

ANALISIS PENGARUH GELOMBANG DAN SEDIMEN TERHADAP PERUBAHAN GARIS PANTAI MUARA KRUENG PEUSANGAN KABUPATEN BIREUEN

Teuku Mudi Hafli*, Fasdarsyah dan Ninda Nidya Mumtaz

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh,
Jl. Batam, Kampus Bukit Indah, Kota Lhokseumawe
*Email: teukumudi@unimal.ac.id

Abstrak

Muara sungai memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, karena berfungsi sebagai alur penghubung antara laut dan daratan. Muara Pantai Krueng Peusangan merupakan wilayah yang terletak di muara Kecamatan Peusangan Kabupaten Bireuen yang letaknya di bagian pesisir Kutablang. Muara ini didominasi gelombang laut (*wave-dominated river mouth*) ditandai dengan angkutan sedimen menyusur pantai setiap tahun dan arus yang menyusuri pantai lebih dominan dalam pembentukan sedimen di muara dan sekitar pantai. Tinggi arus gelombang di sekitar muara pantai dapat menyebabkan terjadinya penumpukan sedimen atau pendangkalan pantai oleh erosi yang dapat mengakibatkan pemanfaatan pantai disekitar muara semakin menurun. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis terhadap perubahan garis pantai dengan simulasi numerik menggunakan aplikasi Delft3D. Simulasi perubahan garis pantai ini dilakukan dalam kurun waktu 5 tahun dengan menggunakan data angin selama 10 tahun dari tahun 2012 sampai tahun 2021, data kedalaman, data komponen pasang surut, perhitungan morfologi faktor, perhitungan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s). Simulasi ini menggunakan 4 (empat) arah angin yaitu arah Utara, arah Timur Laut, arah Timur dan arah Barat Laut. Berdasarkan simulasi ini didapatkan hasil dimana pantai mengalami kondisi gelombang tertinggi mencapai 3 meter dengan luas 256.410 meter persegi di laut pada saat arah angin Utara dengan arus surut 0,26 sampai 0,98 m/s dan sedimentasi disekitar pantai dan menutup mulut muara mencapai 0,09 sampai 0,81 seluas sekitar 274.036 meter persegi, pada saat arah angin bagian Timur pergerakan sedimentasi mencapai 0,91 meter dengan bergerak maju mencapai 130.229 meter persegi di bagian pantai sebelah kiri muara pada saat arah angin Timur.

Kata kunci: *Garis Pantai, Arus, Gelombang, Sedimen dan Delft3D.*

Pendahuluan

Muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan langsung dengan laut. Muara sungai biasanya mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi, karena berfungsi sebagai alur penghubung antara laut dan daratan.[1] Adapun lokasi muara pantai penelitian ini yaitu di Krueng Peusangan, Kabupaten Bireuen. Muara ini didominasi gelombang laut (*wave-dominated river mouth*) hal ini ditandai dengan angkutan sedimen menyusur pantai setiap tahun dan arus yang menyusuri pantai lebih dominan dalam pembentukan sedimen di muara sungai. Menurut Triatmodjo (1999), permasalahan yang terjadi pada sungai yang bermuara pantai berpasir adalah pendangkalan ataupun penutupan mulut muara oleh sedimen yang berasal dari pantai. Penutupan mulut muara tersebut juga disebabkan oleh gelombang besar yang dapat menyebabkan terganggunya aliran debit banjir dan terjadinya luapan di sekitar pinggiran sungai.[2]

Tinjauan Pustaka

Garis Pantai. Garis pantai merupakan daerah yang selalu mengalami perubahan oleh karena adanya proses yang terjadi disekitar pantai, baik proses itu berawal dari daratan maupun lautan, dimana kedua proses tersebut bersatu di pantai. Perubahan garis pantai di sekitar muara pantai antara lain disebabkan oleh pengaruh tinggi rendahnya sedimen dari muara sungai terhadap angkutan sedimen sepanjang pantai. Perubahan garis pantai yang terjadi dapat diperkirakan sebelumnya dengan menggunakan suatu metode yaitu metode numerik.[3]

Kecepatan Angin.Kecepatan angin diukur untuk keperluan peramalan gelombang menggunakan anemometer yang dinyatakan dalam satuan knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, 1 knot = 1,852 km/jam. Pengambilan data angin ini merupakan data angin harian maksimum. Persentase arah angin tiupan yang dominan digunakan untuk perencanaan gelombang rencana. Data angin yang diperoleh merupakan data angin pengukuran di darat, maka harus dikonversikan menjadi data angin di laut. Adapun rumus persamaan konversi data angin di laut (U_W) menjadi kecepatan seret angin (U_A) adalah sebagai berikut:

$$U_W = R_L \times U_L \quad (1)$$

$$U_A = 0,71 \times U_W^{1,23} \quad (2)$$

$$R_L = 2,760 \times U_L^{-0,305} \quad (3)$$

Keterangan:

U_W = kecepatan angin yang diprediksikan di laut (m/s),

R_L = nilai perbandingan kecepatan,

U_L = kecepatan angin yang diukur di darat (m/s), $z = 10 m$,

U_A = kecepatan seret angin (m/s).

Fetch. *Fetch* merupakan panjangnya daerah angin berhembus dengan kecepatan dan arah yang konstan (tetap). Panjang *fetch* adalah panjang laut yang dibatasi oleh pulau-pulau kedua ujungnya. Dalam tinjauan pembangkitan gelombang laut, *fetch* biasanya dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut, (Triatmodjo, 1999). Untuk peramalan gelombang angin perlu ditentukan *fetch efektif* (F_{eff}) dengan persamaan sebagai berikut:[4]

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha^\circ}{\sum \cos \alpha^\circ} \quad (4)$$

Keterangan:

F_{eff} = *fetch* rerata efektif,

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

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

Tinggi Gelombang dan Periode Ulang Gelombang. Untuk menghitung tinggi dan periode gelombang signifikan menggunakan rumus peramalan gelombang (CERC, 1984), yang berdasarkan panjang *fetch* (F) dan faktor kecepatan seret angin (U_A). Adapun rumus tinggi dan periode gelombang signifikan adalah sebagai berikut:

$$\frac{g.H_s}{2\pi U_A} = 0,30 \left[1 - \frac{1}{\left\{ 1 + 0,004 \left(\frac{g.F}{U_A^2} \right)^{1/2} \right\}^2} \right] \quad (5)$$

$$\frac{g.T_s}{2\pi U_A} = 1,37 \left[1 - \frac{1}{\left\{ 1 + 0,008 \left(\frac{g.F}{U_A^2} \right)^{1/3} \right\}^5} \right] \quad (6)$$

Keterangan:

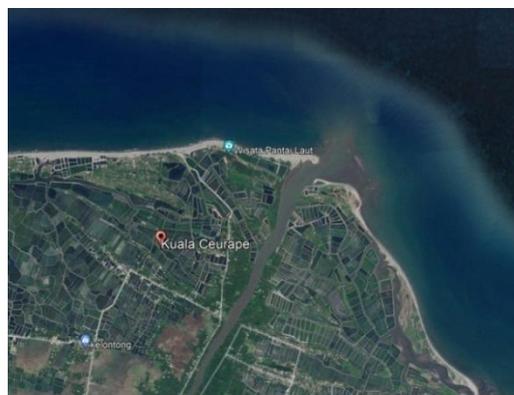
- H_s = tinggi gelombang signifikan (m),
- T_s = periode gelombang signifikan (m),
- U_A = kecepatan seret angin (m/s),
- g = percepatan gravitasi (m/s),
- F = panjang *fetch* (m).

Arus. Arus adalah perpindahan air secara mendatar yang disebabkan oleh karena adanya pasang surut air laut, tekanan udara, perbedaan berat jenis, kadar garam dan juga suhu. Arus biasanya membawa butir-butir tanah (lumpur), untuk butir yang berat bisa menyebabkan pengendapan. Adanya endapan-endapan tersebut dapat menyebabkan laut menjadi dangkal. Arah arus pasang umumnya berlawanan dengan arus surut. Sebagaimana gerakan pasang surut yang harmonis. Pengaruh pasang surut sangat besar pada muara-muara sungai (*estuary*).

Metodelogi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pemodelan numerik menggunakan aplikasi Delft3D untuk mensimulasikan perubahan morfologi pantai pada Krueng Peusangan, Kabupaten Bireuen. Pemodelan ini membutuhkan data-data seperti data *bathymetri* dan komponen pasang surut yang diperoleh dari Dinas Pengairan Aceh, data angin yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Lhokseumawe, data gelombang melalui perhitungan Pers. 5 dan Pers. 6, dan data sedimen (D_{50}) yang diperoleh dari hasil uji laboratorium.

Penelitian ini berlokasi di daerah muara pantai Krueng Peusangan, Kecamatan Jangka, Kabupaten Bireuen, Provinsi Aceh. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Peta Lokasi

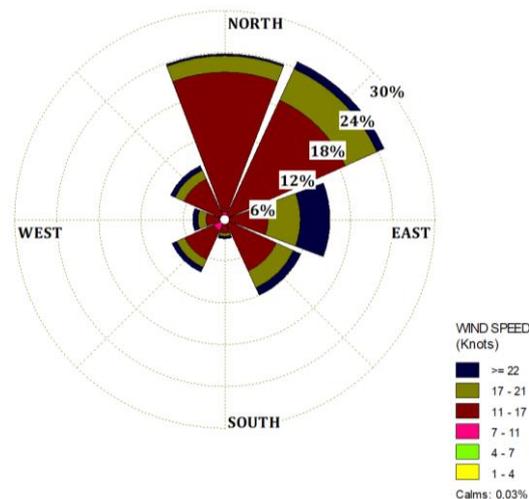
Kondisi batas untuk pemodelan hidrodinamika dan morfologi diisi dengan komponen pasang surut (M_2 , S_2 , K_1 dan O_1) dan data gelombang (H_s dan T_s) yang akan

mensimulasikan pergerakan arus, gelombang dan sedimen. Adapun data pasang surut dapat di lihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Komponen Pasang Surut

| Komponen | Amplitude (meter) | Phase (derajat) |
|----------|-------------------|-----------------|
| M2 | 0,34 | 353,6 |
| S2 | 0,16 | 1,5 |
| K1 | 0,07 | 203,7 |
| O1 | 0,04 | 14,6 |

Data angin yang digunakan selama 10 tahun dari tahun 2012-2021. Untuk memudahkan pembacaan kecepatan angin yang terjadi dari berbagai arah disajikan dalam bentuk mawar angin (*wind rose*) dalam bentuk persen seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Windrose* BMKG Malikussaleh Tahun 2012-2021

Berdasarkan mawar angin Gambar 2 angin maksimum paling dominan yaitu datang dari angin Utara, Timur Laut, Timur, untuk pemodelan numerik arah Barat Laut juga digunakan sebagai model simulasi karena angin yang datang dari arah laut.

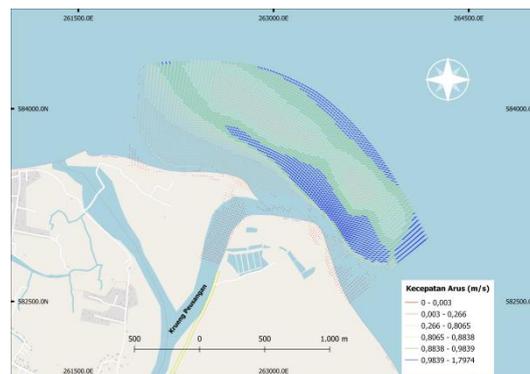
Pembangkitan gelombang dengan menggunakan metode *fetch* akan didapatkan gelombang rata-rata yang digunakan untuk proses pantai pemodelan numerik sebagai input pada kondisi batas. Seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Kondisi Batas

| Kondisi Batas | Utara | Timur Laut | Timur | Barat Laut |
|---------------------|-------|------------|-------|------------|
| Hs (m) | 2,319 | 1,976 | 2,692 | 2,172 |
| Ts (m) | 6,191 | 5,562 | 6,598 | 5,639 |
| Sudut (°) | 0 | 45 | 90 | 315 |
| Penyebaran Arah (°) | 4 | 4 | 4 | 4 |

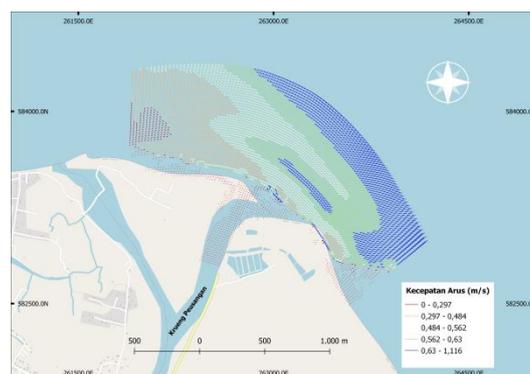
Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi pemodelan arus yang dilakukan pada daerah pantai Muara Krueng Peusangan, Kabupaten Bireuen menunjukkan bahwa pada saat kondisi pasang tertinggi bergerak dari arah Utara menuju Selatan dengan kecepatan arus 1,7 m/s sampai kecepatan 0,8 m/s, arus berlangsung secara naik turun. Sehingga pada saat arus mendekati pesisir pantai, arus mengalami perubahan kecepatan secara tiba tiba dengan kecepatan relatif kecil 0,003 m/s. Saat kondisi surut arus bergerak menuju arah Barat ke Utara dengan kecepatan relatif besar sampai dengan 0,8 m/s. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola Arus Arah Angin Utara

Pada saat kondisi arus bergerak dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya dengan kondisi arus pasang relatif besar 1 m/s, menuju arah Barat Daya dengan arus yang semakin kecil diantara kecepatan 0,6 m/s sampai 0,4 m/s. Namun pada saat arus mendekati pesisir pantai mengalami perubahan kecepatan sebesar 1 m/s yang diakibatkan oleh benturan arus dengan pinggiran pantai. Sebagian arus bergerak surut menuju arah Barat dengan kecepatan relatif kecil 0,2 m/s, lalu bergerak memutar menuju arah Utara dengan kecepatan 0,4 m/s. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



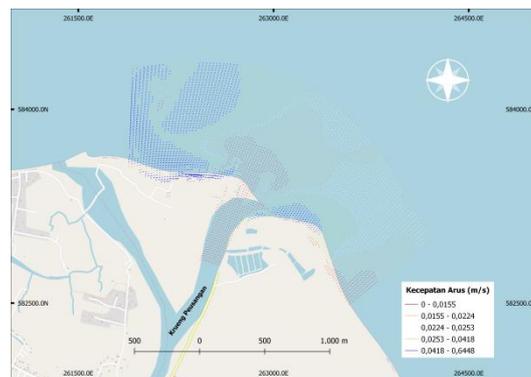
Gambar 4. Pola Arus Arah Angin Timur Laut

Pada kondisi arus bergerak dari arah Timur menuju Barat mengalami arus pasang surut yang bergerak unik memutar di sebagian kecil wilayah bagian timur dan bergerak kembali menuju arah Timur Laut dengan kecepatan arus berkisar diantara 0,04 m/s sampai dengan 1,17 m/s. Kondisi ini juga menunjukkan bahwa arus pasang tidak mendekati pesisir pantai karena sebagian arus mengalami perubahan yang berantakan dan tersebar di berbagai daerah penelitian dengan kecepatan yang relatif kecil yaitu 0,00065 m/s. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.



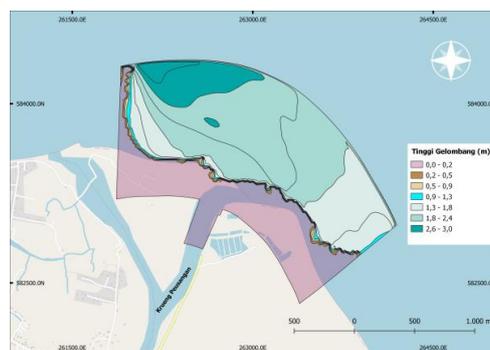
Gambar 5. Pola Arus Arah Angin Timur

Pada saat arus bergerak dari Barat Laut mengalami pasang surut paling rendah dengan kecepatan tertinggi yaitu 0,6 m/s yang bergerak mendekati pantai bagian barat. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi arus dari arah Barat Laut berpengaruh sangat kecil terhadap perubahan morfologi pantai. Sebagian arus yang lain tersebar di berbagai daerah penelitian dengan kecepatan berkisar antara 0,04 - 0,01 m/s untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada Gambar 6.



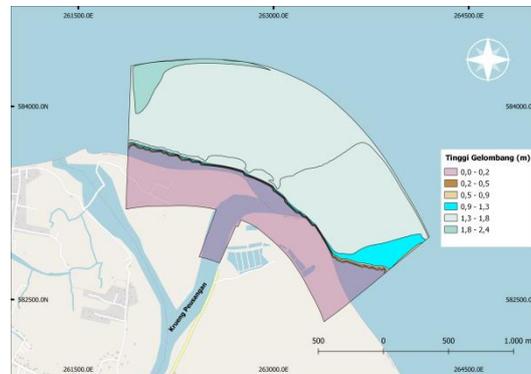
Gambar 6. Pola Arus Arah Angin Timur

Kondisi gelombang yang terjadi disekitar muara pantai Krueng Peusangan dari arah Utara relatif besar mencapai 0,2 - 3 meter. Gelombang yang datang dengan ketinggian maksimum lama kelamaan akan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh jarak datangnya gelombang terlampaui jauh dengan pesisir pantai begitupun kedalaman laut semakin rendah sehingga menyebabkan kecepatan arus dan tinggi gelombang semakin menurun yang terbagi ke seluruh daerah penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 7.



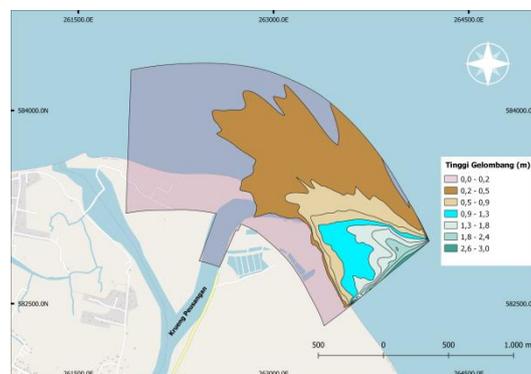
Gambar 7. Peta Gelombang Pada Saat Arah Angin Utara

Kondisi gelombang pada saat arah angin dari Timur Laut mencapai 0,2 – 2,4 meter. Gelombang yang terjadi tereduksi oleh perubahan kedalaman laut sehingga tinggi gelombang yang mendekati pesisir pantai sebelah kanan muara mencapai 0,2 – 0,9 meter dan pantai sebelah kiri muara 0,2 meter. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.



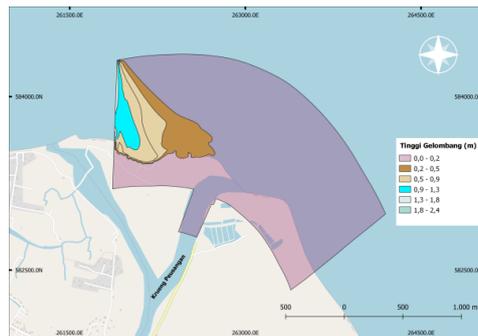
Gambar 8. Peta Gelombang Pada Saat Arah Angin Timur Laut

Pada saat gelombang laut yang datang dari arah Timur ketinggian gelombangnya mencapai 3 meter. Kondisi ini menunjukkan bahwa gelombang menjalar ke arah barat dan tereduksi oleh sedimen di pesisir pantai sebelah kanan muara dengan ketinggian 0,2 – 0,9 kemudian meter menjalar lebih luas lagi ke bagian pantai sebelah kiri muara dengan ketinggian 0,5 – 0,2 meter. Adapun untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada Gambar 9.



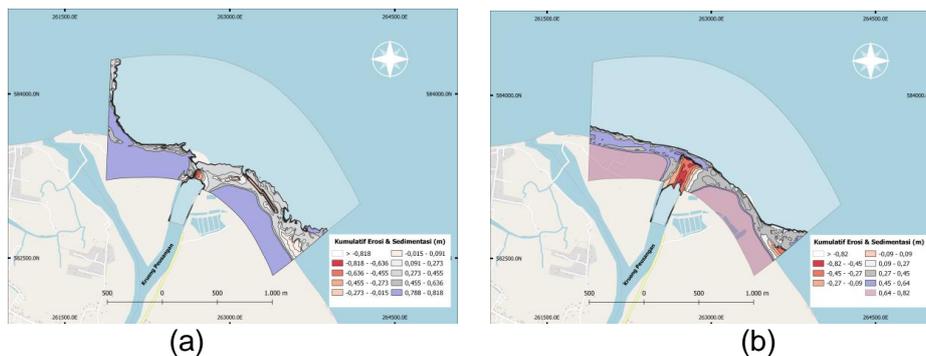
Gambar 9. Peta Gelombang Pada Saat Arah Angin Timur

Gelombang yang datang dari arah Barat Laut hanya mencapai ketinggian 1,3 – 1,8 meter. Hal ini menunjukkan dari berbagai arah, arah Barat Laut pendaratan gelombang dengan ketinggian terkecil. Namun gelombang ini menjalar ke arah Tenggara menuju pinggir pantai dan menghempas sekitaran wilayah pesisir dengan ketinggian 0,2 – 0,9 meter. Kondisi ini dapat berpengaruh terhadap perubahan morfologi pantai bagian Barat. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta Gelombang Pada Saat Arah Angin Barat Laut

Gelombang dan arus yang dibangkitkan pada saat arah angin Utara dan Timur Laut mengalami proses erosi dan sedimentasi disekitar pantai dan muara Krueng Peusangan. Berdasarkan hasil simulasi numerik Gambar 11 arah Utara mengalami sedimentasi sekitar 0,091 – 0,818 meter dan mengalami kondisi erosi sekitar -0,015 sampai dengan -0,818 meter. Hasil pemodelan arah Timur Laut menunjukkan bahwa mengalami kondisi sedimentasi 0,09 – 0,82 meter dan erosi -0,09 sampai dengan -0,082 meter.



Gambar 11. Peta Simulasi Sedimentasi (a) Arah Utara dan (b) Arah Timur Laut

Kondisi pantai dengan pemodelan pada arah Timur dan Barat Laut diperlihatkan pada Gambar 12. Saat arah Timur pantai kondisi pantai sangat *ekstrem* yang mengalami persebaran sedimentasi disekitar pantai laut dengan ketinggian sedimentasi berkisar antara 0,09 – 0,91 meter dan mengalami erosi sampai dengan -1 meter. Kemudian pada saat arah Barat Laut mengalami sedimentasi 0,09 – 0,82 meter dan erosi -0,09 sampai dengan -1 meter.



Gambar 12. Peta Simulasi Sedimentasi (a) Arah Timur dan (b) Arah Barat Laut

Kesimpulan

Berdasarkan analisa morfologi pantai dengan menggunakan pemodelan numerik Delft3D dari 4 (empat) arah angin dominan yaitu Utara, Timur Laut, Timur dan Barat Laut. Didapatkan hasil bahwa kondisi muara pantai Krueng Peusangan Kabupaten Bireuen selama kurun waktu 5 tahun, sebagai berikut:

1. Pantai mengalami arus pasang tertinggi pada saat arah angin Utara menuju Selatan dengan kecepatan 1,7 m/s dan arus pasang terkecil pada saat arah angin Barat Laut dengan kecepatan 0,6 m/s. Sedangkan, arus surut terbesar yaitu pada saat arah angin Timur Laut dengan kecepatan 0,2 m/s dan arus surut terkecil pada saat arah angin Timur dengan kecepatan 0,00065 m/s.
2. Tinggi gelombang yang datang dari arah Timur Laut lebih besar dibandingkan dari arah Barat Laut dan lebih kecil dari arah Utara dan Timur dengan gelombang tertinggi mencapai 3 meter.
3. Muara pantai Krueng Peusangan, Kabupaten Bireuen mengalami kondisi sedimentasi dan erosi yang tidak stabil pada saat musim angin Timur Laut sebesar 0,82 meter dan -1 meter.
4. Arus, Gelombang dan Sedimen sangat berpengaruh terhadap perubahan garis pantai Krueng Peusangan Kabupaten Bireuen karena tidak adanya bangunan pelindung pantai disekitar muara. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pantai atau perubahan garis pantai dengan terjadinya penumpukan sedimen ataupun terkikisnya pantai yang disebabkan oleh faktor-faktor alam, bahkan dapat membahayakan warga yang tinggal dan beraktivitas di sekitaran pantai dan muara.
5. Untuk mengatasi terjadinya erosi dan sedimentasi pantai yang cukup parah, dapat dilakukan pembangunan secara berkala di sekitaran pantai yang dapat menanggulangi terjadinya kerusakan pantai.

Daftar Pustaka

- [1] M. Batu, J. Pahlawan, K. Aceh, dan B. Penumpukan, *Perencanaan Ulang Jetty Di Muara Batu*. 1 (2015), 96-107.
- [2] M. Fahmi dan T. M. Hafli, *Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Konstruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft3D*, *J. Tek. Sipil*, 8 (2019), 50-59.
- [3] A. R. Kasury, J. T. Sipil, F. Teknik, dan U. S. Kuala, *Rencana Jetty Muara Labuhan Haji*, 5 (2016), 231-240.
- [4] K. Sungai, M. Way, dan W. A. Baskoro, *Kajian Pengaruh Pembangunan Jetty Terhadap Kapasitas Sungai Muara Way Kuripan Kota Bandar Lampung*, (2009).