

Pengaruh Rencana Konstruksi Pelabuhan Jetty Terhadap Perairan di Kawasan Pelabuhan Pulau Balai, Kabupaten Aceh Singkil.

Teuku Mudi Hafli^(*)

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh,
Jl. Batam, Kampus Bukit Indah, Kota Lhokseumawe e-mail: teukumudi@unimal.ac.id

Said Jalalul Akbar

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh,
Jl. Batam, Kampus Bukit Indah, Kota Lhokseumawe e-mail: saidjalalul.akbar@unimal.ac.id

Musa Al'ala

Tsunami and Disaster Mitigation Research Center (TDMRC) Universitas Syiah Kuala
Jl. Prof. Ibrahim Hasan, Gampong Pie, Banda Aceh (Indonesia) e-mail: musa@tdmrc.org

Abstrak

Kawasan pesisir selalu memiliki tantangan dalam upaya mengoptimalkan pemanfaatan potensi yang dimilikinya. Erosi dan sedimentasi yang disertai gelombang besar merupakan dua masalah utama yang dihadapi oleh masyarakat pesisir yang mengurangi efektifitas dari pemanfaatan Pelabuhan sebagai satu-satunya jalur transportasi. Pulau Banyak sebagai salah satu kawasan kepulauan juga menghadapi masalah yang sama, tercatat masalah erosi dan sedimentasi pesisir masih menjadi tantangan. Para penduduk sangat bergantung pada kawasan Pelabuhan sebagai jalur keluar masuk barang kebutuhan. Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan dampak alternatif desain yang direncanakan agar dapat mereduksi permasalahan erosi. Proyeksi ini disimulasikan menggunakan model transportasi hidrodinamik dan sedimen yang termasuk dalam Delft3D Flow and Wave. Skenario alternatif desain dilihat pengaruhnya dalam kurun waktu 3 tahun. Dampaknya dianalisis secara spasial dan hasilnya menunjukkan, sedimentasi terus terjadi pada area pangkal dari ketiga bangunan (groin dan causeway). Pola arus yang cukup besar juga terjadi pada area sekitar ujung Pelabuhan causeway. Oleh sebab itu alternatif penambahan dermaga trestle pada ujung jetty causeway merupakan alternatif yang tepat. Hal ini dibuktikan dengan hasil simulasi yang menunjukkan tidak ada aktifitas arus maupun sedimentasi yang mengganggu pada area dermaga trestle.

Kata-kata Kunci: Pelindung pantai, Delft3D, pelabuhan.

Abstract

Coastal areas always have challenges in trying to optimize the utilization of their potential. Erosion and sedimentation accompanied by large waves are two of the main problems faced by coastal communities that reduce the effectiveness of the use of ports as the only transportation route. Pulau Banyak as one of the archipelagos also faces the same problem, noted the problem of erosion and coastal sedimentation is still a challenge. The residents rely heavily on the Port area as a way in and out of goods needed. This research aims to project the impact of planned design alternatives to reduce the problem of erosion. These projections are simulated using hydrodynamic and sediment transport models included in Delft3D Flow and Wave. Alternative design scenarios are seen as influential within 3 years. The impact was analyzed spatially, and the results showed that sedimentation continued to occur in the base area of all three buildings (groin and causeway). A large current pattern also occurs in the area around the end of the Port causeway. Therefore, the alternative of adding trestle docks at the end of the jetty causeway is the right alternative. This is evidenced by the results of simulations that show no current activity or sedimentation that interferes with the trestle pier area.

Keywords: Coastal defence, Delft3D, port.

1. Pendahuluan

Kawasan pesisir sebagai pusat transportasi dan ekonomi area kepulauan mengakibatkan pertumbuhan populasi yang terus bertambah dan berpotensi meningkatkan kerentanan yang dimiliki oleh masyarakat pesisir di seluruh dunia (McMichael, 2014;

Levy dan Patz, 2015). Pulau Banyak berada pada kawasan administratif Aceh Singkil yang terdiri dari kawasan daratan (Pulau Sumatera) dan gugus kepulauan (Pulau Banyak). Kawasan pantai pada gugus Pulau Banyak menjadi daya tarik pariwisata yang memikat wisatawan baik dari dalam maupun luar negeri. Kawasan pesisir Pulau Banyak berhadapan

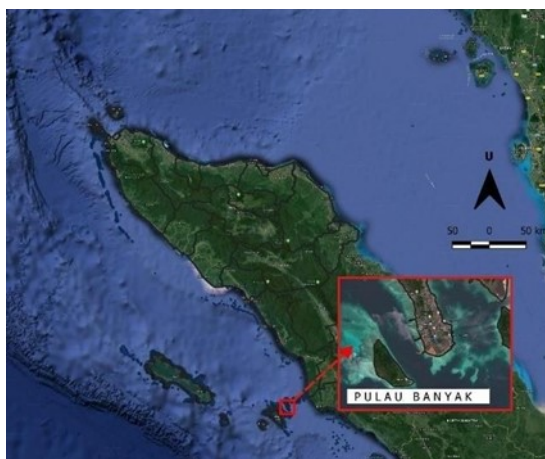
^{*}Penulis Korespondensi

dengan perairan selat yang terbentuk diantara Pulau Banyak dan Pulau Baguk. Kawasan penduduk dengan daya tarik pariwisata ini memiliki beberapa fasilitas pengaman pantai dan juga pelayaran (pelabuhan) yang terlindung dari gelombang yang dibangkitkan dari arah Barat dan Barat Daya. Akan tetapi perairan selat Pulau Banyak ini masih dipengaruhi oleh gelombang yang dibangkitkan dari arah Barat Laut, Selatan dan Tenggara. Beberapa fasilitas telah dibangun untuk menunjang aktifitas transportasi dengan mengamankan morfologi pantai wilayah pesisir dengan groin dan pelabuhan. Akan tetapi mengingat dinamisme dari morfologi pantai kawasan pesisir Pulau Banyak, maka diperlukan kajian alternatif yang lebih efisien dalam memberikan solusi terhadap permasalahan morfologi pantai pesisir. Untuk memproyeksi dampak dari rencana alternatif desain pengaman pantai dengan efektif dan efisien maka dilakukan pendekatan model numerik hidrodinamik dan morfologi pantai. Penggunaan model numerik Delft3D untuk replikasi dan proyeksi perubahan morfologi telah beberapa kali berhasil dilakukan baik pada proses pantai normal maupun bencana besar seperti tsunami (Giles dkk, 2000; Li dan Huang, 2012; Al'ala dkk, 2015; Fachrurrazi dan Syamsidik, 2015; dan Nengsih dkk, 2017).

Kajian alternatif desain dilakukan dengan melakukan model numerik yang memanfaatkan model Delft3D. Model dibangun dengan data Topografi dan bathimetri yang mewakili domain simulasi dimana perubahan morfologi disimulasikan. Sebagai input kondisi batas digunakan gelombang yang diwakili oleh gelombang pasang surut dan gelombang pembangkitan angin. Pergerakan butiran sedimen dimodelkan dengan gelombang yang menggerakkan butiran sedimen berdasarkan energi yang terlibat melawan ukuran butiran. Proses pantai dalam 5 tahun diproyeksikan menggunakan *morfology factor* yang mewakili tiga arah pembangkitan dominan yaitu Barat Laut dan Selatan. Dengan kajian ini diharapkan dapat di kaji apakah desain eksisting dari pelindung pantai Pulau Banyak sudah cukup baik, dan bagaimana alternatif desain yang diajukan dapat memberikan respons lebih baik terhadap proses pergerakan sedimen di sepanjang pantai Pulau Banyak dengan fasilitas perairan yang telah ada dalam menunjang ekonomi masyarakat. Sebelumnya penggunaan model Delft3D untuk melihat efektifitas dari desain Pelabuhan (breakwater) juga sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya di pantai Barat Aceh yaitu di Meulaboh (Syahputra dan Yuliana, 2019).

2. Area Studi

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Aceh Singkil, tepatnya ada Kecamatan Pulau Banyak. Fokus rencana alternatif desain dari fasilitas pantai (Pelabuhan) terletak pada kawasan pesisir Pulau Balai. Pulau Balai memiliki jumlah penduduk terbanyak dibanding ketiga desa lain (Pulau Baguk dan Teluk Nibung), dengan 1.882 jiwa (Kecamatan Pulau Banyak dalam Angka, 2019). Selain itu Pulau Balai juga memiliki kepadatan penduduk tertinggi dengan 418 jiwa/km². Oleh sebab itu peningkatan fasilitas vital transportasi seperti Pelabuhan relatif penting dan perlu diperhatikan. Perlindungan terhadap kawasan pesisir akan



Gambar 1. Lokasi penelitian

menunjang aktifitas masyarakat, terutama pariwisata yang mendatangkan wisatawan dari luar daerah melalui transportasi laut.

3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan model numerik Delft3D untuk mensimulasikan proses pantai yang diakibatkan oleh rencana pembangunan pantai pada Pulau Balai di Kec. Pulau Banyak. Proses dari penelitian ini terdiri dari 3 tahap yaitu pengumpulan data, pembangunan parameter model dan simulasi dan diakhiri dengan analisa hasil proyeksi terhadap kawasan pesisir Pulau Banyak.

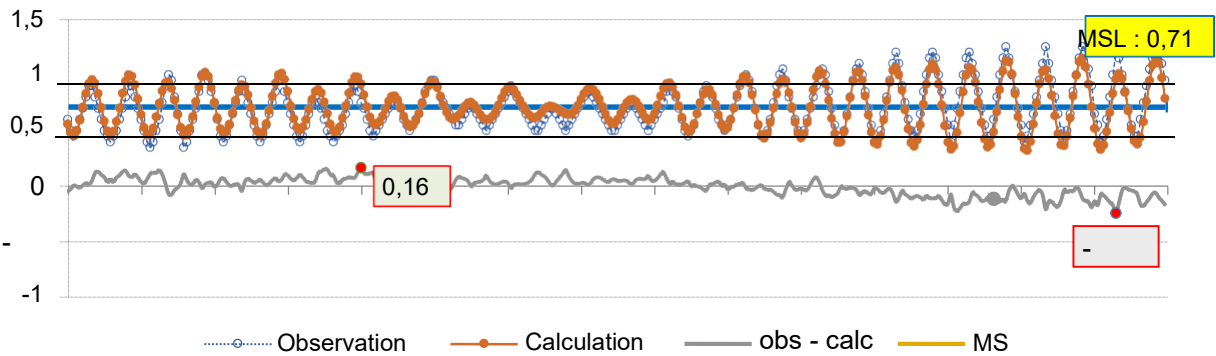
3.1 Domain model

Data bathimetri dan topografi didapatkan melalui pengukuran di lapangan. Kedua data ini digunakan untuk memodelkan domain simulasi yang diwakili oleh grid berukuran 8 x 8 m. grid ini digunakan untuk perhitungan simulasi model hidrodinamika dan morfologi. Data garis pantai diambil dari citra satelit *google earth* terakhir ter-*visible* (12 November 2019). Pelabuhan Pulau Banyak telah memiliki dua Pelabuhan Jetty pada sisi Barat pulau yang berapa pada selat dan satu groin pada sisi Utara Pulau Balai.

Area perairan di sekitar pelabuhan dan groin relatif dangkal (lebih dangkal dari -5m) sedangkan pada area



Gambar 2. Kondisi morfologi perairan Pulau Banyak dan domain simulasi numerik (kotak merah).



Gambar 3. Grafik pengukuran pasang surut

tengah selat diantara Pulau Balai dan Pulau Baguk terukur mencapai kedalaman -25m pada area tengahnya. Area diantara groin dan *cause way* secara alamiah menjadi penangkap sedimen yang menyebabkan pendangkalan diarea diantara ketiga bangunan tegak lurus garis pantai tersebut. Hal ini secara relatif menjelaskan kondisi morfologi perairan diantara kedua pulau ini. Selain itu, mengarah ke Barat Laut, perairan menjadi semakin dangkal. Hal ini disebabkan meterial sedimen yang berasal dari terumbu karang yang mati tertahan oleh aliran yang tertahan dan melambat diantara kedua Pulau, Baguk dan Balai dan Pulau Ujung Batu.

3.2 Model numerik hidrodinamika dan morfologi

Persamaan *Navier-Stokes* digunakan dalam model arus Delft3D, transpor sedimen, pasang surut, dan model lainnya (Giles dkk, 2000). Persamaan yang digunakan memiliki bentuk diferensial yang sama yang menggambarkan gerakan fluida. Persamaan ini mendeskripsikan hubungan laju perubahan dan hubungan diantara variable-variabel. Pada model ini sedimen dibatasi pada model kohesif. Kondisi batas (*Boundary condition*) disimulasikan dengan data fluktuasi muka air (pasang surut) dan gelombang bangkitan angin (Tabel 1 dan Tabel 2), Delft3D mensimulasikan pergerakan sedimen di dasar perairan yang menghasilkan bathymetri baru di setiap langkah waktu komputasi. Karakteristik morfologi dasar perairan memberikan pengaruh terhadap bagaimana gelombang dan arus berinteraksi dengan dasar perairan. Simulasi ini bertujuan untuk melihat perubahan morfologis setelah tiga tahun menggunakan faktor morfologis (morfac) untuk setiap arah gelombang sesuai dengan persentase angin.

Kondisi batas untuk kedua model yaitu hidrodinamika dan morfologi diisi dengan komponen pasang surut (M_2, K_1, S_2 , dan O_1) dan data gelombang (H_s dan T_s) yang akan mensimulasikan pergerakan fluida dari tepi grid basah pada domain. Komponen harmonik adalah komponen pembentuk gelombang yang didapatkan dari pengukuran pasang surut, dan dikelompokkan berdasarkan tinggi amplitudo dan fase serta waktu kemunculan (frekuensi). Pengukuran pasang surut berlangsung selama 15 hari dan menghasilkan 4 komponen pasang surut. Berdasarkan grafik pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa terjadi dua kali pasang surut dalam sehari yang menjadikannya semi diurnal. Data komponen pasang surut yang dibangkitkan dengan

menggunakan metode *Admiralty* dapat dilihat pada Tabel 1.

Komponen hidrodinamika yang mempengaruhi kondisi morfologi adalah arus yang digerakkan oleh pasang surut yang dikombinasikan dengan gelombang. Bentuk morfologi atau sudut tegak lurus terhadap garis pantai menjadi penting. Posisi garis pantai adalah $25,15^\circ$ dari arah Selatan, maka angin yang berasal dari laut adalah yang datang dari arah BL (0,83%), dan S (0,94%). Dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk memudahkan pembacaan, data angin dapat ditampilkan dalam bentuk mawar angin, dalam hal ini penyajiannya diberikan dalam bentuk persen kejadian angin maksimum, seperti yang disajikan dalam Gambar 5. Berdasarkan mawar angin, angin maksimum paling dominan berada pada arah angin Barat, Barat Daya dan Selatan (St. BMKG Cut Nyak Dhien). Melalui pembangkitan gelombang dengan metode fetch maka didapatkan gelombang merata yang digunakan untuk

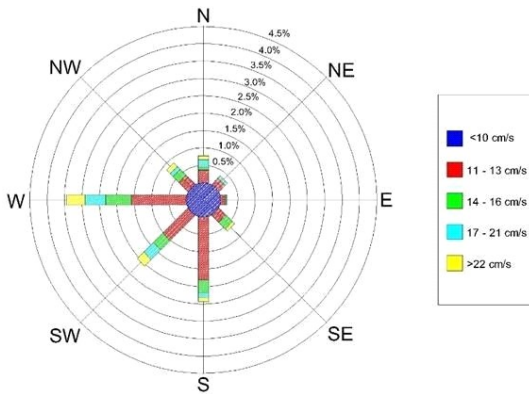
Tabel 1. Komponen harmonik pasang surut

Komponen Harmonik	Amplitudo (meter)	Phase (derajat)	Periode (jam)
M_2	0,1669	$78,382^\circ$	12,42
K_1	0,1390	$321,864^\circ$	23,33
S_2	0,3220	$169,558^\circ$	12
O_1	0,0475	$114,875^\circ$	25,82

M_2 :Komponen Utama Bulan
 K_1 :Komponen Matahari
 S_2 :Komponen Utama Matahari
 O_1 :Komponen Utama Bulan



Gambar 4. Posisi garis pantai pada lokasi pelabuhan penyeberangan Pulau Banyak



Gambar 5. Mawar angin stasiun BMG Cut Nyak Dhien Meulaboh-Nagan Raya

proses pantai mainstream. Data ini akan digunakan sebagai input pada kondisi batas di model numerik Delft3D. Data Hs (tinggi gelombang signifikan) dan Ts (periode gelombang signifikan) yang dihasilkan dari pembangkitan data angin dapat dilihat pada **Tabel 2**.

3.3 Skenario eksisting dan proyeksi dampak

Rencana alternatif desain pelabuhan Pulau Banyak dapat dilihat keefektifannya dengan simulasi model numerik. Untuk menilainya maka dilakukan simulasi dengan dua skenario, yaitu dampak pada kondisi eksisting dan dampak setelah dibangunnya Pelabuhan tipe jetty. Pengembangan Pelabuhan diperlukan agar dapat menampung kapal yang lebih besar sehingga dapat memuat lebih banyak penumpang. Berikut kedua skenario yang akan diuji pada penelitian ini.

4. Hasil

4.1 Pemodelan arus dan gelombang

Kondisi Morfologi Pelabuhan Pulau Banyak memiliki pola arus dan gelombang yang dipengaruhi oleh dua arah angin yaitu Barat dan Selatan yang dapat masih memiliki pengaruh arah angin sekitarnya. Oleh sebab itu arah angin Barat Laut akan disebut Barat Laut – Utara, dan arah Selatan akan disebut Selatan-Tenggara.

4.1.1 Pelabuhan penyeberangan Pulau Banyak

a. Kondisi eksisting

Hasil simulasi numerik pemodelan arus yang telah dilakukan pada wilayah Pulau Banyak, Aceh Singkil menunjukkan bahwa pada saat kondisi arus pasang tertinggi pada Pulau Banyak yang bergerak dari arah Barat Laut menuju arah Tenggara menunjukkan hasil yang relatif kecil dengan kecepatan 0,2 m/s pada saat arus mendekati Pulau Baguk arus mengalami perubahan kecepatan akibat dari pengaruh *shoaling* yaitu perubahan kedalaman secara tiba-tiba. Sebagian arus yang berada pada Pulau Baguk bergerak memutar menuju arah Pulau Banyak dengan kecepatan 0,4 m/s. Pada saat arus yang bergerak dari arah Pulau Baguk menuju ke arah Pulau Banyak relatif kecil dengan kecepatan rata-rata 0,2 m/s dan pada saat arus mencapai pinggir pantai perairan Pulau Banyak

Tabel 2 . Kondisi batas

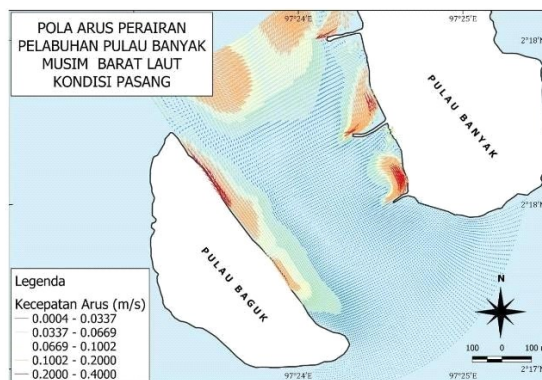
Kondisi Batas	Barat Laut	Selatan
Hs (m)	0,8	0,5
Ts (det)	2,88	2,28
Sudut (°)	315	180
Penyebaran Arah (°)	4	4

Tabel 3. Rencana skenario model numerik

No	Skenario	Kondisi
1	Skenario I	Existing
2	Skenario II	Pelabuhan Tipe Jetty

sebagian arus mengalami difraksi akibat dari berbenturan arus dengan bangunan pantai yang berada pinggir pantai Pulau Banyak. Akibat dari interaksi arus yang bergerak membuat sebagian arus mengalami perubahan aliran menuju Barat Laut dan kembali mengalami difraksi akibat dari interaksi dari arus dengan bangunan pantai yang ada berada pada wilayah Pulau Banyak.

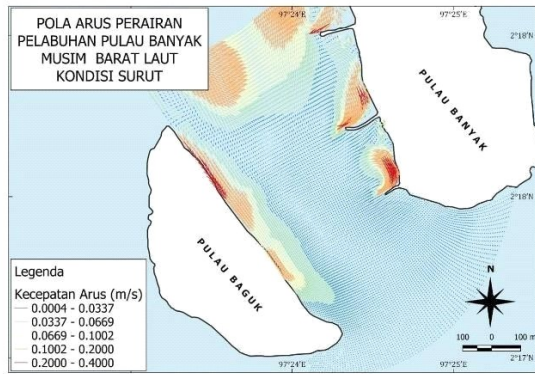
Pada kondisi surut tidak jauh berbeda pola arus yang terjadi pada saat kondisi pasang. Dimana arus yang bergerak menuju Pulau Baguk dari arah Barat Laut



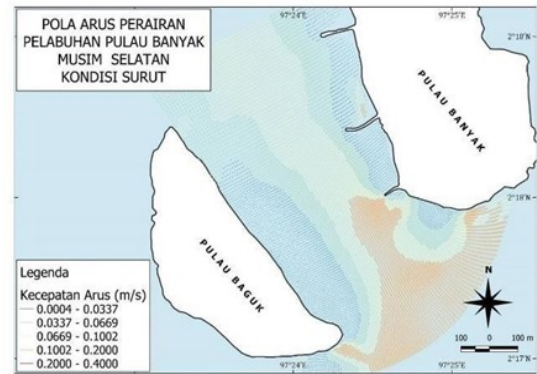
Gambar 6. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim angin barat laut kondisi pasang

mengalami shoaling, hal ini dikarenakan perubahan kedalaman secara tiba-tiba sehingga membuat kecepatan arus menjadi meningkat secara mendadak hingga mencapai 0,2 m/s. Arus yang bergerak dari Pulau Baguk memutar dan menuju Pulau Banyak dan mengalami difraksi pada saat arus berinteraksi dengan bangunan pantai yang berada di Pulau Banyak sehingga membuat kecepatan arus meningkat dengan kecepatan rata-rata mencapai 0,2 m/s.

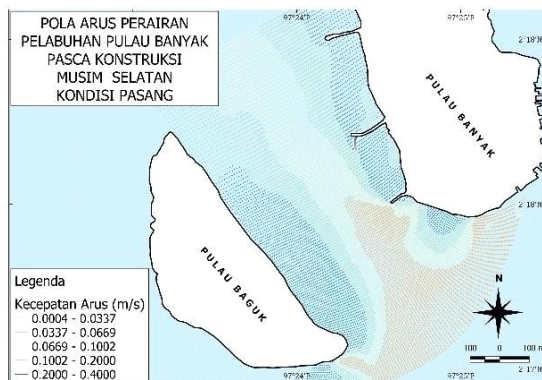
Pada kondisi pasang tertinggi pada arah Selatan, berdasarkan dari hasil pemodelan arus menunjukkan bahwa arus yang bergerak dari arah Selatan menuju ke arah Utara relatif besar mencapai 0,2 m/s, dan sebagian arus bergerak menuju arah Barat Laut dengan kecepatan yang relatif kecil hal ini diakibatkan oleh perubahan batimetri yang membuat arus yang bergerak



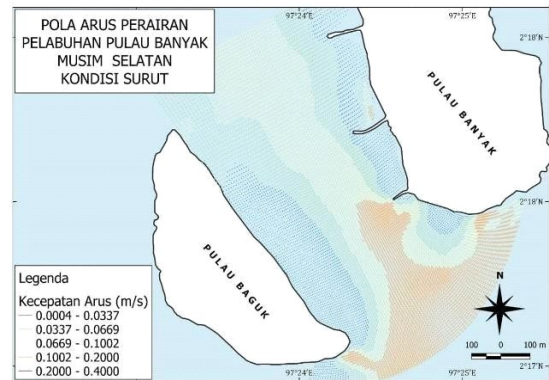
Gambar 7. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim angin barat laut kondisi surut



Gambar 9. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim angin selatan kondisi surut



Gambar 8. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim angin selatan kondisi pasang



Gambar 10. Peta gelombang pada perairan pelabuhan Labuhan Haji musim barat - barat laut.

relatif kecil dengan kecepatan 0,0669 m/s. Arus yang bergerak menuju arah Pulau Banyak relatif kecil dengan kecepatan rata – rata mencapai 0,0669 m/s.

Pada kondisi surut hal yang terjadi tidak terlalu berbeda dengan kondisi pada saat pasang, dimana kecepatan arus yang bergerak menuju Pulau Baguk relatif kecil dengan kecepatan rata – rata mencapai 0,03 m/s. Sedangkan arus yang bergerak menuju Pulau Banyak hingga mendekati garis pantai mengalami difraksi dan membelokkan arus menuju arah Barat Laut. Arus mengalami difraksi dikarenakan pergerakannya mengalami benturan dengan bangunan pantai pada sisinya dengan kecepatan rata – rata mencapai 0,03 m/s.

Kondisi gelombang yang terjadi pada perairan pelabuhan Pulau Banyak pada area mulut selat pada antara Pulau Baguk dan pelabuhan Pulau Banyak relatif besar mencapai 0,25 - 0,75 m. Penjalaran gelombang menuju perairan pelabuhan Pulau Banyak tereduksi dan menjadi semakin kecil. Hal ini terjadi akibat gelombang yang masuk sebagian direduksi oleh pulau yang berada pada sisi Selatan dan Utara sehingga tinggi gelombang yang mencapai perairan pelabuhan Pulau Banyak hanya mencapai 0,25 m. Gelombang yang terjadi pada kawasan pesisir pelabuhan Pulau Banyak juga sama halnya pada yang terjadi pada sisi kiri dan kanan pulau, namun pada wilayah pesisir pelabuhan Pulau Banyak sebagian gelombang direduksi oleh pondasi - pondasi pada pelabuhan sehingga aman untuk kapal - kapal yang bersandar pada sisi pelabuhan Pulau Banyak.

Gelombang yang terjadi tereduksi oleh groin pada sisi utara yang meredam gelombang sehingga berkurang tingginya sebesar 40% menjadi lebih kecil dari 0,5 m. Konstruksi pelabuhan juga masih relatif aman untuk operasional pelabuhan penyeberangan. Gelombang yang terjadi pada musim Barat-Barat Laut memang relatif kecil dikarenakan terhalang oleh beberapa pulau. Akan tetapi gelombang yang datang dari arah Barat-Barat Laut memiliki potensi mencapai area pelabuhan penyeberangan sedikit lebih jauh bila dibandingkan dengan penjalaran gelombang dari arah Selatan-Tenggara (Gambar 9 dan Gambar 10).

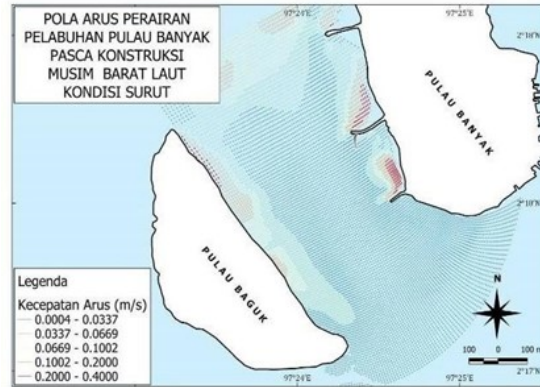
Gelombang pada perairan Pelabuhan Pulau Banyak relatif kecil yang terjadi berada diantara Pulau Baguk dan Pulau Banyak, sedimen yang dibawa oleh gelombang dan arus yang berasal dari arah Selatan mengakibatkan pada sisi kanan pulau dan pelabuhan Pulau Banyak mengalami sedimentasi sebesar 0,82 – 1,00 m, sedimentasi yang terjadi dipengaruhi oleh pondasi – pondasi pada pelabuhan Pulau Banyak yang menahan sedimen yang dibawa oleh arus dan gelombang, sedimen yang tertahan oleh pondasi – pondasi pelabuhan sebagian besar tidak kembali ke perairan dikarenakan sebagian besar gelombang diredam energinya oleh pondasi – pondasi pada pelabuhan.

b. Kondisi pasca konstruksi

Pada saat kondisi arus pasang tertinggi pada Pulau Banyak pasca konstruksi, arus yang bergerak dari arah



Gambar 11. Peta gelombang pada perairan pelabuhan Labuhan Haji musim selatan



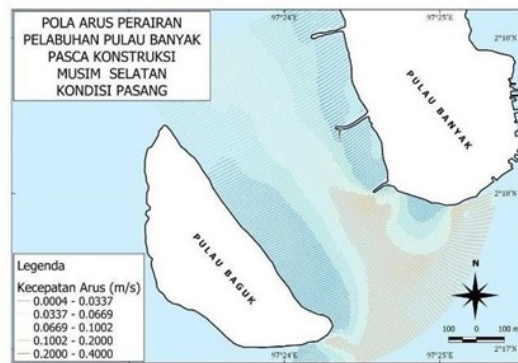
Gambar 13. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim barat laut kondisi surut

Barat Laut menuju arah Tenggara relatif kecil dengan kecepatan 0,2 m/s pada saat arus mendekati Pulau Baguk arus mengalami perubahan kecepatan akibat dari pengaruh shoaling yaitu perubahan kedalaman secara tiba-tiba. Sebagian arus yang berada pada Pulau Baguk bergerak memutar menuju arah Pulau Banyak dengan kecepatan 0,4 m/s. Arus yang bergerak dari arah Pulau Baguk menuju ke arah Pulau Banyak relatif kecil dengan kecepatan rata-rata 0,2 m/s. Pada saat arus mencapai area pantai Pulau Banyak, sebahagian aliran terdifraksi akibat interaksi dengan bangunan pantai yang berada di pantai Pulau Banyak. Hal ini relatif serupa dengan yang terjadi pada kondisi eksisting. Pasca konstruksi, amplifikasi besaran arus yang terjadi pada pelabuhan penyeberangan juga tidak signifikan, karena penambahan konstruksi menggunakan dermaga *trestle*, sehingga masih lolos aliran dan arus hanya meningkat nilainya menjadi 0,22 m/s.

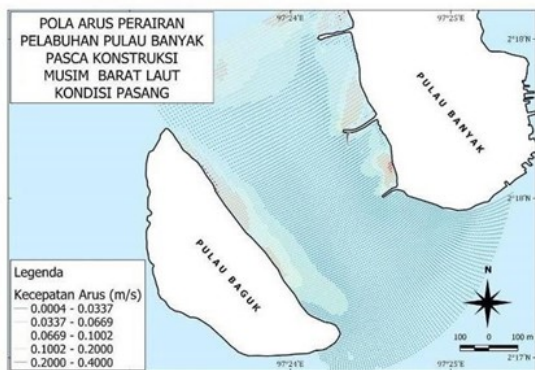
Pada kondisi surut pasca konstruksi pola arus yang terjadi tidak jauh berbeda dengan kondisi pasang. Arus yang bergerak menuju Pulau Baguk dari arah Barat Laut mengalami shoaling, hal ini dikarenakan perubahan kedalaman secara tiba-tiba sehingga arus meningkat mencapai 0,2 m/s.

Arus yang bergerak dari Pulau Baguk memutar dan menuju Pulau Banyak dan mengalami difraksi pada saat arus berinteraksi dengan bangunan pantai yang

berada di Pulau Banyak seperti pada kondisi pasang sehingga membuat kecepatan arus meningkat dengan kecepatan rata-rata mencapai 0,22 m/s. akan tetapi area rencana konstruksi pelabuhan justru relatif aman karena terlindung oleh *cause way* dermaga.



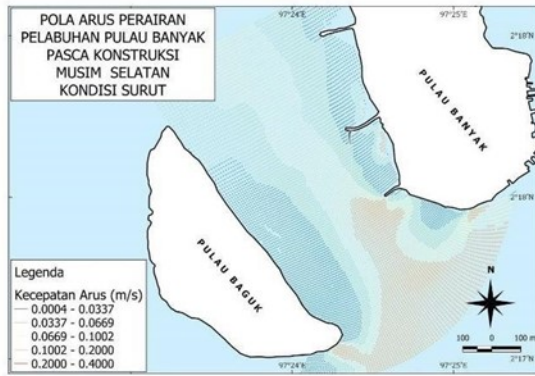
Gambar 14. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim selatan kondisi pasang



Gambar 12. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim barat laut kondisi pasang

Pada kondisi pasang tertinggi pada arah Selatan, berdasarkan dari hasil pemodelan arus menunjukkan bahwa pasca konstruksi arus yang bergerak dari arah Selatan menuju ke arah Utara relatif mirip dengan kondisi eksisting mencapai 0,2 m/s, dan sebagian arus bergerak menuju arah Barat Laut dengan kecepatan yang relatif kecil hal ini diakibatkan oleh perubahan batimetri yang membuat arus yang bergerak relatif kecil dengan kecepatan 0,0669 m/s. Arus yang bergerak menuju arah pelabuhan Pulau Banyak relatif kecil akan tetapi sedikit meningkat pada pilar *trestle*, akan tetapi masih dalam kondisi aman dengan kecepatan rata-rata mencapai 0,0897 m/s.

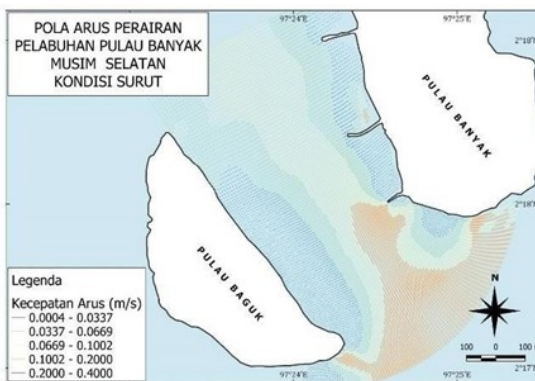
Pada kondisi surut hal yang tidak terlalu berbeda dengan kondisi pada saat pasang terjadi dan masih relatif mirip dengan kondisi eksisting, dimana kecepatan arus yang bergerak menuju Pulau Baguk relatif kecil dengan kecepatan rata-rata mencapai 0,03 m/s. Arus yang bergerak menuju Pulau Banyak hingga mendekati garis pantai mengalami difraksi dan menghasilkan peralihan arus menuju arah Barat Laut. Setelah itu, arus kembali mengalami difraksi akibat arus bergerak mengalami benturan dengan bangunan



Gambar 15. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim selatan kondisi pasang



Gambar 17. Peta gelombang pada perairan pelabuhan Pulau Banyak musim utara - barat laut



Gambar 16. Pola arus pelabuhan Pulau Banyak pada musim selatan kondisi surut

pantai pada sisinya, arus juga meningkat pada sekitar *trestle* akan tetapi masih dalam kondisi aman dengan kecepatan rata – rata mencapai 0,0463 m/s.

Kondisi gelombang yang terjadi pada perairan pelabuhan Pulau Banyak relatif besar mencapai 0,25 - 0,75 m yang berada pada antara Pulau Baguk dan pelabuhan Pulau Banyak. Penjalaran gelombang menuju perairan pelabuhan Pulau Banyak, gelombang yang terjadi semakin kecil, hal ini terjadi diakibatkan oleh gelombang yang masuk sebagian direduksi oleh pulau yang berada pada sisi kiri dan kanan sehingga tinggi gelombang yang mencapai pada perairan pelabuhan Pulau Banyak hanya mencapai 0,25 m. Gelombang yang terjadi pada kawasan pesisir pelabuhan Pulau Banyak juga sama halnya pada yang terjadi pada sisi kiri dan kanan pulau, namun pada wilayah pesisir pelabuhan Pulau Banyak sebagian gelombang direduksi oleh pondasi - pondasi pada pelabuhan serta kapal – kapal yang bersandar pada sisi pelabuhan Pulau Banyak.

Pasca konstruksi, gelombang yang dihasilkan pada musim Barat Laut masih relatif mirip dengan kondisi eksisting dan lebih besar dibandingkan dengan yang terjadi pada musim selatan. Gelombang yang mencapai 0,5 m masih berimbas pada pelabuhan Pulau Banyak. Akan tetapi, reduksi yang diberikan oleh groin pada sisi utara pelabuhan juga masih memberikan reduksi terhadap gelombang. Pada kondisi normal dermaga dapat

beroperasi dengan baik dan tidak terpengaruh oleh gelombang yang lebih tinggi dari 0,5 m (Gambar 17).

Pada musim Selatan-Tenggara, gelombang yang dibangkitkan mencapai 0,75m hingga kawasan pelabuhan sebelah selatan pelabuhan penyeberangan. Gelombang tertahan dan tereduksi hingga menjadi lebih kecil dari 0,5 m. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa gelombang yang dibangkitkan pada musim Selatan-Tenggara masih relatif aman dan tidak akan mengganggu proses operasional kapal penyeberangan pada pelabuhan penyeberangan Pulau Banyak (Gambar 18).

4.2 Prediksi erosi dan sedimentasi

Perubahan garis pantai yang terjadi secara alamiah (gelombang, badai, dan kenaikan paras muka laut) dan non-alamiah (aktivitas manusia: penambangan pasir, reklamasi pantai dan lain-lain) akan berpengaruh negatif baik ditinjau dari aspek strategis atau lingkungan. Aspek strategis salah satunya adalah perubahan luasan wilayah di suatu kawasan pantai, sedangkan aspek lingkungan adalah hilangnya/ bertambahnya habitat, sedimentasi dan lain-lain. Perubahan garis pantai pada umumnya karena terdapat proses abrasi, akresi dan kenaikan tinggi muka laut global. Abrasi pantai adalah mundurnya garis pantai ke arah darat dan akresi adalah majunya garis pantai ke arah laut, sedangkan kenaikan paras laut akan menyebabkan perubahan garis pantai ke arah darat yang



Gambar 18. Peta gelombang pada perairan pelabuhan Pulau Banyak musim selatan - tenggara

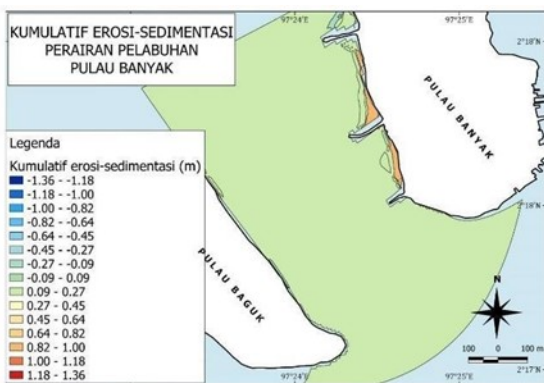
disebabkan oleh meningkatnya volume air laut global atau *sea level rise*.

Dengan didukung data pengukuran dan hasil transformasi gelombang yang terdiri dari tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang pecah serta presentase kejadian gelombang dari arah Barat laut, barat, barat daya, selatan, dan tenggara, maka dapat dihitung transpor sedimen dengan pemodelan. Pemodelan dapat melakukan prediksi nilai longshore dan onshore sediment transport yang pada akhirnya akan digunakan didalam melakukan prediksi garis pantai.

4.2.1 Pelabuhan penyeberangan Pulau Banyak

a. Kondisi eksisting

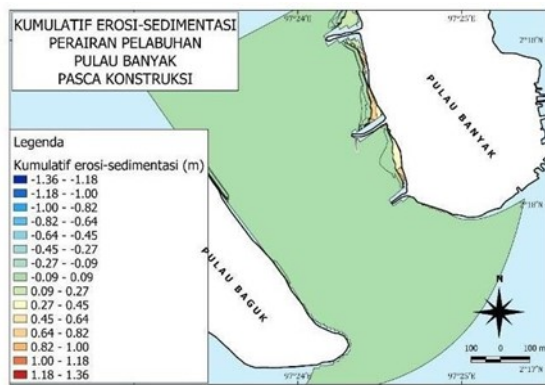
Dengan gelombang dan arus yang dibangkitkan pada musim Barat-Barat Laut serta Barat-Barat Laut, proses erosi dan sedimentasi terjadi pada area pantai sekitar Pelabuhan. **Gambar 19** menunjukkan daerah yang mengalami erosi dan sedimentasi di Pulau Banyak. Berdasarkan hasil simulasi numerik, daerah barat Pulau Banyak mengalami sedimentasi dengan nilai sekitar 1-1,18 m. Bangunan pantai yang berada di bagian barat Pulau Banyak menyebabkan sediment terperangkap dan mengendap di daerah tersebut. Sedangkan erosi, banyak terjadi di bagian utara dan selatan Pulau Banyak dan bagian Timur Pulau Bagus.



Gambar 19. Peta hasil simulasi sedimentasi pada perairan pelabuhan Pulau Banyak

b. Kondisi pasca konstruksi

Pemilihan rencana konstruksi tambahan *trestle* untuk pelabuhan Pulau Banyak yang menghadap ke arah Selatan bertujuan agar konstruksi dapat mereduksi arus akan tetapi masih lolos aliran sehingga meminimalisir efek refraksi. Dermaga *trestle* dapat meredam dan meneruskan gelombang sehingga tidak mengganggu operasional kapal yang berlabuh. Pemodelan numerik menunjukkan bahwa sedimen yang dominan berasal dari pembangkitan gelombang Barat-Barat Laut. Hal ini terlihat pada bagian Utara dari konstruksi baik *cause way* dermaga maupun groin yang tersedimentasi. Sedimentasi dengan maksimum ketebalan 0,67 m terjadi selama prediksi 1 tahun siklus gelombang dan pasang surut (**Gambar 20**). Pola sedimentasi yang terjadi relatif serupa dengan yang terjadi pada kondisi



Gambar 20. Peta hasil simulasi sedimentasi pada perairan pelabuhan Pulau Banyak pasca konstruksi.

eksisting. Konstruksi yang dibangun tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kondisi eksisting yang memang relatif aman dari sedimentasi yang besar.

Sementara itu sebelah Barat Pelabuhan yaitu Pulau bagus mengalami erosi pada beberapa garis pantai. Erosi tercatat berkisar antara 0,1 - 0,19 m. Proses erosi dan sedimentasi yang terjadi relatif tidak masif. Hal ini terjadi karena minimnya suplai sedimen yang biasanya dibawa oleh badan air (sungai) dan mayoritas dari perairan Pulau Banyak terdiri dari Terumbu Karang. Berbeda dengan kawasan lain seperti Pelabuhan Samudera Lampulo, Desain eksisting mulut kolam pelabuhan yang belum cukup sempurna menyebabkan gelombang dan arus dari arah tegak lurus pantai dan sejajar pantai dengan mudah masuk kedalam kolam pelabuhan yang turut membawa sedimen dalam jumlah yang besar secara berkala (Muhajir, 2016). Selain itu muara sungai yang berada disebelah Barat breakwater juga berkontribusi terhadap suplai sedimen yang masuk kekolam Pelabuhan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Pengembangan Pelabuhan dengan menggunakan desain Pelabuhan Jetty *trestle* telah dianalisa proyeksi pengaruhnya terhadap perairan disekitar Pantai melalui pendekatan numerik.
2. Berdasarkan morfologi dan ketiga bangunan pantai yang telah ada sebagai bangunan eksisting (2 *causeway* dan 1 groin) pendangkalan di area antara ketiga bangunan ini terus terjadi. Oleh sebab itu dibutuhkan dermaga jetty *trestle* yang berada jauh menjorok ke perairan yang lebih dalam.
3. Pengaruh yang diperlihatkan pada hasil model menunjukkan pola arus yang terbentuk di sekitar rencana pembangunan dermaga *trestle* cukup baik, dan tidak ada peningkatan pola arus yang mengganggu (penjelasan dapat dilihat pada bab sebelumnya).
4. Selain itu ditinjau dari sisi sedimentasi, proses deposisi yang terjadi pada area dangkal juga relatif tidak mempengaruhi operasional Pelabuhan dalam kurun waktu proyeksi (3 tahun).

5.2 Saran

Berdasarkan proyeksi model, maka pembangunan pengembangan dermaga *trestle* direkomendasikan untuk dapat dibangun. Hal ini juga didasarkan pada kebutuhan fasilitas transportasi yang lebih memadai guna mendorong aktifitas ekonomi masyarakat Pulau Banyak.

Daftar Pustaka

- Al'ala, M., Syamsidik, Rasyif, T. M., and Fahmi, M. (2015). Numerical Simulation of Ujong Seudeun Land Separation Caused by 2004 Indian Ocean Tsunami, Aceh-Indonesia. *J. of Tsunami Society* 34 No.3 159-172.
- Fachrurrazi dan Syamsidik, (2015). Aplikasi Simulasi Numerik untuk Estimasi Perubahan Morfologi akibat Tata Letak Pemecah Gelombang, Seminar Nasional SPI ke-2, Jurnal Teknik Sipil Unaya.
- L. Giles, J. V. Kester and D. Roelvink. On-line Sediment Transport within Delft3D-Flow. (WL, Delft Hydraulics, 2000)
- Levy, B. S., and J. A. Patz. (2015). Climate change, human rights, and social justice. *Annals of global health*, 81 (3):310-322. doi:10.1016/j.aogh.2015.08.008.
- Li, L., Qiu, Q., and Huang, Z. (2012). Numerical modeling of the morphological change in Lhok Nga, west Banda Aceh, during the 2004 Indian Ocean tsunami: understanding tsunami deposits using a forward modeling method. *Nat Hazards* 64, 1549-1574.
- McMichael, A. J. (2014). *Earth as humans' habitat: global climate change and the health of populations, International journal of health policy and management*, 2(1): 9. doi:10.15171/ijhpm.2014.03.
- Muhajjir. (2016). *Study on Sediment Transport around Lampulo Fishing Port on Banda Aceh Coast* [Thesis]. Department of Civil Engineering. Osaka University. Osaka.
- Nengsih, S. H., Fachrurrazi, Syamsidik, dan Kato, S. (2017). Numerical Simulation for Estimating of Sediment Transport Due Layouts of Port. *Proceedings of IGNITE- AICCE*.
- Syahputra, I., dan Yuliana, H. (2019). *Pemodelan Kecepatan Arus dan Tinggi Gelombang Pada Rencana Breakwater Kolam Pelabuhan Meulaboh Dengan Menggunakan Program Delft3D*.

