

## PREDIKSI KECEPATAN ARUS LAUT DI PERAIRAN SELAT BALI MENGGUNAKAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS*

Dilla Dwi Kartika<sup>1\*</sup>, Dian Candra Rini Novitasari<sup>2</sup>, Fajar Setiawan<sup>3</sup>  
Program Studi Matematika UIN Sunan Ampel Surabaya<sup>1,2</sup>  
Stasiun Meteorologi Matirim Perak II Surabaya<sup>3</sup>  
dilladwikartika@gmail.com\*

**Abstrak**– Selat Bali merupakan selat yang menghubungkan 2 pulau besar di Indonesia. Selat ini dianggap memiliki peran penting yaitu sebagai jalur transportasi para nelayan maupun wisatawan. Dalam melakukan pelayaran, pemahaman arus sangat penting untuk diketahui karena dampak buruk yang bisa terjadi. Maka dari itu dilakukan penelitian mengenai arus agar dapat digunakan sebagai acuan sebelum turun ke laut. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi arus laut di masa mendatang berdasarkan data dari tanggal 1 sampai 28 Februari 2019 yang di peroleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya. Pada penelitian ini digunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters*. Dari penerapan metode ini didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan nilai MAPE untuk data kecepatan arus laut  $U$  ialah 49,837%. Sedangkan nilai MAPE data kecepatan arus laut  $V$  ialah 50,976%.

**Kata Kunci** – Arus laut, Prediksi, *Exponential Smoothing Holt-Winters*

### I. PENDAHULUAN

Perairan Selat Bali merupakan perairan yang terletak diantara Pulau Jawa dan Pulau Bali [1]. Berdasarkan letak tersebut perairan selat ini memiliki peranan yang penting dalam berbagai aspek salah satunya sebagai jalur transportasi para nelayan maupun wisatawan. Selain itu, letak selat Bali memberikan dampak positif khususnya bagi para nelayan pada bidang perikanan yaitu sebagai tempat berkumpulnya ikan-ikan khususnya ikan *Sardinella Lemuru*. Karena peran yang

cukup penting inilah, pemahaman mengenai kondisi perairan selat bali sangat penting dilakukan untuk menganalisis dan mengurangi dampak-dampak negatif yang akan terjadi. Salah satu fenomena fisik mengenai perairan selat Bali yang harus dipahami dan diteliti ialah arus.

Arus merupakan proses perpindahan horizontal dan vertikal massa air yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti perbedaan densitas air laut, gradien tekanan mendatar, gesekan lapisan air serta angin [2]. Arus laut juga dipisahkan berdasarkan 2 komponen yaitu komponen  $u$  (zonal) dan  $v$  (meridional) [3]. Komponen tersebut merupakan hasil konversi antara arah dan kecepatan arus yang memiliki sifat resultan vektor. Dimana komponen  $u$  menggambarkan arus yang bergerak ke arah Timur-Barat, sedangkan komponen  $v$  merupakan arus yang bergerak ke arah Utara-Selatan. Pemahaman mengenai arus menjadi sangat menarik untuk dikaji terutama dalam menghasilkan informasi hidrografi. Informasi yang didapatkan dari hidrografi digunakan untuk kegiatan navigasi dan keselamatan pelayaran, penetapan batas wilayah di laut, studi dinamika pesisir, dan untuk pengelolaan sumber daya laut [4]. Pemahaman mengenai arus juga sangat penting diketahui karena dampak buruknya dalam pelayaran. Berdasarkan data yang dipublikasi oleh pada Badan

Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) terdapat beberapa kecelakaan transportasi laut yang disebabkan oleh arus laut. Salah satunya ialah kecelakaan yang terjadi di selat Sempit Larantuka Kelurahan Sarotari Kecamatan Larantuka Kabupaten Flores Timur Provinsi Nusa Tenggara Timur yang menyebabkan 10 orang meninggal dan 55 menjalani rawat jalan. Maka dari itu pemahaman terkait arus laut perlu diketahui dan diperhatikan agar keperluan pelayaran dan perikanan dapat dirancang dengan baik dan dapat mengurangi dampak-dampak negatif dari kecelakaan transportasi laut di wilayah Indonesia salah satunya ialah selat Bali.

Pemahaman mengenai kecepatan arus laut dapat diketahui dengan dengan banyak cara, salah satunya ialah melakukan prediksi. Prediksi kecepatan arus laut dilakukan dengan melatih data historis, dimana prediksi tersebut bertujuan untuk memperoleh pola data yang dapat digunakan untuk mencari kecepatan arus laut di masa yang akan datang [5]. Prediksi kecepatan arus telah diteliti oleh beberapa peneliti dengan menggunakan metode yang berbeda-beda. Salah satu penelitian mengenai arus laut ialah milik Rwanda dkk yang memprediksi kecepatan arus laut di perairan Pulau Bintan dengan menggunakan metode *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) yang merupakan salah satu metode dari Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN). Hasil pada penelitian milik Rwanda dkk ini didapatkan bahwa berdasarkan hasil *trial and error*, nilai *center*, jumlah *center*, dan nilai *spread* sangat berpengaruh pada hasil. Dan pola data prediksi terbaik pelatihan menggunakan 5 variabel adalah dengan 35 *center* yang menghasilkan nilai MAPE rata-rata 34% dengan nilai akurasi rata-rata 66% dan pada pengujian menggunakan 5 *center* yang menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) rata-rata 53% dengan nilai akurasi rata-rata 47% [6], nilai MAPE ini dirasa buruk karena besarnya lebih dari

50%, maka dari itu metode ini dianggap tidak cocok digunakan pada peramalan kecepatan arus laut.

Metode yang digunakan dalam melakukan prediksi sangatlah banyak dan memiliki kelebihan masing-masing. Salah satu metode yang dianggap sederhana dan mudah dipahami ialah metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* [7]. Metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* merupakan metode prediksi yang mampu dalam menyelesaikan data yang bersifat musiman maupun trend [8]. Peramalan menggunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* telah banyak digunakan dan diteliti dalam berbagai bidang. Salah satu penelitian yang menggunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* di bidang pariwisata, yaitu penelitian milik Tias yang meneliti tentang perbandingan peramalan jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Bali Ngurah Rai menggunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* dan ARIMA. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* lebih tepat dan efektif dalam memprediksi dibandingkan metode ARIMA. Hal ini dikarenakan nilai MAPE pada metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* lebih kecil daripada nilai MAPE yang dihasilkan metode ARIMA. Dimana MAPE yang dihasilkan pada metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* sebesar 8,86198% dan MAPE yang dihasilkan pada metode ARIMA sebesar 9,40981% [9], maka dari itu metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* dirasa sangat baik karena nilai MAPE berada dibawah 10%.

Metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* ini juga memiliki banyak keunggulan meskipun dianggap sebagai metode peramalan yang sederhana, intuitif, dan mudah dipahami [7]. Maka dari itu penelitian terkait metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* ini perlu dilakukan di bidang oseanografi khususnya untuk memprediksi kecepatan

arus laut. Prediksi kecepatan arus laut ini di harapkan dapat memberikan gambaran umum mengenai rata-rata kecepatan arus laut sehingga nantinya akan berguna bagi setiap orang.

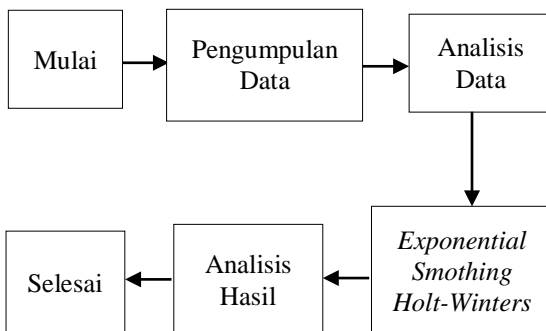
## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan data kecepatan arus laut U (Utara-Selatan) dan V (Timur-Barat) di perairan selat Bali. Data yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya ini merupakan data per 30 menit pada bulan Februari 2019 yang berjumlah 1344 data. Berikut ini sampel data kecepatan arus laut di perairan Selat Bali pada Februari 2019 seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1:** Sampel Data Kecepatan Arus Laut

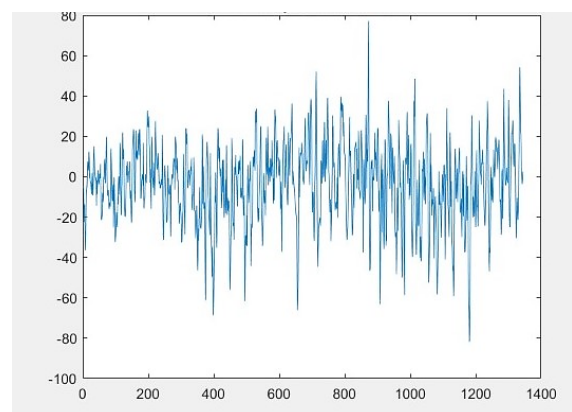
Periode (t)	Data Kecepatan Arus Laut	
	U	V
1	-5,858	169,657
2	-4,527	175,343
3	-7,052	172,646
4	-16,981	158,722
5	-22,417	134,675
6	-13,701	104,324

Data yang diperoleh kemudian dibagi menjadi data latih dan data uji. Sebanyak 1332 data akan digunakan sebagai data latih dan sebanyak 12 data akan menjadi data uji. Proses pengolahan data dibagi menjadi beberapa tahap. Berikut ini tahapan alur penelitian yang disajikan pada Gambar 1.

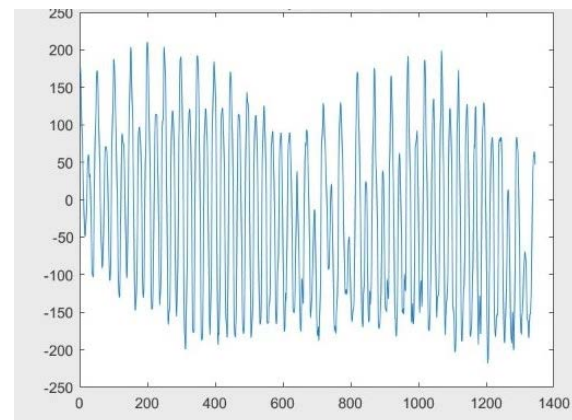


**Gambar 1:** Alur Penelitian

Pada tahap analisis data dilakukan pengecekan pola data dengan menggunakan plot data time series. Pola data dapat digunakan untuk menentukan model yang sesuai antara model *Multiplicative Holt-Winters* dan *Additive Holt-Winters*. Menurut Tias dkk, *Multiplicative Holt-Winters* merupakan model variasi musiman yang bersifat fluktuatif sehingga tepat digunakan untuk menghitung data berkala, dimana data memiliki tinggi pola musim sama dengan jumlah datanya. Sedangkan model *Additive Holt-Winters* merupakan model variasi musiman yang bersifat konstan dan tepat digunakan untuk menghitung data berkala, dimana data memiliki tinggi pola musim tidak bergantung pada jumlah datanya [10]. Berikut ini plot data kecepatan arus laut U dan V yang ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.



**Gambar 2:** Plot Data Kecepatan Arus Laut U



**Gambar 3:** Plot Data Kecepatan Arus Laut V

Berdasarkan Gambar 2 dan 3, nilai kecepatan arus laut cenderung bersifat fluktuatif yaitu mengalami peningkatan atau penurunan. Sehingga dapat ditentukan bahwa perhitungan kecepatan arus laut data U dan V digunakan model *Multiplicative* pada metode *Exponential Smoothing Holt-Winters*.

Selanjutnya adalah menentukan nilai awal pemulusan. Untuk menentukan nilai awal pemulusan maka diperlukan nilai panjang satu musim (L). Karena pada penelitian ini data yang digunakan adalah data per setengah jam selama 1 bulan maka nilai  $L = 12$ . Nilai awal pemulusan data U untuk model *Multiplicative Holt-Winters* diperoleh nilai awal pemulusan *exponential* ( $S_{12}$ ) adalah 0,409. Nilai awal pemulusan *trend* ( $T_{12}$ ) adalah 0,010 dan nilai awal pemulusan musiman adalah  $I_1=1,168$ ;  $I_2=1,188$ ;  $I_3=1,150$ ;  $I_4=0,997$ ;  $I_5=0,913$ ;  $I_6=1,047$ ;  $I_7=0,804$ ;  $I_8=0,697$ ;  $I_9=0,814$ ;  $I_{10}=0,951$ ;  $I_{11}=1,109$ ;  $I_{12}=1,156$ . Sedangkan nilai awal pemulusan data V untuk untuk model *Multiplicative Holt-Winters* diperoleh nilai awal pemulusan *Exponential* ( $S_{12}$ ) adalah 0,742. Nilai awal pemulusan *Trend* ( $T_{12}$ ) adalah -0,022 dan nilai awal pemulusan musiman adalah  $I_1=1,218$ ;  $I_2=1,236$ ;  $I_3=1,228$ ;  $I_4=1,184$ ;  $I_5=1,109$ ;  $I_6=1,013$ ;  $I_7=0,975$ ;  $I_8=0,927$ ;  $I_9=0,856$ ;  $I_{10}=0,799$ ;  $I_{11}=0,756$ ;  $I_{12}=0,692$ .

Langkah berikutnya ialah menentukan nilai parameter yang akan digunakan. Dalam Pemulusan *Exponential Holt Winters* terdapat 3 parameter yang dibutuhkan antara lain Alpha ( $\alpha$ ), Beta ( $\beta$ ), dan Gamma ( $\gamma$ ) dengan besarnya koefisien berada diantara interval 0 dan 1 [11]. Adapun parameter optimal yang digunakan setelah dilakukan percobaan menggunakan *solver table* dapat dilihat pada Table 2 berikut.

**Tabel 2:** Nilai Parameter

Data	Nilai Parameter		
	Alpa	Beta	Gamma
U	0,584	0,025	0,049
V	0.795	0.221	0.093

Setelah didapatkan nilai parameter optimal, maka dapat dilakukan proses latih. Hasil pelatihan menggunakan *Exponential Smoothing Holt-Winters* dapat dilihat pada Table 3 dan 4.

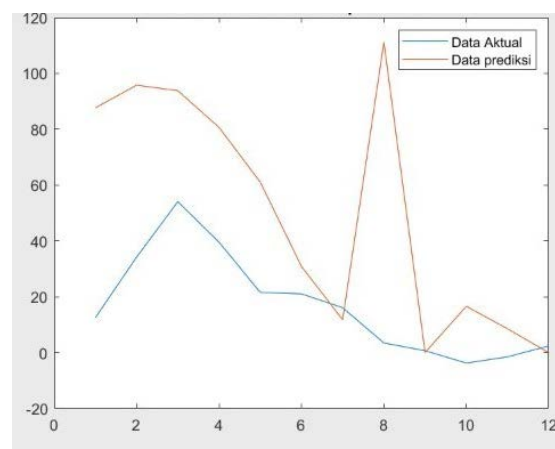
**Tabel 3:** Sampel Hasil Pemulusan Data U

t	Data U		
	$S_t$	$T_t$	$I_t$
13	0,417	0,010	1,168
14	0,435	0,010	1,189
15	0,471	0,011	1,152
16	0,524	0,012	1,0002
17	0,564	0,012	0,915
18	0,540	0,011	1,045

**Tabel 4:** Sampel Hasil Pemulusan Data V

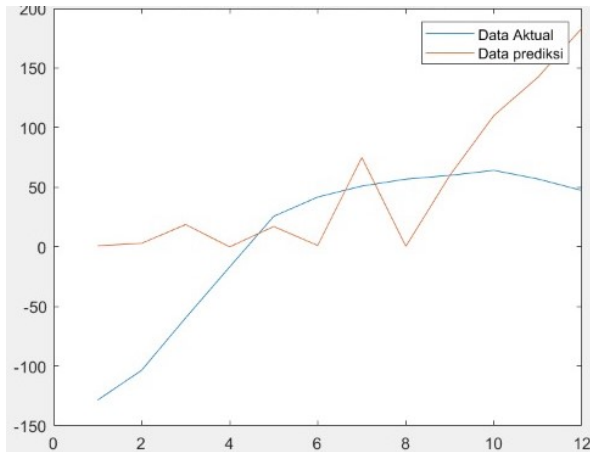
t	Data V		
	$S_t$	$T_t$	$I_t$
13	0,448	-0,082	1,201
14	0,349	-0,086	1,235
15	0,314	-0,074	1,233
16	0,314	-0,058	1,191
17	0,337	-0,040	1,115
18	0,388	-0,020	1,019

Nilai pemulusan yang sudah didapat, selanjutnya akan digunakan pada proses uji. Hasil dari proses uji memperlihatkan perbandingan dari data aktual dengan data hasil prediksi menggunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 berikut.



**Gambar 4:** Grafik Perbandingan Data Aktual dan Data Prediksi U

Gambar 4 menunjukkan hasil prediksi untuk 12 jam kedepan menggunakan *Exponential Smoothing Holt-Winters* data U, diketahui bahwa nilai kecepatan arus mengalami kenaikan sampai periode ke-7. Pada periode ke-8 arus laut terus mengalami penurunan.



**Gambar 5:** Grafik Perbandingan Data Aktual dan Data Prediksi V

Gambar 5 menunjukkan hasil prediksi untuk 12 hari kedepan menggunakan *Exponential Smoothing Holt-Winter* pada data V, diketahui bahwa nilai kecepatan arus mengalami kenaikan sampai periode ke-7. Pada periode ke-8 arus laut terus mengalami penurunan. Setelah nilai ramalan diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE). MAPE merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan nilai akurasi dari suatu metode dalam peramalan[12]. Berikut ini rumus yang digunakan dalam perhitungan nilai MAPE [13].

$$MAPE = \left( \frac{100\%}{n} \right) \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \quad (1)$$

Adapun nilai tingkat kesalahan MAPE yang diperoleh pada data U yaitu 49,837%. Angka ini dirasa cukup karena masih dibawah nilai 50% dari kriteria nilai MAPE. Sedangkan untuk data V diperoleh nilai MAPE sebesar 50,976%. Angka yang didapat tidak memenuhi kriteria nilai MAPE dikarenakan nilai MAPE berada diatas 50%.

### III. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian mengenai kecepatan arus laut menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* ialah nilai parameter sangat berpengaruh terhadap hasil. Nilai parameter optimal yang diusulkan menggunakan *solver table* pada data U adalah alpha 0,5848, beta 0,025, dan gamma 0,0499 yang menghasilkan nilai MAPE sebesar 49,837%. Sedangkan nilai parameter optimal yang digunakan pada data V adalah alpha 0,795, beta 0,221, dan gamma 0,093 menghasilkan nilai MAPE sebesar 50,976%.

### REFERENSI

- [1] W. S. Pranowo and B. Realino, "Sirkulasi Arus Vertikal di Selat Bali Pada Monsun Tenggara 2004," *Balai Penelit. dan Obs. Laut, Jembrana*, 2006.
- [2] M. Firdaus, "Analisis Pola Sirkulasi Arus Musim Timur di Perairan Muncar, Banyuwangi." Universitas Brawijaya, 2017.
- [3] H. Surbakti, "Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus di Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan," *J. Penelit. Sains*, vol. 15, no. 1, pp. 35–39, 2012.
- [4] S. Sudarto, W. Patty, and A. A. Tarumingkeng, "Kondisi Arus Permukaan di Perairan Pantai: Pengamatan Dengan Metode Lagrangian," *J. Ilmu Dan Teknol. Perikan. Tangkap*, vol. 1, no. 3, pp. 98–102, 2013, doi: 10.35800/jitpt.1.3.2013.2539.
- [5] N. R. Eko Kurniawan, Nerfita Nikentari, "implementasi Algoritma Neural Network Backpropogain untuk Memprediksi Kecepatan Arus Laut," *Univ. Marit. Raja Ali Haji*, pp. 1–10, 2015.
- [6] W. W. Rwanda, "Prediksi Kecepatan Arus Laut Perairan Pulau Bintang Menggunakan Radial Basis Function Neural Network (RBFNN)," *Prediksi Kecepatan Arus Laut Perair. Pulau Bintang Menggunakan Radial Basis Funct. Neural Netw.*, pp. 1–6, 2018.
- [7] F. La Musa, "Peramalan Jumlah Penumpang pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar dengan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing." Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2017.
- [8] V. Hapsari, "Perbandingan Metode Dekomposisi Klasik Dengan Metode Pemulusan Eksponensial Holt- Winter Dalam Meramalkan Tingkat Pencemaran Udara Di

- Kota Bandung Periode 2003-2012,” Universitas Pendidikan Indonesia, 2013.
- [9] T. Safitri, “Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Holt-Winters Dan ARIMA,” Semarang, 2016.
- [10] T. Safitri and dan S. Dwidayati, N., “Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Eksponential Smoothing Holt-Winters Dan ARIMA,” *UNNES J. Math.*, vol. 6, no. 1, pp. 48–58, 2017.
- [11] A. Yuniarti, “Perbandingan Metode Peramalan Exponential Smoothing Dengan Box-Jenkins (ARIMA) Untuk Deret Waktu Musiman,” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2010.
- [12] K. Margi S and S. Pendawa W, “Analisa Dan Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan Pada Periode Tertentu,” *Pros. SNATIF*, no. 1998, pp. 259–266, 2015.
- [13] R. Utami and S. Atmojo, “Perbandingan Metode Holt Eksponential Smoothing dan Winter Eksponential Smoothing Untuk Peramalan Penjualan Souvenir,” *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 11, no. 2, p. 123, 2017, doi: 10.32815/jitika.v11i2.191.