Available online at MCSIJ (Marine, Coastal and Small Islands Journal) - Jurnal Kelautan
Website: https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/mcs

PERBANDINGAN PEMODELAN GELOMBANG MENGGUNAKAN MODUL *SPECTRAL WAVES* DENGAN CMS-*WAVE* DI WILAYAH PANTAI BALIKPAPAN DAN SEKITARNYA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

COMPARISON OF WAVES MODULE USING *SPECTRAL WAVES* MODULE WITH *CMS-WAVE* IN BALIKPAPAN BEACH AREA AND SURROUNDING EAST BORNEO

[1]Karlitos Yohanes, [1]Ira Puspita Dewi, [1]Baharuddin

[1)] Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Achmad Yani Km 36,5 Simpang Empat, Banjarbaru, Indonesia

e-mail : Karlitos.yohanes@gmail.com

ABSTRAK

Pantai Balikpapan dan sekitarnya terdiri dari dua orientasi pantai yakni wilayah pantai timur merupakan daerah semi-tertutup dan pantai selatan termasuk daerah terbuka yang memiliki kondisi batimetri yang bervariasi sehingga transformasi gelombang yang terjadi memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pola transformasi gelombang telah dilakukan dengan berbagai metode dan pendekatan model. Setiap kajian pemodelan gelombang laut menunjukkan pola refraksi gelombang pada tipe pantai yang berbeda dimana gelombang mengalami perubahan arah dan tinggi karena di pengaruhi kedalaman yang berbeda. Dari hasil simulasi transformasi gelombang menggunakan modul *Spectral Wave* dan CMS-*Wave* dari arah tenggara, barat daya, timur dan selatan terlihat adanya perbedaan output yang di hasilkan yakni modul spectral wave memiliki tinggi gelombang yang berubah sebelum dipengaruh kedalaman yang lebih dangkal akan tetapi perubahan sudut arah gelombang yang dihasilkan sesuai dengan sudut orientasi pantai sedangkan hasil dari CMS-*Wave* memiliki perubahan tinggi gelombang setelah dipengaruhi kontur kedalaman yang lebih dangkal kemudian perubahan sudut arah gelombang yang mengalami refraksi memiliki perubahan sudut yang tidak terlalu besar untuk mengikuti sudut orientasi pantai yang dituju.

Kata Kunci: Transformasi Gelombang, Pemodelan Gelombang, *Spectral Wave*, CMS-*Wave*

ABSTRACT

Balikpapan beach and its surroundings consist of two coastal orientations, namely the east coast which is a semi-closed area and the south coast which is an open area which has varying bathymetric conditions so that the wave transformations that occur have different characteristics. Wave transformation patterns have been carried out using various methods and modeling approaches. Each study of ocean wave modeling shows a wave refraction pattern at different types of beaches where the waves experience changes in direction and height due to different depths.From the results of the wave transformation simulation using the Spectral Wave and CMS-Wave modules from the southeast, southwest, east and south directions, it can be seen that there is a difference in the resulting output, namely the Spectral Wave module has a wave height that changes before being affected by a shallower depth but changes in direction angle. The resulting waves are in accordance with the angle of beach orientation, while the result of CMS-Wave has a change in wave height after being influenced by a shallower depth contour, then the change in the angle of the refractive wave has a change in angle that is not too large to follow the intended beach orientation angle.

Keywords: Wave Transformation, Wave model, Spectral Wave, CMS-Wave

PENDAHULUAN

Gelombang laut secara dominan dibangkitkan oleh angin yang disebut gelombang angin. Angin yang berhembus diatas permukaan air akan memindahkan energi ke air, semakin kuat angin berhembus maka semakin besar gelombang yang terbentuk.

Peristiwa transformasi gelombang yang terjadi sangat mempengaruhi pada perubahan bentuk dan karakteristik di wilayah pantai. Pantai memiliki beberapa bentuk, seperti tanjung dan teluk yang materialnya berupa karang, pasir maupun lumpur atau terdapat campuran dari beberapa substrat. Bentuk dari pantai selalu menyesuaikan dengan bentuk profilnya yang berasal dari dinamika perairan di wilayahnya masing-masing.

Karakteristik Pantai Balikpapan dan sekitarnya terdiri dari dua orientasi pantai yakni wilayah pantai timur merupakan daerah semi-tertutup dan menghadap ke perairan Teluk Balikpapan. Pada pantai tersebut terdapat tanjung (Tanjung Jumalai), muara sungai nenang dan sepumpu, serta memiliki kondisi batimetri yang bervariasi, yaitu pada bagian mulut teluk dengan batimetri yang curam sedangkan pada wilayah pantai memiliki batimetri yang cukup dangkal serta terdapatnya pulau kecil seperti Pulau Tukung dan Babi, sehingga menjadikan pola transformasi gelombang yang berbeda dalam proses perambatannya dari laut lepas menuju pantai dan sampai memasuki wilayah perairan Teluk Balikpapan. Kemudian, pada wilayah pantai selatan merupakan daerah terbuka dan berhadapan langsung dengan Selat Makassar. Pada pantai tersebut terdapat Tanjung Tukung dan Muara Sungai Klandasan, dimana pada perairan tersebut memiliki kedalaman yang ralatif merata.

Analisis pola transformasi gelombang telah dilakukan dengan berbagai metode dan pendekatan model. Setiap kajian pemodelan gelombang laut menunjukkan pola refraksi gelombang pada tipe pantai yang berbeda dimana gelombang mengalami perubahan arah dan tinggi karena di pengaruhi kedalaman yang berbeda.

Hasil kajian Wati (2016) dengan menggunakan aplikasi *MIKE 21* DHI modul *Spectral Wave* (SW) adalah mengetahui kondisi gelombang dan proses transformasi gelombang sebelum dan sesudah adanya pemecah gelombang di Pelabuhan Tapaktuan Provinsi Aceh Selatan namun, penjalaran gelombang dari laut dalam menuju perairan yang lebih dangkal memiliki perubahan tinggi gelombang mencapai 91%. Penggambaran tinggi gelombang *Spectral wave* terlihat terus menurun sebelum terpengaruh oleh kedalaman yang berbeda.

Menurut penelitian Huda (2015) studi pola transformasi gelombang di perairan Kota Tegal menggunakan aplikasi SMS (*Surface Water Modelling System*) modul CMS-*Wave* (*Coastal Modeling System Wave*) terjadi perubahan tinggi gelombang karna perubahan kedalaman yang semakin dangkal sebesar 80%. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan proses perubahan arah dan tinggi gelombang karna faktor kedalaman maupun tipe pantai pantai dengan menggunakan modul *Spectral Wave* dan CMS-*Wave* di pantai Balikpapan dan sekitarnya provinsi Kalimantan Timur.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pola transformasi gelombang berdasarkan pengaruh kedalaman di wilayah Pantai Balikpapan dengan menggunakan aplikasi *MIKE 21* SW (*Spectral Wave*) dan SMS (CMS-*Wave*) terkait terhadap dampak perubahan bentuk pantai.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2019 – Januari 2021, yang berlokasi di Pantai Balikpapan dan Sekitarnya Provinsi Kalimantan Timur meliputi sepanjang ±15 km sejajar pantai dan ±10 km tegak lurus pantai. Analisis dan Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Oseanografi Universitas Lambung Mangkurat.

Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya software: *Surfer, Global Mapper, Arcgis 10.5, Mike 21,* SMS, *Ms. Excel, WRPLOT View, ODV.* Hardware: Komputer. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yakni, Data Angin ECMWF Selama 10 Tahun (2008 - 2018), Peta Rupa Bumi (RBI) dan Peta PUSHIDROSAL.

Metode Analisis Data

Analisis Koreksi Angin

Data angin yang digunakan dalam rangka prediksi gelombang adalah data angin yang diukur di darat dan data angin pemodelan di laut. Sebelum digunakan dalam perhitungan prediksi tinggi gelombang, maka data angin dilakukan tahapan pengkoreksian data angin terhadap ketinggian, durasi, pengukuran angina dari darat ke laut dan stabilitas (CHL, 2006).

Prediksi Gelombang Laut Dalam

Analisis peritungan prediksi gelombang dengan menentukan tinggi gelombang diperairan dalam daridata kecepatan angin dan *fetch,* dengan persamaan sebagai berikut (CHL, 2006):

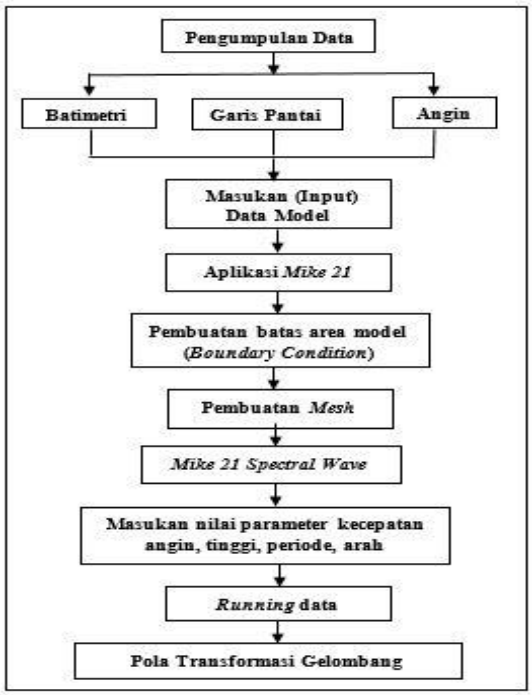
$$\frac{gHmo}{U_*^2} = 4{,}13\times10^{-2}\left(\frac{gX}{U_*^2}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (1)$$

Sedangkan untuk gelombang yang berkembang secara penuh (*full*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (CHL, 2006):

$$\frac{gHmo}{U_*^2} = 2{,}115\times10^{2} \qquad (2)$$

Skema Model Menggunakan *Spectral Wave* Dan CMS-*Wave*

Pengolahan skema model gelombang menggunakan *Spectral Wave* di wilayah perairan Pantai Balikpapan dan Sekitarnya, dapat dilihat pada Gambar 1.



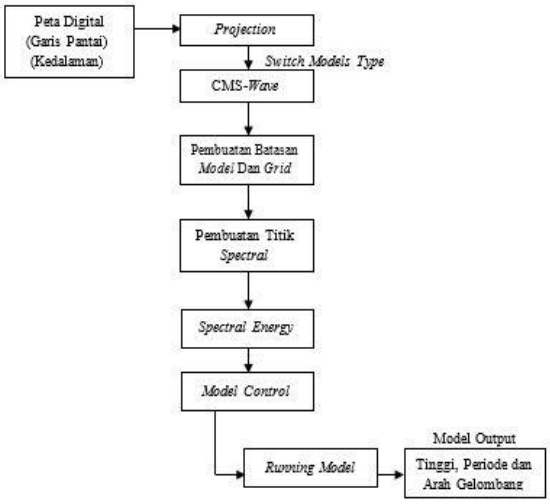
Gambar 1. Skema model Spectral wave

Model transformasi gelombang pada daerah pantai ini berisi tentang perubahan-perubahan secara dua dimensi parameter gelombang (tinggi, periode, arah dan spectrum gelombang). Persiapan yang dibutuhkan untuk menjalankan model adalah sebagai berikut:

1. Pendefinisian *shoreline* (garis pantai) atau batas darat *(Land Boundary Condition)* dan batas laut (*Open Boundary*).
2. *Input scatter* data kedalaman perairan /batimetri pada model.
3. *Meshing:* Melakukan *Traingulation dan Interpolation.*

4. Input parameter gelombang yakni: kecepatan angin, tinggi, arah, dan periode gelombang.

Pengolahan skema model gelombang menggunakan CMS-*Wave* di wilayah perairan Pantai Balikpapan dan Sekitarnya, dapat dilihat pada Gambar 2.



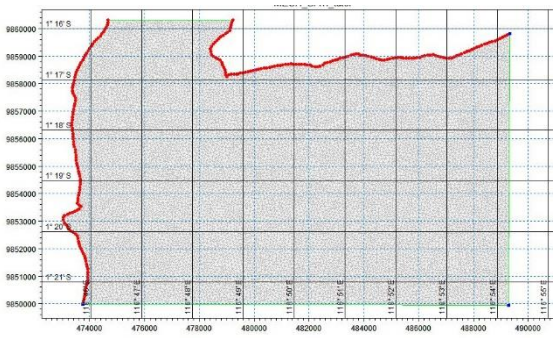
Gambar 2. Skema model CMS-*Wave*

Pengolahan skema model gelombang di wilayah pantai Balikpapan dan sekitarnya menggunakan CMS-Wave. Beberapa persiapan yang dilakukan untuk menjalankan model, antara lain:

1. Input data garis pantai dan kedalaman.
2. Pembentukan grid untuk arah datang gelombang sesuai dengan orientasi pantai.
3. Penentuan titik spectral atau arah datang gelombang yang tercipta.
4. Input parameter gelombang yakni: tinggi, arah, dan periode gelombang.

Skenario Model

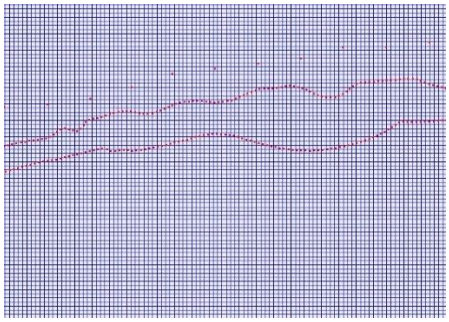
Skenario model pada *Spectral Wave* ditunjukkan pada (Gambar 3) berikut ini:



Gambar 3. Desain model Spectral wave

Pembagian desain model dengan menggunakan *mesh* pada wilayah pantai balikpapan dan sekitarnya disajikan pada (Gambar 4) sebagai batas laut dan batas darat untuk Batasan simulasi gelombang dari *Mike 21 Spectral Wave.*

Skenario model pada CMS-*Wave* ditunjukkan pada (Gambar 4) berikut ini:



Gambar 4. Skema model CMS-*Wave*

Pembagian desain model dengan menggunakan grid pada wilayah pantai balikpapan dan sekitarnya disajikan pada (Gambar 4) sesuai dengan orientasi pantai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Batimetri

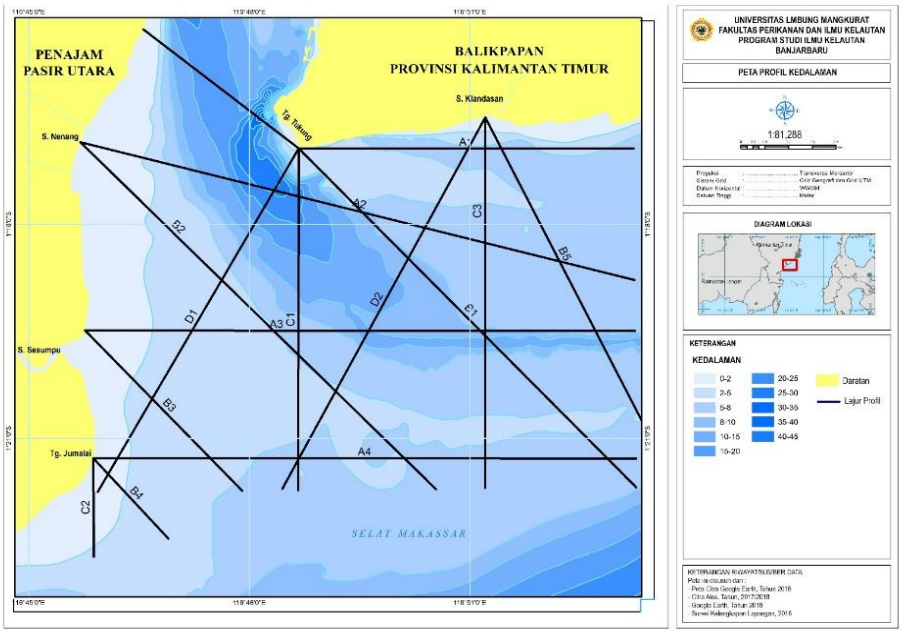
Kontur Batimetri

Peta Batimetri perairan Pantai Balikpapan ditampilkan dalam Gambar 5, dari gambar tersebut memperlihatkan bahwa kedalaman perairan pada wilayah Mulut Teluk Balikpapan (Tanjung Tukung dan Muara Sungai Nenang) memiliki rentang kedalaman dari 0 m hingga mencapai kedalaman maksimal 45 m. Kedalaman pada wilayah perairan mulut teluk memiliki

kontur yang sangat rapat, sedangkan wilayah pantai balikpapan ke arah timur (Muara sungai Klandasan) dan ke arah Selatan (Muara Sungai Sesumpu dan Tanjung Jumalai) menuju perairan Selat Makassar memiliki kontur yang lebih renggang. Perbedaan kontur tersebut dapat disimpulkan bahwa kedalaman pada wilayah perairan bagian Tanjung Tukung lebih dalam dibandingkan dengan wilayah muara sungai Klandasan, muara sungai sepumpu dan Tanjung jumalai menuju perairan Selat Makassar.

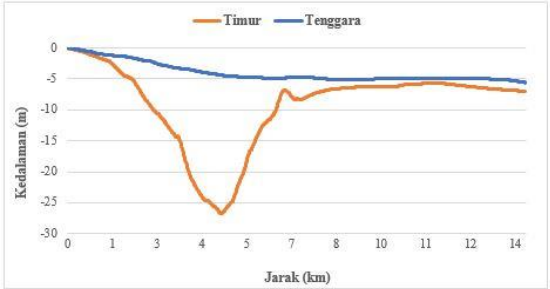
Kemiringan dan kelerengan dasar laut pada wilayah bagian tanjung tukung, Muara sungai nenang, muara sungai sesumpu, Tanjung jumalai dan Muara Sungai klandasan dapat diketahui dengan pembuatan profil kedalaman dari peta kontur batimetri yang ditampilkan dalam Gambar 6 – 10. Kelerengan pada pantai balikpapan dan sekitarnya berdasarkan klasifikasi kelerengan menurut US Soil Survey *dalam* Baharuddin (2002) termasuk dalam kategori landai (2 – 6%) dan curam (25 – 55%).

Profil Batimetri



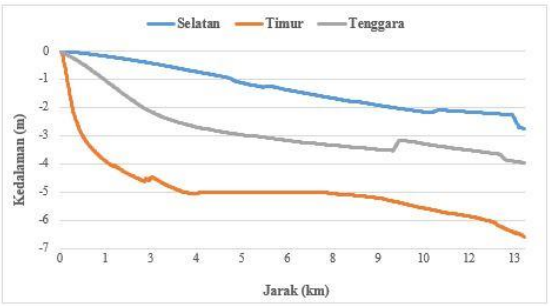
Gambar 5. Peta Lajur Profil Batimetri

Gambar 6. Lajur Profil Batimetri T. Tukung

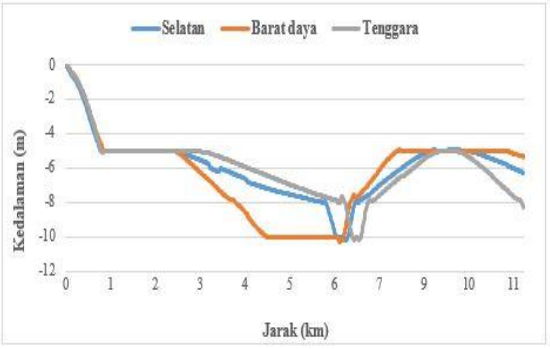


Gambar 7. Lajur Profil Batimetri S. Nenang

Gambar 8. Lajur Profil Batimetri S.Sesumpu



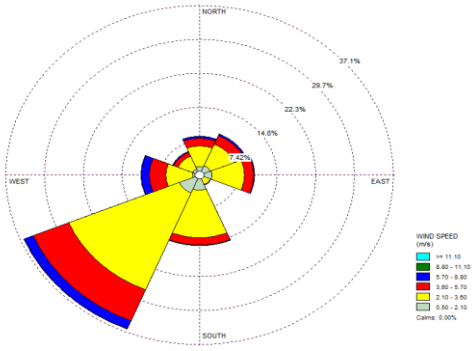
Gambar 9. Lajur Profil Batimetri T. Jumalai



Gambar 10. Lajur Profil Batimetri S. Klandasan

Angin

Hasil analisis angin selama 10 tahun dari Stasiun Meteorologi Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan di wilayah perairan Balikpapan dari tahun 2008 – 2018 yang digambarkan menggunakan mawar angin seperti pada Gambar 4.17. dapat diketahui bahwa dominan angin bertiup dari barat daya dengan Kecepatan angin bulanan maksimum dominan berkisar antara interval 3,6 – 5,7 m/s.



Gambar 11. Mawar Angin

Prediksi Gelombang Laut Dalam

Berdasarkan analisis prediksi parameter gelombang selama tahun 2008 – 2018 dari arah angin yang membangkitkan gelombang tersaji pada Tabel 4.7. Gelombang dominan berasal dari arah tenggara dengan dengan tinggi dan periode gelombang berkisar 1,67 – 1,95 m dan 5,33 – 6,01 s. Sedangkan gelombang terkecil dari arah barat daya hanya berkisar antara 0,45 – 1,5 m dan periode gelombang 4,25 – 4,89s.

Tabel 1. Hasil Prediksi Karakteristik Gelombang Tahun 2008 – 2018

Arah	F(km)	U*(m/s)	Hmo(m)	T(s)
Timur	200	6,08-8,92	1,22 - 1,85	4,89 - 5,62
Tenggara	200	4,52-8,14	1,67 – 2,2	5,33 – 6,01
Selatan	200	6,02-7,35	0,56 – 1,82	6,28
Barat daya	9,2	4,27-5,38	0,45 – 1,5	4,25 – 4,89

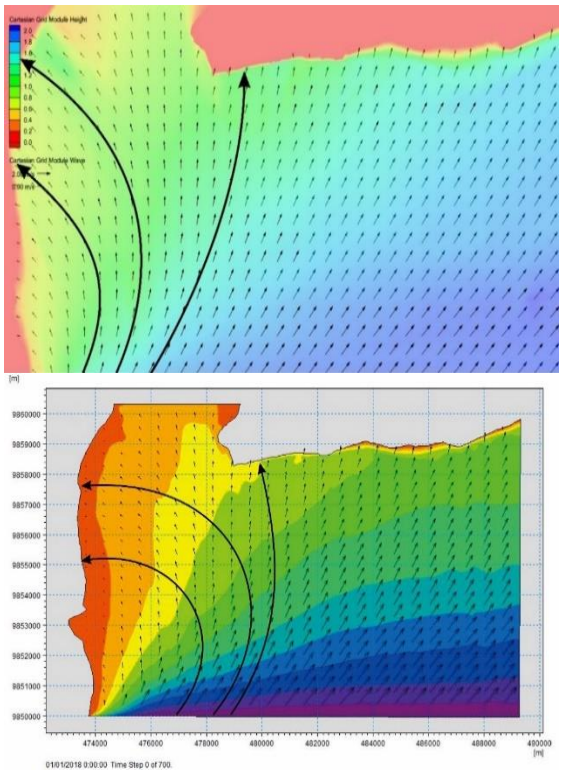
Analisis Perbandingan Pemodelan *Spectral Wave* Dengan CMS-*Wave*

Gelombang Barat Daya

Simulasi model Spectral Wave dari arah barat daya memiliki perubahan arah gelombang yang lebih tinggi dibandingkan simulasi CMS-Wave yang lebih rendah. Terlihat pada simulasi profil 1 menunjukan pergerakan vektor gelombang Spectral Wave yang bergerak dari laut dalam lalu bertransformasi mengikuti kontur kedalaman sampai pantai memiliki

perubahan sudut 4,3% sampai dengan 35% dan tinggi gelombang sebesar 7,5% sampai dengan menurun hingga 51% sedangkan simulasi gelombang menggunakan CMS-Wave perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 1,9% sampai dengan 19,3%˚ dan tinggi gelombang 4% di laut dalam dan menurun di laut dangkal sebesar 39,5%.

Profil 2 memiliki perubahan sudut 2,7% sampai dengan 27,2% dan tinggi gelombang 30% dilaut dalam hingga mencapai laut dangkal sebesar 79% sedangkan simulasi gelombang menggunakan CMS-*Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 3,4% sampai dengan 18,3% dan tinggi gelombang 26,5% dilaut dalam dan menurun pada laut dalam sebesar 59 %.



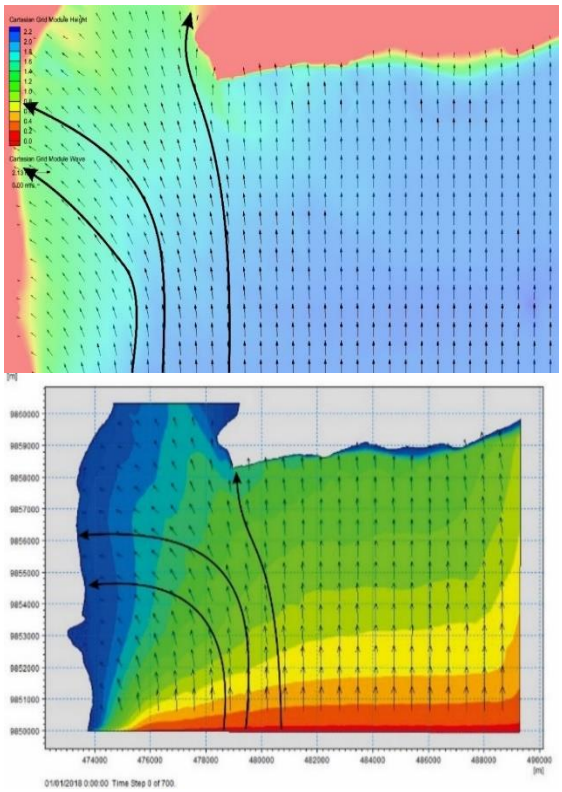
Gambar 12. Model Dari Arah Barat Daya

Profil 3 memiliki perubahan sudut 2,4% sampai dengan 10,1% dan tinggi gelombang yang tercipta pada laut dalam sebesar 4,6% dan menurun pada laut dangkal sampai pada 63,3% sedangkan simulasi gelombang menggunakan CMS-*Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 1,2% sampai dengan 6,2% dan tinggi gelombang yang tercipta pada laut dalam sebesar 8,4% dan menurun pada laut dangkal sebesar 44%.

Gelombang Selatan

Simulasi profil 1 menunjukan pergerakan vektor gelombang *Spectral Wave* yang bergerak dari laut dalam lalu bertransformasi mengikuti kontur kedalaman sampai pantai memiliki perubahan sudut 1,8% sampai dengan 22,1% dan tinggi gelombang sebesar 9,6% m sampai dengan menurun di perairan dangkal hingga 73,2%. Sedangkan, simulasi gelombang menggunakan CMS-*Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 1,4% sampai dengan 17,2% dan tinggi gelombang sebesar 3,5% di laut dalam dan menurun pada laut dangkal sebesar 54,8%.

Simulasi gelombang *Spectral Wave* profil 2 sudutnya berubah sebesar 22.5% dikarenakan arah datang gelombang yang berasal dari selatan sedangkan wilayah penajam pasir utara memiliki daratan yang menghadap ke timur sehingga gelombang berubah arah mengikuti kontur kedalaman dan berusaha untuk sesajar dengan pantai dan juga tipe model yang di hasilkan dengan modul ini memiliki sudut arah gelombang yang tajam maka dari itu perubahan yang dihasilkan sangat besar di bagian pantai penajam yang paling selatan. Simulasi gelombang CMS-*Wave* profil 2 dari laut dalam hingga laut yang lebih dangkal sudutnya berubah sebesar 17,5%, perbedaan perubahan sudut yang terjadi secara bertahap dan tidak terlalu tajam oleh karena itu memiliki perbedaan besaran sudut dengan modul spectral wave yakni 5%.



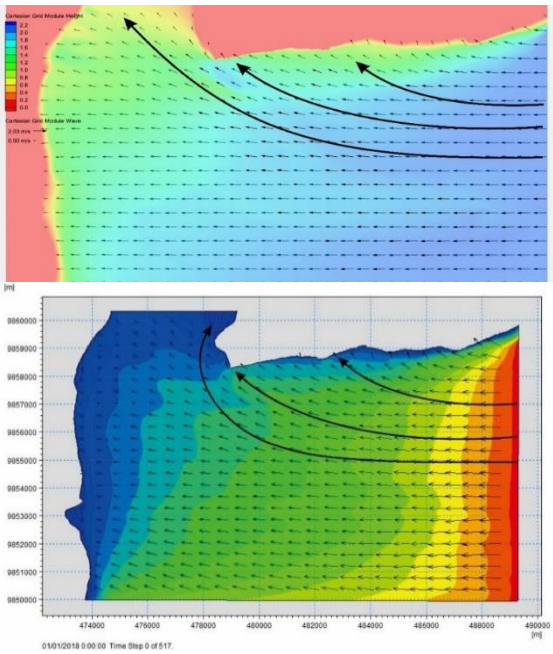
Gambar 13. Model Dari Arah Selatan

Sedangkan pada simulasi profil 3 memiliki sudut 1,4% sampai dengan 7,3 % dan tinggi gelombang yang tercipta pada laut dalam sebesar 10,3 % dan menurun pada laut dangkal yani 68 % sedangkan simulasi gelombang menggunakan CMS-*Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 1,3 % sampai dengan 0,1% dan tinggi gelombang di laut dalam 2% lalu menurun dilaut dangkal yaitu 61,3%.

Gelombang Timur

Simulasi model *Spectral Wave* dari arah timur memiliki perubahan arah yang lebih besar dibandingkan simulasi CMS-*Wave* yang lebih rendah. Terlihat pada simulasi profil 1 menunjukan pergerakan vektor gelombang *Spectral Wave* yang bergerak dari laut dalam lalu bertransformasi mengikuti kontur kedalaman sampai pantai memiliki perubahan sudut 0,8% sampai dengan 24,4% dan tinggi gelombang sebesar 7,2% sampai dengan menurun di perairan dangkal yaitu 61,9% sedangkan simulasi gelombang menggunakan *CMS-Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 0,5% sampai dengan 11,1% dan tinggi gelombang di perairan dalam sebesar 1,5% lalu menurun di perairan dangkal sampai dengan 38,4%.

Pada simulasi profil 2 menunjukan perubahan sudut 1,9% sampai dengan 19,1% dan tinggi gelombang yang tercipta dai laut dalam yaitu 17,8% kemudian menurun di perairan dangkal menjadi 55,3% sedangkan simulasi gelombang menggunakan CMS-*Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 0,9% sampai dengan 13,1% dan tinggi gelombang dari laut dalam sebesar 3,5% dan akan menurun di perairan dangkal menjadi 30%.



Gambar 14. Model Dari Arah Timur

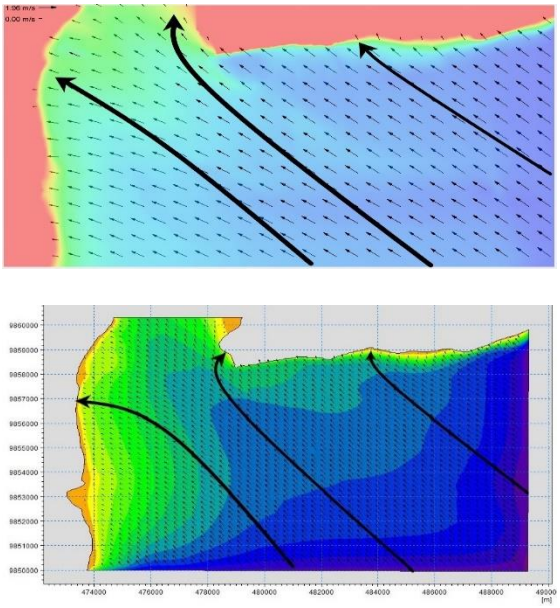
Sedangkan pada simulasi profil 3 menunjukan perubahan sudut 3,1% sampai dengan 24,4% dan tinggi gelombang yang terjadi dari laut dalam sebesar 18,2% sampai dengan menurun diperairan dangkal yaitu 71,7% sedangkan simulasi gelombang menggunakan CMS-*Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi

memiliki perubahan sudut 0,8% sampai dengan 11,4% dan tinggi gelombang di laut dalam sebesar 3% sampai dengan menurun di perairan dangkal sebesar 59 %.

Gelombang Tenggara

Terlihat pada simulasi profil 1 menunjukan perubahan sudut 0,1% sampai dengan 10,5% dan tinggi gelombang sebesar 16,6% sampai dengan menurun di perairan dangkal yaitu 79,3% sedangkan simulasi gelombang menggunakan *CMS-Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 0,1% sampai dengan 16,1% dan tinggi gelombang di perairan dalam sebesar 3,1% lalu menurun di perairan dangkal sampai dengan 66%.

Pada simulasi profil 2 menunjukan perubahan sudut 0,6% sampai dengan 12,4% dan tinggi gelombang 22% dilaut dalam hingga mencapai laut dangkal sebesar 80,6% sedangkan simulasi gelombang menggunakan CMS-*Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 2% sampai dengan 17,7% dan tinggi gelombang 3,8% dilaut dalam dan menurun pada laut dalam sebesar 62,1%.



Gambar 15. Model Dari Arah Timur

Simulasi profil 3 menunjukan sudut 0,2% sampai dengan 8 % dan tinggi gelombang yang tercipta pada laut dalam sebesar 26,9 % dan menurun pada laut dangkal yani 98,8% sedangkan simulasi gelombang menggunakan CMS-*Wave* perubahan arah gelombangnya dari laut dalam sampai dengan bertransformasi memiliki perubahan sudut 3,8 % sampai dengan 16,2% dan tinggi gelombang di laut dalam 0,6% lalu menurun dilaut dangkal yaitu 91,9%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penggambaran pola transformasi menggunakan modul *Spectral Wave* dan CMS-*Wave* melalui peta dari arah tenggara, barat daya, timur dan selatan terlihat adanya perbedaan output yang di hasilkan yakni modul *spectral wave* memiliki tinggi gelombang yang berubah sebelum terkena pengaruh kedalaman yang lebih dangkal akan tetapi perubahan sudut arah gelombang yang dihasilkan sesuai dengan sudut orientasi pantai sedangkan hasil dari CMS-*Wave* memiliki perubahan tinggi gelombang setelah dipengaruhi kontur kedalaman yang lebih dangkal kemudian perubahan sudut arah gelombang yang mengalami refraksi memiliki perubahan sudat yang tidak terlalu besar untuk mengikuti sudut orientasi pantai yang dituju.

Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, perlu adanya analisis yang lebih spesifik dan mendalam lagi pada semua aplikasi yang digunakan untuk memodelkan transformasi gelombang agar dapat di ketahui kelebihan dan kekurangannya.

DAFTAR PUSTAKA

Baharuddin, 2002. Studi Karakteristik Pantai Tanjung Alam Kecamatan Mariso Kota Makassar. Skripsi.

Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar.

Wati, Ina Purnama. 2016. Kajian pengaruh bangunan pemecah gelombang Tipe sambung pantai terhadap gelombang laut di pelabuhan tapaktuan, Aceh Selatan. Skripsi. Jurusan Oseanografi Universitas Diponegoro. Semarang.

Huda, Ahmad Nur. 2015. Studi pola transformasi gelombang diperairan Kota tegal. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.

[CHL] Coastal Hydraulic Laboratory, 2006. Coastal Engineering Manual, Part I VI. Washington DC: Department of the Army. U.S. Army Corp of Engineers.