

**STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG PERAIRAN LAUT JAWA
MENGUNAKAN SATELIT ALTIMETRI TAHUN 2016-2018 (STUDI
KASUS : PERAIRAN LAUT UTARA JAWA)**

Nandia Meitayusni Nabila^{*)}, Bandi Sasmito, Abdi Sukmono

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : nandia12910@gmail.com

Pengetahuan di negara kepulauan Indonesia mengenai informasi tentang tinggi gelombang sangat penting untuk menunjang aktivitas di laut. Mengingat hal tersebut, akurasi prakiraan tinggi gelombang perlu mendapat perhatian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa prediksi gelombang laut dari data ECMWF (The European Center For Medium-Range Weather Forecasts) terhadap data observasi satelit altimeter. Lokasi penelitian yang diambil berada di wilayah perairan laut Utara Jawa, Hasil analisis karakteristik gelombang dari tahun 2016-2018 dan analisis variabilitas angin tahun 2016-2018 terhadap gelombang di perairan Laut Utara Jawa diteliti untuk mengetahui parameter perubahan tinggi gelombang tersebut. Perhitungan gelombang dihasilkan dari pengolahan dengan metode Sverdup Munk Bretschneider (SMB). Dengan data yang diperoleh dari ECMWF (*The European Center For Medium-Range Weather Forecasts*) dan data diverifikasi menggunakan data Angin dari BMKG. Data angin dianalisis pada setiap musim, yaitu musim barat, timur dan peralihan. Dari hasil dan analisis kualitas data elevasi satelit altimetri terhadap data lapangan menjelaskan bahwa verifikasi data tinggi gelombang (H) dari ECMWF dengan data lapangan didapatkan nilai RMSE sebesar $\pm 0,262$ m.

Kata Kunci : Gelombang perairan Laut Jawa Utara, metode *Sverdup Munk Bretschneider (SMB)*, ECMWF (*The European Center For Medium-Range Weather Forecasts*).

ABSTRACT

Knowledge in the Indonesian archipelago regarding information about wave height is very important to support activities in the sea. Given this, the accuracy of wave height forecasts needs attention. This study aims to determine the performance of ocean wave predictions from ECMWF (The European Center for Medium-Range Weather Forecasts) data on satellite altimeter observation data. The location of the study was located in the area of North Java Sea waters, the results of the wave characteristics analysis from 2016-2018 and the analysis of wind variables in 2016-2018 to waves in the Java North Sea waters were examined to determine the wave height change parameters. Wave counts are generated from processing using the Sverdup Munk Bretschneider (SMB) method. With data obtained from ECMWF (The European Center for Medium-Range Weather Forecasts) and data verified using Wind data from BMKG. Wind data are analyzed in each season, namely the west, east and transition seasons. From the results and analysis of altimetry satellite elevation data quality to field data explain that the verification of wave height (H) data from ECMWF with Field data obtained an RMSE value of $\pm 0,262$ m.

Keywords: *North Java Sea wave waters, Sverdup Munk Bretschneider (SMB) method, ECMWF (The European Center for Medium-Range Weather Forecasts).*

**)Penulis Utama, Penanggung Jawab*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai potensi yang besar dalam bidang kelautan. Dengan keadaan geografis seperti ini maka kehidupan yang berada disekitar wilayah Indonesia sangat erat hubungannya dengan lautan salah satunya yaitu Laut Jawa . Laut Jawa merupakan laut yang tidak terlalu dalam, Isodepth 20 m terletak pada jarak puluhan mil dari laut lepas. Laut Jawa terletak diantara Pulau Kalimantan, Jawa, Sumatra, dan Sulawesi di gugusan kepulauan Indonesia. Arus yang terdapat di Laut Jawa menyebar secara luas di seluruh perairannya (Lubis E, 2005). Dengan memiliki kondisi fisik tersebut tak heran Laut Jawa memiliki jalur pelayaran yang cukup padat.

Jalur pelayaran erat kaitannya dengan gelombang laut. Gelombang laut merupakan salah satu komponen

laut yang mempunyai pengaruh penting pada aktifitas kehidupan dilautan diantaranya transportasi laut, aktivitas penangkapan ikan oleh nelayan dan lain sebagainya. Pada November 2017 , Juni 2018 Badan Meterologi dan Geofisika menghimbau akan adanya kenaikan tinggi gelombang hingga 2.5 m - 4 m yang menyebabkan terhambatnya aktifitas pelayaran, tinggi gelombang ini disebabkan oleh kenaikan kecepatan angin. Gesekan angin dengan permukaan laut dapat menimbulkan gelombang laut. Gelombang yang dibangkitkan angin terbentuk di perairan yang dalam kemudian bergerak ke perairan dangkal yang mengalami deformasi yang akhirnya pecah di dekat pantai. Gelombang laut juga terjadi karena dipengaruhi oleh angin musim pada setiap bulannya hal ini dapat dikaji dan dianalisis mengenai pengaruh tersebut. Dengan adanya pentingnya informasi tentang tinggi gelombang

dan variabilitas angin untuk keselamatan transportasi laut, penelitian ini berfokus pada pengaruh karakteristik terhadap gelombang laut pada 3 tahun terakhir yaitu tahun 2016 - 2018.

Adanya perkembangan teknologi penginderaan jauh terutama Satelit Altimetri sangat mempermudah kebutuhan manusia dalam menganalisa kondisi fisik muka air laut. Menggunakan Satelit Altimetri tinggi gelombang dan kecepatan angin dapat di tangkap melalui bias gelombang pantul yang diakibatkan udara, kemudian diartikan sebagai suhu, tekanan dan baru berikutnya menjadi angin. Kualitas data satelit altimetri di penelitian ini nantinya dapat di bandingkan dengan data lapangan yang diperoleh dari BMKG. Pengamatan karakteristik gelombang ini dapat menjadi pengembangan teknologi lebih lanjut, jika energi gelombang laut di masa depan menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang paling penting.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik gelombang pada perairan Laut Utara Jawa pada tahun 2016-2018?
2. Bagaimana analisis variabilitas angin tahun 2016-2018 terhadap gelombang di perairan Laut Utara Jawa?
3. Bagaimana kualitas data elevasi satelit altimetri terhadap data lapangan?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh karakteristik gelombang dilaut perairan utara jawa pada tahun 2016-2018.
2. Memperoleh hasil variabilitas angin dari tahun 2016-2018 terhadap gelombang diperairan Laut Utara Jawa.
3. Memperoleh kualitas data elevasi satelit altimetri dan data lapangan.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut :

I.4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah Laut Jawa yang merupakan perairan dangkal dengan luas kira-kira 310,000 km² di antara Pulau Kalimantan, Jawa, Sumatra, dan Sulawesi di gugusan kepulauan Indonesia. (Wikipedia, 2019).

I.4.2 Peralatan dan Data Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Peralatan
 1. Perangkat Keras
 - a. Laptop Laptop Acer Aspire E 14 Intel Core™ i5-8250U
 2. Perangkat Lunak
 - a. Ms. Office 2013
 - b. Ms. Excel 2013
 - c. *Software Matlab*
 - d. *Software ArcGIS 10,4.1*

2. Data Penelitian

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Data angin *ECMWF* tahun 2016-2018
2. Data angin *BMKG* tahun 2016-2018
3. Peta Rupa Bumi Indonesia

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Gelombang

Menurut Triatmodjo (1999) gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam berdasarkan pembangkitnya, salah satunya pembangkitan gelombang laut yang terjadi disebabkan oleh angin.

Mekanisme terjadinya gelombang oleh angin terjadi ketika angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semulanya tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air.

II.2 Satelit Altimetri

Teknologi satelit altimetri merupakan salah satu teknologi penginderaan jauh yang digunakan untuk mengamati dinamika topografi permukaan laut yang tereferensi terhadap suatu bidang tertentu. Bidang tertentu tersebut adalah suatu bidang referensi tinggi yang dapat berupa ellipsoid, geoid, atau mean sea surface. Dalam penggunaannya bidang – bidang referensi tersebut menjadi acuan untuk menentukan kedudukan muka laut. Hampir 60 % dari wilayah Bumi adalah lautan dengan karakteristik kedinamisan perairan yang saling mempengaruhi.

Dengan latar belakang kondisi tersebut teknologi satelit altimetri sangat memungkinkan untuk digunakan. Satelit altimetri dapat digunakan terutama untuk keperluan mengestimasi tinggi gelombang signifikan dan juga kecepatan angin. Penentuan ini dilakukan dengan cara memanfaatkan data yang ada pada satelit altimetri.

II.3 Geografi Perairan Laut Utara Jawa

Perairan laut utara jawa secara geografis berada di utara Pulau Jawa. Laut Jawa adalah perairan dangkal dengan luas kira-kira 310,000 km² di antara Pulau Kalimantan, Jawa, Sumatra, dan Sulawesi di gugusan kepulauan Indonesia. Laut Jawa terletak hanya 220 mil dari pulau Kalimantan dan perairan pantai utara Jawa yang meliputi laut teritorial kepulauan. Laut Jawa terkadang disamakan sebagai “Mediterrania/Laut Tengah”nya Indonesia. (Lubis E, 2005)

II.4 Angin

Angin adalah massa udara yang bergerak. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun secara vertikal dengan kecepatan bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Faktor pendorong bergeraknya massa udara adalah perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat yang lain. Angin selalu bertiup dari tempat dengan tekanan udara tinggi ke tempat dengan tekanan udara yang lebih rendah. Macam variabilitas angin tahunan terdiri dari angin musim barat, musim timur dan musim peralihan.

II.5 Metode Sverdup Munk Bretschneider (SMB)

Admiral Sir Francis Beaufort (1808) merupakan penemu skala angin Beaufort yang memperkenalkan metode peramalan gelombang pertama kali kemudian mendiskripsikan kondisi angin dan gelombang yang ditimbulkan. H.V. Sverdrup dan W.H. Munk (1947) mengembangkan metode modern peramalan gelombang dengan melakukan perhitungan hubungan kecepatan angin dengan kondisi permukaan laut yaitu kondisi tinggi gelombang signifikan (Mourice, 2005).

Gelombang laut yang akan diramal adalah gelombang laut dalam suatu perairan yang dibangkitkan oleh angin kemudian merambat ke arah pantai dan pecah seiring pendangkalan perairan di dekat pantai. Hasil peramalan gelombang berupa tinggi dan periode gelombang signifikan. Masing-masing arah angin menyebabkan terbentuknya gelombang.

II.6 Arcgis

ArcGIS adalah produk sistem software yang merupakan kumpulan (terintegrasi) dari produk-produk software lainnya dengan tujuan untuk membangun sistem informasi geografi (SIG) yang lengkap. Arcgis merupakan software GIS yang dibuat oleh ESRI (Environmental Sistem Research Institute) yang berpusat di Redlands, California, United State Amerika (USA). Software ini sangat populer di kalangan pengguna GIS, dan merupakan salah satu software GIS yang paling banyak digunakan diseluruh dunia. Saat ini, ArcGIS telah dirilis hingga versi Arcgis 10 (Eddy Prahasta, 2009).

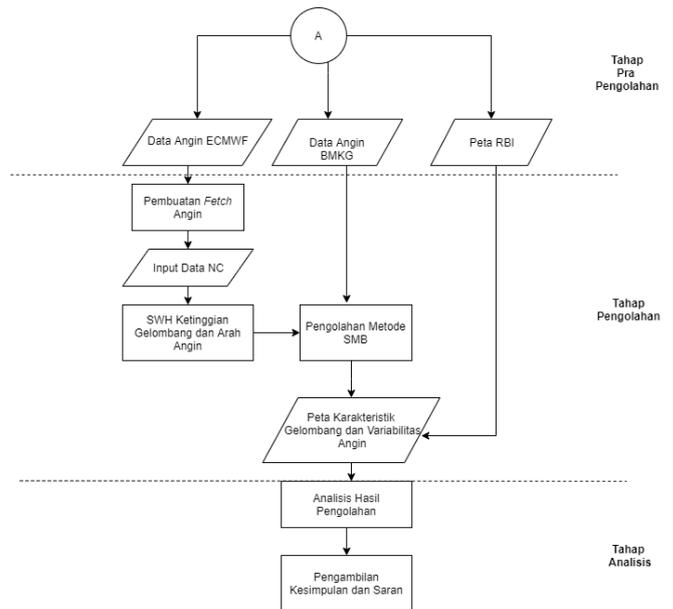
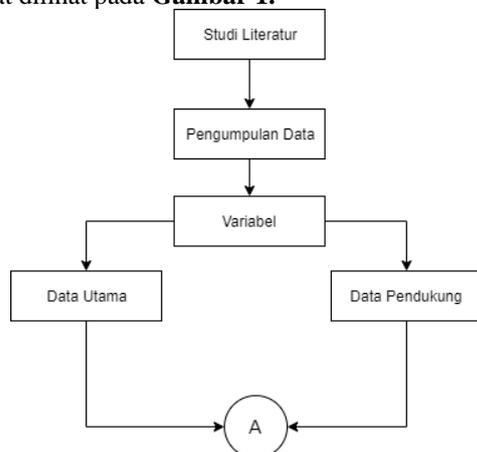
II.7 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)

ECMWF menggunakan produk altimeter radar untuk membantu meramalkan prakiraan cuaca dan untuk memantau kinerja Integrated Forecasting System (IFS). Eksperimen yang dilakukan di Kantor ECMWF menunjukkan bahwa mengasimilasi pengamatan altimeter membawa manfaat signifikan bagi analisis ulang lautan terhadap perubahan permukaan laut dan untuk prakiraan atmosfer bulanan dan musiman serta prakiraan ketinggian gelombang.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir Penelitian

Secara umum, prosedur pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.2 Pengolahan Data

III.2.1 Penentuan Fetch Angin

Penentuan *fetch* angin meliputi tahapan menentukan arah mata angin secara lengkap. Proses ini dilakukan pada software Arcgis 10.4.1. Fetch ini berguna sebagai pratinjau ramalan tinggi gelombang dari data angin.

III.2.2 Input Data NC

Data NC merupakan bentuk data dari satelit Altimetri. Data diinput menggunakan software Arcgis 10.4.1 di filter diambil data angin dan data ketinggian gelombang dan diberi koordinat sesuai lokasi penelitian.

III.2.3 Proses Menghitung Magnitudo dan Direction pada Data Altimetri

Proses menghitung magnitudo dan penentuan direction bertujuan untuk mengerti besaran angina yang terdapat pada lokasi penelitian dan arah angin yang terjadi didalamnya.

III.2.4 Tahapan Pengolahan dengan Metode SMB

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui hasil dari data angin BMKG. Metode SMB ditemukan oleh H.V. Sverdrup dan W.H. Munk (1947) mengembangkan metode modern peramalan gelombang dengan melakukan perhitungan hubungan kecepatan angin dengan kondisi permukaan laut yaitu kondisi tinggi gelombang signifikan.

III.2.5 Tahapan Verifikasi Data

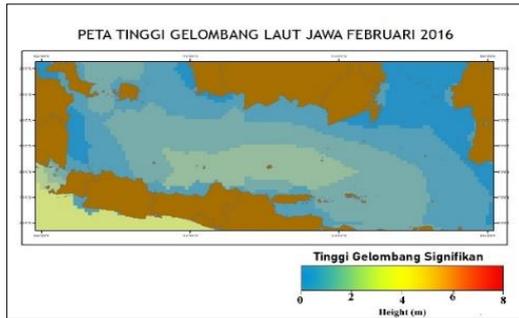
Verifikasi ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana hasil perhitungan menggunakan data angin ECMWF dari satelit altimetri dan data dari pengukuran secara langsung yaitu data stasiun angin AhmadYani BMKG Semarang.

III.2.6 Proses Pembuatan Peta Persebaran Gelombang

Proses pembuatan peta gelombang ini merupakan tahap akhir hasil yang dapat ditampilkan dari pengolahan data angin dan ketinggian gelombang di Arcgis 10.4.1.

IV. Hasil dan Pembahasan

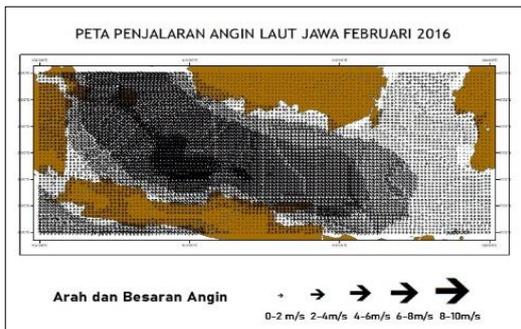
IV.1 Analisis Karakteristik Gelombang dan Variabilitas Angin Perairan Laut Jawa Tahun 2016



Gambar 2 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa Februari 2016

Pada bulan Februari 2016, saat terjadi angin musim Barat tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,960 meter, tinggi maksimal 2,089 meter dan tinggi minimal 0,347 meter.

IV.1.1.2 Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Barat

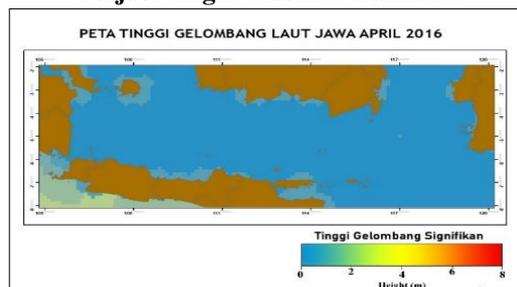


Gambar 3 Peta Penjalaraan Angin Laut Jawa Februari 2016

Dijabarkan pergerakan arah angin dan besaran angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Barat Daya menuju Timur Laut. Dengan kecepatan angin sebesar 6-10 m/s hingga 8-10m/s di wilayah ini angin berhembus paling kencang.
2. Di Pulau Kalimantan angin berhembus dari arah Selatan menuju Timur Laut. Dengan rata-rata kecepatan angin 2-4m/s

IV.1.1.3 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Terjadi Angin Musim Peralihan I



Gambar 4 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa April 2016

Pada bulan April 2016, saat terjadi angin musim Peralihan I tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,323 meter, tinggi maksimal 0,604 meter dan tinggi minimal 0,125 meter.

IV.1.1.4 Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Peralihan I

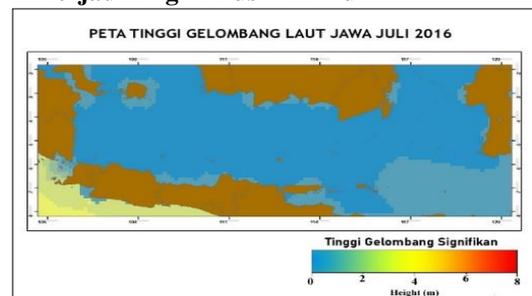


Gambar 5 Peta Penjalaraan Angin Laut Jawa April 2016

Dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan wilayah Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Barat angin berhembus dari arah selatan menuju ke timur laut. Dengan kecepatan angin sebesar 0-2m/s.
2. Di Utara Jawa Timur angin berhembus dari arah Utara menuju Tenggara. Dengan kecepatan 2-4m/s.

IV.1.1.5 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Terjadi Angin Musim Timur



Gambar 6 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa Juli 2016

Pada bulan Juli 2016, saat terjadi angin musim Timur tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,413 meter, tinggi maksimal 0,934 meter dan tinggi minimal 0,184 meter.

IV.1.1.6 Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Timur



Gambar 7 Peta Penjalaran Angin Laut Jawa Juli 2016

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Barat Laut menuju ke Timur . Dengan kecepatan angin 0-2 m/s
2. Di Utara Jawa Barat angin berhembus dari arah Barat Laut menuju Timur. Dengan kecepatan angin sebesar 0-2m/s

IV.1.1.6 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Terjadi Angin Musim Peralihan II



Gambar 8 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa November 2016

Pada bulan November 2016, saat terjadi angin musim peralihan II tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,444 meter, tinggi maksimal 0,971 meter dan tinggi minimal 0,218 meter.

IV.1.1.7 Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Peralihan II



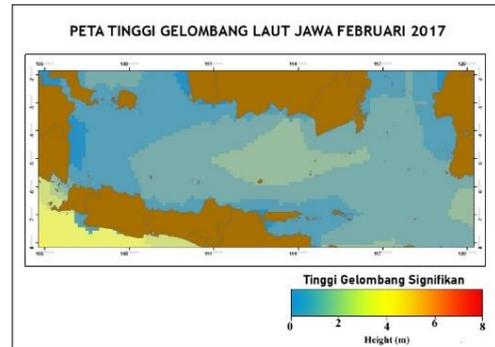
Gambar 9 Peta Penjalaran Angin Laut Jawa November 2016

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Barat menuju ke Timur. Dengan kecepatan angin 0-2 m/s
2. Di Utara Banten angin berhembus dari arah Barat Daya menuju Timur Laut. Dengan kecepatan angin sebesar 2-4 m/s

IV.2 Analisis Karakteristik Gelombang dan Variabilitas Angin Laut Jawa Tahun 2017

IV.2.1.1 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Terjadi Angin Musim Barat



Gambar 10 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa Februari 2017

Pada bulan Februari 2017, saat terjadi angin musim peralihan tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,879 meter, tinggi maksimal 1,968 meter dan tinggi minimal 0,327 meter.

IV.2.1.2 Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Barat

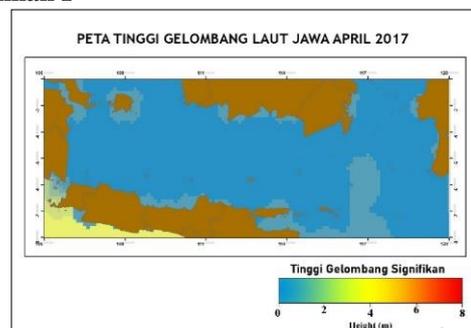


Gambar 11 Peta Penjalaran Angin Laut Jawa Februari 2017

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Banten angin berhembus dari arah Barat Daya menuju ke Utara . Dengan memiliki kecepatan angin sebesar 0-2m/s
2. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Selatan menuju Utara. Dengan kecepatan angin sebesar 0-2m/s hingga 2-4m/s.

IV.2.1.3 Analisis Karakteristik Gelombang dan Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Peralihan I



Gambar 12 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa April 2017

Pada bulan April 2017, saat terjadi angin musim peralihan I tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,348 meter, tinggi maksimal 0,551 meter dan tinggi minimal 0,155 meter.

IV.2.1.4. Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Musim Peralihan I

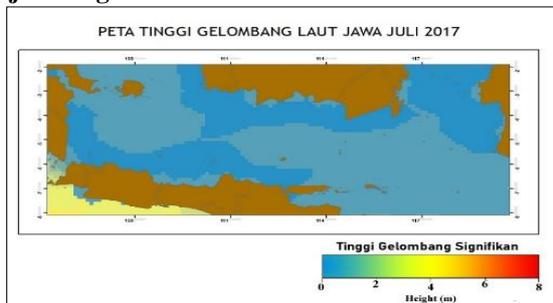


Gambar 13 Peta Penjalaran Angin Laut Jawa April 2017

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Utara menuju Tenggara. Dengan memiliki kecepatan angin sebesar 0-2m/s.
2. Di Utara Banten angin berhembus dari arah Barat Daya menuju ke Timur. Dengan memiliki kecepatan angin sebesar 4-6m/s.

IV.2.1.5 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Terjadi Angin Musim Timur



Gambar 14 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa Juli 2017

Pada bulan Juli 2017, saat terjadi angin musim timur tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,628 meter, tinggi maksimal 1,491 meter dan tinggi minimal 0,195 meter.

IV.2.1.6 Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Musim Timur.

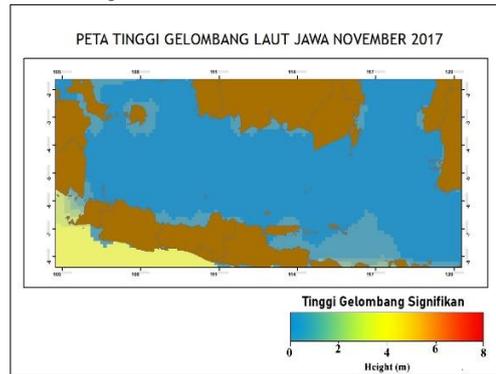


Gambar 15 Peta Penjalaran Angin Laut Jawa Juli 2017

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Barat Laut menuju Tenggara. Dengan kecepatan angin sebesar 0-2m/s
2. Di Utara Banten angin berhembus dari arah Utara menuju ke Tenggara. Dengan kecepatan angin sebesar 4-6m/s.

IV.2.1.7 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Terjadi Musim Peralihan II



Gambar 16 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa November 2017

Pada bulan November 2017, saat terjadi angin musim Peralihan II tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,473 meter, tinggi maksimal 1,004 meter dan tinggi minimal 0,232 meter.

IV.2.1.8 Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Peralihan II

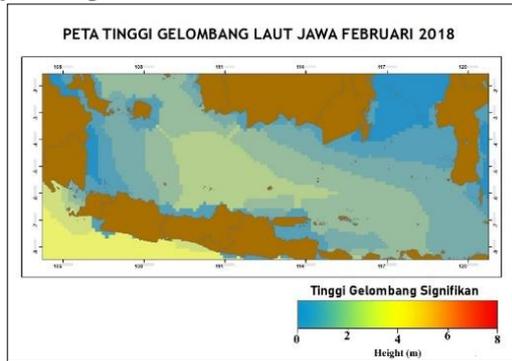


Gambar 17 Peta Penjalaran Angin Laut Jawa November 2017

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Timur menuju Barat. Dengan kecepatan angin sebesar 2-4 m/s
2. Di Barat Banten angin berhembus dari arah Timur menuju ke Barat. Dengan kecepatan angin sebesar 4-6m/s.

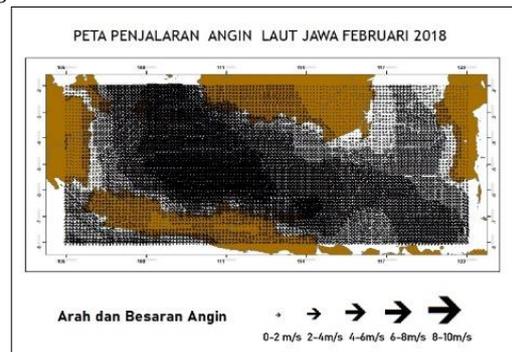
IV.3 Analisis Karakteristik Gelombang dan Variabilitas Angin Laut Jawa Tahun 2018
IV.3.1.1 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Terjadi Angin Musim Barat



Gambar 18 Peta Tinggi Gelombang Februari 2018

Pada bulan Februari 2018, saat terjadi angin musim Barat tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,915 meter, tinggi minimal 1,660 meter dan tinggi maksimal 0,485 meter.

IV.3.1.2 Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Barat

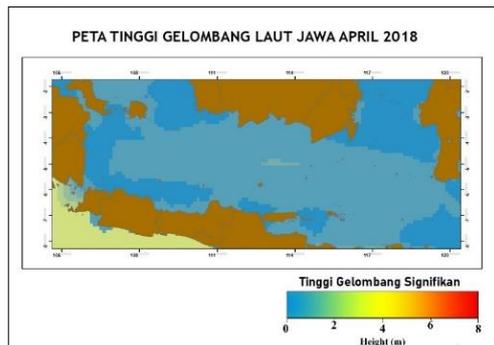


Gambar 19 Peta Penjalaran Angin Laut Jawa Februari 2018

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Barat Daya menuju Timur Laut. Memiliki kecepatan 6-8m/s hingga 8-10m/s
2. Di Lampung angin berhembus dari arah Barat menuju ke Timur Laut. Dengan kecepatan angin sebesar 0-2m/s

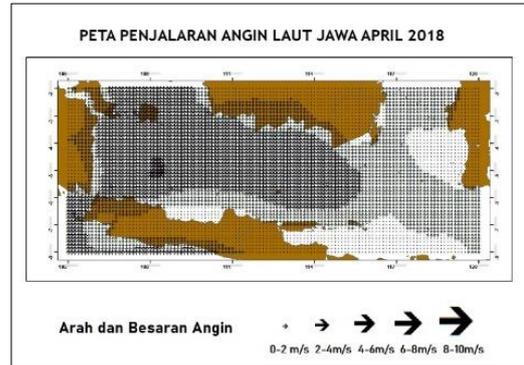
IV.3.1.3 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Musim Peralihan I



Gambar 20 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa April 2018

Pada bulan April 2018, saat terjadi angin musim Peralihan I tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,435 meter, tinggi maksimal 0,900 meter dan tinggi minimal 0,230 meter.

IV.3.1.4 Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Angin Musim Peralihan I

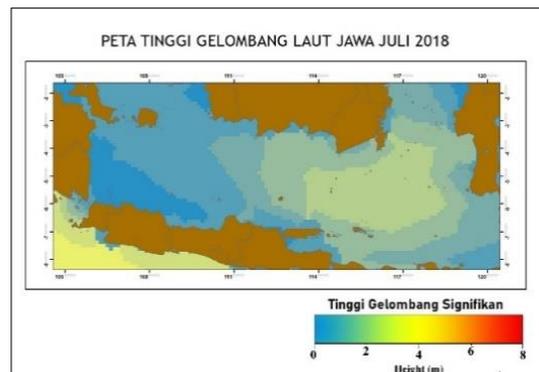


Gambar 21 Peta Penjalaran Angin Laut Jawa April 2018

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia dengan wilayah yang berdekatan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Selatan menuju Utara. Dengan memiliki angin sebesar 0-2 m/s.
2. Di Banten angin berhembus dari arah Selatan menuju ke Utara. Dengan memiliki kecepatan angin sebesar 4-6m./s

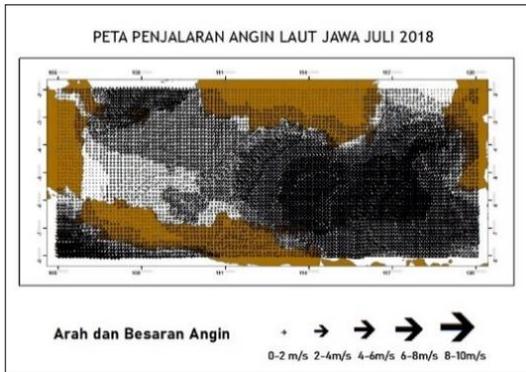
IV.3.1.5. Analisis Karakteristik Gelombang Saat Musim Timur



Gambar 22 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa Juli 2018

Pada bulan Juli 2018, saat terjadi angin musim Timur tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,703 meter, tinggi maksimal 1,160 meter dan tinggi minimal 0,413 meter.

IV.3.1.6 Analisis Variabilitas Angin Saat Musim Timur

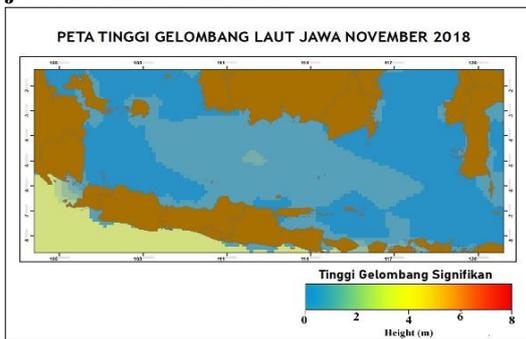


Gambar 23 Peta Penjalaraan Angin Laut Jawa Juli 2018

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Barat Laut menuju Timur. Angin memiliki kecepatan 0-2m/s hingga 6-8m/s
2. Di Lampung angin berhembus dari arah Barat menuju ke Tenggara. Dengan memiliki kecepatan sebesar 0-2m/s.

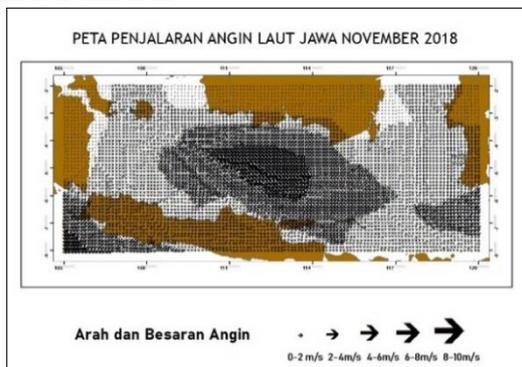
IV.3.1.7 Analisis Karakteristik Gelombang Saat Terjadi Musim Peralihan II



Gambar 24 Peta Tinggi Gelombang Laut Jawa November 2018

Pada bulan November 2018, saat terjadi angin musim Peralihan II tinggi gelombang signifikan menjelaskan bahwa pada bulan ini menunjukkan hasil sebesar 0,463 meter, tinggi maksimal 0,859 meter dan tinggi minimal 0,283 meter

IV.3.1.8 Analisis Variabilitas Angin Saat Terjadi Musim Peralihan II



Gambar 25 Peta Penjalaraan Angin Laut Jawa November 2018

Dengan dijabarkan pergerakan arah angin di beberapa wilayah Indonesia yang berdekatan dengan Laut Jawa yaitu:

1. Di Utara Jawa Tengah angin berhembus dari arah Barat Laut menuju Tenggara. Angin memiliki kecepatan 2-4 m/s.
2. Di Selatan Kalimantan Tengah angin berhembus dari arah Utara menuju ke Selatan. Dengan memiliki kecepatan sebesar 4-6 m/s hingga 6-8 m/s.

IV.3.1.9 Perbandingan rata-rata tinggi gelombang signifikan pada setiap musim tahun 2016-2018

Perbandingan rata-rata tinggi gelombang signifikan dapat dilihat pada tabel 1 dan bentuk grafik pada Gambar 26 Tampak jelas tinggi rata-rata signifikan gelombang laut tertinggi terjadi pada musim Timur yaitu 0,206 meter.

Tabel 1 Perbandingan Rata tinggi signifikan setiap musim

| Musim | Hs 2016 (Meter) | Hs 2017 (Meter) | Hs 2018 (Meter) | Hs Rata-rata Tahun 2016-2018 |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
| Barat | 0,272 | 0,435 | 0,359 | 0,355 |
| Peralihan I | 0,427 | 0,351 | 0,395 | 0,391 |
| Timur | 0,193 | 0,254 | 0,316 | 0,254 |
| Peralihan II | 0,476 | 0,385 | 0,471 | 0,444 |

IV.4 Analisis Data Temporer Teluk Semarang

Perairan Teluk Semarang merupakan bagian dari Laut Jawa. Data yang digunakan dari pengolahan ini diambil dari Data Angin stasiun angin BMKG Ahmad Yani tahun 2016-2018. Hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan menggunakan metode SMB. Metode SMB membutuhkan data angin, sebelumnya data angin di filter untuk memperoleh kecepatan dan arah angin pada data setiap bulannya Dengan memperoleh hasil tinggi signifikan seperti pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil Hs pada tahun 2016-2018

| Bulan/Tahun | HS BMKG | Musim |
|-------------|---------|-------------------|
| Jan-16 | - | Musim Barat |
| Feb-16 | 0,545 | |
| Mar-16 | 0,527 | Musim Peralihan I |
| Apr-16 | 0,416 | |
| May-16 | 0,338 | |
| Jun-16 | 0,210 | Musim Timur |
| Jul-16 | 0,133 | |
| Aug-16 | 0,234 | |

Tabel 3 Hasil Hs pada tahun 2016-2018 (Lanjutan)

| | | |
|----------|-------|--------------------|
| Sep-16 | 0,390 | Musim Peralihan II |
| Oct-16 | 0,660 | |
| Nov-16 | 0,380 | |
| Dec-16 | 0,369 | Musim Barat |
| Jan-17 | 0,550 | |
| Feb-17 | 0,385 | |
| Mar-17 | 0,424 | Musim Peralihan I |
| Apr-17 | 0,343 | |
| May-17 | 0,285 | |
| Jun-17 | 0,192 | Musim Timur |
| Jul-17 | 0,260 | |
| Aug-17 | 0,310 | |
| Sep-17 | 0,226 | Musim Peralihan II |
| Oct-17 | 0,418 | |
| Nov-17 | 0,510 | |
| Dec-17 | 0,346 | Musim Barat |
| Jan-18 | 0,238 | |
| Feb-18 | 0,493 | |
| Maret-18 | 0,632 | Musim Peralihan I |
| April-18 | 0,344 | |
| Mei-18 | 0,210 | |
| Jun-18 | 0,195 | Musim Timur |
| Jul-18 | 0,400 | |
| Aug-18 | 0,354 | |
| Sep-18 | 0,282 | Musim Peralihan II |
| Oct-18 | 0,545 | |
| Nov-18 | 0,586 | |
| Dec-18 | 0,623 | Musim Barat |

Dapat dikelompokkan pada setiap musimnya. Musim Barat dimulai dari bulan Desember-Februari , musim Timur dimulai dari bulan Juni-Agustus dan musim Peralihan dimulai pada bulan Maret-Mei dengan September-November. Dilihat dalam kurun waktu 3 tahun (2016-2018) tinggi signifikan tertinggi terdapat pada bulan Oktober 2016 yaitu 0,660 meter merupakan musim Peralihan II. Tinggi signifikan terendah dalam kurun waktu 3 tahun (2016-2018) adalah 0,133 meter pada bulan Juli 2016 pengecualian pada Januari 2016 tidak ada data angin pada bulan itu.

IV.5 Realibilitas Data Gelombang Sensing Terhadap Data Aktual

Realibilitas data gelombang laut Jawa dari satelit Altimetri terhadap data aktual yaitu data pengukuran langsung dari data stasiun angin BMKG Ahmad Yani Semarang. Meliputi hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan dari kedua data. Dapat dilihat dari tabel 3 .

Tabel 3 Verifikasi data ECMWF dengan data Lapangan

| N O | Bulan/ Tahun | HS BMKG (m) | HS ECMWF (ALTIM ETRI) | Error | SE (Square d Error) |
|-----|--------------|-------------|-----------------------|--------|---------------------|
| 1 | Jan-16 | - | 0,649 | - | - |
| 2 | Feb-16 | 0,545 | 0,960 | -0,415 | 0,172 |
| 3 | Mar-16 | 0,527 | 0,631 | -0,104 | 0,011 |
| 4 | Apr-16 | 0,416 | 0,323 | 0,093 | 0,009 |
| 5 | May-16 | 0,338 | 0,323 | 0,015 | 0,000 |
| 6 | Jun-16 | 0,210 | 0,392 | -0,181 | 0,033 |
| 7 | Jul-16 | 0,133 | 0,413 | -0,280 | 0,078 |
| 8 | Aug-16 | 0,234 | 0,522 | -0,288 | 0,083 |
| 9 | Sep-16 | 0,390 | 0,383 | 0,007 | 0,000 |
| 10 | Oct-16 | 0,660 | 0,354 | 0,306 | 0,094 |
| 11 | Nov-16 | 0,380 | 0,444 | -0,064 | 0,004 |
| 12 | Dec-16 | 0,369 | 0,719 | -0,350 | 0,123 |
| 13 | Jan-17 | 0,550 | 0,660 | -0,110 | 0,012 |
| 14 | Feb-17 | 0,385 | 0,880 | -0,494 | 0,244 |
| 15 | Mar-17 | 0,424 | 0,506 | -0,082 | 0,007 |
| 16 | Apr-17 | 0,343 | 0,348 | -0,005 | 0,000 |
| 17 | May-17 | 0,285 | 0,435 | -0,149 | 0,022 |
| 18 | Jun-17 | 0,192 | 0,378 | -0,187 | 0,035 |
| 19 | Jul-17 | 0,260 | 0,628 | -0,369 | 0,136 |
| 20 | Aug-17 | 0,310 | 0,639 | -0,329 | 0,108 |
| 21 | Sep-17 | 0,226 | 0,469 | -0,243 | 0,059 |
| 22 | Oct-17 | 0,418 | 0,357 | 0,061 | 0,004 |
| 23 | Nov-17 | 0,510 | 0,473 | 0,037 | 0,001 |
| 24 | Dec-17 | 0,346 | 0,816 | -0,470 | 0,221 |
| 25 | Jan-18 | 0,238 | 0,784 | -0,547 | 0,299 |
| 26 | Feb-16 | 0,545 | 0,960 | -0,415 | 0,172 |
| 27 | Mar-18 | 0,632 | 0,527 | 0,104 | 0,011 |
| 28 | Apr-18 | 0,344 | 0,436 | -0,091 | 0,008 |
| 29 | May-18 | 0,210 | 0,351 | -0,140 | 0,020 |
| 30 | Jun-18 | 0,195 | 0,536 | -0,341 | 0,116 |
| 31 | Jul-18 | 0,400 | 0,703 | -0,303 | 0,092 |
| 32 | Aug-18 | 0,354 | 0,693 | -0,339 | 0,115 |
| 33 | Sep-18 | 0,282 | 0,537 | -0,255 | 0,065 |
| 34 | Oct-18 | 0,545 | 0,410 | 0,134 | 0,018 |
| 35 | Nov-18 | 0,586 | 0,463 | 0,123 | 0,015 |
| 36 | Dec-18 | 0,623 | 0,567 | 0,056 | 0,003 |
| | | | | MSE | 0,068 |
| | | | | RMSE | 0,262 |

Pada tabel berikut menjelaskan bahwa hasil nilai RMSE. Nilai RMSE disini merupakan nilai selisih dari data primer. Berguna untuk mengetahui tingkat validitas data tinggi gelombang signifikan pada data ECMWF dengan memverifikasi menggunakan data lapangan BMKG. Verifikasi data tinggi gelombang (H) dari ECMWF dengan data Lapangan didapatkan nilai RMSE sebesar ± 0,262 m. Nilai RMSE ini dapat mengidentifikasi bahwa data satelit altimetri dan data lapangan tidak memiliki selisih yang besar , hal ini dapat merepresentasikan nilai gelombang yang cukup baik.

V Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisis Karakteristik Gelombang dan Variabilitas Angin Perairan Laut Jawa dengan menggunakan data satelit Altimetri tahun 2016-2018, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengolahan dengan data satelit Altimetri tahun 2016-2018 menunjukkan nilai karakteristik gelombang di Laut Jawa. Karakteristik gelombang rata-rata dapat disimpulkan sebagai berikut : Saat terjadi angin musim Barat yaitu pada bulan Desember- Februari menunjukkan nilai 0,355 m . Saat terjadi angin musim Peralihan I yaitu pada bulan Maret-Mei menunjukkan nilai 0,391 m . Saat terjadi angin musim Timur yaitu pada bulan Juni-Agustus menunjukkan nilai 0,254 m . Saat terjadi angin musim Peralihan II yaitu menunjukkan nilai 0,444 m. Menjelaskan rata-rata gelombang signifikan tertinggi selama kurun waktu 3 tahun terjadi pada musim Timur.
2. Dari hasil pengolahan dengan data satelit Altimetri tahun 2016-2018 menunjukkan nilai variabilitas angin di Laut Jawa. Variabilitas angin tahunan akan sangat mempengaruhi hasil pembacaan sensor satelit, terlihat pada tahun 2016 pada musim Barat dititik Utara Jawa tengah angin sebesar 6-8 m/s mengarahke Barat Daya menuju Timur Laut. pada tahun 2017 pada musim timur dititik Utara Banten angin sebesar 4-6 m/s mengarahke Utara menuju Tenggara dan pada tahun 2018 pada musim Barat dititik Utara Jawa tengah angin sebesar 6-8 m/s hingga 8-10 m/s mengarahke Barat Daya menuju Timur Laut. Oleh karena itu penggunaan satelit dalam mendalami pendekatan terhadap gelombang yang dibangkitkan angin dirasa sangat tepat mengingat satelit memiliki resolusi spasial dan temporal yang baik.
3. Dari hasil dan analisis kualitas data elevasi satelit altimetri terhadap data lapangan menjelaskan bahwa verifikasi data tinggi gelombang (H) dari ECMWF dengan data Lapangan didapatkan nilai RMSE sebesar $\pm 0,262$. Menjelaskan bahwa nilai selisih dengan data primer (data satelit) sebesar $\pm 0,262$ m. Nilai RMSE ini dapat mengidentifikasi bahwa data satelit altimetri dan data lapangan tidak memiliki selisih yang besar , hal ini dapat merepresentasikan nilai gelombang yang didapat dalam perhitungan cukup baik.

V.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang perlu diperhatikan dalam melakukan penelitian selanjutnya agar dapat dilaksanakan dengan lebih baik yaitu :

1. Perlunya data primer yang baik agar memudahkan dalam pengolahan dan tiada hambatan .
2. Data karakteristik gelombang dapat dimanfaatkan untuk masyarakat luas, terutama pada nelayan dan nahkoda untuk mengerti tinggi signifikan gelombang dan kecepatan angin.

3. Dengan adanya data karakteristik gelombang, diharapkan pemerintah dapat memanfaatkan sebagai data awal pembangkit listrik tenaga gelombang .

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2001). Geodesi Satelit. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Cappenberg. (1992). Von der Burg zur Kirche Ausgrabungen im Chor der ehem.
- Dahuri. (1996). Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: PT. Pramadya Paramita.
- Lakitan, B. (2002). Dasar-Dasar Klimatologi. Jakarta: Raja Grafindo Persada Jakarta.
- Lubis E, P. A. (2005). Atlas Perikanan Tangkap dan Pelabuhan Perikanan di Pulau Jawa Suatu Pendekatan Geografi Perikanan Tangkap Indonesia. Bogor: Program Kajian Kepelabuhan Perikanan dan Transportasi Maritim.
- Mourice. (2005). *Ocean Wave Energy Converter*. Madison: Electrical and
- Olsen, R. C. (2007). Remote Sensing from Air and Space , Introductory Oceanography. USA.
- Pond and Picard. (1978). Introductory dynamical Oceanography. New York: Pergamon Press.
- Potier, M. &. (1990). Influence de parametre de l'environnement sur la peche a la senne tournante et coulissante en mer de Java. In *Aquatic Living Resources* (pp. 193-205).
- Prahasta, E. (2009). *Sistem Informasi Geografis*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Sverdrup, H. V. (1946). *Empirical and theoretical relations between wind, sea and swell*, Trans. Geophys.
- Triatmodjo, B. (1999). Teknik Pantai. Beta offset.
- Wyrtki. (1961). The physical oceanography of south east Asian waters. California: University California.
- Yuwono dan Robert J Kodoatie. (2004). Kumpulan Buku Pedoman Pengembangan Reklamasi Pantai dan Bangunan Pengamannya. Jakarta: Direktorat Bina Teknik Dirjen SDA DPU.idin, H. Z. (2001). Geodesi Satelit. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Pustaka Internet:
 ECMWF. (2019). Pengenalan *The European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*. <https://www.ecmwf.int/>. Diakses pada 15 Juni 2019.
 Wikipedia. (2019). *Laut Jawa*. Retrieved from https://id.wikipedia.org/wiki/Laut_Jawa diakses pada 12 November 2019