

KARAKTERISTIK GELOMBANG LAUT UNTUK INFORMASI PEMBANGUNAN DERMAGA (STUDI KASUS LANAL TAHUNA)

Agus Lail¹, Sahat Monang. S², Johar Setiadi³, Widodo S. Pranowo⁴

¹Mahasiswa Program Studi Diploma-III Hidro-Oseanografi, STTAL

²Peneliti dari Pusat Hidro-Oseanografi TNI-AL

³Kaprodi Diploma-III Hidro-Oseanografi, STTAL

⁴Peneliti dari Pusat Riset Kelautan, KKP RI

ABSTRAK

TNI-AL Lanal Tahuna khususnya, telah menerima hibah lahan dari Pemkab Sangihe yang berlokasi di Desa Pananaru, Kecamatan Tamako, di wilayah Teluk Dago, Kabupaten Sangihe yang mana lahan tersebut rencananya akan digunakan sebagai area untuk pembangunan dermaga Lanal Tahuna (Lantamal VIII, 2017). Dengan adanya hibah lahan tersebut, maka terbuka peluang untuk direalisasikan sebuah fasilitas dermaga bagi Lanal Tahuna untuk mendukung operasional KRI.

Akan tetapi selama ini banyak sekali permasalahan dalam proses pembangunan dermaga, salah satunya adalah diperlukannya data gelombang yang mencakup seluruh musim, terutama pada musim dimana gelombang-gelombang besar itu terjadi karena gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak bangunan pantai (Triatmodjo, 1999). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimanakah pola arah dan kecepatan angin pada 4 musim, untuk mengetahui bagaimanakah pola arah, periode dan tinggi gelombang signifikan pada 4 musim, untuk mengetahui bagaimanakah hubungan (Regresi) antara kecepatan angin dan tinggi gelombang, dan juga untuk mengetahui bagaimanakah periode ulang tinggi gelombang ekstrim 2-100 tahun ke depan di wilayah perairan Pulau Sangihe, dengan jenis penelitian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah metode historis yaitu menggunakan data angin dan gelombang laut 10 tahun yang lampau untuk mengetahui kesimpulan yang akurat sebagai informasi pembangunan dermaga di wilayah tersebut di masa yang akan datang.

Kata Kunci : Dermaga Lanal Tahuna, Karakteristik gelombang laut, Pengolahan data angin dan gelombang, Perencanaan Pembangunan Dermaga.

ABSTRACT

Indonesian National Army Navy Tahuna Naval Base especially, has received land grants from the Sangihe regency located in Pananaru village, Tamako sub-district, in the Dago bay region, Sangihe regency where the land is planned to be used as an area for the construction of the Lanal Tahuna pier (Lantamal VIII, 2017) . With the land grant, there is an opportunity to realize a pier facility for Tahuna Naval Base to support the operation of the Indonesian warship.

However, so far there have been many problems in the construction process of the pier, one of which is the need for wave data that covers the entire season, especially in the season where large waves occur because waves are the main factor in determining the layout of coastal buildings (Triatmodjo, 1999). This study aims to find out how the pattern of wind direction and speed in 4 seasons, to find out how the pattern of direction, period and significant wave height in 4 seasons, to find out how the relationship (Regression) between wind speed and wave height, and also to know how repeated extreme wave height in the next 2-100 years in the Sangihe Island waters, with the type of research carried out in this final assignment is the historical method of using wind and sea wave data 10 years ago to find accurate conclusions as information on the construction of docks in the region in the future.

Keywords : Lanal Tahuna Pier, Sea Wave Characteristics, Wind and Wave Data Processing, Pier Development Planning.

Latar Belakang

Berdasarkan Undang-undang No. 4 tahun 2017 tentang Ratifikasi Persetujuan antara Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Republik Filipina mengenai Penetapan Batas Zona Ekonomi Eksklusif sebagai upaya atas pencegahan gangguan keamanan dan stabilitas di wilayah perbatasan kedua Negara tersebut.

TNI-AL sebagai unsur utama penegak kedaulatan di laut, hadir secara rutin untuk melaksanakan operasi di wilayah perairan perbatasan Indonesia-Filipina. Sampai dengan saat ini, apabila ada unsur TNI-AL yang berpatroli di wilayah Perairan Sulawesi Utara khususnya di perbatasan laut Indonesia-Filipina, maka salah satu tempat untuk singgah yang strategis bagi unsur KRI adalah di Pangkalan TNI-AL (Lanal) Tahuna. Namun, karena keterbatasan fasilitas sandar Lanal Tahuna maka fasilitas sandar yang digunakan KRI adalah di dermaga umum Tahuna, yang juga sekaligus digunakan untuk aktifitas perekonomian dan transportasi, dengan konsekuensi apabila ada kapal penumpang ataupun kapal niaga yang akan merapat di Pelabuhan Tahuna, maka unsur KRI akan disesuaikan tempat merapatnya. Terkait dengan hal tersebut baru-baru ini telah dilaksanakan kerja sama yang baik oleh TNI-AL Lanal Tahuna khususnya, bahwa Lanal Tahuna telah menerima hibah lahan dari Pemkab Sangihe yang berlokasi di desa Pananaru, kecamatan Tamako, di wilayah Teluk Dago, kabupaten Sangihe yang mana lahan tersebut rencananya akan digunakan sebagai area untuk pembangunan dermaga Lanal Tahuna (Lantamal VIII, 2017). Dengan adanya hibah lahan tersebut, maka terbuka peluang untuk direalisasikannya sebuah fasilitas dermaga bagi Lanal Tahuna untuk mendukung operasional KRI.

Selanjutnya, dalam sebuah perencanaan pembangunan dermaga perlu adanya dilaksanakan studi pendahuluan tentang kondisi hidro oseanografi di area yang akan dibangun dermaga tersebut. Akan tetapi selama ini banyak sekali permasalahan dalam proses pembangunan dermaga, salah satunya adalah diperlukannya data gelombang yang mencakup seluruh musim, terutama pada musim dimana gelombang-gelombang besar itu terjadi karena gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak bangunan pantai (Triatmodjo, 1999). Permasalahan pengukuran data gelombang dalam waktu jangka panjang belum banyak dilakukan di Indonesia, hal ini dikarenakan masih terbatasnya jumlah peralatan pengukur gelombang yang tersedia dan luasnya wilayah perairan Indonesia yang mengakibatkan observasi tidak dapat dilakukan di beberapa wilayah secara cepat. Dan untuk mengatasi hal

tersebut, penelitian tugas akhir ini akan membahas tentang bagaimana metode yang dapat digunakan untuk pengamatan data gelombang dan juga data angin yang mana angin adalah sebagai penyebab utama terjadinya gelombang di laut (Hutabarat dan Evans, 1984), yaitu dengan menggunakan ketersediaan data yang sudah ada tanpa harus survey ke lapangan dan mengolahnya. Prinsip dasar metode ini adalah menggunakan data historis untuk mendapatkan karakteristik gelombang laut kemudian secara statistik dianalisis dan dijadikan sebagai dasar informasi perencanaan sebuah pembangunan dermaga.

Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimanakah pola arah dan kecepatan angin pada 4 musim di wilayah perairan Pulau Sangihe, mengetahui bagaimanakah pola arah, periode dan tinggi gelombang signifikan pada 4 musim di wilayah perairan Pulau Sangihe, mengetahui bagaimanakah hubungan (Regresi) antara kecepatan angin dan tinggi gelombang di wilayah perairan Pulau Sangihe, dan untuk mengetahui bagaimanakah periode ulang tinggi gelombang ekstrim 2-100 tahun ke depan di wilayah perairan Pulau Sangihe.

Metodologi Penelitian

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal, dalam hal ini adalah pengolahan data angin dan gelombang untuk mendapatkan karakteristik gelombang laut di wilayah perairan Pulau Sangihe di lokasi terdekat dengan Teluk Dago, Desa Pananaru yang terletak di selatan Kabupaten Sangihe sebagai informasi pembangunan dermaga di wilayah tersebut di masa yang akan datang.

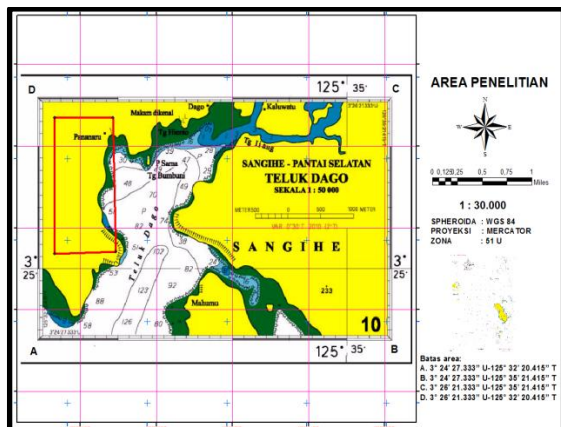
2. Jalannya Penelitian

Jalannya penelitian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini merupakan sistem kerja rancangan dari seluruh rangkaian kegiatan penelitian untuk mendapatkan informasi data karakteristik gelombang laut, yang dilaksanakan di kampus STTAL Program Studi Hidro-Oseanografi Jl. Pantai Kuta V No.1 Ancol Jakarta Utara dan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan yang berada di Komplek Bina Samudera Jl. Pasir

Putih II Lantai 4, Ancol Timur, Jakarta Utara 14430-DKI Jakarta. Mulai dari proses pengunduhan(*download*) data, pengolahan dan analisis data, sampai dengan mendapatkan *output* data yang diharapkan.

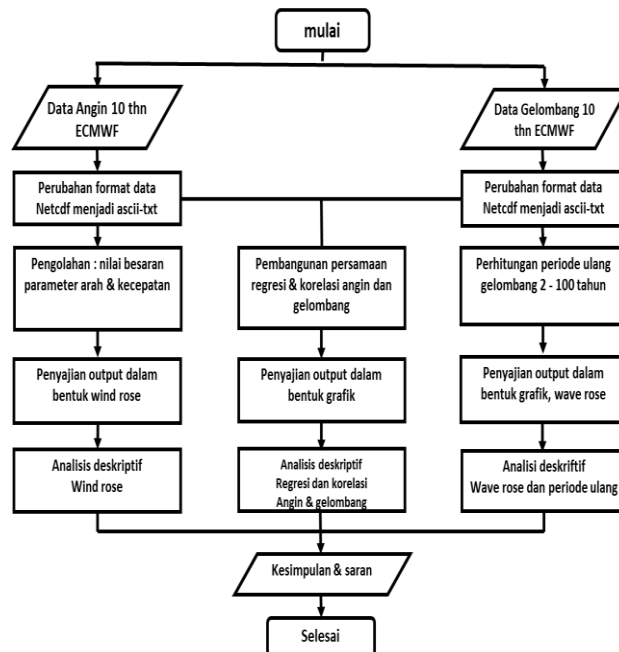
3. Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi perencanaan pembangunan dermagasesuai dengan peta rencana 10 peta 183 Pushidrosal tahun 2011, berada di wilayahTeluk Dago, Desa Pananaru yang terletak di selatan Kabupaten Sangihe. Batasan koordinatnya sesuai dengan peta rencana penelitian di bawah ini.



4. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah konsep yang dapat memberikan gambaran secara umum tentang proses yang akan dilaksanakan dalam penelitian. Rancangan penelitian yang dilakukan oleh penulis dimulai dari input kedua data angin dan gelombang. Data dirubah format menggunakan perangkat ODV (*Ocean Data View*).untuk ditampilkan dan dilaksanakan pengolahan data menggunakan perangkat lunak Ms.Exelguna mengetahui nilaibesar dari kedua parameter di kawasan penelitian, untuk mengetahui hubungan antara kecepatan angin dan tinggi gelombang dan juga untuk memprediksi periode ulang gelombang 2 - 100 tahun ke depan, kemudian variable data yang telah diolah menggunakan perangkat lunak Ms.Exel dimasukkan ke perangkat lunak Wrplot View untuk diolah guna memperoleh gambaran kondisi dominan yang disajikan dalam bentuk diagram windrose dan waverose, danlangkah selanjutnya dilaksanakan deskripsi hasil *output* tersebut. Dari hasil deskripsi diambil kesimpulan dan saran mengenai karakteristik gelombang laut di wilayah kajian untuk informasi pembangunan dermaga. Berikut ini merupakan rancangan penelitian penulis yang digambarkan dalam diagram alir kerja penelitian.



5. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini menggunakan metode data sekunder yang diperoleh penulis sebagai berikut :

a. Data Angin

Data angin diperoleh dari download pada situs ECMWF (*European Centre for Medium Range Weather Forecast*) Parameter *surface* diantaranya adalah ketinggian angin pada 10 meter komponen u dan v dalam satuan meter/detik, menggunakan sistem grid 0,125° x 0,125° atau sekitar 14 km². Resolusi temporal harian pada pukul 00.00, 06.00, 12.00, 18.00 satuan waktu GMT. Data yang dihasilkan adalah berformat Netcdf (*network common data form*)

b. Data Skunder

Data gelombang signifikan di download dari situs ECMWF (*European Centre for Medium Range Weather Forecast*) berupa data *re-analysis* per 6 jam selama periode 10 tahun (Januari 2007-Desember 2016). Parameter gelombang laut yang digunakan adalah tinggi gelombang signifikan, rata-rata periode dan arah gelombang, menggunakan sistem grid dengan resolusi spasial 0,125° x 0,125° (14 km²) dan resolusi temporal 6 jam pada pukul 00.00, 06.00, 12.00, 18.00 satuan waktu UTC atau GMT.

6. Metode Pengolahan Data

Data angin bulanan selama 10 tahun dari ECMWF dalam format (*.nc) diekstrak dalam format (.txt) pada perangkat lunak ODV. Selanjutnya, komponen arah u dan komponen kecepatan v diolah pada perangkat lunak Ms.Excel untuk dikonversi agar didapat nilai arah dan kecepatan,dan untuk mengetahui hubungan antara kecepatan angin dan tinggi gelombang.

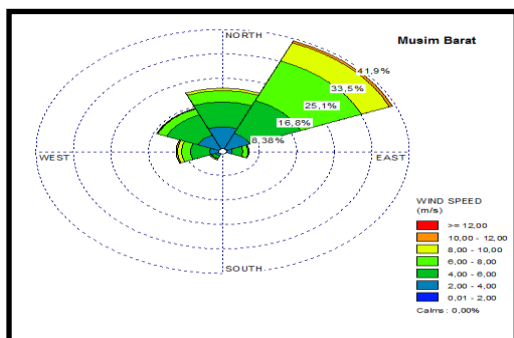
Setelah itu menggunakan Perangkat Lunak WRplot View untuk mendapatkan diagram windrose. Dan untuk data gelombang yang diambil adalah data rerata tinggi gelombang, periode gelombang dan arah gelombang hasil download secara langsung di ECMWF. Kemudian data diolah menggunakan ODV dan Ms. Exel untuk mengetahui hubungan antara kecepatan angin dan gelombang, untuk mengetahui periode ulang gelombang 2 – 100 tahun ke depan dan Wrplot View untuk memperoleh kondisi parameter gelombang dominan yang disajikan dalam bentuk diagram waverose..

Hasil Pengolahan Data

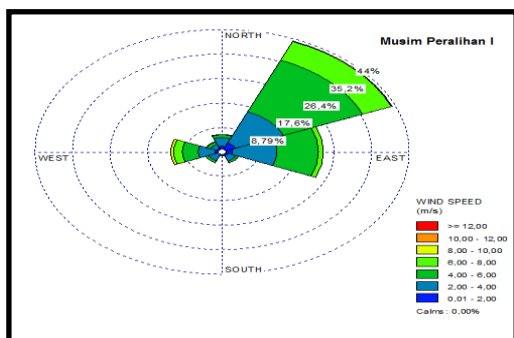
Hasil pengolahan data angin dan gelombang menggunakan perangkat lunak Ms.Exel dan WRPlot View :

a. Pola arah dan kecepatan angin pada 4 musim di wilayah perairan Pulau Sangihe

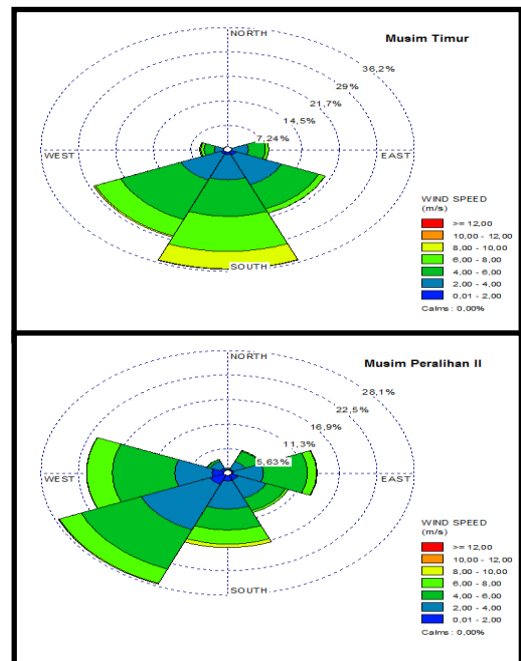
1) Wind rose



Gambar 4.32
Mawar angin Musim Barat
Tahun 2007-2016



Gambar 4.33
Mawar angin Musim Peralihan I
Tahun 2007-2016



Gambar 4.35
Mawar angin Musim Peralihan II
Tahun 2007-2016

a) Berdasarkan dari diagram mawar angin Musim Barat dapat diketahui bahwa distribusi arah angin bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan kecepatan angin dominan yang terjadi berkisar antara 4-8 m/detik.

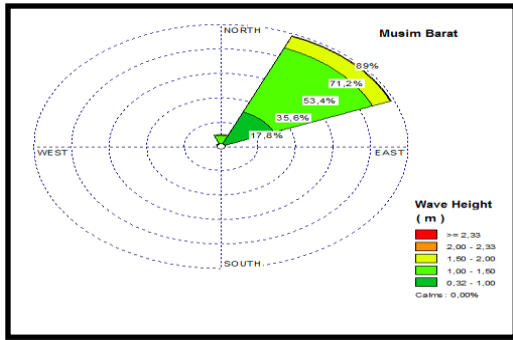
b) Berdasarkan dari diagram mawar angin Musim Peralihan I dapat diketahui bahwa distribusi arah angin bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan kecepatan angin dominan yang terjadi berkisar antara 4-6 m/detik.

c) Berdasarkan dari diagram mawar angin Musim Timur dapat diketahui bahwa distribusi arah angin bergerak dari arah Selatan ke arah Utara dengan kecepatan angin dominan yang terjadi berkisar antara 4-8 m/detik.

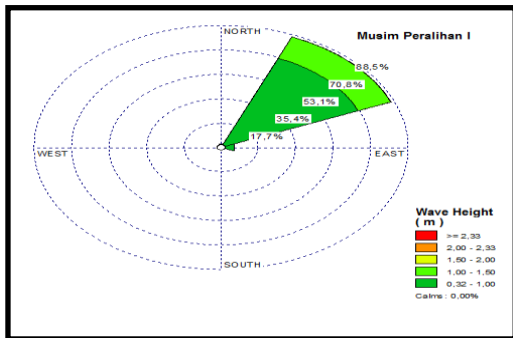
d) Berdasarkan dari diagram mawar angin Musim Peralihan II dapat diketahui bahwa distribusi arah angin bergerak dari arah Barat Daya ke arah Timur Laut dengan kecepatan angin dominan yang terjadi berkisar antara 2-6 m/detik.

b. Pola arah, periode dan tinggi gelombang signifikan pada 4 musim di wilayah perairan Pulau Sangihe

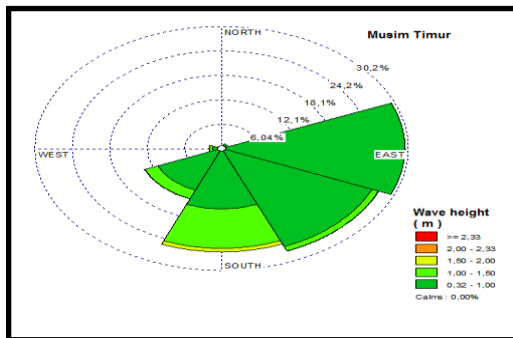
1) Wave Height rose



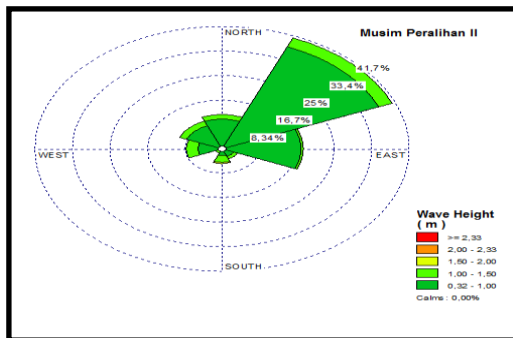
Gambar 4.36
Mawar tinggi gelombang Musim Barat
Tahun 2007-2016



Gambar 4.37
Mawar tinggi gelombang Musim Peralihan
I Tahun 2007-2016



Gambar 4.38
Mawar tinggi gelombang Musim Timur
Tahun 2007-2016



Gambar 4.39
Mawar tinggi gelombang Musim Peralihan
II Tahun 2007-2016

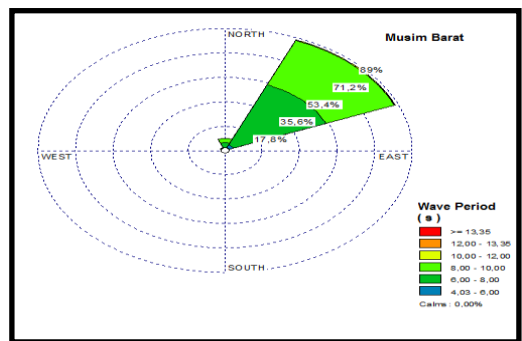
a) Berdasarkan dari diagram mawar tinggi gelombang Musim Barat dapat diketahui bahwa distribusi arah gelombang bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan tinggi gelombang dominan yang terjadi berkisar antara 1 – 1,5 m.

b) Berdasarkan dari diagram mawar tinggi gelombang Musim Peralihan I dapat diketahui bahwa distribusi arah gelombang bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan tinggi gelombang dominan yang terjadi berkisar antara 0,32 - 1 m.

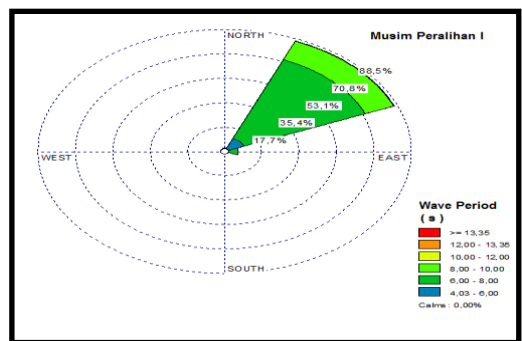
c) Berdasarkan dari diagram mawar tinggi gelombang Musim Timur dapat diketahui bahwa distribusi arah gelombang bergerak dari arah Timur dan Tenggara ke arah Barat dan Barat Laut dengan tinggi gelombang dominan yang terjadi berkisar antara 0,32 - 1 m.

d) Berdasarkan dari diagram mawar tinggi gelombang Musim Peralihan II dapat diketahui bahwa distribusi arah gelombang bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan tinggi gelombang dominan yang terjadi berkisar antara 0,32 - 1 m.

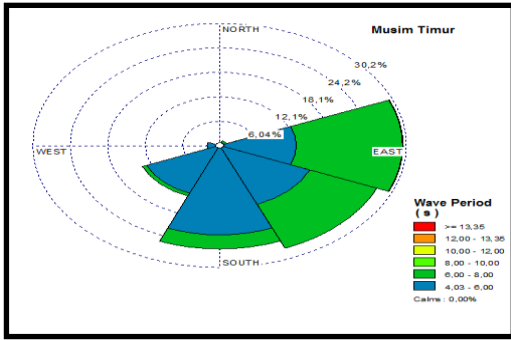
2) Wave Period rose



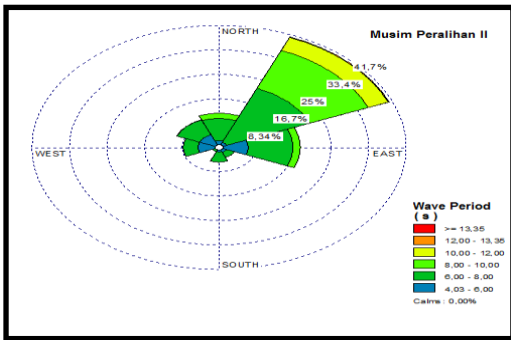
Gambar 4.40
Mawar periode gelombang Musim Barat
Tahun 2007 -2016



Gambar 4.41
Mawar periode gelombang Musim
Peralihan I Tahun 2007 -2016



Gambar 4.42
Mawar periode gelombang Musim Timur
Tahun 2007 -2016



Gambar 4.43
Mawar periode gelombang Musim
Peralihan II Tahun 2007 -2016

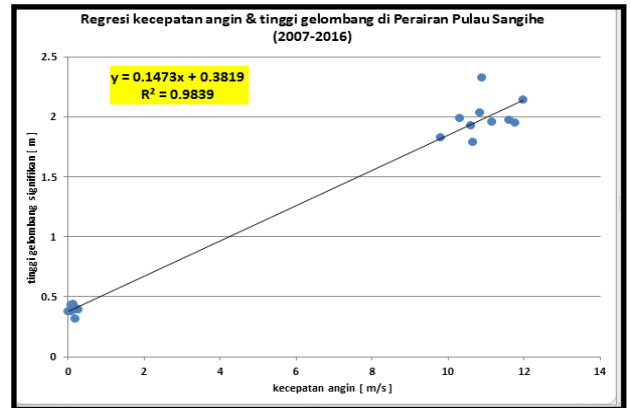
a) Berdasarkan dari diagram mawar periode gelombang Musim Barat dapat diketahui bahwa distribusi arah gelombang bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan periode gelombang dominan yang terjadi berkisar antara 6-10 detik.

b) Berdasarkan dari diagram mawar periode gelombang Musim Peralihan I dapat diketahui bahwa distribusi arah gelombang bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan periode gelombang dominan yang terjadi berkisar antara 6-8 detik.

c) Berdasarkan dari diagram mawar periode gelombang Musim Timur dapat diketahui bahwa distribusi arah gelombang bergerak dari arah Timur dan Tenggara ke arah Barat dan Barat Laut dengan periode gelombang dominan yang terjadi berkisar antara 4,03-8 detik.

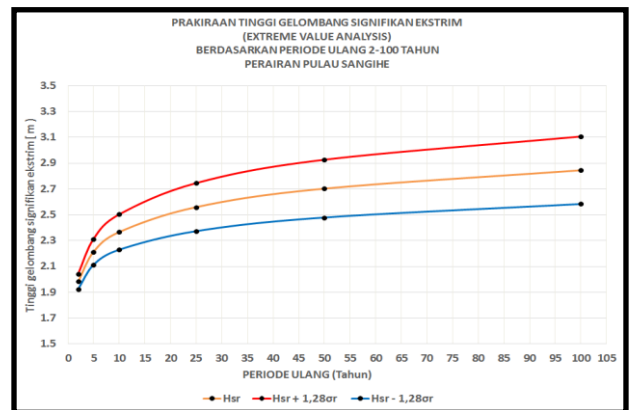
d) Berdasarkan dari diagram mawar periode gelombang Musim Peralihan II dapat diketahui bahwa distribusi arah gelombang bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan periode gelombang dominan yang terjadi berkisar antara 6-10 detik.

c. Hubungan (Regresi) antara kecepatan angin dan tinggi gelombang di wilayah perairan Pulau Sangihe.



Berdasarkan hasil tersebut di atas didapatkan hubungan antara kecepatan angin dan tinggi gelombang, yang mempunyai arti bahwa kita dapat meramalkan tinggi gelombang dengan cepat apabila kita hanya mempunyai data kecepatannya saja dengan persamaan ($y = 0,1437x + 0,3819$) dan nilai $R^2 = 0,9839$, y adalah tinggi gelombang signifikan dan x adalah kecepatan angin dengan nilai korelasi mendekati 1 artinya tingkat persamaannya dapat dipercaya.

d. Periode ulang tinggi gelombang ekstrim 2-100 tahun ke depan di wilayah perairan Pulau Sangihe.



Hasil tersebut menunjukkan bahwa dari beberapa periode ulang tertentu menunjukkan angka tinggi gelombang signifikan, sebagai berikut :

- 1) Periode Ulang 2 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 1,982 m.
- 2) Periode Ulang 5 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,213 m.
- 3) Periode Ulang 10 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,366 m.

- 4) Periode Ulang 25 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,559 m.
- 5) Periode Ulang 50 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,702 m.
- 6) Periode Ulang 100 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,845 m.

Rekomendasi Untuk Pembangunan Dermaga

a. Pembangunan dermaga pelabuhan harus memperhatikan karakteristik gelombang laut, antara lain :

- 1) Pola arah dan kecepatan angin pada 4 musim di wilayah dermaga.
- 2) Pola arah, periode dan tinggi gelombang signifikan pada 4 musim di wilayah dermaga.

b. Manakala di rencana lokasi pembangunan dermaga di Teluk Dago, hanya memiliki data pengukuran anginnya saja, maka ketinggian gelombang signifikan dapat diramalkan menggunakan formula ($y = 0,1437x + 0,3819$) dan nilai $R^2 = 0,9839$, y adalah tinggi gelombang signifikan dan x adalah kecepatan anginnya.

c. Informasi periode ulang gelombang sangatlah diperlukan agar ketinggian dermaga terhadap duduk tengah tidak tenggelam oleh gelombang setelah 100 tahun kemudian.

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil diagram windrose pada 4 musim selama 10 tahun dapat disimpulkan bahwa arah angin pada musim Barat dan musim Peralihan I distribusi angin dominan bergerak dari arah Timur Laut ke Barat daya dengan kecepatan angin dominan yang terjadi berkisar antara 4-8 m/det sedangkan pada musim Timur dan Peralihan II distribusi angin dominan bergerak dari arah Selatan dan Barat Daya ke arah Utara dan Timur laut dengan kecepatan angin dominan yang terjadi antara 2-8 m/det.
2. Berdasarkan hasil diagram periode dan tinggi gelombang pada 4 musim selama 10 tahun dapat disimpulkan bahwa arah angin pada musim Barat, Musim Peralihan I, dan Musim Peralihan II distribusi arah gelombang dominan bergerak dari arah Timur Laut ke Barat daya sedangkan pada Musim Timur distribusi arah gelombang dominan bergerak dari arah Timur Laut dan Tenggara ke arah Barat dan Barat Laut dengan periode gelombang semua musim dominan yang terjadi berkisar antara 6-10 detik dan tinggi gelombang berkisar antara 0,32-1,5 m.
3. Berdasarkan hasil hubungan (Regresi) antara kecepatan angin dan tinggi gelombang

didapat persamaan ($y = 0,1437x + 0,3819$) dan nilai $R^2 = 0,9839$, dengan nilai korelasi mendekati 1 artinya tingkat persamaannya dapat dipercaya maka dengan rumus regresi tersebut dapat digunakan untuk meramalkan tinggi gelombang laut di lokasi perencanaan pembangunan dermaga Lanal Tahuna bila terdapat data angin di sana.

4. Berdasarkan hasil Grafik Periode Ulang Tinggi Gelombang Ekstrim 2 - 100 tahun, didapatkan hasil Periode Ulang 2 tahun dengan perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 1,982 m. Periode Ulang 5 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,213 m. Periode Ulang 10 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,366 m. Periode Ulang 25 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,559 m. Periode Ulang 50 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,702 m. Dan Periode Ulang 100 tahun perkiraan tinggi gelombang signifikan adalah 2,845 m.

Saran

1. Tugas Akhir ini dapat menjadi rujukan teknis untuk menghitung tinggi dan periode ulang gelombang untuk keperluan pembangunan dermaga.
2. Hasil pada tugas akhir ini menggunakan data skunder, disarankan kedepannya dapat diteruskan dengan mengambil data primer untuk validasi.
3. Parameter yang dikaji pada Tugas Akhir ini hanya angin dan gelombang saja, disarankan untuk kedepannya bagi mahasiswa Tugas Akhir selanjutnya bisa ditambahkan parameter pasang surut, arus dan sedimen yang tujuannya sama yaitu untuk perencanaan pembangunan dermaga.
4. Disarankan kedepannya dapat menggunakan model 2 dimensi gelombang dengan resolusi yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhat, Garisson, dan Gross (2011, januari). *Oceanografi dan ilmu kelautan*. Dipetik Juni 16, 2018, dari <http://oceanografidanilmukelautan.blogspot.com>
- Bureau of Meteorologi, A. G. (2004, April 2). *Beureau Of meteorology*. Dipetik 7 3, 2017, dari [Bom.gov.au: http://www.bom.gov.au/lam/glossary/spagegl.shtm#sea_and_swell](http://www.bom.gov.au/lam/glossary/spagegl.shtm#sea_and_swell)

- Dauhan. (2013). *Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis*. Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Docslide. (2015, Juni 2). *profil sangihe 2009*. Dipetik Juli 3, 2018, dari dokumen.tips: <https://dokumen.tips>
- Firdaus, R. (2014, Mei 5). *GELOMBANG LAUT*. Dipetik July 2, 2018, dari geometocean.blogspot: <http://geometocean.blogspot.com>
- Hidayat, A. Aziz. 2005. *Pengantar Ilmu Meteorologi Laut 1*. Jakarta: Salemba Medika.
- Hutabarat, S dan S.M. Evans. 1984. *Pengantar Oseanografi*. UI-Press. Jakarta.
- KBBI (2009, Agustus) Dermaga. Dipetik Juni 15, 2018, dari <https://www.scribd.com/document/332746241/Dermaga>
- Kramadibrata, S. (1985). *Perencanaan pelabuhan*. Bandung: Ganeca Exact.
- Lakitan, 2002. *Dasar-dasar Klimatologi*, Raja Grafindo Persada,Null.
- Lantamal VIII, D. (2017, July 3). *LANAL TAHUNA TERIMA HIBAH TANAH UNTUK PEMBANGUNAN DERMAGA*. Dipetik July 1, 2018, dari lantamal8.koarmatim.tnial: <http://lantamal8.koarmatim.tnial.mil.id>
- Nontji, A. 1987. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Pond, S. and Pickard, G.L. (1983) *Introductory dynamical oceanography*. 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford
- Pushidrosal. (2011). *Peta Laut No.183*. Jakarta: Pushidrosal.
- Suryabrata, S. (1992). *Metodologi penelitian*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Triatmodjo , B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2003). *Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmojo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Utami (2010, Juli) *Tinjauan Pustaka*. Dipetik Juli 12, 2018, dari <http://repository.usu.ac.id>
- WMO. (1998). *Guide to wave analysis and forecasting 2nd edition no 702*. Switzerland Geneva: secretariat of the world meteorology organization.
- Yuwono, N. (1982). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Biro Penerbit Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.