air laut yang dapat dianalisa dengan program *admiralty* dan program *anfor*. Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap empat tipe pasang surut selama 15 hari. Pengolahan data analisa program *anfor* menggunakan *software* Totis dan analisa program *admiralty* menggunakan *software microsoft excel*. Hasil analisa pasang surut program *admiralty* dan *anfor* diperoleh selisih terbesar yaitu pada komponen S2 sebesar 9,3503 m dari analisa data pengamatan Cilacap tahun 2015. Sedangkan untuk selisih fase terbesar yaitu pada komponen K2 dari analisa data Cilacap 2014 sebesar 687,6405⁰. Uji hasil data prediksi masing-masing analisa dengan data pengamatan menunjukkan program *anfor* lebih baik. Hal ini dapat dilihat dari nilai RMSE program *anfor* pada empat data lebih kecil dibanding program *admiralty*. Berdasarkan hasil uji dari kedua metode menghasilkan bahwa kelebihan dari program *anfor* yaitu lebih cepat dan mudah dalam analisa serta menghasilkan komponen pasut lebih banyak dan hasil prediksi yang lebih akurat.

Kata kunci : pasang surut, *anfor*, *admiralty*, perbandingan

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Surel: datrapeta@gmail.com

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang mempunyai luas laut 5,1 juta km² dan mempunyai garis pantai sepanjang 80.791 km. Informasi yang berhubungan dengan Hidro *Oseanografi* dalam rencana pengelolaan sumber daya laut dan aktivitas pendukung masyarakat pesisir adalah mutlak dibutuhkan. Salah satu parameter *Oseanografi* berpengaruh yaitu pasang surut. Pasang surut yaitu peristiwa yang diakibatkan, kegiatan angkasa seperti matahari dan bulan yang mempengaruhi naik turunnya muka air laut. Informasi terkait pasang surut merupakan hal penting yang perlu diketahui untuk perencanaan pembangunan terkhusus pada daerah pesisir.

Dalam perencanaan pelaksanaan terkait kelautan, dibutuhkan data yang benar-benar terjadi di lokasi pembangunan dimana proyek akan berlangsung (Prasetyo, 2016). Salah satunya adalah data pasang surut yang berguna sebagai penentu elevasi muka air laut. Untuk mendapatkan data pasang surut, perlu dilakukan pengukuran secara langsung dengan biaya yang dapat dikatakan relative mahal. Namun, dalam hal ini terdapat beberapa permodelan yang dapat di akses secara *online* terkait peramalan data pasang surut salah duanya yakni *anfor* dan *admiralty* yang saya gunakan dalam penelitian saya.

Karena perlu adanya analisis lebih lanjut mengenai keakuratan pemodelan data pasang surut. Didalam analisis ini saya menggunakan dua metode permodelan pasang surut sebagai perbandingan antara dua pemodelan tersebut dan data yang digunakan dalam penelitian ini dapat diakses melalui laman USHLC. Hasil pengukuran dari *tide gauge* dinilai cukup akurat dan negara-negara di dunia telah menggunakan data *tide gauge* sebagai acuan dalam perencanaan infrastruktur pantai, namun data pasang surut *tide gauge* dari UHSLC hanya tersedia pada beberapa stasiun tertentu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pasang surut merupakan fenomena naik turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan tarikan gravitasi benda-benda astronomi, khususnya Matahari, Bumi, dan Bulan. Pengaruh benda langit lainnya dapat diabaikan karena letaknya yang lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Pada setiap hari sekitar tanggal 1 dan tanggal 15 (bulan baru dan bulan purnama), posisi bumi-bulan-matahari kira-kira satu garis lurus, dalam keadaan ini terjadi pasang surut bulan purnama (pasang besar, pasang purnama). Sedangkan sekitar tanggal 7 dan 21 (seperempat revolusi bulan dan tiga perempat revolusi bulan mengelilingi bumi, saat bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku dengan bumi), terjadi pasang perbani (pasang kecil). situasi ini, merupakan penjelasan posisi bulan dan matahari di bumi dalam mempengaruhi pasang surut air laut. Pasang surut di Indonesia terbagi menjadi 4 macam, yaitu pasang harian tunggal $F > 3$ (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda $F \leq 0.25$ (*semi diurnal tide*), pasang surut harian campuran tunggal $1.5 < F \leq 3$ (*mixed tide prevealling diurnal*), dan pasang surut campuran harian ganda $0.25 < F \leq 1.5$ (*mixed tide prevealling semi diurnal*).

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2}$$

A.T.Doodson menciptakan metode praktis untuk menghitung pasang surut pada tahun 1928 dengan menggunakan metode Admiralty. Metode ini hanya sebatas menggambarkan data pasang surut selama 15 atau 29 hari dengan interval pencatatan 1 jam. Metode ini menghitung amplitudo dan penundaan fasa sembilan komponen pasang surut yaitu M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2 dan P1. Referensi tinggi muka air laut yang diinginkan dapat dihitung dari sembilan komponen pasang surut. Metode *Least Squares* adalah salah satu metode yang paling populer untuk menyelesaikan masalah matematika. Metode *Least Squares* atau metode kuadrat terkecil merupakan salah satu metode aproksimasi terpenting dalam dunia teknik untuk regresi ataupun pembentukan dari titik-titik data dalam pemodelan dan analisis sesatan pengukuran, dengan mengabaikan suku-suku yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi.

Dengan mengabaikan suku-suku yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi, persamaan harmonik tidal model yang akan diperoleh berdasarkan fakta pasang surut suatu daerah. Metode *Least Squares* digunakan dalam penelitian ini karena program analisis pasut *anfor* menggunakan coding dengan metode tersebut.

III. METODE PENELITIAN

Daerah yang diteliti dalam penelitian ini adalah Stasiun Pasang Surut Cilacap yang terletak di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Yaitu pada koordinat $108^{\circ} 4' 30''$ - $109^{\circ} 22' 30''$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 30' 20''$ - $7^{\circ} 45'$ Lintang Selatan. Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pasang surut sekunder per jam di stasiun pasang surut Cilacap selama periode lima tahun yaitu 2012-2017. Data pasang surut dapat diperoleh dari data tide gauge (pengukuran lapangan) yang dipublikasikan oleh UHSLC melalui website <https://uhslc.soest.hawaii.edu/data/?rq>. Data pasang surut diambil dari laman USHLC pada stasiun Cilacap. Digunakan data jam-jaman 15 harian untuk periode waktu 5 tahun. Data yang telah diunduh, diperiksa kelengkapannya dan diurutkan ke dalam bentuk *time series*. Data *time series* diinput ke dalam program *notepad* dengan nama *signals.inp*. Selanjutnya memasukkan data 9 komponen pasut ke dalam program *notepad* dengan nama *fourier.inp*. Kemudian data *signals.inp* dan *fourier.inp* dimasukkan ke dalam folder program ANFOR. Lalu menjalankan *fouriers.exe* yang nantinya akan menghasilkan *signals.out*, *signalr.out*, *fourier.out*, dan *signals.eps*. Hasil keluaran dari ANFOR diolah sehingga didapat nilai penyimpangan serta keakuratan berdasarkan elevasi dan amplitudo komponen pasang surut, dan menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Pasang Surut

Analisis dilakukan dengan menggunakan 9 komponen pasang surut. Dari data pasang surut selama 15 harian selama lima tahun dari stasiun Cilacap. Melalui perbandingan numeris metode Formzahl didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai F Analisa *Anfor* dan *Admiralty* Selama Lima Tahun

Tahun	Nilai F		Selisih	Karakteristik Pasut	
	<i>Admiralty</i>	<i>Anfor</i>		<i>Admiralty</i>	<i>Anfor</i>
2012	0,8409	0,2089	-0,6320	<i>Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal</i>	<i>Semi Diurnal Tide</i>
2013	0,6500	0,5443	-0,1057	<i>Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal</i>	<i>Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal</i>
2014	0,8333	0,5368	-0,2965	<i>Mixed Tide Prevealling</i>	<i>Mixed Tide</i>

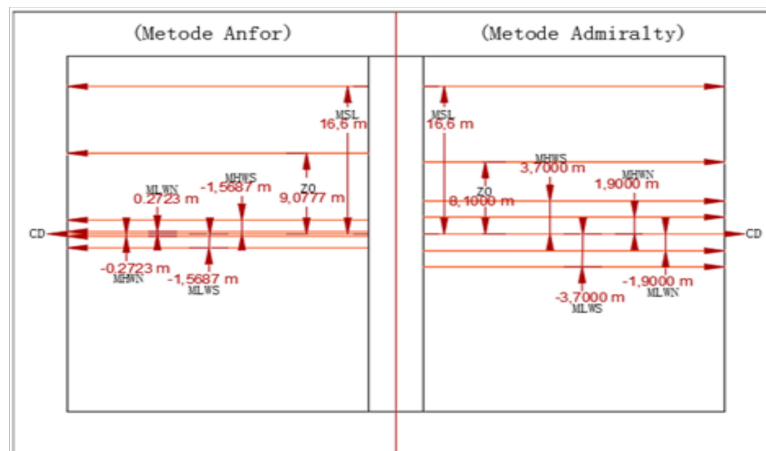
				Semi Diurnal	Prevealling Semi Diurnal
2015	-1,7692	0,2945	2,0637	Semi Diurnal Tide	Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal
2016	0,7660	0,2469	-0,5190	Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal	Semi Diurnal Tide
Rata-Rata	0,3663	0,2642	0,1021	Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal	Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal

menunjukkan perbandingan nilai F pada analisa program *admiralty* dan program *anfor*. Kedua metode menghasilkan nilai rata-rata masing-masing metode untuk *admiralty* 0,3663 dan *anfor* 0,2642 dimana kedua program tersebut tergolong kedalam pasut $0,25 < F \leq 1,5$ yang dikategorikan sebagai tipe *prevealling semi diurnal*. Selisih yang diperoleh yaitu sebesar 0,1021.

4.2. Hasil dan Analisa Perbandingan Posisi Muka Air

Tabel 2. Hasil dan Perbandingan Posisi Muka Air Anfor dan *Admiralty* Pada Januari 2012.

Metode	SO	ZO	MLWS	MLWN	MHWN	MHWS
Anfor	16,6	9,0777	-1,5687	0,2723	-0,2723	1,5687
Admiralty	16,6	8,1000	-3,7000	-1,9000	1,9000	3,7000
Selisih	0	0,9777	2,1313	2,1723	-2,1723	-2,1313



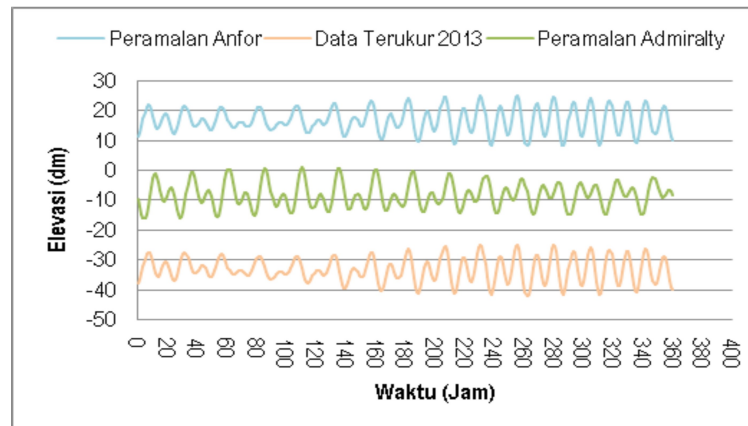
Gambar 1. Posisi Muka Air *Anfor* dan *Admiralty* Pada Januari 2012.

Perbandingan nilai S0 dari analisa program *anfor* dan program *admiralty* tidak begitu besar yaitu 0 m. Posisi Z0 pada kedua program yang digambarkan pada Gambar 20 menunjukkan bahwa hasil program *anfor* berada di atas Z0 hasil program *admiralty* dengan selisih 1,0790 m. Perbandingan pada Januari 2013 antara hasil posisi muka air merupakan *semi diurnal tide* dari program *anfor* dan *admiralty* diperoleh selisih terbesar yaitu pada nilai MHWN dan MLWN sebesar 1,8118 m.

4.3. Hasil dan Analisa Perbandingan Peramalan Pasut

Hasil peramalan pasang surut dari program *admiralty* dan program *anfor* dengan data terukur UHSLC di Cilacap, Jawa Tengah selama lima tahun dengan panjang data 15

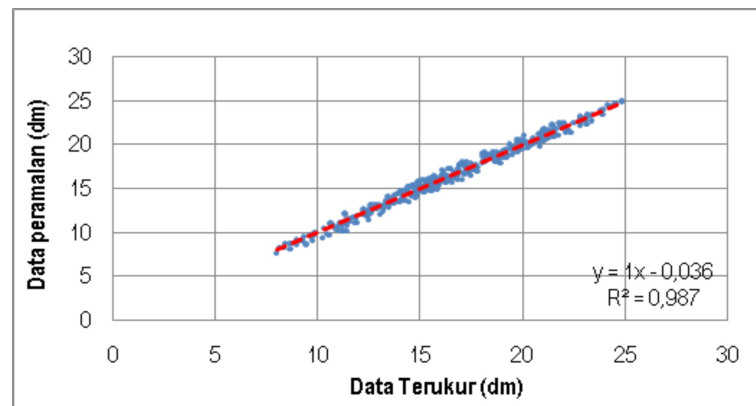
piantan pada tanggal 1–15 pada setiap bulan Januari di tahun 2012-2017 ditunjukkan pada grafik :



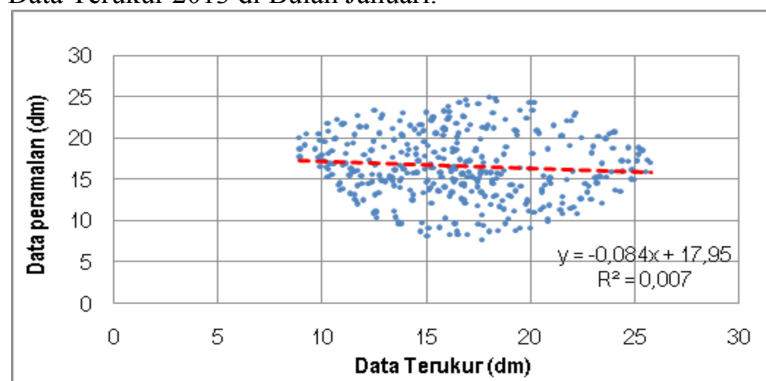
Gambar 2. Elevasi Permalan Berdasarkan Data Peramalan 2012 dan Data Terukur 2013 Dibulan Januari.

4.2.4. Koefisien Korelasi Berdasarkan Amplitudo Dan Beda Fase Komponen Pasut

Koefisien korelasi berdasarkan data dibulan Januari mewakili tahun yang diperoleh dari data peramalan pasang surut 2012 dan data terukur 2013 UHSLC digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Koefisien Korelasi *Anfor* Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2012 dan Data Terukur 2013 di Bulan Januari.



Gambar 4. Koefisien Korelasi *Admiralty* Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2012 dan Data Terukur 2013 di Bulan Januari.

Untuk mempermudah pembacaan grafik linier diatas, maka persamaan linier dan nilai koefisien korelasi telah dirangkum dalam Tabel yang dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 3. Rekapitulasi *Anfor* Koefisien Korelasi Komponen Pasang Surut Dibulan Januari Pada Setiap Tahun.

Tahun	Persamaan Linier (y)	Koefisien Determinasi (R) ²	Koefisien Korelasi (R)
1	$y = 1x - 0,036$	0,987	0,9935
2	$y = 0,364x + 8,841$	0,128	0,3578
3	$y = 0,125x + 15,02$	0,02	0,1414
4	$y = 0,716x + 2,326$	0,404	0,6356
5	$y = 0,518x + 9,446$	0,220	0,4690

Tabel 4. Rekapitulasi *Admiralty* Koefisien Korelasi Komponen Pasang Surut Dibulan Januari Pada Setiap Tahun.

Tahun	Persamaan Linier (y)	Koefisien Determinasi (R) ²	Koefisien Korelasi (R)
1	$y = -0,084x + 17,95$	0,007	0,0837
2	$y = -1,122x + 33,67$	0,609	0,7804
3	$y = -0,650x + 26,59$	0,471	0,6863
4	$y = -0,505x + 22,97$	0,494	0,7029
5	$y = -0,506x + 23,48$	0,221	0,4701

Nilai koefisien korelasi terbesar dari kedua program tersebut *anfor* pada tahun 2012 sebesar 0,9935 dan *admiralty* pada tahun 2013 sebesar 0,7804. Jadi nilai rata-rata koefisien korelasi berdasarkan data peramalan pasang surut dan data terukur yaitu *anfor* sebesar 0,5447 dan *admiralty* sebesar 0,5195. Maka nilai koefisien korelasi berdasarkan komponen pasang surut dalam kurun waktu lima tahun tersebut dikategorikan memiliki tingkat hubungan yang sedang

4.2.5. Root Mean Square Error (RMSE) Berdasarkan Amplitudo dan Beda Fase Komponen Pasut

Dapat disimpulkan bahwa rekapitulasi koefisien korelasi dan RMSE berdasarkan data peramalan pasang surut dan data terukur selama lima tahun yaitu sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Koefisien Korelasi Dari Data Peramalan dan Data Terukur Selama Lima Tahun.

Parameter	Koefisien korelasi Anfor	Koefisien korelasi Admiralty	RMSE Anfor	RMSE Admiralty
1	0,9935	-0,0857	0,4569	5,9237
2	0,3588	-0,7807	5,3594	7,4368
3	0,1415	-0,6864	5,9198	7,8021
4	0,6358	-0,7028	4,3518	10,0653
5	0,4699	-0,4705	5,2519	7,9382
Rata-Rata	0,5199	-0,5452	4,2680	7,8332

Berdasarkan hasil prediksi kedua program dihitung nilai RMSE dengan hasil pada Tabel 9. Tabel 9 di atas menunjukkan data prediksi dari metode *least square* lebih baik dari metode *admiralty*. Hal ini dilihat dari nilai RMSE prediksi data pengamatan Cilacap

dengan program *anfor* sebesar 4,2680 m yang lebih kecil dari nilai RMSE prediksi program *admiralty* sebesar 7,8332 m.

V. KESIMPULAN

Analisa pasang surut dengan program *admiralty* dan dengan program *anfor* diperoleh 9 konstanta pasang surut yang sama yaitu K1, O1, P1, M2, S2, K2, N2, M4, dan MS4. Selisih amplitudo konstanta pasang surut yang dihasilkan kedua program tidak jauh berbeda.

Nilai selisih terbesar pada konstanta S2 dari analisa data Pantai Cilacap sebesar 9,3503 m dan karakteristik yang dihasilkan sama pada masing-masing data pengamatan, dengan selisih nilai F terbesar pada data pengamatan Lott Cilacap 2,0637 pada tahun 2015. Posisi muka air dari perbandingan program *admiralty* dan program *anfor* menunjukkan selisih terbesar untuk tipe pasut *seemi diurnal tide* dari data pengamatan Lott Cilacap yaitu pada nilai MLWN dan MHWN tahun 2012 dengan nilai sebesar 2,1723 m.

Uji hasil data peramalan Cilacap tahun 2012 sampai 2016 merupakan tipe *semi diurnal tide*. Menunjukkan program *anfor* lebih baik dengan nilai RMSE yang lebih kecil dari program *admiralty*. Hasil prediksi yang paling baik diperoleh pada tipe *semi diurnal tide*.

Kelebihan analisa pasang surut program *anfor* yaitu analisa dilakukan lebih cepat dan mudah dengan hasil konstanta yang lebih banyak dibanding dengan metode *admiralty* yang memiliki banyak parameter untuk masing-masing perhitungannya berdasarkan lama pengamatannya. Sedangkan kelebihan pada program *admiralty* yaitu ada proses perhitungan untuk pemisahan komponen dengan frekuensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Syahputra, H. and Nugraha, R.B.A. 2016. 'Analisis Perbandingan Akurasi Model Prediksi Pasang Surut: Studi Kasus Di Selat Larantuka , Flores Timur , Nusa Tenggara Timur.
- Akbar, P.P., Solichin, A. and Saputra, S.W. 2013. 'JOURNAL OF MANAGEMENT OF AQUATIC RESOURCES Volume 2 , Nomor 3 , Tahun 2013.
- Maulani, E., Handoyo, G. and Helmi, M. 2012. 'Kajian Potensi Energi Pasang Surut Di Perairan Kabupaten Cilacap Propinsi Jawa Tengah', *Journal of Oceanography*.
- Arief, M., Winarso, G. and Prayogo, T. 2011. 'Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat Di Kabupaten Kendal', *Penginderaan Jauh*.
- Dauhan, K.S. *et al.* 2013. 'Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Atep Oki', *Jurnal Sipil Statik*.
- Mulyabakti, C., Jasin, M.I. and Mamoto, J.D. 2016. 'Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur', *Jurnal Sipil Statik*, 4(9).
- Pasomba, T., Jasin, M.I. and Jansen, T. 2019. 'Analisis Pasang Surut Pada Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara', *Jurnal Sipil Statik*.
- Prasetyo, A.A., Zakaria, A. and Welly, M. 2016. 'Analisa Kesalahan Pemodelan Data Pasang Surut Stasiun Tanjung Priok'.
- Korto, J., Jasin, M.I. and Mamoto, J.D. 2015. 'Analisis Pasang Surut di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim Dengan Metode Admiralty', *Sipil Statik*.
- Zakaria, Ahmad, Bagus Imam Mustofa Cahya Purna, and Mariyanto. 2021. "Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Hasil Peramalan Dengan Data Pasang Surut Terukur (Studi Kasus Stasiun Pasut Meneng)." *Rekayasa Sipil dan Desain*.

- Dinaryoko, Arif, Ahmad Zakaria, and Subuh Tugiono. 2021. "Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Terukur Dengan Data Pasang Surut Hasil Peramalan (Studi Kasus Stasiun Pasut Tanjung Priok)." *Rekayasa Sipil dan Desain*.
- Sapulette, W. 2014 'Perancangan Keamanan Informasi pada Aplikasi Web Publikasi Internal di SMU Negeri 1 Ambon.
- Chaidir, F. A., & Tuharea, N. D. 2022. Analisa Perbandingan Data Pasang Surut Dengan Metode Koefisien Korelasi Dan Rmse Antara Data Ioc-Sealevelmonitoring Dan Data Program Naotid. *SENSISTEK:Riset Sains Dan Teknologi Kelautan, November*.
- Zakaria, Ahmad. 2014. Analysis Fourier" *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung*.
- Gracella. (2019). Uji Kualitas Hasil Analisa Perbandingan Prediksi Pasang Surut Metode Admiralty Dan Meode Least Square.
<https://uhsle.soest.hawaii.edu/data/?rq>