

Teodolita

JURNAL ILMU-ILMU TEKNIK

VOL. 21 NO. 2, Desember 2020

- ☐ Study Perilaku Respon Struktur Sdof Akibat Beban Input Getar Harmonik Horisontal
- ☐ Studi Pendahuluan Batubara Di Desa Gunungsari Kecamatan Segah Kabupaten Berau Kalimantan Timur
- ☐ Analisa Transformasi Gelombang Pada Breakwater Di PLTU Karangandri Cilacap
- ☐ Persepsi Masyarakat Tentang Prioritas Kebutuhan Fisik Trotoar di kota Purwokerto Kabupaten Banyumas
- ☐ Analisis Potensi Sungai Kampung Batik Laweyan Sebagai Upaya Pengembangan Pariwisata Kota
- ☐ Pengaruh Sungai Bengawan Solo Terhadap Sejarah Perkembangan Kota Surakarta
- ☐ Evaluasi Perubahan Ruang Luar Rumah Tinggal Deret Terhadap Tampak Dan potensi Kumuh Pada Perumahan Anthurium Regency Purwokerto
- ☐ Review Durability Beton Geopolymer Berbasis Fly Ash
- ☐ Penerapan Material Lantai Berpengaruh Terhadap Kalor Ruang Gereja Katolik Di Purbalingga
- ☐ Smart Sistem Anti Rem Blong Pada Sistem Rem Tromol Berbasis *Raspberry Pi*
- ☐ Dampak Sosial Fisik Dan Kimia Pembangunan Pasar Cilongok
- ☐ Studi Karakteristik Propetis Tanah di Kecamatan Teluk Mutiara Kabupaten Alor
- ☐ Sistem Presensi Pengenalan Wajah Dengan Metode *Principal Component Analysis* (Pca)
- ☐ Analisis Pengaruh Frekuensi Gilasan Alat Pemadat Terhadap Kepadatan Lapangan (Studi Kasus Pembangunan Konstruksi Ashpond di PLTU Tanjung Jati B Jepara)

Remigildus Cornelis, Andy Hidayat Rizal, Wilhelmus B., Elsy Elisabet H.

Ary Sismiani

Indarto, Rifki Aji Ramadhan, Novi Andhi Setyo Purwono, Iwan Rustendi

Dwi Istiningsih, F. Eddy Poerwodihardjo

Rully, A. Bambang Yuwono

Wahyu Prabowo, Rully

Basuki, Dwi Jati Lestariningsih

Remigildus Cornelis, Iwan Rustendi

Yohanes Wahyu Dwi Yudono, Reni Sulistyawati AM

Teguh Priyanto, Dody Wahjudi, Priyono Yulianto

Susatyo Adhi Pramono, Priyono Yulianto, Dody Wahjudi

Tri M. W. Sir, Dantje A. T. Sina, Jusuf J.S. Pah

Eko Sudaryanto, Asep Suryanto

Pingit Broto Atmadi, Iwan Rustendi, F. Eddy Purwodihardjo, Cipta Pradipta Hudoyo

UNIVERSITAS WIJAYAKUSUMA PURWOKERTO

Teodolita

Vol. 21

NO. 2

Hlm. 1 - 121

ISSN
1411-1586Purwokerto
Des 2020

Diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

JURNAL TEODOLITA

VOL. 21 NO. 2, Desember 2020

ISSN 1411-1586

HALAMAN REDAKSI

Jurnal Teodolita adalah jurnal ilmiah fakultas teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto yang merupakan wadah informasi berupa hasil penelitian, studi literatur maupun karya ilmiah terkait. Jurnal Teodolita terbit 2 kali setahun pada bulan Juni dan Desember.

- Penanggung Jawab : Dekan Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto
- Pimpinan Redaksi : Dody Wahjudi, ST.,MT
- Sekretaris : Citra Pradipta Hudoyo, ST., MT
- Bendahara : Yohana Nursruwening, ST., MT
- Tim Reviewer :
1. Dr. Ir. Irawadi, CES. (Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik (UNWIKU)
 2. Dr. Novi Andhi Setyo Purwono, ST., MT (Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik (UNWIKU)
 3. Ir. Dwi Jati Lestariningsih, MT (Prodi Arsitektur Fakultas Teknik UNWIKU)
 4. Kholistianingsih, ST., MEng (Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik UNWIKU)
 5. Dr. Remigildus Cornelis, ST., MT. (Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana Kupang)
 6. Sulfah Anjarwati, ST., MT. (Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
 7. Ain Sahara, ST., M.Eng. (Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan)
 8. Eka Widiyananto, ST., MT. (Arsitektur STT Cirebon)
 9. Dr. Ani Tjitra Handayani, ST., MT (Teknik Sipil STTNAS Yogyakarta)
 10. Ir. Gigih Priyandoko, MT., Ph.D (Teknik Elektro Universitas Widya Gama Malang)
 11. Dr. Ir. Hadi Wahyono, M.A. (Arsitektur UNDIP Semarang)
- Sirkulasi&Distribusi : 1. Priyono Yulianto, ST., MT
2. Eko Sudaryanto, ST., MKom
- Alamat Redaksi : Sekretariat Jurnal Teodolita
Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto
Karangsalam-Beji Purwokerto
Telp 0281 633629

Email : jurnalteodolita@gmail.com

Tim Redaksi berhak untuk memutuskan menyangkut kelayakan tulisan ilmiah yang dikirim oleh penulis. Naskah yang di muat merupakan tanggungjawab penulis sepenuhnya dan tidak berkaitan dengan Tim Redaksi.

PENGANTAR REDAKSI

Edisi Desember 2020 memuat materi yang membahas tentang ilmu-ilmu teknik bidang Teknik Sipil, Teknik Arsitektur dan Teknik Elektro. Pembahasan yang diberikan diharapkan dapat menambah wawasan bagi siapa saja yang membacanya.

Kontribusi makalah dari berbagai pihak baik di dalam lingkungan kampus maupun di luar lingkungan kampus sangat redaksi harapkan agar dapat memberikan pengetahuan tentang perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang ada.

Akhir kata redaksi mengharapkan peran serta seluruh komponen untuk dapat menjadi pemakalah pada jurnal teodolita pada edisi Juni 2021..

REDAKSI

JURNAL TEODOLITA

VOL. 21 NO. 2, Desember 2020

ISSN 1411-1586

DAFTAR ISI

Study Perilaku Respon Struktur Sdof Akibat Beban Input Getar Harmonik Horizontal	1 - 8
<i>Remigildus Cornelis, Andy Hidayat Rizal, Wilhelmus B, Elsy Elisabet H</i>	
Studi Pendahuluan Batubara Di Desa Gunungsari Kecamatan Segah Kabupaten Berau Kalimantan Timur	9 - 18
<i>Ary Sismiani</i>	
Analisa Transformasi Gelombang Pada Breakwater Di Pltu Karangandri Cilacap	19 - 30
<i>Indarto, Rifki Aji Ramadhan , Novi Andhi Setyo Purwono, Iwan Rustendi</i>	
Persepsi Masyarakat Tentang Prioritas Kebutuhan Fisik Trotoar di kota Purwokerto kabupaten Banyumas	31 - 36
<i>Dwi Istiningsih, F.Eddy Poerwodihardjo</i>	
Analisis Potensi Sungai Kampung Batik Laweyan Sebagai Upaya Pengembangan Pariwisata Kota	37 - 43
<i>Rully , A. Bambang Yuuwono</i>	
Pengaruh Sungai Bengawan Solo Terhadap Sejarah Perkembangan Kota Surakarta	44 - 50
<i>Wahyu Prabowo, Rully</i>	
Evaluasi Perubahan Ruang Luar Rumah Tinggal Deret Terhadap Tampak Dan potensi Kumuh Pada Perumahan Anthurium Regency Purwokerto	51 - 57
<i>Basuki, Dwi Jati Lestariningsih</i>	
Review Durability Beton Geopolymer Berbasis Fly Ash	58 - 69
<i>Remigildus Cornelis, Iwan Rustendi</i>	
Penerapan Material Lantai Berpengaruh Terhadap Kalor Ruang Gereja Katolik Di Purbalingga	70 - 75
<i>Yohanes Wahyu Dwi Yudono , Reni Sulistyawati AM</i>	
Smart Sistem Anti Rem Blong Pada Sistem Rem Tromol Berbasis Raspberry Pi	76 - 88
<i>Teguh Priyanto, Dody Wahjudi, Priyono Yulianto</i>	

Dampak Sosial Fisik Dan Kimia Pembangunan Pasar Cilongok 89 - 104
Susatyo Adhi Pramono , Priyono Yulianto, Dody Wahjudi

**Studi Karakteristik Propetis Tanah di Kecamatan Teluk Mutiara
Kabupaten Alor 105 -111**
Tri M. W. Sir ;Dantje A. T. Sina ; Jusuf J.S. Pah

**Sistem Presensi Pengenalan Wajah Dengan Metode *Principal Component
Analysis (Pca)* 112 -115**
Eko Sudaryanto, Asep Suryanto

**Analisis Pengaruh Frekuensi Gilasan Alat Pemadat Terhadap Kepadatan Lapangan
(Study Kasus Pembangunan Konstruksi Ashpond Di Pltu Tanjung Jati B Jepara)
..... 116 -121**
Pingit Broto Atmadi, Iwan Rustendi, F Eddy Purwodihardjo, Citra Pradipta Hudoyo

ANALISA TRANSFORMASI GELOMBANG PADA BREAKWATER DI PLTU KARANGKANDRI CILACAP

Indarto¹⁾, Rifki Aji Ramadhan²⁾, Novi Andhi Setyo Purwono, dan Iwan Rustendi

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wijaya Kusuma, Purwokerto, Jawa Tengah
sipilunwiku@gmail.com

ABSTRACT

PLTU Cilacap is the only power plant that operates on the southern part of Java Island and is interconnected with the Java-Bali system. Precisely located in the village of Karangkandri, Kesugihan district, Cilacap Regency, 20 kilometers from the city of Cilacap. The Cilacap power plant has a breakwater building that serves to dampen incoming waves and provide protection against damage to the area around the power plant where its effectiveness depends on the placement of the direction of the breakwater. The purpose of writing this Final Project is to analyze the characteristics of the wave transformation and evaluate the performance of breakwater in the PLTU Karangkandri Cilacap. The data used include: Bathymetric Data, Wind Data for 10 years, and Location Maps. The method used in the analysis of wind data for 10 years to calculate the return wave is the SMB method consisting of Weibull and Gumbel (Fisher-Tippet Type I), as well as the wave simulation using Software SMS 8.0 CG Wave models.

From the results of wind data analysis for 10 years that the dominant wind direction comes from the Southeast with an average speed distribution of 3.73 m / s with the longest effective fetch of 160.41 km. The analysis of wave rose shows that August is the month where wave height reaches its highest point with a significant wave height for 10 years of 3.757 m. Based on the main point of view on the CG Wave simulation, the results obtained a large percentage of the wave height from the south, southeast and east after the breakwater is between 1.37% - 8.71% and the percentage of wave height without breakwater is between 98.63% - 117.28%. The greater the percentage of the wave height, the greater the wave height that occurs so that it can affect the effectiveness of the mouth of the Breakwater, so that the breakwater model is still effective and safe for driving the wave speed.

Keywords: PLTU Cilacap Breakwater, Weibull Method, Gumbel Method (Fisher-Tippet Type I), CG Wave

INTISARI

PLTU Cilacap merupakan satu-satunya pembangkit yang beroperasi di pulau jawa bagian selatan dan terinterkoneksi dengan sistem jawa-bali. Tepatnya terletak di desa Karangkandri, kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap, 20 kilometer dari kota Cilacap. PLTU Cilacap memiliki bangunan *breakwater* yang berfungsi untuk meredam gelombang yang datang dan memberikan perlindungan terhadap kerusakan wilayah disekitar PLTU dimana keefektifannya bergantung pada penempatan arah *breakwater*. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah menganalisis karakteristik transformasi gelombang dan mengevaluasi kinerja *breakwater* di PLTU Karangkandri Cilacap. Data yang digunakan antara lain : Data Batimetri, Data Angin selama 10 tahun, dan Peta Lokasi. Metode yang digunakan dalam analisis data angin selama 10 tahun untuk menghitung gelombang kala ulang adalah metode SMB yang terdiri dari *Weibull* dan *Gumbel (Fisher-Tippet Type I)*, serta simulasi gelombangnya menggunakan *Software SMS 8.0 model CG Wave*.

Dari hasil analisis data angin selama 10 tahun bahwa arah angin dominan berasal dari arah Tenggara dengan kecepatan rata-rata distribusi frekuensi sebesar 3,73 m/s dengan *fetch* efektif terpanjang sebesar 160,41 km. Hasil analisis mawar gelombang (*Waverose*) didapatkan bahwa bulan Agustus merupakan bulan dimana tinggi gelombang mencapai titik tertingginya dengan tinggi gelombang signifikan selama 10 tahun sebesar 3,757 m. Berdasarkan titik tinjauan utama pada simulasi *CG Wave* didapatkan hasil persentase besar terjadinya tinggi gelombang dari arah selatan, tenggara dan timur setelah adanya *breakwater* adalah sebesar antara 1,37% - 8,71% dan persentase tinggi gelombang tanpa *breakwater* sebesar antara 98,63% - 117,28%. Semakin besar persentase tinggi gelombangnya maka semakin besar tinggi gelombang yang terjadi sehingga dapat mempengaruhi keefektifan mulut *Breakwater* tersebut, sehingga model *breakwater* tersebut masih efektif dan aman untuk menghalau laju gelombang.

Kata Kunci: *Breakwater* PLTU Cilacap, Metode *Weibull*, Metode *Gumbel (Fisher-Tippet Type I)*, *CG Wave*

PENDAHULUAN

1. Tinjauan Pustaka

PLTU Cilacap merupakan satu-satunya pembangkit yang beroperasi di pulau jawa bagian selatan

dan terinterkoneksi dengan sistem jawa-bali. Tepatnya terletak di Desa Karangkandri, Kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap, 20 kilometer dari Kota Cilacap. Menurut Bambang Triatmodjo gelombang dapat

menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang yang bergerak mendekati pantai, semakin dangkal suatu perairan maka gelombang akan semakin bergesekan dengan dasar laut, hal ini menyebabkan pecahnya gelombang. Hal ini menyebabkan terjadinya peristiwa pengadukan yang kemudian membawa material dari dasar laut. Data gelombang laut menjadi faktor penting dalam merencanakan tata letak pemecah gelombang karena di pengaruhi oleh tinggi dan periode gelombang signifikan.

Dengan ini kami meneliti kemampuan *breakwater* terhadap transformasi gelombang yang terjadi di perairan sekitar PLTU Karangandri Cilacap. Dengan demikian kami menggunakan aplikasi SMS 8.0 pemodelan *CG Wave* .jika suatu saat memerlukan perubahan mengenai *breakwater* PLTU Karangandri Cilacap, maka penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan.

2. Kajian Pustaka

2.2.1 Angin

Angin adalah aliran udara dalam jumlah yang besar disebabkan oleh rotasi bumi dan juga sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara yang tinggi ke bertekanan udara rendah. Angin merupakan sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi. Gerakan udara disebabkan oleh temperatur atmosfer. Perubahan temperatur di atmosfer disebabkan oleh perbedaan penyerapan panas oleh tanah dan air, perbedaan panas di gunung dan lembah, atau perbedaan suhu pada belahan bumi bagian utara dan selatan karena adanya perbedaan musim dingin dan musim panas, maka pada waktu siang hari daratan lebih panas daripada laut. Udara di atas daratan akan naik dan diganti oleh udara dari laut, sehingga terjadi angin laut. Sebaliknya, pada waktu malam hari daratan lebih dingin daripada laut, udara di atas laut akan naik dan diganti oleh udara dari daratan sehingga terjadi angin darat. Indonesia mengalami angin musim, yaitu angin yang berhembus dalam satu arah dalam satu arah dan satu periode dalam satu tahun. Periode yang lain, arah angin berlawanan dengan angin pada periode sebelumnya. (Triatmodjo, 2009).

Kecepatan angin dapat menimbulkan gaya gesek di permukaan laut. Arus yang ditimbulkan angin disebut *drift currents*. Jenis arus ini kebanyakan terjadi disekitar permukaan perairan pantai. Kecepatan *drift current* yang paling besar biasanya berada di perairan selat yang posisinya searah dengan arah angin. Kondisi ini disebut sebagai *longshore drift currents*, yakni arus sejajar pantai yang ditimbulkan karena tiupan angin (Wibisono, 2005).

Kecepatan angin diukur dengan anemometer, jika tidak tersedia anemometer, kecepatan angin dapat diperkirakan berdasar keadaan lingkungan dengan menggunakan skala *Beaufort*, seperti pada tabel 2.1. Kecepatan angin biasanya dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui

katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1,852 km/jam.

Tabel 2.2 Skala Beaufort

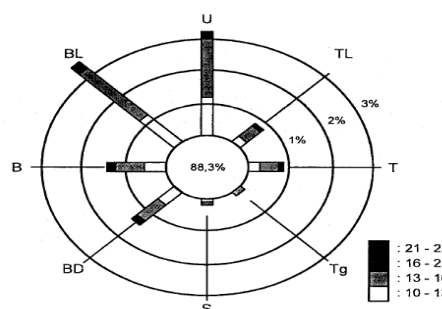
Tingkat	Sifat Angin	Kedaaan Lingkungan	V (knot)	P (kg/m ²)
0	Sunyi (<i>calm</i>)	Tidak ada angin, asap mengumpul	0-1	0,2
1	Angin sepoi	Arah angin terlihat pada arah asap, tidak ada bendera angin	1-3	0,8
2	Angin sangat lemah	Angin terasa pada muka, daun ringan bergerak	4-6	3,5
3	Angin lemah	Daun atau ranting terus menerus bergerak	7-10	8,1
4	Angin sedang	Debu atau kertas tertiuip, ranting dan cabang kecil bergerak	11-16	15,7
5	Angin agak kuat	Pohon kecil bergerak, buih putih di laut	17-21	26,6

Lanjutan Tabel 2.2 Skala Beaufort

Tingkat	Sifat Angin	Kedaaan Lingkungan	V (knot)	P (kg/m ²)
6	Angin kuat	Dahan besar bergerak, suara mendesir kawat tilpun	22-27	41,0
7	Angin kencang	Pohon seluruhnya bergerak, perjalanan di luar sukar	28-33	60,1
8	Angin sangat kuat	Ranting pohon patah, berjalan menentang angin	34-40	83,2
9	Badai	Kerusakan kecil pada rumah, genting tertiuip dan terlompas	41-47	102,5
10	Badai kuat	Pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah	48-55	147,5
11	Angin ribut	Kerusakan karena badai terdapat di daerah luas	56-63	188,0
12	Angin topan	Pohon besar tumbang, rumah rusak berat	64	213,0

(Sumber: Triatmodjo, B, 2009)

Karakteristik angin meliputi profil geseran angin, massa jenis angin, arah angin, dan kekuatan angin. Frekuensi kejadian pada tiap arah mata angin dan kelas kecepatan angin pada lokasi dan waktu yang ditentukan dengan menggambarkan *windrose*. *Windrose* adalah sebuah grafik yang memudahkan dalam penyajian data angin. *Windrose* merupakan suatu gambar berbentuk lingkaran persentase angin, memiliki penyebaran kelompok dengan variasi warna berbeda yang menandakan perbedaan kecepatan angin yang terjadi atau suatu gambar yang memetakan kecepatan dan arah angin dengan sederhana. *Windrose* juga diperjelas dengan menampilkan grafik kecenderungan arah pergerakan angin dan persentasenya pada suatu wilayah dengan cepat (Yulianti, 2011).



Gambar 2.1 Windrose

(Sumber: Triatmodjo, B, 1999)

2.2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah Fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda

langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari, kemudian menghasilkan dua tonjolan pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari. (Triatmodjo, 1999).

Pasang surut purnama terjadi ketika bumi, bulan, dan matahari berada dalam satu garis lurus, pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah. Pasang surut purnama terjadi pada tanggal 1 dan 15 saat bulan baru dan bulan purnama. Pasang perbani terjadi ketika bumi, bulan, dan matahari membentuk sudut tegak lurus, pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Pasang surut perbani ini terjadi pada saat bulan 1/4 dan 3/4 atau sekitar tanggal 7 dan 21.

Menurut Nontji (1987) terdapat empat jenis tipe pasang surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya, yaitu pasang surut harian (*diurnal*), tengah harian (*semi diurnal*), campuran condong ke harian ganda (*mixed tides*) dan campuran condong ke harian tunggal (*prevailing diurnal*). Variasi harian dari rentang pasang surut berubah setiap bulan secara sistematis terhadap siklus bulan. Rentang pasang surut juga bergantung pada bentuk perairan dan konfigurasi lantai samudera.

- Pasang Surut Harian Ganda (*Semi Diurnal Tide*)**
Satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.
- Pasang Surut Harian Tunggal (*Diurnal Tide*)**
Satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
- Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*)**
Satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*)**

Tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

2.2.3 Gelombang

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/ grafik sinusoidal. Salah satunya gelombang laut yang disebabkan oleh angin, angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan,

menyebabkan riak-riak, alun/ bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang.

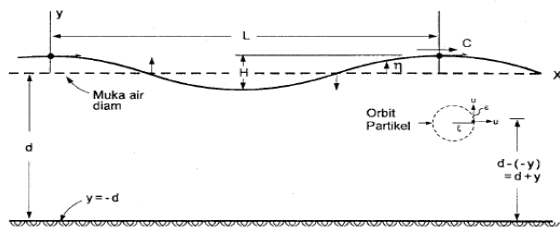
Gelombang pada dasarnya adalah manifestasi dari gaya-gaya yang bekerja pada fluida. Tiupan angin dan jatuhnya batu pada permukaan air dapat menimbulkan gelombang. Gaya gravitasi dan tegangan permukaan akan bereaksi untuk menimbulkan rambatan gelombang. Bentuk ideal gelombang beramplitudo kecil di perairan dalam adalah sinusoidal. Gelombang laut timbul karena adanya gaya pembangkit yang bekerja pada laut. Ditinjau dari sering terjadinya, gelombang angin merupakan gelombang yang paling dominan dalam informasi meteorologi kelautan. Kondisi gelombang di suatu perairan diperoleh secara tidak langsung dari data angin yang terdapat di suatu kawasan perairan. Hal ini didasari atas kondisi umum yang berlaku di laut, yaitu sebagian besar gelombang yang ditemui di laut dibentuk oleh energi yang ditimbulkan oleh tiupan angin. Gelombang jenis ini dikenal sebagai gelombang angin (Roni Kurniawan, dkk, 2011). Analisis gelombang diperlukan juga analisis *waverose* dengan menggunakan *WRPLOT View*. *Waverose* menggambarkan frekuensi kejadian pada tiap arah mata angin dan kelas ketinggian gelombang pada lokasi dan waktu yang telah ditentukan. *Waverose* juga diperjelas dengan menampilkan grafik dari kecenderungan arah pergerakan gelombang dan persentasenya pada suatu wilayah dengan cepat. *Waverose* menghasilkan nilai tinggi gelombang air laut dalam satuan centimeter (cm) atau meter (m).

Pada kondisi sesungguhnya di alam, pergerakan orbital di perairan dangkal (*shallow water*) dekat dengan kawasan pantai. Sehingga, dapat dibayangkan bagaimana energi gelombang mampu mempengaruhi kondisi pantai. Simulasi pergerakan partikel air saat penjalaran gelombang menuju pantai ketinggian dan periode gelombang tergantung kepada panjang *fetch* pembangkitannya. *Fetch* adalah jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal pembangkitannya. *Fetch* ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Semakin panjang jarak *fetch*nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar. Angin juga mempunyai pengaruh yang penting pada ketinggian gelombang. Angin yang lebih kuat akan menghasilkan gelombang yang lebih besar.

2.2.3.1 Teori Gelombang Airy

Gelombang yang terjadi di alam sangat kompleks dan tidak dapat dirumuskan dengan akurat, tetapi dalam mempelajari fenomena gelombang yang terjadi di alam dilakukan beberapa asumsi sehingga muncul beberapa teori gelombang. Salah satu teori gelombang adalah teori gembang amplitudo kecil atau teori gelombang airy. Teori gelombang airy merupakan teori gelombang yang paling sederhana karena merupakan teori gelombang linier, yang pertama kali diperkenalkan oleh Airy pada tahun 1845.

Teori Gelombang Airy diturunkan berdasarkan persamaan Laplace untuk aliran tidak rotasi (*irrotational flow*) dengan kondisi batas di dasar laut dan di permukaan air (Zakria, 2008).



Gambar 2.2 Definisi Gelombang

(Sumber: Triatmodjo, B, 1999)

Profil muka air merupakan fungsi ruang (x) dan waktu (t) yang mempunyai bentuk berikut ini:

$$\eta(x,t) = H/2 \cos(kx - \sigma t) \quad (2.2)$$

Beberapa notasi yang digunakan adalah:

$\eta(x,t)$ = fluktuasi muka air terhadap muka air diam

H = tinggi gelombang = 2a (m).

k = angka gelombang $2\pi/L$

σ = frekuensi gelombang $2\pi/T$ (Hz).

Cepat rambat (C) dan panjang gelombang (L) diberikan oleh persamaan berikut:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tan \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT}{2\pi} \tan kd \quad (2.3)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tan \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT^2}{2\pi} \tan kd \quad (2.4)$$

Dengan:

d = jarak antara muka air rerata dan dasar laut (m)

a = amplitudo gelombang

T = periode gelombang (s)

C = kecepatan rambat gelombang = L/T (m/s)

L = panjang gelombang (m)

menyebar maka energinya kecil. Apabila akan direncanakan suatu pelabuhan di daerah pantai, maka lokasi 2 lebih cocok daripada lokasi 1, karena bangunan yang direncanakan akan menahan energi gelombang yang lebih kecil.

Refraksi gelombang terdapat koefisien pendangkalan (Ks) dan koefisien refraksi (Kr) dengan persamaan:

$$H_1 = K_s K_r H_0 \quad (2.5)$$

Suatu deretan gelombang yang menjalar dari laut dengan kedalaman d_0 menuju kedalaman d_1 , dengan perubahan kedalaman mendadak dan dianggap tidak ada refleksi gelombang pada perubahan tersebut (Triatmodjo, 1999). Adanya perubahan kedalaman maka cepat rambat dan panjang gelombang berkurang dari C_0 dan L_0 menjadi C_1 dan L_1 . Sesuai dengan hukum Snell, berlaku:

$$\sin \alpha_1 = \left(\frac{C_1}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \quad (2.6)$$

dengan:

α_0 = sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur dasar dimana gelombang melintas ($^\circ$)

α_1 = sudut yang sama yang diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur dasar berikutnya ($^\circ$)

C_0 = kecepatan gelombang pada kedalaman di kontur pertama (m/s)

C_1 = kecepatan gelombang pada kedalaman kontur berikutnya (m/s)

Koefisien refraksi menggunakan rumus:

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}} \quad (2.7)$$

Untuk menghitung koefisien pendangkalan, dicari nilai n dengan menggunakan lampiran berdasar nilai d/L_0 .

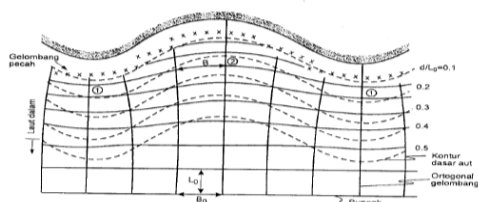
$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n_1 L_1}} \quad (2.8)$$

2.2.3.2 Deformasi Gelombang

Deformasi gelombang adalah perubahan sifat gelombang yang terjadi ketika ada gelombang bergerak merambat menuju pantai.

a. Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang adalah peristiwa pembelokan arah gelombang yang memasuki perairan dangkal yang disebabkan karena sebagian gelombang masih merambat dengan kecepatan gelombang laut dalam pada waktu masuk ke laut dangkal. Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut.



Gambar 2.3 Refraksi Gelombang

(Sumber: Triatmodjo, B, 1999)

Gambar 2.3 terdapat angka 1 dan 2 menunjukkan bahwa lokasi 1, garis ortogonal gelombang menguncup maka energinya besar, sedangkan di lokasi 2 garis ortogonal gelombang

b. Gelombang Pecah

Gelombang pecah terjadi ketika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah.

Gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang (Triatmodjo, 1999).

Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{Hb}{H_0} = \frac{1}{3,3(H_0/L_0)^{1/3}} \quad (2.9)$$

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus :

$$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - \left(\frac{aHb}{gT^2} \right)} \quad (2.10)$$

dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan persamaan:

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad (2.11)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (2.12)$$

dengan:

Hb : tinggi gelombang pecah (m)

H_0 : tinggi gelombang laut dalam

L_0 : panjang gelombang di laut dalam

db : kedalaman air pada saat gelombang pecah (m)
 m : kemiringan dasar laut (m)
 g : percepatan gravitasi (m/s²)
 T : periode gelombang (s)

2.2.3.3 Pembangkitan Gelombang

Gelombang di laut umumnya gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Angin yang bertiup di atas permukaan laut merupakan pembangkit arus dan juga pembangkit utama gelombang. Angin terus-menerus berhembus dan transfer energi semakin besar dari angin ke muka air, sehingga terbentuk gelombang yang lebih panjang dan memiliki tinggi gelombang semakin besar (M. Furqon Azis, 2006). Sifat-sifat gelombang dipengaruhi oleh faktor angin dan sedikitnya ada tiga faktor angin yang sangat berpengaruh, yaitu:

a. Kecepatan angin

Kecepatan angin pada umumnya semakin kencang angin yang bertiup, semakin besar gelombang yang terbentuk dan gelombang mempunyai kecepatan yang tinggi dan panjang gelombang yang besar. Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, tetapi di dalam rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data angin di atas permukaan laut, maka diperlukan transformasi dari data angin di daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di daratan terdekat, yaitu $RL = U_w/U_L$.

$$(2.13)$$

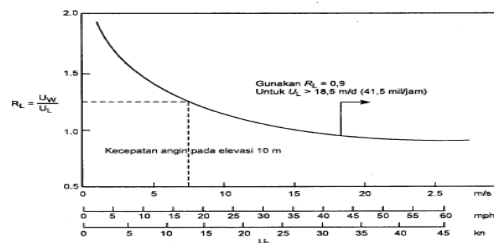
Rumus dan grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel UA, yaitu faktor tegangan angin yang dihitung dari kecepatan angin. Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$UA = 0,71UW^{1,23} \quad (2.14)$$

Dimana:

UA = faktor tegangan angin (m/s)

UW = kecepatan angin di laut (m/s)



Gambar 2.4 Hubungan Kecepatan Angin di Laut dan Darat

(Sumber: Triatmodjo, B, 1999)

b. Lama Hembus Angin

Tinggi, kecepatan, dan panjang gelombang seluruhnya cenderung untuk meningkat sesuai dengan lamanya angin bertiup. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energi ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut,

sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, jika angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk.

c. Fetch

Tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin, tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Panjang *fetch* adalah panjang laut yang dibatasi oleh pulau-pulau pada kedua ujungnya (Triatmodjo, 1999). Persamaan *fetch* rerata efektif adalah:

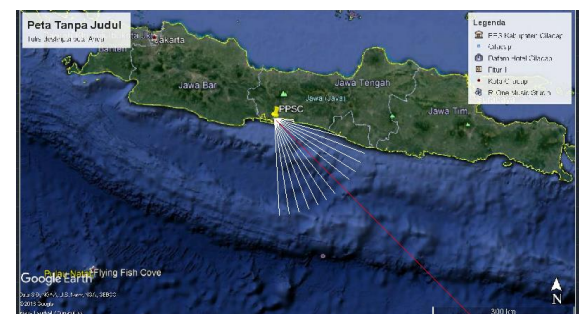
$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.15)$$

Dengan:

F_{eff} = *fetch* rerata efektif (km)

X_i = panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch* (km)

α = deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin (°).



Gambar 2.5 Contoh Fetch
 (Sumber : Suhendri dkk, 2019)

2.2.3.4 Kala Ulang Gelombang

Penetapan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang. Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi berdasarkan data angin. Pengukuran gelombang dalam jangka waktu panjang di Indonesia belum banyak dilakukan, karena sulit dan mahal, tetapi pengukuran angin sudah banyak dilakukan. Gelombang ekstrim yang diprediksi tergantung pada kebenaran data yang tersedia dan jumlah tahun pencatatan. Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif, seperti Hs, H10, H33, Hmaks. Perencanaan bangunan-bangunan pantai perlu dipilih tinggi dan periode gelombang individu yang dapat mewakili suatu spektrum gelombang. Apabila tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah atau sebaliknya, maka akan dapat

ditentukan nilai H_n yang merupakan rerata dari n persen gelombang tertinggi. Misal H_{10} adalah tinggi rerata dari 10% gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang. H_{33} yaitu tinggi rerata dari 33% nilai tertinggi dari pencatatan gelombang. H_s merupakan tinggi gelombang signifikan. Cara untuk menghitung nilai tinggi gelombang adalah:

Gelombang 10% (H_{10}) adalah:

$$n = 10\% \times \text{jumlah data dalam pencatatan}$$

$$H_{10} = \frac{\sum_{i=1}^n H_n}{n} \quad (2.16)$$

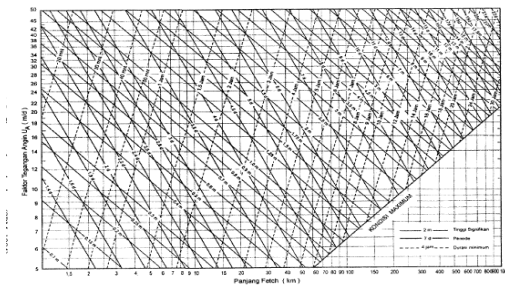
$$T_{10} = \frac{\sum_{i=1}^n H_n}{n} \quad (2.17)$$

Gelombang 33% (gelombang signifikan, H_s) adalah:

$$H_{33} = \frac{\sum_{i=1}^n H_n}{n} \quad (2.18)$$

$$T_{33} = \frac{\sum_{i=1}^n H_n}{n} \quad (2.19)$$

Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan dilampaui satu kali dalam T tahun, dan gelombang tersebut dikenal dengan gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan (Triatmodjo, 1999). Pembangkitan gelombang dengan data angin menggunakan grafik SPM 1984.



Gambar 2.6 Grafik Peramalan Gelombang (SPM, 1984)
(Sumber: SPM, 1984)

Metode untuk memprediksi gelombang dengan periode ul tertentu, yaitu distribusi *Gumbel (Fisher-Tippett Type I)* distribusi *Weibull* (CERC, 1992). Metode ini dilakukan ur tinggi gelombang signifikan dengan berbagai periode ul. Biasanya pendekatan yang dilakukan adalah mencoba beberapa metode tersebut untuk data tersedia dan kemudian dipilih yang memberikan hasil terbaik. Langkah perhitungan periode ulang gelombang antara lain:

1) Metode *Gumbel (Fisher-Tippett Type I)*

a. Menghitung probabilitas bahwa $H(m)$ tidak terlampaui atau ($H_s < H_{sm}$) dengan rumus:

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,44}{NT + 0,12} \quad (2.20)$$

Dimana:

$P(H_s \leq H_{sm})$: Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke- m yang tidak dilampaui.

H_{sm} : Tinggi gelombang urutan ke- m

m : Nomor urut tinggi gelombang signifikan

: 1,2,3,...,N

NT : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan.

b. Menghitung distribusi *Fisher-Tippett Type I*

$$y_m = -\ln \left\{ -\ln P(H_s \leq H_{sm}) \right\} \quad (2.21)$$

c. Parameter hitungan analisis regresi linier yang dihitung adalah nilai $H_{sm} \times y_m$, y_m^2 , dan $(H_{sm} - H_{sm \text{ rata-rata}})^2$.

d. Beberapa nilai di atas dapat dihitung parameter $\hat{A}$ dan $\hat{B}$ berdasarkan data H_{sm} dan y_m dengan menggunakan rumus berikut (Bambang Triatmojo, 1999):

$$H_{sr} = \hat{A} y_r + \hat{B} \quad (2.22)$$

Dengan:

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} \quad (2.23)$$

$$\hat{B} = H_{sm} - \hat{A} y_m \quad (2.24)$$

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{LTr} \right) \right\} \quad (2.25)$$

Dengan:

Tr = Periode ulang (tahun)

K = Panjang data (tahun)

L = Rerata jumlah kejadian per tahun =

NT/K

Nilai H_{sr} yaitu perkiraan tinggi gelombang yang dihitung dengan persamaan regresi linier yang telah didapatkan dari perhitungan.

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^0.5 \quad (2.26)$$

Dengan:

σ_{nr} : Standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang Tr

N : Jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N - 1,3 + k \sqrt{-\ln v}} \quad (2.27)$$

$\alpha_1, \alpha_2, c, \varepsilon, k$: koefisien empiris yang terdapat pada tabel 2.2.

Tabel 2.3 Koefisien untuk Menghitung Standar Deviasi (Triatmodjo, 1999)

Distribusi	α_1	α_2	k	c	ε
Gumbel (Fisher-Tippett Type I)	0,64	9	0,93	0	1,33
Weibull ($k=0,75$)	1,65	11,4	-0,63	0	1,15
Weibull ($k=1$)	1,92	11,4	0	0,3	0,9
Weibull ($k=1,4$)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72
Weibull ($k=2,0$)	2,24	11,4	1,34	0,5	0,54

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{Hs} \quad (2.28)$$

Dengan:

σ_r : Kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang Tr

σ_{Hs} : Standar deviasi dari data tinggi gelombang signifikan.

2) Metode *Weibull*

Hitungan perkiraan tinggi gelombang ekstrim dilakukan dengan cara yang sama seperti metode *Fisher-Tippett Type I*. Rumus-rumus probabilitas yang digunakan untuk metode *weibull* adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,22 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{NT + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.29)$$

Dimana:

$P(H_s \leq H_{sm})$: Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke- m yang tidak dilampaui

H_{sm} : Tinggi gelombang urutan ke- m

m : Nomor urut tinggi gelombang signifikan
 : 1,2,3,...N
 NT : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan
 k : Parameter bentuk, pada analisis ini dipakai k = 2.

Tinggi gelombang signifikan untuk periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus :

$$H_{sr} = \hat{A} y_m + B^{\wedge} \quad (2.30)$$

$$y_m = [-\ln\{1 - P(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k} \quad (2.31)$$

$$y_r = \{\ln(LTr)\}^{1/k} \quad (2.32)$$

Dengan:

H_{sr} : Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang Tr

Tr : Periode ulang (tahun)

K : Panjang data (tahun)

L : Rata-rata jumlah kejadian per tahun

= NT/K

Deviasi standar data tinggi gelombang signifikan:

$$\sigma H_s = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - H_{sm \text{ rata-rata}})^2 \right]^{1/2} \quad (2.33)$$

Dari beberapa nilai di atas dapat dihitung parameter $\hat{A}$ dan $B^{\wedge}$ berdasarkan data H_{sm} dan y_m dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H_{sr} = \hat{A} y_r + B^{\wedge}$$

Dengan:

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} \quad (2.34)$$

$$B^{\wedge} = H_{sm} - \hat{A} y_m \quad (2.35)$$

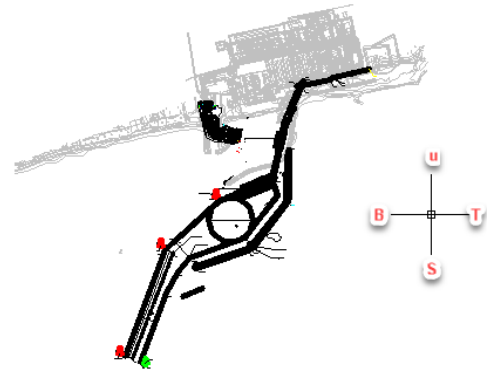
2.2.4 Peta Batimetri

Peta batimetri adalah peta yang menggambarkan kedalaman laut dan disajikan dengan menggunakan garis kontur kedalaman. Garis kontur adalah garis abstrak yang menghubungkan beberapa lokasi atau daerah yang memiliki ketinggian atau kedalaman yang sama. Peta batimetri sebenarnya tidak sedetail peta rupa bumi yang menyajikan data ketinggian dan kenampakan permukaan bumi. Untuk pengukuran topografi, *surveyor* membutuhkan sejumlah titik-titik kontrol yang dipakai sebagai titik patokan. Titik kontrol tersebut dikatakan pada stasiun pasang surut untuk mendapatkan referensi ketinggian terhadap muka laut rata-rata. Pengukuran kedalaman lautan pada dasarnya dilakukan dengan menggunakan *echosounding*. Prinsip pengukuran dengan *echosounding* adalah dengan memancarkan gelombang suara ke arah dasar laut. Alat *echosounder* akan mencatat waktu pada saat gelombang suara dipancarkan ke dasar laut dan waktu kedatangan pantulan gelombang suara tersebut.

Secara matematis jarak merupakan hasil perkalian antara kecepatan gelombang dengan waktu. Kecepatan gelombang suara sudah diketahui dan waktu perambatan gelombang dapat dihitung dari selisih

waktu pemancaran gelombang dengan waktu kedatangan pantulan gelombang. Hasil perkalian kecepatan dengan waktu rambat gelombang menunjukkan jarak dalam hal ini kedalaman laut.

Dalam penelitian ini Peta batimetri akan digunakan pada permodelan *CG Wave* menggunakan *software SMS 8.0*.



Gambar 2.7 Peta Batimetri Breakwater PLTU Karangkandri

(Sumber: PLTU Karangkandri)

2.2.5 Permodelan CG Wave

Simulasi model gelombang dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai perubahan tinggi gelombang yang terjadi pada daerah perairan di luar pelabuhan, alur masuk pelabuhan, dan kolam pelabuhan. Simulasi gelombang dilakukan pada kondisi elevasi muka air rencana (elevasi pada saat kondisi muka air pasang tertinggi).

Dalam mensimulasikan model gelombang yang digunakan modul *CG Wave* pada *software Surface-water Model System (SMS)*. *CG Wave* merupakan program yang mendeskripsikan model dan arah penjarangan gelombang di daerah pelabuhan, daerah pantai terbuka, estuaria, dan gelombang disekitar pulau. *Software* ini dikembangkan oleh *University of Mine* dibawah kontrak *U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station*. Simulasi *CG Wave* merupakan kombinasi dari refraksi-difraksi gelombang, friksi gelombang, gelombang pecah, penyebaran amplitudo gelombang nonlinier dan alur pelabuhan.

Faktor yang dominan di dalam proses erosi pantai adalah gaya gelombang. Untuk mengkaji keadaan gelombang di perairan dilakukan pemodelan matematis refraksi dan difraksi gelombang. Hasil kajian tersebut selain bermanfaat untuk menetapkan keadaan gelombang rancangan yang akan digunakan untuk merancang bangunan pelindung pantai juga dapat digunakan untuk mengkaji perubahan garis pantai. Model matematis refraksi dan difraksi gelombang yang dipakai dalam studi ini adalah *CG Wave (Coastal surface water Wave)*. *CG Wave* dapat digunakan untuk memprediksi perambatan gelombang linier melewati daerah dengan batimetri tak beraturan. Output dari permodelan dengan *CG Wave* berupa:

- Tinggi
- Fase
- Arah
- Kecepatan

- Tekanan Gelombang

Persamaan pengatur yang diselesaikan dalam model refraksi difraksi adalah persamaan perambatan gelombang yang dimodifikasi dari *mild slope equation* untuk gelombang lini monokromatik. Persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut (Berkhoff, 1982 dalam Demirebilek, 1998).

$$\nabla \cdot (CCg \nabla n) + \frac{Cg}{C} \sigma^2 n = 0$$

dengan :

n = fungsi elevasi permukaan gelombang

σ = frekuensi gelombang

$C(x, y)$ = Phase kecepatan

$$nC = \frac{\partial \sigma}{\partial k}$$

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$$

$k(x, y)$ = jumlah gelombang ($2\pi/L$) yang berhubungan dengan kedalaman lokal $d(x, y)$

Cg = kecepatan grup

σ^2 = dispersi linier

σ^2 = $gk \tanh(kd)$

3. Metodologi Penelitian

3.1. Data Penelitian

Lokasi penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap Karangandri Cilacap. Data yang digunakan antara lain : Data Angin tahun 2008 – 2017, Data Batimetri, dan Peta Lokasi yang didapatkan dari BMKG Cilacap dan Kantor PLTU Cilacap.

3.2. Langkah – Langkah Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan data secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Mengolah data angin. Mengolah data arah dan kecepatan angin menjadi data tinggi gelombang dan arah gelombang.
2. Menganalisis panjang *fetch* berdasarkan peta lokasi penelitian.
3. Menggambar mawar gelombang (*wave rose*).
4. Menentukan tinggi gelombang rencana dengan kala ulang tertentu menggunakan metode distribusi *Gumbel* (*Fisher Tippet-Type I*) dan distribusi *Weibull*.
5. Melakukan Simulasi Gelombang dengan software *SMS 8.0 CG Wave*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Angin

1 Knot = 0.514 m/s	JANUARI		FEBRUARI		MARET		APRIL	
TAHUN/BULAN	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH
2008	5,654	270	9,766	250	6,168	340	5,654	100
2009	5,654	270	5,654	270	7,71	310	7,71	310
2010	7,196	260	7,71	150	6,168	140	7,196	240
2011	9,252	140	6,168	250	7,196	270	6,682	320
2012	7,71	260	8,738	250	10,794	240	7,71	50
2013	12,85	250	7,196	140	7,196	50	6,682	210
2014	8,224	250	10,794	350	6,168	340	7,196	240
2015	7,71	150	7,71	150	11,822	240	7,196	30
2016	9,252	320	6,682	340	7,71	340	6,682	130
2017	10,794	290	10,794	270	7,196	350	5,654	140

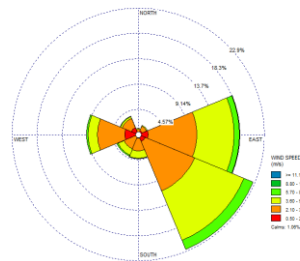
TAHUN/BULAN	MEI		JUNI		JULI		AGUSTUS	
	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH
2008	7,196	110	5,654	100	8,738	120	6,168	120
2009	6,168	100	6,168	100	7,71	130	9,766	120
2010	7,196	120	7,196	100	9,252	110	8,738	130
2011	7,196	110	9,252	120	8,738	150	7,71	120
2012	8,738	100	7,196	80	8,738	120	6,168	130
2013	7,196	350	7,71	90	7,196	300	9,252	110
2014	8,738	100	7,71	90	7,196	300	7,196	300
2015	9,252	150	10,28	120	8,224	120	9,766	130
2016	9,252	50	7,196	140	9,252	80	8,224	300
2017	8,224	120	7,71	110	9,766	110	9,766	100

TAHUN/BULAN	SEPTEMBER		OKTOBER		NOVEMBER		DESEMBER	
	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH	KECEPATAN (MS)	ARAH
2008	7,71	110	7,71	350	5,14	320	7,71	310
2009	7,71	130	7,71	140	7,196	130	7,71	310
2010	9,252	150	7,196	140	6,168	170	7,196	240
2011	8,738	120	6,682	120	7,71	150	7,71	260
2012	7,71	110	8,224	160	7,71	120	6,682	180
2013	8,738	130	8,224	120	7,71	120	9,252	100
2014	7,196	300	7,196	140	6,682	130	6,682	120
2015	8,738	120	8,224	140	8,224	160	8,224	120
2016	11,308	60	8,224	220	8,738	130	11,308	240
2017	8,738	150	7,196	160	6,168	250	7,196	260

(Sumber: Data Angin BMKG Cilacap)

2. Mawar Angin (Windrose)

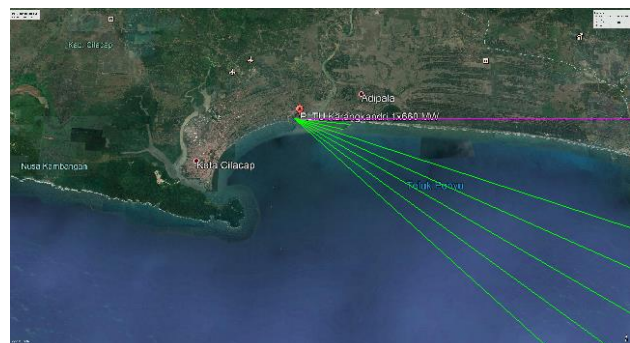
Windrose adalah sebuah metode penggambaran informasi mengenai kecepatan dan arah angin pada suatu lokasi tertentu. Hasil analisis *Windrose* didapatkan bahwa angin yang berasal dari arah Tenggara lebih mendominasi kecepatan angin rata-rata distribusi frekuensi sebesar 3,73 m/s selama pengamatan dilakukan.



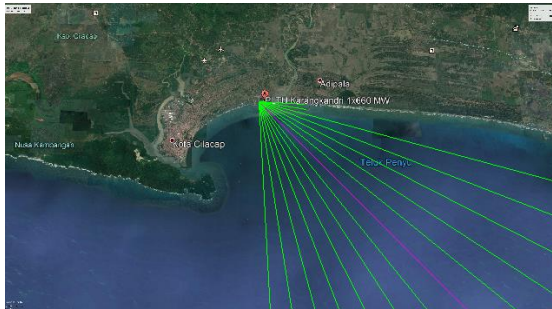
Gambar 1 Mawar Angin (*windrose*) selama 10 tahun (2008-2017)

3. Fetch

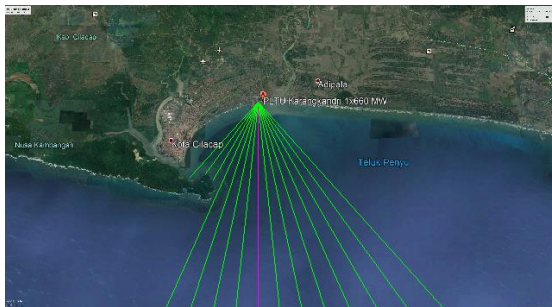
Fetch adalah daerah pembangkitan gelombang atau dalam pengertian yang lain bisa diartikan sebagai tempat awal dimana gelombang mulai terbentuk dan menjalar ke suatu daerah tertentu. *Fetch* merupakan jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal pembangkitannya. *Fetch* ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Semakin panjang jarak *fetch*nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar. Apabila tidak ada daratan/pulau maka panjang *fetch* dibatasi sampai dengan 200 km.



Gambar 2 Fetch arah Timur sebesar 104,01 km.

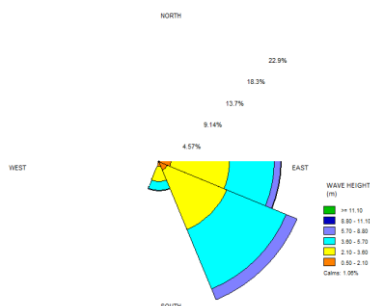


Gambar 3 Fetch arah Tenggara sebesar 105,67 km

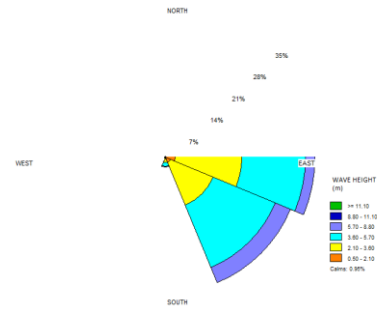


Gambar 4 Fetch arah Selatan sebesar 42,55 km.

4. **Mawar Gelombang (Waverose)**
Mawar Gelombang (Waverose) adalah sebuah metode penggambaran informasi mengenai frekuensi kejadian pada tiap arah mata angin dan kelas ketinggian gelombang pada lokasi dan waktu yang telah ditentukan. Waverose menghasilkan nilai tinggi gelombang air laut dalam satuan centimeter (cm) atau meter (m). Hasil analisis Waverose didapatkan bahwa arah gelombang yang berasal dari arah Tenggara lebih mendominasi dengan tinggi gelombang signifikan sebesar 3,757 m dan bulan agustus merupakan bulan dimana tinggi gelombang mencapai titik tertingginya.



Gambar 5 Waverose selama 10 tahun (2008-2017)



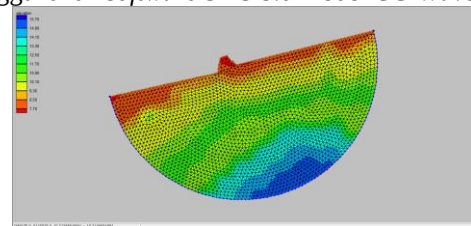
Gambar 6 Waverose pada bulan Agustus 2008-2017

5. Gelombang Kala Ulang

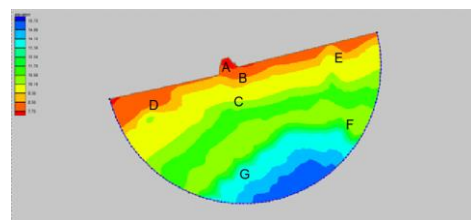
Kala Ulang, T (Tahun)	Weibull		Gumbel (Fisher-Tippet Type I)		Distribusi yang digunakan
	YR	Hsr = H (m)	YR	Hsr = H (m)	
2	0,833	2,577	3,338	3,491	Gumbel (Fisher-Tippet Type I)
5	1,269	2,942	4,422	3,890	Gumbel (Fisher-Tippet Type I)
10	1,517	3,151	5,254	4,196	Gumbel (Fisher-Tippet Type I)
25	1,794	3,383	6,368	4,607	Gumbel (Fisher-Tippet Type I)
50	1,978	3,536	7,220	4,921	Gumbel (Fisher-Tippet Type I)
100	2,146	3,677	8,080	5,237	Gumbel (Fisher-Tippet Type I)

6. Simulasi Gelombang

Analisis selanjutnya menggunakan Software SMS 8.0 Model CG Wave untuk mensimulasikan pengaruh arah mulut pemecah gelombang terhadap peredaman gelombang apabila bentuknya diubah. Berikut hasil dari simulasi permodelan gelombang menggunakan software SMS 8.0 model CG Wave:

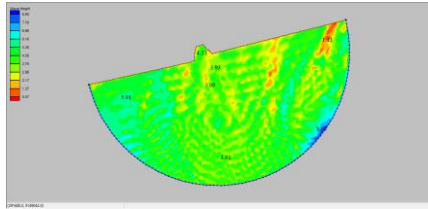


Gambar 7 Mesh Layout PLTU Karangandri

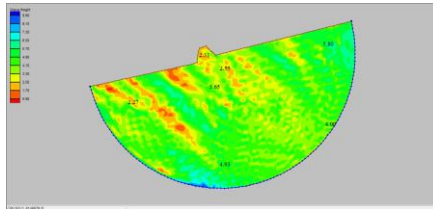


Gambar 8 Pengambilan Beberapa Titik Tinjauan

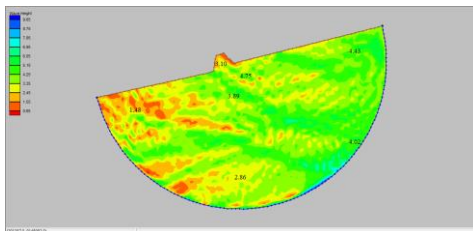
- Pemodelan Tanpa Breakwater



Gambar 9 Tinggi Gelombang Tanpa *Breakwater*
Arah Selatan (90°)

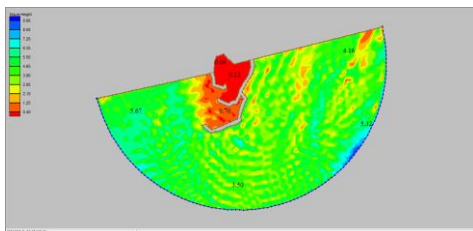


Gambar 10 Tinggi Gelombang Tanpa *Breakwater*
Arah Tenggara (135°)

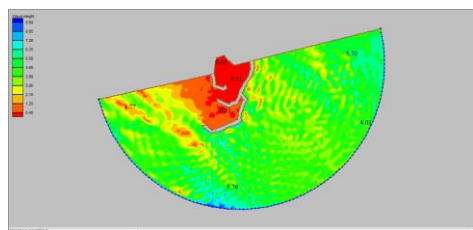


Gambar 11 Tinggi Gelombang Tanpa *Breakwater*
Arah Timur (180°)

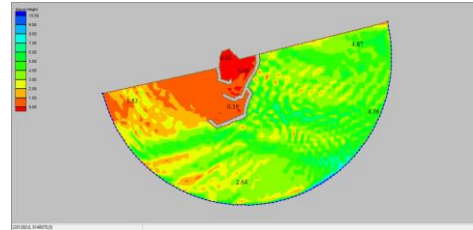
- Pemodelan dengan adanya *Breakwater*



Gambar 12 Tinggi Gelombang Dengan *Breakwater*
Arah Selatan (90°)



Gambar 13 Tinggi Gelombang Dengan *Breakwater*
Arah Tenggara (135°)



Gambar 14 Tinggi Gelombang Dengan *Breakwater*
Arah Timur (180°)

Hasil pada titik A, B dan C merupakan titik utama karena pada area titik tersebut adalah area perairan PLTU Karangandri dan terdapat *breakwater*, sedangkan titik lainnya merupakan permisalan titik yang mewakili.

Untuk mempermudah pembacaan maka dilakukan rekapitulasi hasil yang disajikan dalam tabel berikut.

Tabel Rekapitulasi Besar Terjadinya Tinggi Gelombang dengan Simulasi CG Wave

Arah	Titik	Tinggi Gelombang (m)	Persentase Besar Terjadinya Tinggi Gelombang (%)	Keterangan
Selatan	A	4.33	98.63	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.06	1.37	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>
	B	3.93	97.04	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.12	2.96	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>
	C	3.09	81.53	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.7	18.47	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>
Tenggara	A	2.31	52.62	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.05	1.14	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>
	B	2.55	62.96	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.11	2.72	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>
	C	3.65	96.31	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.33	8.71	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>

Arah	Titik	Tinggi Gelombang (m)	Persentase Besar Terjadinya Tinggi Gelombang (%)	Keterangan
Timur	A	3.1	70.62	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.02	0.46	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>
	B	4.75	117.28	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.06	1.48	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>
	C	3.89	102.64	Tanpa <i>Breakwater</i>
		0.19	5.01	Dengan Adanya <i>Breakwater</i>

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Dari data angin selama 10 tahun yang diperoleh dari BMKG Cilacap, dengan menggunakan aplikasi WR Plot didapatkan angin yang berhembus dominan yaitu dari arah Tenggara dengan kecepatan rata-rata distribusi frekuensi sebesar 3,73 m/s.
- Hasil analisa *Fetch* dengan tiga arah mata angin yaitu timur, tenggara, selatan, dan barat daya dengan sudut datang (42° , 36° , 30° , 24° , 18° , 12° , 6° , 0° , -6° , -12° , -18° , -24° , -30° , -36° , -42°) didapat *Fetch* efektif dari arah timur sebesar 64,34 km sedangkan *Fetch* efektif dari selatan sebesar 151,36 km dan *Fetch* efektif dari barat daya sebesar 54,24 km serta terpanjang berasal dari arah Tenggara yaitu 160,41 km.
- Hasil analisis mawar gelombang (*Waverose*) disimpulkan bahwa bulan Agustus merupakan bulan dimana tinggi gelombang mencapai titik tertingginya.
- Hasil tinggi gelombang signifikan (H_s) selama 10 tahun sebesar 3,757 m dan periode gelombang signifikan (T_s) sebesar 10,427 detik.
- Berdasarkan perhitungan gelombang kala ulang dengan kala ulang 50 tahun didapatkan hasil tinggi gelombang (H_{sr}) sebesar 4,921 m (metode *fisher tippet type 1*).
- Model *breakwater* yang sudah disimulasikan menggunakan *software SMS 8.0* model *CG Wave* masih efektif dan aman untuk menghalau laju gelombang.
- Berdasarkan titik tinjauan utama didapatkan hasil persentase besar terjadinya tinggi gelombang dari arah selatan, tenggara dan timur setelah adanya *breakwater* adalah sebesar antara 1,37% - 8,71% dan persentase tinggi gelombang tanpa *breakwater* sebesar antara 98,63% - 117,28%. Semakin besar persentase tinggi gelombangnya maka semakin besar tinggi gelombang yang terjadi sehingga dapat mempengaruhi keefektifan mulut *Breakwater* tersebut.

5.2. Saran

Dari analisis yang dilakukan, terdapat beberapa saran yang dilakukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

- Data angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin pada tahun 2008-2017, untuk itu diperlukan data terkini agar dapat digunakan sesuai kondisi pada saat ini.
- Meskipun *breakwater* sekarang masih efektif dan mampu meredam gelombang, penelitian ini juga dapat digunakan sebagai masukan dalam merencanakan dan memilih *layout Breakwater* bagi pengembangan PLTU Karangandri ke depannya, agar dapat memberikan kenyamanan yang lebih optimal dan aman.
- Penelitian ini dapat digunakan sebagai rekomendasi bagi masyarakat sekitar PLTU Karangandri khususnya nelayan untuk menghindari bulan-bulan tertentu dalam melakukan kegiatan pelayarannya. Dalam penelitian ini bulan agustus merupakan bulan yang harus dihindari untuk melakukan pelayaran karena tinggi gelombang yang terjadi dapat membahayakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Data Angin Kota Cilacap Tahun 2008-2017. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Cilacap. 2018.
- Peta Batimetri PLTU Karangandri. Pembangkit Listrik Tenaga Uap Karangandri Cilacap. 2019.
- Angger Yufriant Pribadie. 2019. “*Studi Perencanaan Floating Breakwater di Pesisir Pantai Panjiwa Indramayu*”. UII Yogyakarta.
- Anonim. 9 Maret 2012. “*Breakwater (Pemecah Gelombang Lepas Pantai)*”. <https://www.ilmutekniksipil.com/pelabuhan/breakwater-pemecah-gelombang-lepas-pantai>
- Asdak, Chay. 2002. “*Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*”. Gajah Mada University Press.
- Bella, Resnie. 2014. “Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Volume 2 No.1. *Analisis Perhitungan Muatan Sedimen (Bed Load) pada Muara Sungai Lilin Kabupaten Musi – Banyuasin*. Palembang”. Universitas Sriwijaya.
- Fadlan, Ahmad. 2015. “*Dampak Pembangunan Breakwater*”. https://www.academia.edu/14458911/Dampak_Pembangunan_Break_Water
- Franto Novico, Sahudin Sahudin. 2011. “*Model 2D Pengaruh Gaya Horizontal Arus Pada Pemecah Gelombang Di TPI Pancer Jawa Timur*”.
- Ika Nuralita Sari. 2019. “*Studi Transpor Sedimen Di Muara Sungai Silugonggo Kecamatan Juwana Kabupaten Pati*”. UII Yogyakarta.

- Inayah Zhiaul Fajri. 2015. “Studi Model Numerik Pemecah Gelombang Tipe Zigzag Berpori Terhadap Perubahan Distribusi Kecepatan Dan Tekanan Arus Gelombang (Tinjauan Untuk Variasi Porositas)”.
 Muhammad Rizki. 2014. “Analisa Gelombang Ekstrim Di Perairan Pelabuhan Belawan”. Universitas Sumatera Utara.
 Sari, Maya. 4 April 2016. “7 Jenis Jenis Angin – Pengertian – Proses dan Sifat Angin”. <https://ilmugeografi.com/fenomena-alam/jenis-jenis-angin>
 Suhendri, Rizki O. A. 2019. “Pengaruh Arah Mulut Pemecah Gelombang Terhadap Peredaman Gelombang Di Kolam Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap”. Universitas Wijayakusuma Purwokerto.
 Thoengsal, James. 25 Desember 2015. “Konstruksi Pemecah Gelombang Laut (Breakwater)”. <https://jamesthengsal.blogspot.com/p/breakwater.html>
 Triatmodjo, B, 2009, *Perencanaan Pelabuhan*, Halaman 68.
 Zunarzis. Oktober 2015. “Break water”. Jakarta. <https://zunarzis.blogspot.com/2015/10/normal-0-false-false-false-en-us-us-x-none.htm>