

Analisis Dampak Rencana Perluasan Reklamasi Akibat Perubahan Karakteristik Arus Dan Gelombang Di Perairan Kota Semarang, Jawa Tengah

Amryl Naufal Ilham Mahinsha*, Muhammad Helmi dan Aris Ismanto

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: naufalilham@students.undip.ac.id

Abstrak

Kota Semarang merupakan salah satu contoh dengan wilayah pantai yang telah mengalami reklamasi. Reklamasi akan berpengaruh terhadap karakteristik arus dan gelombang di laut yang selanjutnya dapat berakibat terhadap pergerakan sedimen dan salah satu sebagai penyebab terjadinya sedimentasi atau adanya proses abrasi di wilayah sekitarnya. Pemerintah Kota Semarang akan merencanakan kembali perluasan reklamasi dengan tujuan untuk pemenuhan fasilitas umum, perumahan, dan kawasan pelabuhan. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji dampak perluasan reklamasi pada perubahan karakteristik arus dan gelombang laut serta pengaruh perubahan tersebut terhadap proses pantai. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan melakukan pemodelan hidrodinamika 2D sebelum dan sesudah perluasan reklamasi menggunakan perangkat lunak Mike 21. Data yang digunakan adalah data pasang surut Tahun 2021-2022, data angin periode 2021-2022, peta Rupabumi Indonesia dan rencana utama reklamasi Kota Semarang. Pengambilan data lapangan menggunakan Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) sebagai bahan validasi data pemodelan. Hasil yang didapatkan adalah terjadi penurunan kecepatan arus sebesar 0,003-0,007 m/det, pembelokan arah arus sejauh 1,4-2,5 km disekitar area perluasan reklamasi, penurunan tinggi gelombang sebesar 0,05-0,06 m dan penurunan periode gelombang sebesar 0,33-0,39 detik yang menjalar sejauh 0,4-0,9 km, dan penurunan tinggi gelombang pecah sebesar 0,1 m dengan area yang mendekati ke daratan. Perubahan ini berpotensi menyebabkan terjadinya sedimentasi pada beberapa titik terutama pada area perluasan reklamasi yang berbatasan dengan muara sungai.

Kata kunci: Arus, Gelombang, Reklamasi, Sedimentasi, Semarang

Abstract

Analysis Of The Impact Of Reclamation Expansion Plans Due To Changes In The Characteristics Of Flows And Waves In The Waters Of The City Of Semarang, Central Java

The Semarang city is an example of a coastal area that has undergone reclamation. Reclamation will affect the characteristics of currents and waves in the sea, which in turn can have an impact on the movement of sediment and be one of the causes of sedimentation or abrasion processes in the surrounding area. The Semarang City Government will re-plan the expansion of reclamation with the aim of providing public facilities, housing, and port areas. This research was conducted to examine the impact of expanded reclamation on changes in the characteristics of ocean currents and waves and the influence of these changes on coastal processes. The research method used is a quantitative method by carrying out 2D hydrodynamic modeling before and after the reclamation expansion using Mike 21 software. The data used is tidal data for 2021-2022, wind data for the 2021-2022 period, the Indonesian topographical map, and the main reclamation plan for Semarang City. Field data collection uses the Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) as material for validating modeling data. The results obtained were a decrease in current speed of 0.003-0.007 m/sec, a deflection of current direction by 1.4–2.5 km around the reclamation expansion area, a decrease in wave height of 0.05–0.06 m and a decrease in wave period of 0.33-0.39 seconds, which spreads as far as 0.4–0.9 km, and a decrease in breaking wave height of 0.1 m as the area approaches land. This change has the potential to cause sedimentation at several points, especially in the reclamation expansion area bordering the river mouth.

Keywords: Current, Wave, Reclamation, Sedimentation, Semarang

PENDAHULUAN

Reklamasi adalah perluasan atau penambahan wilayah daratan diatas perairan dengan tujuan tertentu sehingga area yang ada dapat dimanfaatkan dengan maksimal. Tujuan reklamasi antara lain sebagai penambahan pemukiman penduduk, kawasan industri, perkantoran, jasa, rekreasi, dan tujuan lain yang dapat mendukung kemajuan dan pembangunan suatu wilayah. Kota Semarang salah satu daerah yang wilayah

pantainya telah dilakukan reklamasi. Peraturan Daerah Nomor 8 Tahun 2004 tentang Tata Ruang Kota Semarang menjelaskan bahwa reklamasi di Kota Semarang diperuntukkan bagi area bangunan yang dapat mendukung distribusi dan aktivitas penduduk. Hal ini diperjelas oleh SK Wali Kota Semarang No. 590/04310 tanggal 31 Agustus 2004 yang ditindak lanjuti dengan kontrak kerjasama antara pemerintah kota dengan PT. Indo Perkasa Usahatama (PT. IPU) No. 415.4/50 tanggal 3 Desember 2004, tujuan dari reklamasi di Kota Semarang tepatnya di Kawasan Marina adalah untuk mengakomodir penambahan jumlah penduduk serta penyediaan fasilitas umum.

Kegiatan reklamasi tentunya akan berdampak terhadap perairan yang tertutup oleh tanah. Adanya reklamasi jelas akan mengubah garis pantai dan selanjutnya akan mempengaruhi pola arus dan gelombang laut di sekitarnya. Distribusi arus dan gelombang laut yang berubah ini juga akan berpengaruh terhadap transport sedimen baik yang mengendap maupun yang tersuspensi. Dampak reklamasi juga terjadi di Perairan Kota Semarang dimana terjadi perubahan terhadap karakteristik arus laut di sekitar area reklamasi dan kecepatan arus menjadi lebih lambat sehingga berpotensi menyebabkan terjadinya sedimentasi di perairan sekitar area reklamasi (Widada, 2016). Hasil penelitian Zaidan *et al.* (2022), menunjukkan bahwa setelah dilakukan reklamasi pantai di Kota Semarang, garis pantai yang ada berangsur mengalami perubahan baik disebabkan oleh abrasi maupun akresi pantai. Secara umum, adanya Reklamasi mempengaruhi karakteristik arus disekitarnya (Siagian *et al.*, 2013). Reklamasi juga menyebabkan nilai tinggi gelombang signifikan saat mendekati daratan (Cezalipi *et al.*, 2017).

Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2021 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011 – 2031 menjelaskan bahwa akan ada perluasan reklamasi di Pantai Kota Semarang tepatnya pada wilayah Pantai Tirang dan Pelabuhan Tanjung Mas. Reklamasi ini bertujuan untuk perluasan pemukiman penduduk dan kawasan Pelabuhan. Adanya rencana reklamasi berpotensi akan berdampak terhadap proses pantai yang disebabkan oleh arus dan gelombang laut yang berubah. Dampak dari rencana reklamasi belum dikaji, sehingga perlu adanya kajian tentang dampak rencana reklamasi terhadap karakteristik arus dan gelombang laut di Perairan Kota Semarang sebagai bahan acuan yang mungkin dapat dipertimbangkan dalam melakukan reklamasi nantinya.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah arus dan gelombang laut yang diperoleh menggunakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data pasang surut (Periode tahun 2021-2022 dengan sumber data dari Badan Informasi Geospasial), peta bathimetri Perairan Kota Semarang (skala 1:100.000 yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial tahun 2021), data angin (Periode tahun 2021-2022 dengan sumber data dari *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast*), dan peta Rupabumi Indonesia wilayah Semarang (skala 1:100.000 yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial tahun 2021) yang selanjutnya akan digunakan sebagai parameter yang akan diolah.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di perairan Pantai Marina, Kecamatan Semarang Timur, Kota Semarang. Area penelitian berada pada koordinat 6°57'00" - 6°52'00" Lintang Selatan dan 110°16'30" - 110°28'30" Bujur Timur dengan lokasi pengambilan data primer berada pada koordinat 6°55'15,0" Lintang Selatan dan 110°22'26,6" Bujur Timur (Gambar 1).

Penentuan Lokasi Sampel

Pengambilan sampel pada lokasi yang ditentukan menggunakan metode area sampling (cluster sampling) yang merupakan cara penentuan lokasi pengambilan data penelitian karena daerah yang diamati terlalu luas untuk diambil semua sampel datanya. Metode ini memungkinkan peneliti cukup mengambil sampel dari salah satu atau beberapa titik dari daerah yang diamati agar parameter yang diperoleh dapat menggambarkan karakteristik parameter yang diwakili secara representatif. Pemilihan lokasi sampel harus memperhatikan syarat atau ketentuan tertentu agar nantinya data-data yang didapat dapat akurat sehingga dapat merepresentasikan keseluruhan lokasi (Sugiyono, 2009).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengukuran Arus

Pengukuran arus pada penelitian ini menggunakan metode euler. Menurut Asri *et al* (2014) metode euler merupakan metode pengamatan arus pada suatu posisi tertentu dimana pengamat mengambil data pada salah satu titik dalam luasan kolom air yang diteliti untuk mendapatkan data arus dalam fungsi waktu yang dapat merepresentasikan luasan kolom air secara keseluruhan. Metode ini dilakukan jika daerah yang diteliti terlalu luas untuk diamati secara menyeluruh dalam satu waktu. Pengukuran arus dilakukan dengan instrumen ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Lokasi pengambilan data berada pada koordinat $6^{\circ}56'23.48''$ Lintang Selatan dan $110^{\circ}23'10.12''$ Bujur Timur dengan jarak sekitar 3 kilometer dari bibir pantai dengan kedalaman 10 meter. Titik ini dipilih karena dianggap sudah cukup luas dan menjangkau seluruh wilayah pantai marina serta daerah pantai disekitarnya.

Pengukuran Gelombang

Pengukuran gelombang pada penelitian ini menggunakan metode mooring. Menurut Sugianto (2010) metode pengukuran gelombang laut dengan titik pengukuran dibawah permukaan air dimana alat yang pengukur menggunakan sensor tekanan untuk mendapatkan data parameter gelombang non-direksional. Pengukuran gelombang dilakukan dengan instrumen ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Lokasi pengambilan data berada pada koordinat $6^{\circ}56'23.48''$ Lintang Selatan dan $110^{\circ}23'10.12''$ Bujur Timur dengan jarak sekitar 3 km dari bibir pantai dengan kedalaman 10 meter. Titik ini dipilih karena dianggap sudah cukup luas dan menjangkau seluruh wilayah pantai marina serta daerah pantai disekitarnya.

Pengolahan Data Angin

Data angin yang didapat diolah menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) dengan pemilihan titik koordinat yang paling dekat dengan lokasi pengambilan data. Hasil yang didapatkan selanjutnya akan diklasifikasikan berdasarkan skala *Beaufort* dan dihitung menggunakan *Microsoft Excel* untuk mengetahui kecepatan dan arah angin. Data tekanan angin diperlukan untuk setiap penelitian tentang distribusi dinamika di permukaan bumi entah di darat ataupun di perairan (Tulandi *et al.*, 2020).

Peramalan Simulasi Model Karakteristik Arus dan Gelombang

Peramalan gelombang dengan data angin dilakukan dengan metode *Svendrup Munk Bretschneider* (SMB) pada. Metode SMB dalam peramalan gelombang digunakan untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan (Mulyadi *et al.*, 2015). Selain untuk peramalan gelombang, data angin digunakan juga untuk mengetahui arah dan kecepatan dominan angin. Untuk mengetahuinya, diperlukan wind rose (mawar angin) menggunakan perangkat lunak WRplot. *Wind rose* dikelompokkan ke dalam kategori musim. Karakteristik arus dan gelombang dimodelkan menggunakan perangkat lunak Mike 21 dengan modul *Flow Model FM* untuk arus dan modul *Spectral Waves FM* untuk gelombang.

Pengolahan Gelombang Pecah

Gelombang pecah ditentukan berdasarkan nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) pada satu titik yang didapatkan dari hasil pemodelan gelombang sebelum reklamasi dan sesudah reklamasi. Lokasi titik perhitungan gelombang pecah berada pada koordinat 110022'26,6" Bujur Timur serta 6055'15,1" Lintang Selatan. Nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) dalam hasil model gelombang laut pada 1 titik sampel kemudian digunakan dalam mencari nilai parameter gelombang pecah, seperti tinggi gelombang pecah (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (db) (Melisa *et al.*, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

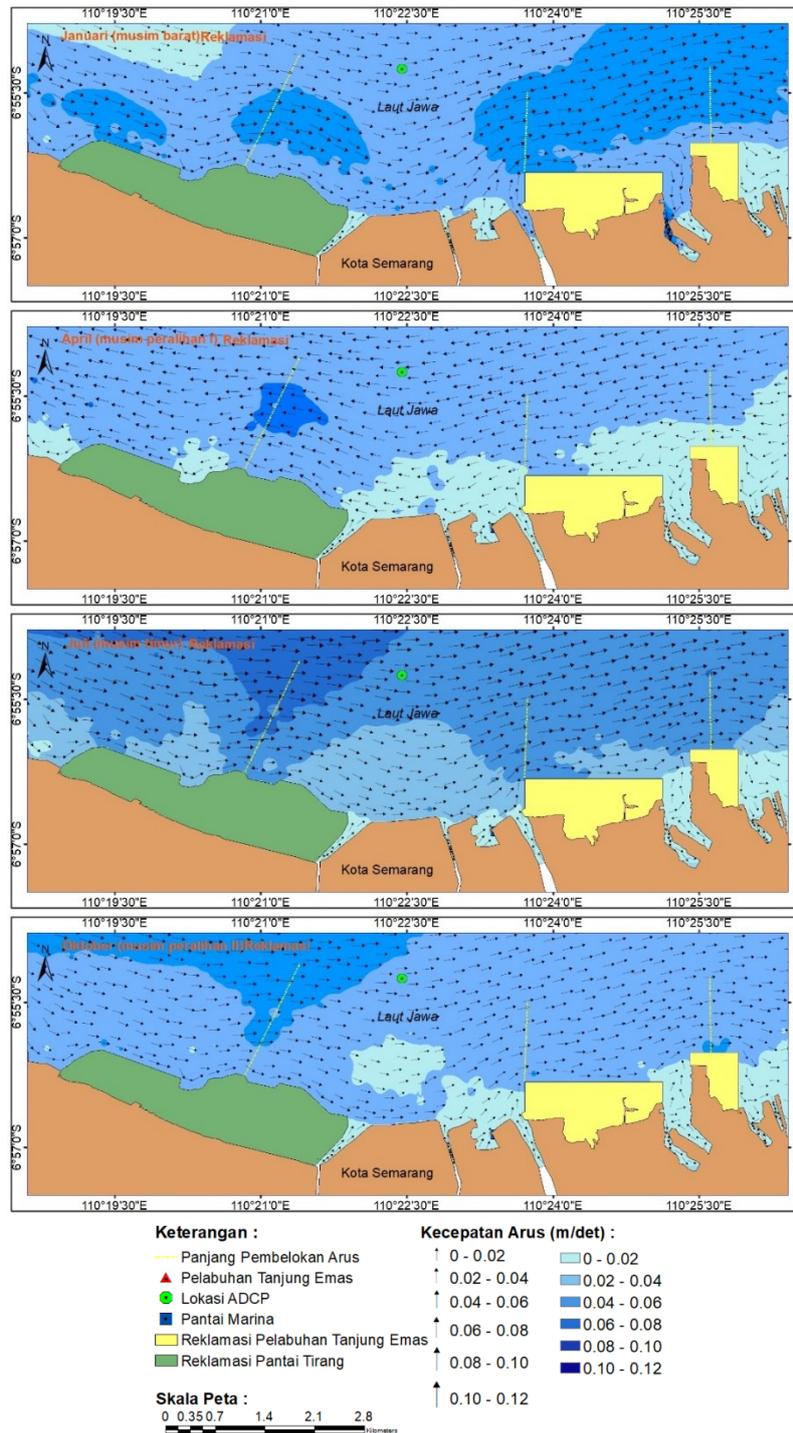
Karakteristik arus dan gelombang laut disimulasikan menggunakan model hidrodinamika 2D berdasarkan 4 skenario yaitu pada musim barat, musim peralihan I, musim timur, dan musim peralihan II. Setiap musim direpresentasikan pada saat kondisi pasang tertinggi atau HWL (*Highest Water Level*) dalam setiap bulannya. Hasil model yang ditunjukkan adalah kondisi setelah dilakukannya perluasan reklamasi untuk mengetahui perbedaan karakteristik arus dan gelombang yang terjadi. Hasil simulasi pola arus disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa musim barat sesudah perluasan reklamasi ditunjukkan pada Bulan Januari 2022 dimana pada saat pasang tertinggi arus datang dari barat laut bergerak menuju ke arah timur menyusuri pantai dengan kecepatan arus rata-rata adalah 0,02 m/det. Musim peralihan 1 sesudah perluasan reklamasi ditunjukkan pada Bulan April 2022 dimana pada saat pasang tertinggi arus datang dari timur bergerak menuju ke arah barat laut menyusuri pantai dengan kecepatan arus rata-rata adalah 0,02 m/det. Musim timur sesudah perluasan reklamasi ditunjukkan pada Bulan Juli 2022 dimana pada saat pasang tertinggi arus datang dari barat laut bergerak menuju ke arah timur menyusuri pantai dengan kecepatan arus rata-rata adalah 0,05 m/det. Musim peralihan 2 sesudah perluasan reklamasi ditunjukkan pada Bulan Oktober 2022 dimana pada saat pasang tertinggi arus datang dari barat bergerak menuju ke arah timur menyusuri pantai dengan kecepatan arus rata-rata adalah 0,03 m/det. Simulasi Karakteristik Gelombang Laut.

Arus laut sesudah perluasan reklamasi pada setiap musim memiliki kesamaan pola dimana arus laut pada semua musim menjalar menyusuri pantai. Kecepatan arus tertinggi terjadi pada Bulan Juli 2021 (musim timur). Hal ini disebabkan karena area penelitian dekat dengan daratan sehingga tekanan angin yang sangat mempengaruhi karakteristik arus yang ada. Hal ini terlihat pada hasil dimana arus laut yang terjadi pada musim angin dominan yaitu musim barat dan timur memiliki kecepatan yang lebih tinggi dari arus laut yang terjadi pada musim angin yang tidak dominan. Sesuai dengan pendapat Yuliasari *et al.* (2012), yang menyatakan bahwa karakteristik arus laut lebih dominan dipengaruhi oleh angin karena lokasi perairan yang dekat dengan daratan. Hal ini didukung oleh pendapat Jingga *et al.* (2021) dalam penelitiannya yang menyatakan bahwa kecepatan angin mempengaruhi terjadinya arus laut pada permukaan dengan nilai kecepatan arus $\approx 3\%$ dari kecepatan angin sehingga menyebabkan kecepatan arus akan lebih tinggi saat musim angin dominan. Kecepatan arus tertinggi terjadi pada Bulan Juli 2021 (musim timur).

Karakteristik Arus Sesudah Perluasan Reklamasi

Karakteristik arus laut di Perairan Kota Semarang mengalami perubahan akibat perluasan reklamasi. Terjadi penurunan kecepatan arus sekitar 0,003 – 0,007 m/det serta terjadi pembelokan arah arus laut yang mengikuti bentuk dari area perluasan reklamasi. Perubahan karakteristik arus ini menjalar antara 1,4 – 2,5 km dari bibir pantai pada area perluasan reklamasi. Perubahan karakteristik arus laut ini disebabkan oleh arus yang menjalar menyusuri pantai menabrak area reklamasi sehingga arus yang mendekati area perluasan reklamasi akan tertahan oleh adanya daratan baru, sedangkan saat arus laut melewati area perluasan reklamasi, maka arus laut akan dibelokkan oleh daratan baru yang ada. Hal ini sejalan dengan pendapat Hwang *et al.* (2014), yang menyatakan bahwa proyek reklamasi akan menghalangi penjaralan arus jika dibandingkan kondisi sebelumnya, sehingga arus laut yang mendekatinya akan tertahan dan arus laut yang melewatinya akan menabrak dan dibelokkan oleh adanya daratan baru sehingga merubah karakteristik arus laut disekitarnya. Semakin luas area reklamasi maka semakin mempengaruhi karakteristik arus laut yang ada. Hal ini dapat dilihat dari perubahan karakteristik arus laut yang lebih besar terjadi di area perluasan reklamasi Pantai Tirang yang mana itu adalah area perluasan reklamasi yang paling luas. Sejalan dengan pendapat Siagian *et al.* (2013), bahwa jika area reklamasi semakin luas, maka pembelokan arus laut yang terjadi akan semakin signifikan.



Gambar 2. Karakteristik Arus Sesudah Perluasan Reklamasi saat Pasang Tertinggi

arakteristik arus laut secara umum berubah nilai dari tiap komponennya menurun saat mendekati area perluasan reklamasi serta terjadi pembelokan arah penjalaran arus akibat adanya daratan baru. Penurunan kecepatan arus, serta perubahan pola arus dapat berdampak pada percepatan proses sedimentasi di perairan sekitar area perluasan reklamasi. Menurut Hasanudin dan Kusmanto (2018), sedimentasi terjadi karena arus sejajar pantai dengan membawa angkutan sedimen lalu mengendap di perairan dekat pantai. Sungai yang bermuara di pantai berpasir dan terjadi pertemuan arus yang menyebabkan pendangkalan akibat penumpukan

sedimen (Triatmodjo, 1999). Perluasan reklamasi di perairan Kota Semarang berpotensi menyebabkan terjadinya sedimentasi pada beberapa titik yang arusnya mengalami pembelokan arah secara signifikan serta titik dimana pertemuan antara arus laut dan arus sungai. Sedimentasi yang mungkin dapat terjadi dapat diminimalisir dengan bangunan jetty pada area yang berpotensi terjadi sedimentasi. Sejalan dengan pendapat Fahmi dan Hafli (2019), bahwa pembangunan jetty efektif untuk mengatasi permasalahan penumpukan sedimen di perairan dekat pantai akibat angkutan sedimen oleh arus yang pelan atau akibat sungai yang bermuara di pantai berpasir.

Karakteristik Gelombang Sesudah Perluasan Reklamasi

Karakteristik simulasi dari gelombang disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa musim barat sesudah perluasan reklamasi ditunjukkan pada Bulan Januari 2022 dimana pada kondisi pasang tertinggi, tinggi gelombang signifikan rata-rata adalah 0,47 meter dan periode gelombang signifikan rata-rata adalah 3,77 detik. Musim peralihan I sesudah reklamasi ditunjukkan pada Bulan April 2022 dimana pada kondisi pasang tertinggi, tinggi gelombang signifikan rata-rata adalah 0,47 meter dan periode gelombang signifikan rata-rata adalah 3,77 detik. Musim timur sesudah reklamasi ditunjukkan pada Bulan Juli 2021 dimana pada kondisi pasang tertinggi, tinggi gelombang signifikan rata-rata adalah 0,47 meter dan periode gelombang signifikan rata-rata adalah 3,77 detik. Musim peralihan II sesudah reklamasi ditunjukkan pada Bulan Oktober 2021 dimana pada kondisi pasang tertinggi, tinggi gelombang signifikan rata-rata adalah 0,47 meter dan periode gelombang signifikan rata-rata adalah 3,77 detik.

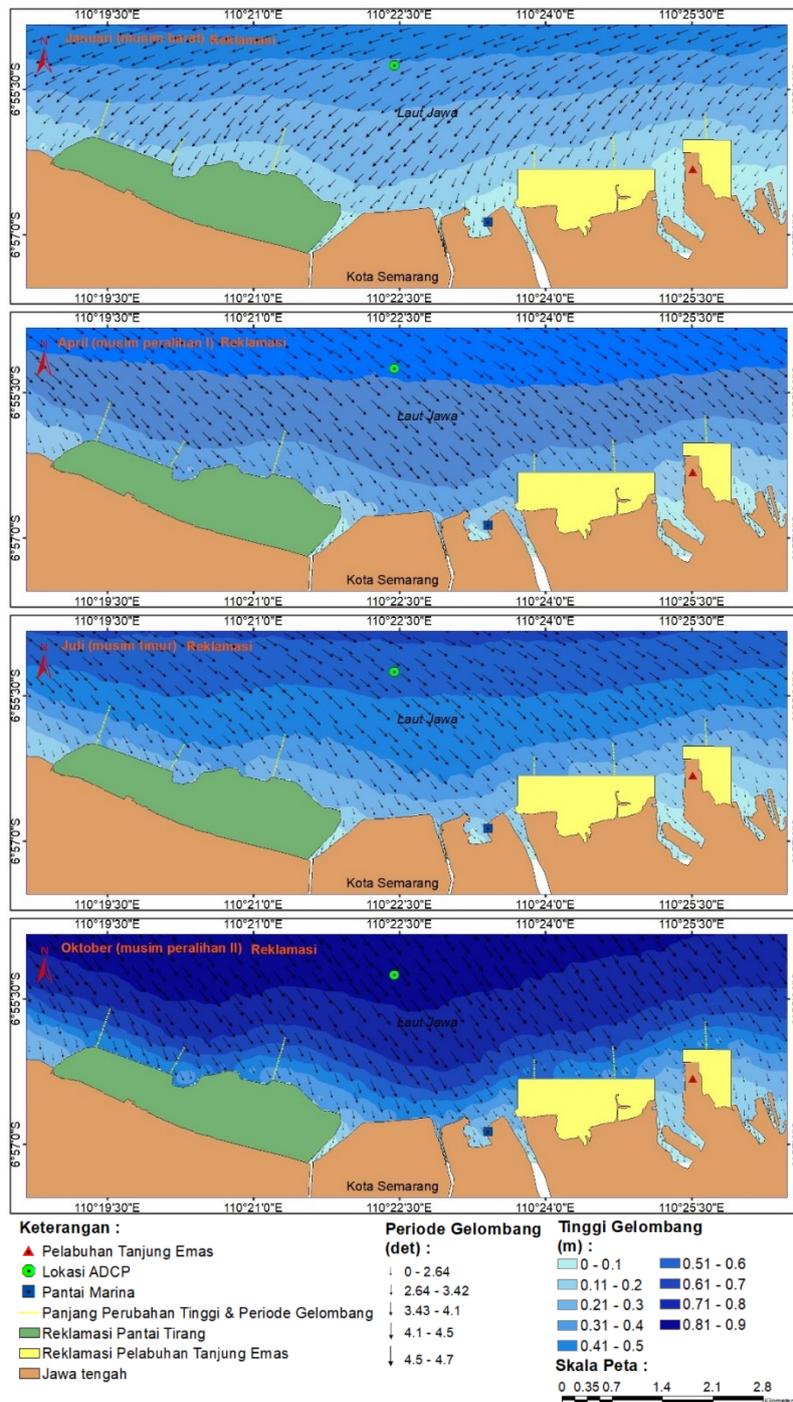
Tinggi gelombang signifikan (H_s) rata-rata dan periode gelombang signifikan (T_s) rata-rata bervariasi pada setiap musimnya. Tinggi gelombang signifikan tertinggi yang terjadi pada Bulan Oktober 2021 (musim peralihan II). Hal ini disebabkan oleh arah datang gelombang yang hampir tegak lurus dengan pantai sehingga penjaralan gelombang tidak banyak dibelokkan oleh proses refraksi gelombang. Sejalan dengan pendapat Arianty *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa gelombang laut yang datang ke arah pantai akan dibelokkan akibat refraksi gelombang seiring berkurangnya kedalaman. Periode gelombang signifikan terpanjang terjadi pada Bulan Juli 2021 (musim timur) yang disebabkan karena pada Bulan Juli merupakan musim saat angin dominan sehingga hembusan angin yang memicu timbulnya gelombang laut juga besar. Hasil peramalan gelombang juga menunjukkan tinggi gelombang signifikan tertinggi dan periode gelombang signifikan terpanjang terjadi pada Bulan Juli (musim timur) atau pada saat angin dominan. Sesuai dengan pendapat Gunawan *et al.* (2017), bahwa gelombang laut yang terjadi di permukaan dipengaruhi secara dominan oleh hembusan angin. Berdasarkan nilai d/L pada semua musim, gelombang laut di Perairan Kota Semarang digolongkan oleh Triatmodjo, (1999) sebagai gelombang laut transisi.

Perluasan reklamasi mempengaruhi karakteristik gelombang laut dimana terjadi penurunan tinggi gelombang signifikan rata-rata antara 0,5 – 0,6 m dan penurunan periode gelombang signifikan rata-rata antara 0,33 – 0,39 detik. Perubahan karakteristik ini mulai terasa dominan terjadi pada area dengan jarak 0,4 – 0,9 km dari bibir pantai. Perubahan karakteristik gelombang laut terjadi karena posisi daratan yang ada lebih maju kearah perairan daripada sebelumnya yang menyebabkan penjaralan gelombang lebih cepat terhalang oleh daratan. Selain itu juga karena adanya daratan yang lebih maju dari posisi sebelumnya memungkinkan terjadi difraksi dan refleksi gelombang saat gelombang menabrak daratan hasil perluasan reklamasi. Sesuai dengan pendapat Sukhinov *et al.* (2021), bahwa gelombang akan mengalami difraksi saat menabrak daratan dan jika daratan yang ada memiliki posisi tegak lurus dengan perairan maka gelombang akan terefleksi sehingga membuat tinggi dan periode gelombang yang datang dari perairan akan menurun. Arah penjaralan gelombang tidak berubah signifikan akibat perluasan reklamasi. Hal ini dikarenakan menurut Cezalipi *et al.* (2017), arah sinar gelombang yang dibelokkan menjadi tegak lurus dengan bibir pantai karena refraksi gelombang. Hal ini menyebabkan gelombang datang akan langsung mengarah tegak lurus dan menabrak daratan lalu mengalami difraksi atau refleksi gelombang. Selain itu karena keterbatasan model yang hanya dapat mensimulasikan gelombang datang sebelum menabrak daratan.

Gelombang pecah juga terpengaruh oleh perluasan reklamasi dimana tinggi gelombang pecah (H_b) menjadi lebih rendah sekitar 0,01 m serta area terjadinya gelombang pecah memiliki kedalaman (db) yang lebih dangkal antara 0,01 – 0,02 m. Hal ini terjadi karena tinggi dan periode gelombang signifikan menjadi lebih kecil. Sesuai dengan pernyataan Triatmodjo (1999), bahwa tinggi dan kedalaman gelombang pecah dipengaruhi oleh tinggi dan periode gelombang signifikan. Semakin luas area reklamasi maka semakin mempengaruhi karakteristik gelombang laut yang ada. Hal ini dapat dilihat dari perubahan karakteristik

gelombang laut yang lebih besar terjadi di area perluasan reklamasi Pantai Tirang yang mana itu adalah area perluasan reklamasi yang paling luas. Sejalan dengan pendapat Tallane *et al.* (2019), bahwa jika area reklamasi semakin luas, maka akan semakin mempengaruhi karakteristik gelombang laut disekitarnya.

Karakteristik gelombang laut secara umum mengalami perubahan akibat adanya perluasan reklamasi. Perubahan ini berpotensi menimbulkan terjadinya sedimentasi pada area sekitar perluasan reklamasi. Menurunnya nilai tinggi gelombang pecah juga akan menurunkan nilai kecepatan arus sejajar pantai yang membawa angkutan sedimen serta mengendap di perairan yang dekat dengan daratan sehingga menyebabkan sedimentasi (Hasanudin dan Kusmanto, 2018). Dampak sedimentasi ini dapat diminimalisir dengan



Gambar 3. Karakteristik Gelombang Sesudah Perluasan Reklamasi saat Pasang Tertinggi

pembangunan jetty karena menurut Fahmi dan Hafli (2019), pembangunan jetty efektif untuk mengatasi permasalahan penumpukan sedimen di perairan dekat pantai akibat angkutan sedimen oleh arus yang pelan atau akibat sungai yang bermuara di pantai berpasir.

Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah

Tinggi dan kedalaman gelombang pecah berbeda-beda pada setiap musim yang disebabkan oleh tekanan angin yang berbeda pula pada setiap bulannya yang mempengaruhi penjalaran gelombang. Sesuai dengan pernyataan Triatmodjo (1999), bahwa gelombang laut di permukaan secara signifikan dipengaruhi oleh tekanan angin diatas perairan. Tinggi gelombang pecah sesudah reklamasi lebih pendek daripada sebelum reklamasi, begitu pula kedalaman gelombang pecah yang lebih dangkal daripada sebelum reklamasi. Menurut Triatmodjo (1999), hal ini disebabkan oleh nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) pada saat sesudah reklamasi lebih kecil. Nilai lebih lengkap disajikan pada Tabel 1.

Verifikasi Arus dan Gelombang Hasil Pemodelan dengan Data Lapangan

Menurut Nabillah dan Ranggadara (2020) verifikasi data dilakukan untuk mengetahui keakuratan serta ketelitian data yang diolah dengan membandingkannya dengan data lapangan ataupun data dari sumber-sumber yang terpercaya. Kriteria kelayakan data dengan rumus MAPE (Mean Absolute Percentage Error) adalah jika nilai <10% berarti sangat baik, nilai 10%-20% berarti baik, nilai 20%-50% berarti layak, dan jika nilai >50% berarti buruk. Koreksi kesalahan rata-rata dilakukn dengan penghitungan rumus sebagai berikut :

Verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan data hasil model arus dan gelombang laut sebelum reklamasi menggunakan perangkat lunak Mike 21 dengan data arus dan gelombang yang diperoleh dari pengukuran di lapangan menggunakan ADCP (*acoustic dopper current profiler*). Hal ini dilakukan karena kondisi saat dilakukan pengambilan data, perluasan reklamasi masih dalam tahap rencana dan belum ada pembangunan lanjutan. Oleh karena itu, untuk model sesudah perluasan reklamasi tidak dilakukan verifikasi dengan data lapangan karena tidak relevan dengan kondisi terkini. Verifikasi data dilakukan dengan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang dihitung dengan persamaan 1:

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{\hat{y}_t} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

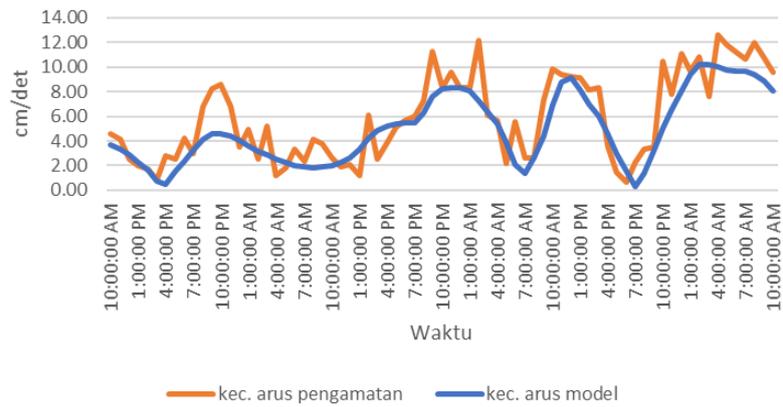
- n : jumlah data
- y_t : nilai data pengamatan
- \hat{y}_t : nilai data model

Pola hubungan antara data model dan data pengamatan arus dan gelombang dapat dilihat pada Gambar 4, 5 dan 6.

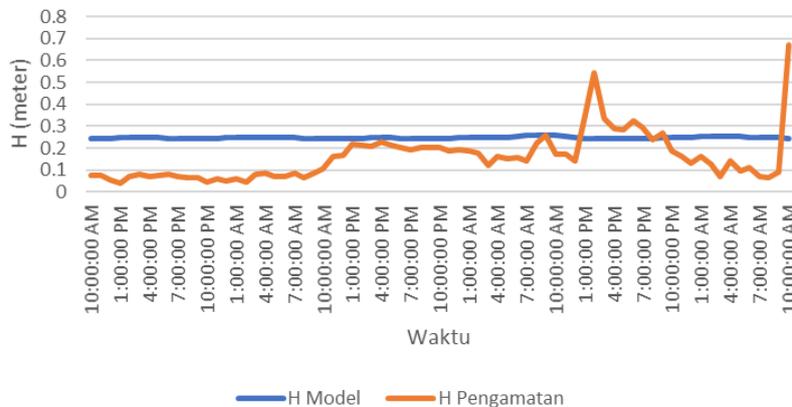
Tabel 1. Tinggi dan kedalaman gelombang pecah

Bulan	Sebelum perluasan reklamasi		Sesudah perluasan reklamasi	
	Hb	db	Hb	db
Januari 2022	0.58	0.69	0.57	0.68
April 2022	0.56	0.71	0.55	0.7
Juli 2021	0.8	1.04	0.79	1
Oktober 2021	1.1	1.39	1.1	1.38

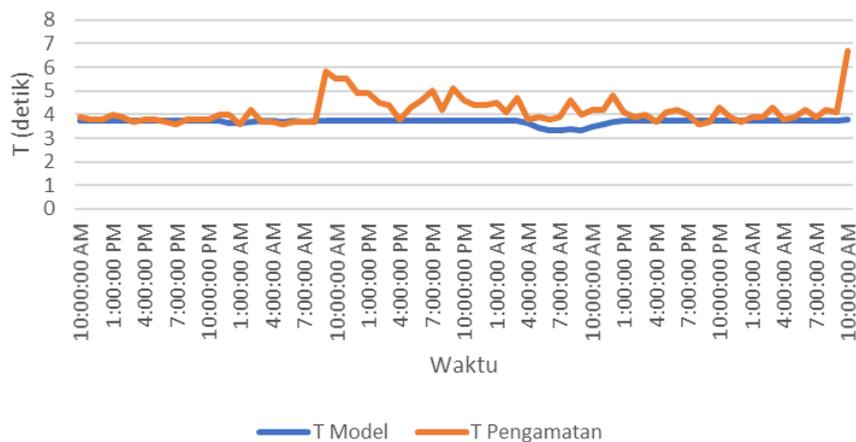
Hasil verifikasi pada model arus didapatkan nilai 26,67% yang menandakan tersebut termasuk dalam kategori layak karena nilainya kurang dari 50%. Hal yang menyebabkan besarnya nilai tersebut karena komponen yang digunakan dalam model arus adalah pasang surut dan tekanan angin, sedangkan untuk arus lapangan merupakan arus total, dimana faktor pembangkit arus tidak hanya pasang surut dan angin. Hasil verifikasi pada model gelombang didapatkan nilai 32,77% untuk tinggi gelombang yang menandakan tersebut termasuk dalam kategori layak karena nilainya kurang dari 50% dan 11,17% untuk periode gelombang yang



Gambar 4. Grafik verifikasi kecepatan arus



Gambar 5. Grafik verifikasi tinggi gelombang



Gambar 6. Grafik verifikasi periode gelombang

menandakan tersebut termasuk dalam kategori baik karena nilainya kurang dari 20%. Hal yang menyebabkan besarnya nilai tersebut karena komponen yang digunakan dalam model gelombang adalah pasang surut dan tekanan angin serta ketinggian gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan hasil peramalan gelombang sebagai input dasar. sedangkan untuk gelombang lapangan merupakan gelombang total, dimana faktor pembangkit gelombang tidak hanya angin dan pasang surut. Menurut Lakkan dan Trenhaile (1989) data

hasil simulasi tentang pesisir dan perairan harus disertai dengan derajat kebenaran karena model hasil simulasi tentang pesisir dan perairan selalu menyederhanakan keadaan dan mengurangi beberapa faktor yang berpengaruh pada keadaan yang sebenarnya, sehingga tidak ada model hasil simulasi yang benar-benar tepat dengan kondisi sebenarnya.

KESIMPULAN

Adanya perluasan reklamasi di Perairan Kota Semarang menyebabkan terjadinya penurunan kecepatan arus sebesar 0,003 – 0,007 m/det serta terjadi pembelokan arah arus di sekitar area perluasan reklamasi yang menjalar sejauh 1,4 – 2,5 km, penurunan tinggi gelombang signifikan rata-rata sebesar 0,05 – 0,06 meter dan periode gelombang signifikan rata-rata sebesar 0,033 – 0,39 detik yang menjalar sejauh 0,4 – 0,9 km dan tidak terjadi pembelokan arah penjalaran gelombang yang signifikan di sekitar area perluasan reklamasi. Perluasan reklamasi juga menyebabkan area terjadinya gelombang pecah yang lebih dekat dengan garis pantai serta penurunan tinggi gelombang pecah sebesar 0,01 m. Perubahan karakteristik arus dan gelombang laut ini dapat berdampak pada terjadinya percepatan akresi/sedimentasi terutama pada area yang berbatasan dengan muara sungai, sehingga perlu adanya bangunan pantai berupa jetty untuk meminimalisir terjadinya akresi/sedimentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianty, N., Mudin, Y., & Rahman, A. (2017). *Pemodelan Refraksi Gelombang dan Analisis Karakteristik Gelombang Laut Di Perairan Teluk Palu*. *Gravitasi*, 16(2).
- Asri, A. C. A., Suryoputro, A. A. D., & Atmodjo, W. 2014. *Studi Karakteristik Arus Laut Di Perairan Marunda, Jakarta Utara*. *Journal of Oceanography*, 3(4), 601-609.
- Cezalipi, J., Prasetyawan, I. B., & Marwoto, J. (2017). *Kajian Karakteristik Gelombang Laut Akibat Pengaruh Rencana Pembangunan Pelabuhan Patimban, Subang*. *Journal of Oceanography*, 6(3), 475-484.
- Fahmi, M., & Hafli, T. M. 2019. *Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Konstruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft3D*. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 50-59.
- Gunawan, A., Purwanto, P., & Satriadi, A. 2017. *Analisis Spektrum Gelombang Berarah Di Perairan Karimunjawa, Kabupaten Jepara*. *Journal of Oceanography*, 6(1), 1-9.
- Hwang, J. H., Van, S. P., Choi, B. J., Chang, Y. S., & Kim, Y. H. (2014). *The physical processes in the Yellow Sea*. *Ocean & Coastal Management*, 102, 449-457.
- Jingga, F., Muliadi, M., & Risiko, R. 2021. *Kondisi Arus Musim Barat di Perairan Pantai Kijing Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat*. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(1), 40-49.
- Lakhan, V. C., & Trenhaile, A. S. 1989. *Applications in coastal modeling*.
- Melisa, Wita., Hariyadi., Sugeng Widada., Elis Indrayani, Denny Nugroho S., Dwi Haryo I., dan Muh. Yusuf. 2020. *Studi pengaruh Longshore Current Terhadap Abrasi di Pantai Moro, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah*. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(4), ISSN: 2714-8726.
- Mulyadi., Muh. Ishak Jumarang., dan Apriansyah. 2015. *Studi Variabilitas Tinggi dan Periode Gelombang Laut Signifikan di Selat Karimata*. *POSITRON*, 5(1).
- Nabillah, I., & Ranggadara, I. 2020. *Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut*. *Journal of Information System*, 5(2), 250-255.
- Peraturan Daerah Nomor 8 Tahun 2004 tentang Tata Ruang Kota Semarang.
- Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2021 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011 – 2031.
- Qumain, S. 2016. *Analisis perbandingan kandungan logam berat timbal (Pb) pada rumput laut Gracillaria sp. dan agar Desa Kupang Kecamatan Jabon, Sidoarjo* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang).
- Siagian, B. T., Helmi, M., & Sugianto, D. N. 2013. *Kajian pola arus akibat perencanaan reklamasi pantai di perairan Makassar*. *Journal of Oceanography*, 2(1), 98-110.
- Sudarto, Wilhelmina P., Andre A. T. 2013. *Kondisi arus permukaan di perairan pantai: pengamatan dengan metode Lagrangian*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap* 1 (3) : 98-102.
- Sugianto, D. N. 2010. *Model distribusi data kecepatan angin dan pemanfaatannya dalam peramalan gelombang di perairan laut paciran, Jawa Timur*. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 15(3), 143-152.

- Sugiyono, D. 2013. *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Penerbit Alfabeta, Bandung. 334 hal.
- Sukhinov, A. I., Chistyakov, A. E., Protsenko, E. A., & Protsenko, S. V. 2021. *Coastal protection structures influence on diffraction and reflection of waves simulation based on 3D waves hydrodynamics model*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1902, No. 1, p. 012133). IOP Publishing.
- Surat keputusan Wali Kota Semarang No. 590/04310 tanggal 31 Agustus 2004
- Tallane, W. F., Jansen, T., & Jasin, M. I. (2019). *Tinjauan Terhadap Desain Reklamasi Kota Sorong Provinsi Papua Barat*. *Jurnal Sipil Statik*, 7(7).
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Tulandi, D. A., Tumangkeng, J. V., & Tumbelaka, F. E. A. 2020. *Analisis Data Angin Permukaan Di Bandara Sam Ratulangi Manado Menggunakan Metode Windrose*. *JSME (Jurnal Sains, Matematika & Edukasi)*, 8(1), 11-16.
- Widada, S. 2016. *Prediksi Perubahan Arus Akibat Reklamasi pada Pangkal Breakwater Barat Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dengan Pendekatan Model Matematik*. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(3), 147-153.
- Yuliasari, Dwi, Muhammad Zainuri, dan Denny Nugroho Sugianti. 2012. *Kajian Pola Arus Di Pantai Marina Ancol Dan Pengaruhnya Terhadap Rencana Reklamasi*. *Buletin Oseanografi Marina* vol. 1 1 – 9.
- Zaidan, R. R., Suryono, C. A., Pratikto, I., & Taufiq-Spj, N. (2022). *Penggunaan Citra Satelit Sentinel-2A untuk Mengevaluasi Perubahan Garis Pantai Semarang Jawa Tengah*. *Journal of Marine Research*, 11(2), 105-113.