

MORFOLOGI DASAR LAUT KAITANNYA DENGAN PROSES ABRASI PANTAI DI PERAIRAN PULAU MARORE, SULAWESI UTARA

Oleh :

Beben Rachmat dan Catur Purwanto

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjungan 236 Bandung

Diterima : 25-08-2010; Disetujui : 06-02-2011

S A R I

Pulau Marore adalah salah satu pulau terluar yang mempunyai arti strategis bagi Negara Kesatuan Republik Indonesia karena pulau ini merupakan salah satu titik pangkal terluar wilayah Indonesia dalam penentuan batas wilayah dan gerbang ekonomi Indonesia dengan Filipina. Oleh karena itu keberadaan Pulau Marore baik secara fisik maupun secara politik harus dipertahankan. Permasalahan yang terjadi di Pulau Marore adalah adanya aktifitas abrasi yang berlangsung secara berkesinambungan. Abrasi ini menjadi salah satu kendala dalam pembangunan sarana infrastruktur untuk kegiatan ekonomi dan pengembangan wilayah di Pulau Marore. Beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya abrasi di lokasi ini, di antaranya adalah adanya perbedaan kemiringan morfologi dasar laut yang cukup besar dari pantai ke arah laut, kondisi hidrodinamika laut yang terkait dengan musim, tipe pantai dan posisi Pulau Marore yang berada di antara dua perairan besar. Perbedaan morfologi dasar laut yang cukup besar (di atas 5°) dari pantai ke arah laut menyebabkan daerah gelombang pecah menjadi lebih dekat dengan pantai dan penetrasi gelombang menjadi lebih jauh ke arah daratan. Hempasan (*run up*) gelombang di pantai ini menyebabkan terjadinya arus sejajar pantai dan arus tegak lurus pantai yang membawa material dari darat ke arah laut sehingga terjadi pengikisan material darat oleh air laut secara berkesinambungan. Abrasi pantai oleh gelombang paling parah terjadi pada saat musim barat terutama pada tipe pantai berpasir dan tipe pantai berbatu yang tersusun dari batuan lepas. Secara teknis sangat sulit untuk mengatasi masalah abrasi di Pulau Marore. Cara yang paling efektif adalah dengan menjaga dan tidak merubah bentang alam dan garis pantai agar tidak mengalami kehancuran lebih parah.

Kata kunci : abrasi, gelombang, morfologi

A B S T R A C T

Marore Island is one of the outer islands that have a strategic significance for the Republic of Indonesia since the island a gate of Indonesian economy with the Philippines. Therefore, the existence of the island both physically and politically has to be maintained. The problems are abrasion of beach activities. It has become the obstacles in the development of infrastructure for economic activity and development of the island. The cause is the difference slope of the seabed morphology, marine hydrodynamics conditions associated with season, type and position of Marore Island beach which is located between two large waters. The difference slope of seabed morphology from the coast to the sea is above 5° causing breakwater closer to the shore and wave penetration become farther toward the mainland. The waves generated longshore current and rip current to the coast transporting material from land to sea. It caused erosion of the terrestrial material by sea water continuously. The most severe abrasion occurs during the dry season, especially on the sandy beaches and rocky types beaches which

composed of loose rock. To solve the problem of abrasion on the island of Marore technically is very difficult. The most effective way is by maintaining the landscape and coastline from severe destruction.

Key words: abrasion, wave, morphology

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu pulau terluar dalam wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, Pulau Marore secara politik mempunyai arti yang sangat strategis terutama dalam hal penentuan batas wilayah laut antara Indonesia dan Filipina (Abubakar, 2006). Sebagai salah satu pulau terluar di utara Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), Pulau Marore memiliki Titik Dasar (*Base Point*) No 055A dan Pilar Pendekat (TR) No 055. Kedua titik ini dipakai dalam menentukan Garis Pangkal Kepulauan Indonesia yang digunakan untuk menentukan garis atau pagar wilayah kelautan antara Indonesia dan Filipina (Poniman, 2008). Indonesia dan Filipina sampai saat ini belum mempunyai kesepakatan perjanjian yang jelas tentang batas wilayah perairan laut. Kondisi ini menyebabkan isu Pulau Marore menjadi sangat sensitif, apalagi secara geografis letak Pulau Marore lebih dekat ke Filipina sekitar 52.25 mil laut, sehingga pengaruh ideologi, politik, ekonomi, sosial dan budaya yang datang dari Filipina menjadi salah satu ancaman yang memungkinkan adanya klaim dari negara Filipina terhadap kepemilikan Pulau Marore. Pemerintah Indonesia telah memasukkan pulau ini sebagai salah satu pulau kecil terluar yang diprioritaskan penanganannya baik secara fisik maupun politik karena memiliki arti strategis bagi pembangunan dalam bidang ekonomi, konservasi, maupun pertahanan dan keamanan. Pulau Marore diharapkan dapat menjadi gerbang ekonomi antara Indonesia dan Filipina di wilayah utara. Secara fisik keberadaan pulau ini harus terus dijaga dan dipertahankan dari ancaman kerusakan yang mungkin timbul baik secara sengaja (dari ulah manusia) maupun yang disebabkan alam itu sendiri. Potensi ancaman kerusakan yang paling potensial terhadap keberadaan Pulau Marore yang datang dari alam, diantaranya adalah abrasi yang hampir terjadi di sepanjang pantai Pulau Marore. Abrasi paling parah terutama terjadi pada pantai berpasir dan pantai berbatu yang tersusun oleh batuan lepas, sedangkan pada pantai berbatu yang tersusun oleh singkapan batuan beku yang berlereng terjal walaupun secara intensif proses

abrasi terus berlangsung namun kerusakan yang ditimbulkan tidak sebesar seperti pada pantai berpasir. Pantai berpasir dan pantai berbatu yang mengalami kerusakan akibat abrasi dan erosi terletak di bagian timur hingga bagian tenggara Pulau Marore tepatnya di pantai Duala Besar. Pantai ini mempunyai morfologi dengan kemiringan antara 6° - 10° . Pada pantai yang bermorfologi dasar laut miring (kemiringan di atas 5°), *run up* gelombang sebagian besar energinya akan diteruskan ke arah pantai sebagai arus sejajar pantai (*longshore current*) dan kembali ke arah laut sebagai arus tegak lurus pantai (*rip current*), sedangkan pada pantai dengan morfologi dasar laut rata (kemiringan 0° - 2°) *run up* gelombang energinya sebagian besar akan hilang saat diteruskan ke arah pantai dan sisanya diteruskan sebagai arus sejajar pantai (Triatmodjo, B., 1999). Arus sejajar pantai dan arus tegak lurus pantai pada pantai dengan kemiringan di atas 5° akan membawa material dari pantai saat kembali ke arah laut terutama pada tipe pantai berpasir dan pantai berbatu yang tersusun atas batuan lepas. Aktifitas abrasi dan erosi pantai di daerah ini dipicu oleh beberapa faktor, diantaranya : 1) Kondisi hidrodinamika pantai, 2) Kondisi morfologi dasar laut, 3) Tipe pantai, 4) Kondisi meteorologi sekitar wilayah perairan Pulau Marore dan 5) Posisi Pulau Marore yang terletak pada dua perairan besar yaitu Laut Sulawesi di sebelah barat dan Samudera Pasifik di timur. Kelima faktor tersebut saling terkait antara satu dengan lainnya, sehingga pemecahan masalah abrasi dan erosi pantai di Pulau Marore harus dibahas secara lengkap dengan berbagai disiplin ilmu terkait. Pada tulisan ini pembahasan hanya akan dititikberatkan pada pengaruh faktor hidrodinamika dan bentuk morfologi dasar laut kaitannya dengan proses abrasi dan erosi pantai di sepanjang Pulau Marore. Data morfologi dasar laut ini diperoleh dari hasil pengukuran kedalaman laut yang dilakukan oleh Puslitbang Geologi Kelautan pada Bulan Mei tahun 2007.

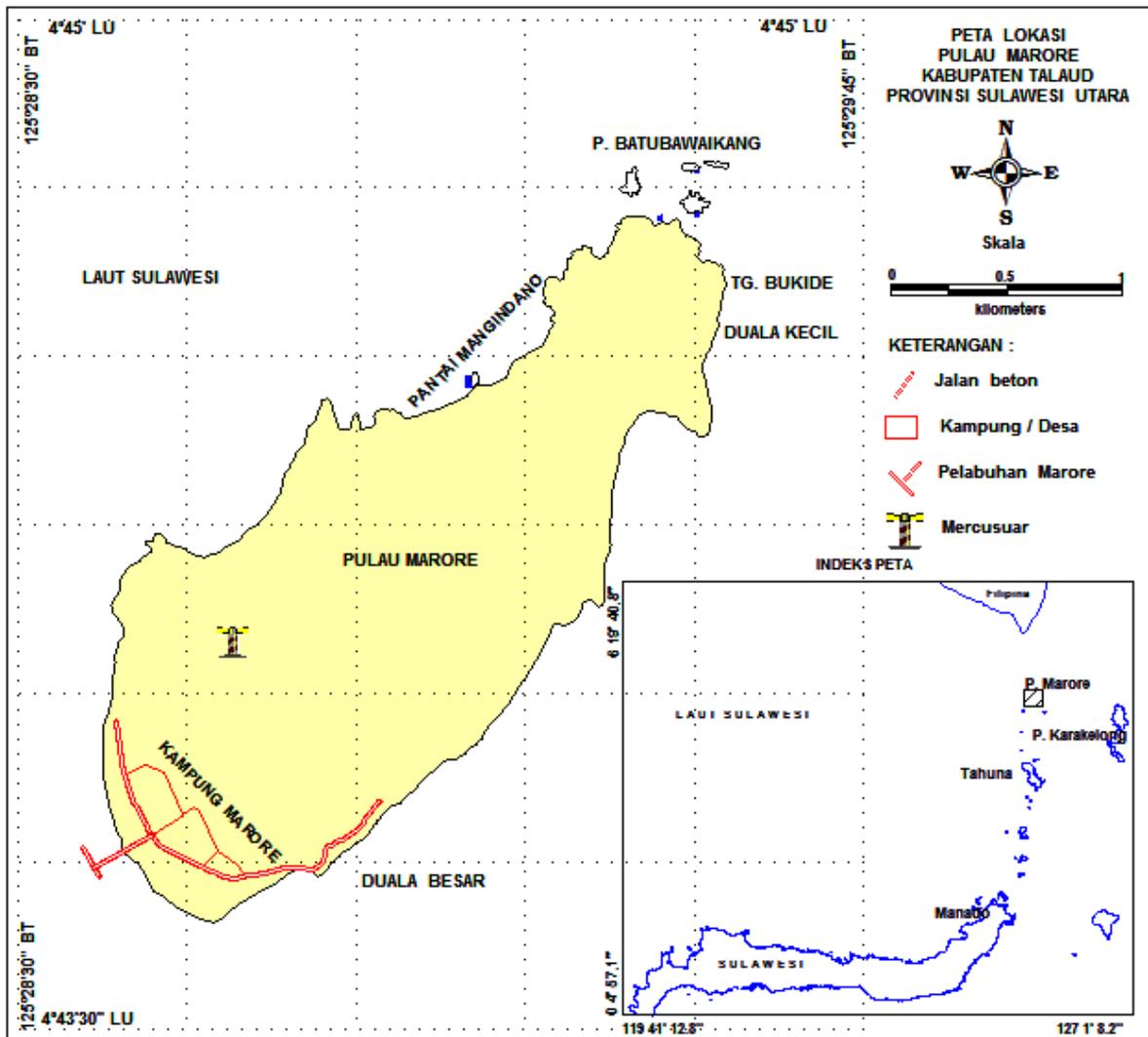
LOKASI DAERAH TELITIAN

Pulau Marore terletak pada koordinat $04^{\circ} 43' 30''$ LU – $04^{\circ} 44' 30''$ LU dan $125^{\circ} 28' 30''$ BT – $125^{\circ} 29' 30''$ BT, secara administratif termasuk ke dalam wilayah kecamatan Tabukan Utara, Kabupaten Kepulauan Sangihe, dan mencakup wilayah daratan seluas 1.526 km^2 . Jarak antara Pulau Marore dan Ibukota Kabupaten Kepulauan Sangihe, Tahuna sekitar 77 mil laut yang dapat ditempuh dengan menggunakan perahu nelayan tradisional (*pump boat*) selama 8 jam perjalanan, sedangkan jarak terhadap pulau terluar Negara Filipina berjarak sekitar 52.25 mil laut. Gambar 1 memperlihatkan lokasi daerah penelitian di Pulau Marore, Sulawesi Utara.

GEOLOGI UMUM

Pulau Marore disusun oleh batuan breksi gunungapi dan lava, tuf padu yang kompak mengandung mineral kuarsa, feldspar dan piroksen juga kepingan batu apung, andesit, batu gamping dan basal yang berumur Pliosen. (Purwanto, dr., 2007).

Sekitar 90% (139,6 Ha) luas Pulau Marore berupa kawasan perbukitan terjal yang terdapat di bagian timurlaut - utara sampai ke baratdaya pulau yang mencakup daerah Duala Kecil, Tg. Bukide sampai Mangindano dengan ketinggian 140 m di atas permukaan laut. Morfologi yang berkembang pada daerah ini adalah perbukitan terjal dengan batuan penyusun berupa batuan beku, berwarna segar hitam, warna lapuk abu-abu kehitaman sampai kuning, keras, di beberapa tempat terdapat kekar-kekar dan juga



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian di Pulau Marore, Sulawesi Utara



Gambar 2. Singkapan batuan beku yang teridentifikasi di bagian utara (Tg. Bukide) dan barat (Mangindano) Pulau Marore

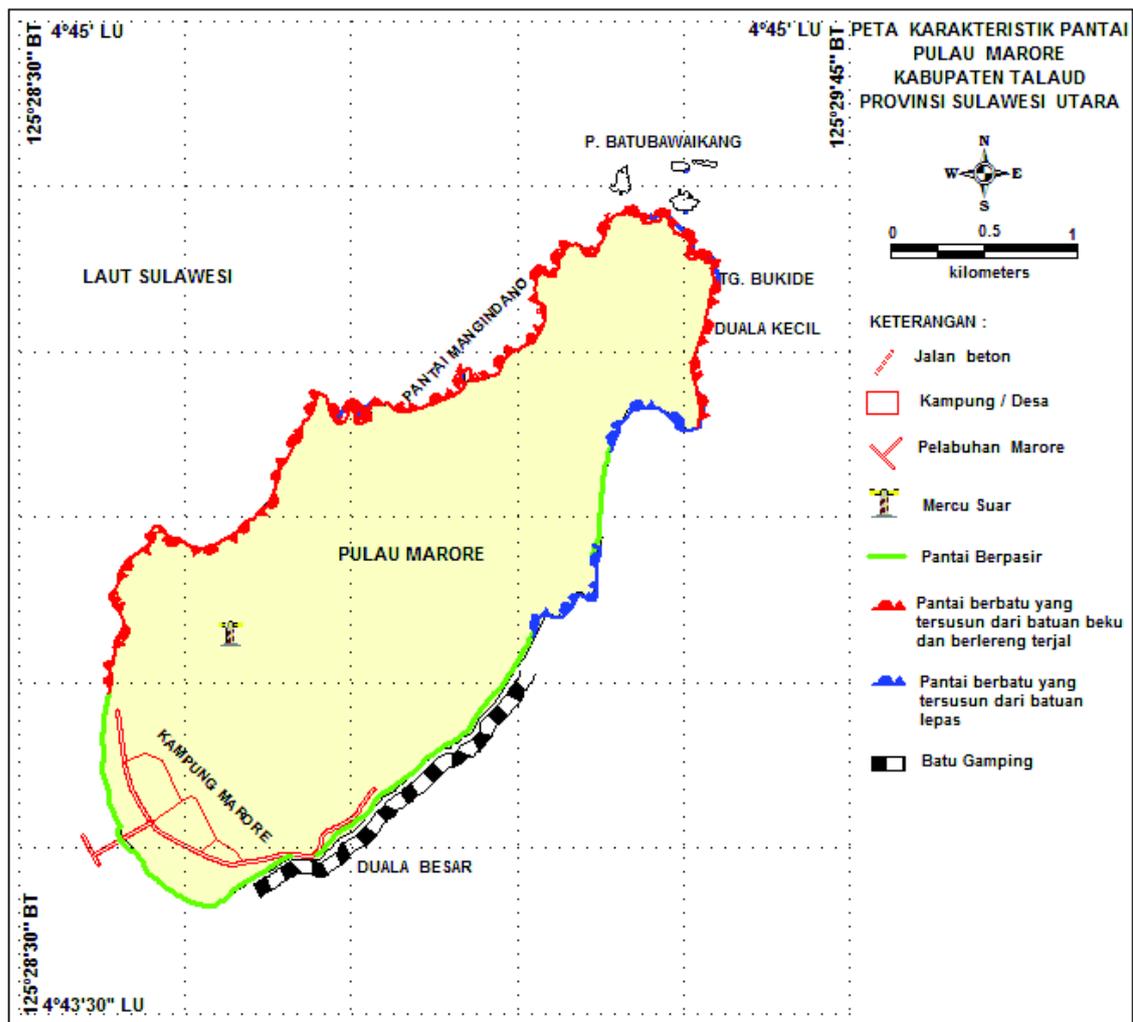


Gambar 3. Singkapan batu gamping dan batuan beku di bagian selatan dan timur Pulau Marore (Duala Besar)

zona hancuran (Gambar 2). Sedangkan daerah pedataran seluas kurang lebih 13 Ha (10%) terdapat di daerah selatan Pulau Marore ditambah daerah-daerah di pesisir pantai tenggara hingga timur (Kampung Marore dan Duala Besar) dengan ketinggian 1 – 5 m di atas permukaan laut. Wilayah ini berupa pantai berpasir dan pantai berbatu yang tersusun oleh batuan lepas. Pasir yang terdapat di wilayah ini merupakan pasir biogenik, berwarna coklat sampai putih, dengan ukuran butir dari pasir halus sampai pasir kasar, membundar sampai menyudut, dengan pemilahan sedang. Pasir pantai tersebut mengandung banyak pecahan cangkang moluska dan sedikit pecahan gamping, berwarna putih sampai coklat dan sedikit berwarna merah, berukuran >0.1 cm sampai 0.5 cm. Di beberapa tempat terdapat fragmen-fragmen halus batugamping dan batuan beku. Batuan gamping, berwarna abu-abu, keras dan

batuan beku warna segar hitam dan berwarna lapuk abu-abu sampai coklat, keras (Gambar 3) (Purwanto, drr., 2007).

Berdasarkan pengamatan lapangan tipe pantai di sepanjang Pulau Marore dapat diklasifikasikan menjadi 2 tipe, yaitu tipe pantai berpasir dan pantai berbatu. Tipe pantai berpasir sebagian besar tersebar di bagian selatan dan timur, yaitu di pantai Kampung Marore dan Duala Besar, sedangkan tipe pantai berbatu tersebar di bagian barat, utara dan timur, yaitu di pantai Mangindano, Tg. Bukide, Duala Kecil, dan utara Duala Besar (Purwanto, drr., 2007). Pantai berbatu di pantai Mangindano, Tg. Bukide dan Duala Kecil tersusun oleh singkapan batuan beku dan merupakan daerah perbukitan terjal, sedangkan pada pantai berbatu di utara Duala Besar tersusun oleh batuan berupa batuan lepas. Gambar 4 memperlihatkan peta karakteristik pantai di sekitar Pulau Marore.



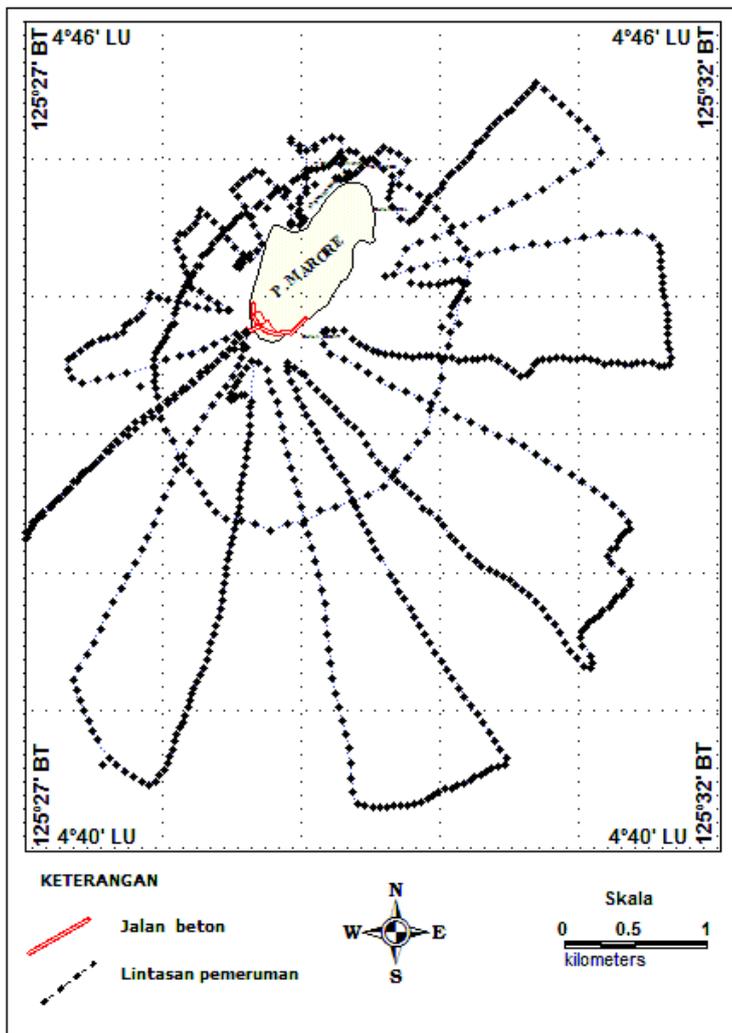
Gambar 4 Peta Karakteristik Pantai di sekitar Pulau Marore

METODE PENELITIAN

Pengambilan data kedalaman permukaan dasar laut dilakukan dengan menggunakan sebuah perahu kayu berukuran kurang lebih 7.5 ton yang dilengkapi dengan kelengkapan navigasi dan *echosounder*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan peralatan *Echosounder Reson 210 200/50 KHz* yang mempunyai ketelitian 0.1 m. Alat ini bekerja dengan prinsip pengiriman energi gelombang suara dari permukaan laut melalui *transmitting transducer* secara vertikal ke dasar laut. Kemudian gelombang suara akan dipantulkan dari dasar laut dan diterima oleh *receiver transducer*. Gelombang suara yang diterima akan ditransformasikan menjadi pulsa energi listrik ke *receiver*. Sinyal-sinyal tersebut diperkuat dan direkam pada *recorder* dalam bentuk grafis maupun digital dengan sapuan terkecil pada

kertas selebar 200 mm. Data digital selanjutnya diintegrasikan dengan data posisi dari peralatan navigasi. Untuk mengetahui keakurasian data hasil pengukuran, maka dilakukan *barcheck* saat sebelum dan sesudah melakukan pengukuran kedalaman laut dengan menggunakan piringan yang terbuat dari besi pada kedalaman 1 m sampai dengan 10 m di bawah *transducer*.

Arah lintasan survei kedalaman laut ini berbentuk seperti kipas disesuaikan dengan kondisi Pulau Marore, seperti terlihat dalam Gambar 5. Interval dan panjang untuk masing-masing lintasan tidak sama, bentuknya tidak beraturan. Lintasan survei di sebelah utara pendek-pendek sedangkan di sebelah selatan lintasannya cukup panjang. Hal ini terkait dengan kemampuan alat *echosounder*nya yang hanya mampu merekam data kedalaman sampai kedalaman maksimal 120 m.



Gambar 5. Bentuk lintasan survei pengukuran kedalaman laut di Pulau Marore

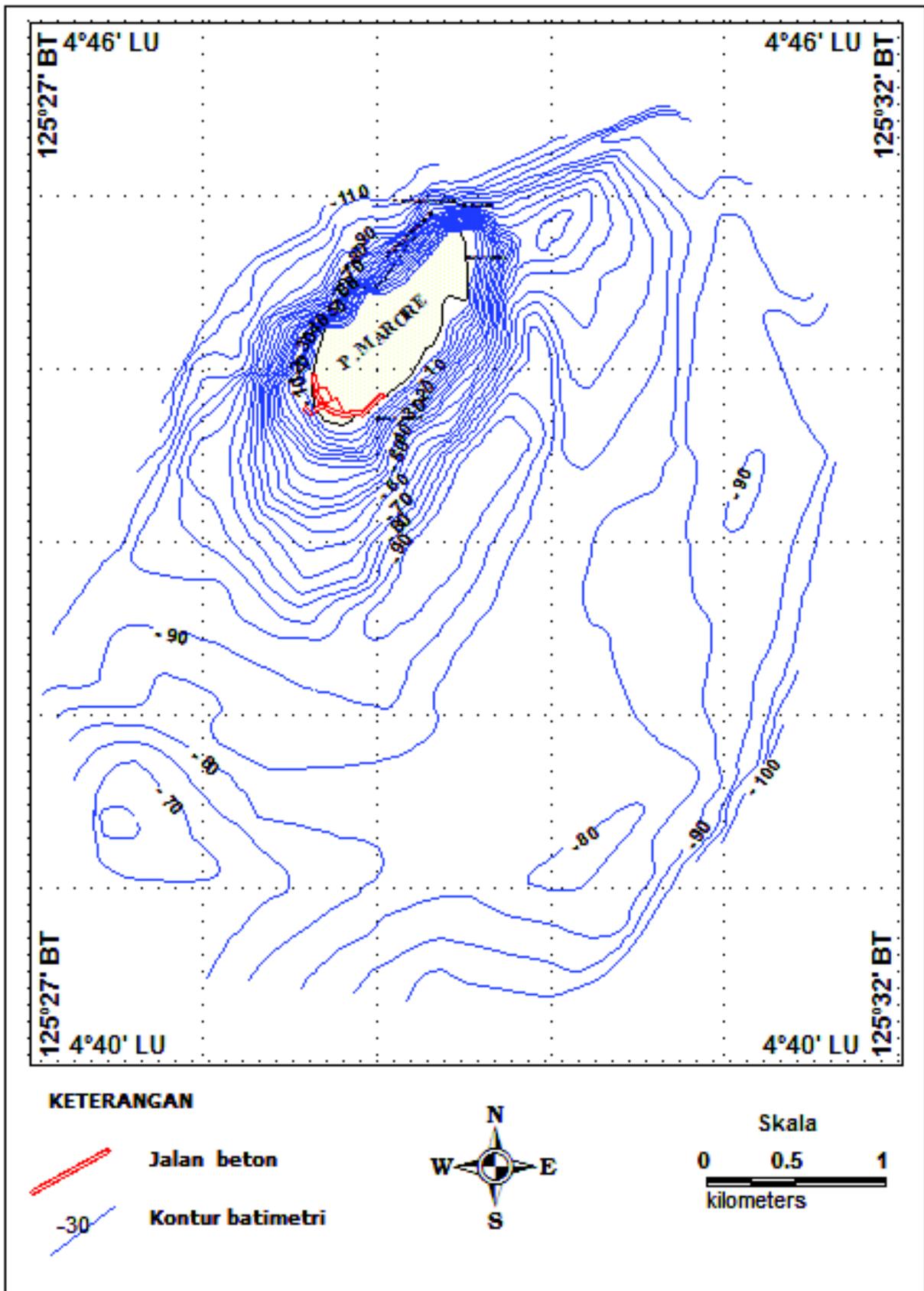
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kedalaman laut di sekitar perairan Pulau Marore adalah peta kontur kedalaman laut seperti terlihat pada Gambar 6, sedangkan Gambar 7 memperlihatkan bentuk 3-dimensi morfologi dasar laut perairan Pulau Marore. Pola kontur rapat pada peta kontur kedalaman laut menggambarkan kemiringan morfologi dasar lautnya cukup besar, sedangkan pola kontur renggang menggambarkan kemiringan morfologi dasar lautnya kecil. Dilihat dari pola kontur kedalaman, kemiringan morfologi dasar laut di sekitar Pulau Marore rata-rata cukup besar dengan kedalaman antara 5 m – 110 m. Daerah terdalam berada pada jarak 0.7 km – 1.0 km dari garis pantai Pulau Marore. Kemiringan morfologi dasar laut yang paling besar terdapat di sebelah barat sampai utara dengan kedalaman laut antara 5 m – 110 m dan

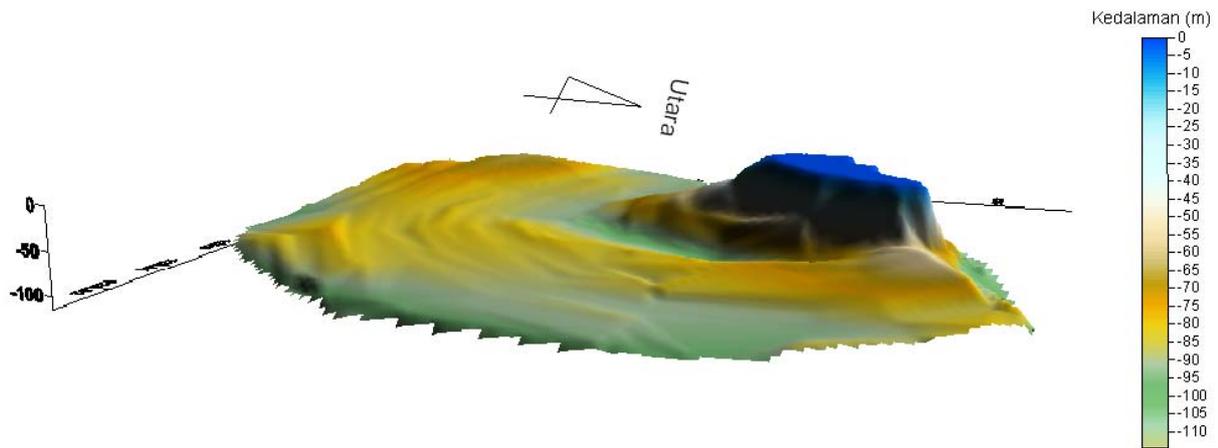
kemiringan 20° - 26° , sedangkan di bagian timur hingga selatan morfologi dasar lautnya mempunyai kemiringan lebih kecil dibandingkan dengan morfologi dasar laut di bagian barat dan utara. Kedalaman laut di lokasi ini berkisar antara 5 m – 90 m dengan kemiringan 6° - 10° , sedangkan pada kedalaman antara 90 m – 100 m kemiringan morfologi dasar lautnya sekitar 1° - 2° .

Berdasarkan data kedalaman laut di atas dan dihubungkan dengan morfologi pantainya terdapat adanya perbedaan kemiringan morfologi dasar laut yang cukup besar dari pantai (zona pasang surut) ke arah laut. Perbedaan morfologi ini akan berpengaruh langsung terhadap tinggi gelombang yang terjadi di sekitar pantai. Dengan kemiringan morfologi dasar laut yang cukup besar (di atas 5°) di pantai Duala Besar, daerah gelombang pecah (*breaker zone*) relatif dekat dengan pantai, serta tidak terbentuknya *longshore bar* yang berfungsi sebagai peredam alami energi gelombang yang menuju pantai. Oleh karena itu, saat gelombang datang dari laut lepas tidak mengalami peredaman energi oleh dasar laut, sehingga gelombang tidak pecah lebih dulu di laut tapi pecah di daerah pantai. Akibatnya, energi

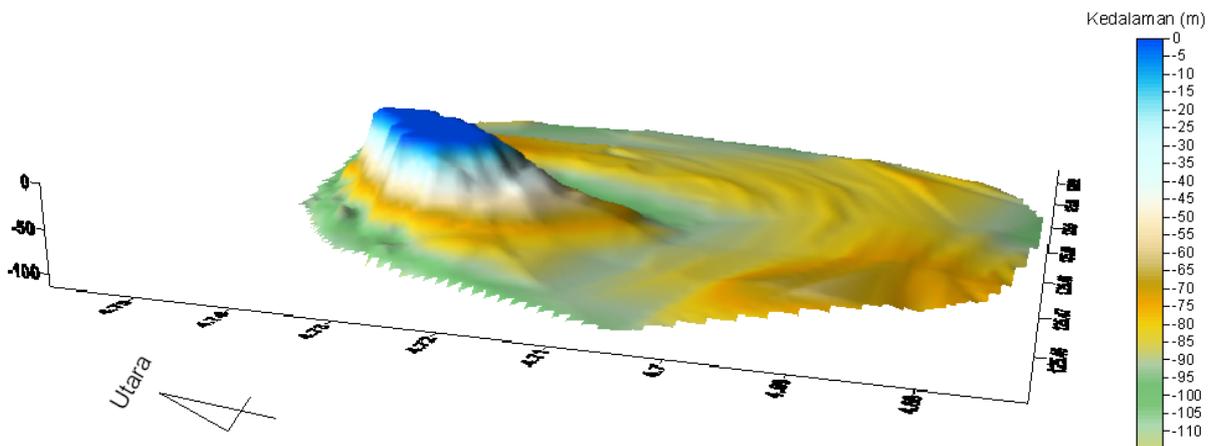
gelombang akan terlepas secara frontal dengan kekuatan besar melalui hampasan (*run up*) gelombang ke arah pantai dan daratan. Pada saat kondisi laut pasang, *run up* gelombang ini akan masuk lebih dalam ke arah daratan dan menggerus material yang mudah lepas. Di daerah pantai Duala Besar yang mempunyai kemiringan dasar laut sebesar 6° – 10° dan tersusun oleh material pasir dan batuan lepas proses *run up*, arus sejajar pantai dan arus tegak lurus pantai berlangsung sistematis sehingga proses pengikisan dan pengangkutan material dari darat ke arah laut berlangsung secara terus menerus. Sedangkan pada pantai Mangindano, Tg. Bukide dan Duala Kecil pantainya mempunyai kemiringan morfologi dasar laut sebesar 20° – 26° , sebagian besar pantai di lokasi ini tidak mempunyai lebar pantai,



Gambar 6. Peta kontur kedalaman laut di sekitar perairan Pulau Marore



(a)



(b)

Gambar 7. Bentuk morfologi dasar laut di sekitar perairan Pulau Marore (a) dilihat dari sisi sebelah timur dan (b) dilihat dari sisi sebelah barat

kalaupun ada lebar pantainya sangat sempit (kurang dari 5 m) dan sepanjang pantainya dikelilingi oleh singkapan batuan beku dan berlereng terjal. Di lokasi ini gelombang yang datang dari laut akan langsung membentur dinding batuan beku yang terjal, selanjutnya gelombang ini dipantulkan kembali ke arah laut dan bertabrakan dengan gelombang datang lainnya sehingga menimbulkan gelombang berdiri di dekat pantai. Saat membentur dinding batuan beku dan kembali ke arah laut, gelombang ini tidak mengangkut material karena energi gelombang ini tidak cukup kuat untuk mengikis dinding batuan beku yang keras

sehingga tidak terjadi abrasi dan erosi pantai di daerah ini.

Besar kecilnya intensitas abrasi dan erosi pantai di Pulau Marore tergantung kepada faktor musim dan cuaca. Pada saat musim timur (bulan Juni – bulan Oktober) daerah yang terkena gelombang adalah pantai Duala Besar bagian selatan dan Kampung Marore, sedangkan pada saat musim barat (bulan Desember – bulan April) daerah yang terkena gelombang adalah pantai Mangindano, Duala Kecil dan Duala Besar. Di lihat dari data tinggi gelombang maksimum (Hmak) dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tahun 2009

Tabel 1. Tinggi gelombang maksimum (H_{mak}) rata-rata bulanan di sekitar perairan Pulau Marore

| Bulan | Tinggi Gelombang Maksimum (m) | Arah Datang Gelombang |
|-----------|-------------------------------|-----------------------|
| Januari | 2.0 – 4.0 | Utara – Timurlaut |
| Februari | 2.0 – 4.0 | Utara – Timurlaut |
| Maret | 2.0 – 3.0 | Timurlaut – Timur |
| April | 2.0 – 2.5 | Timurlaut – Timur |
| Mei | 0.75 – 1.25 | Timurlaut – Timur |
| Juni | 0.75 – 1.25 | Timur – Tenggara |
| Juli | 1.5 – 2.0 | Tenggara – Selatan |
| Agustus | 0.75 – 1.25 | Tenggara – Selatan |
| September | 1.25 – 2.0 | Baratdaya – Barat |
| Oktober | 0.75 – 1.25 | Baratdaya – Barat |
| Nopember | 0.75 – 1.5 | Baratlaut – Utara |
| Desember | 1.5 – 2.0 | Utara – Timurlaut |

Sumber data BMKG, 2009

(Tabel 1), di sekitar perairan Pulau Marore saat musim barat tinggi gelombang lebih besar dari pada saat musim timur. Saat musim barat tinggi gelombang maksimum berkisar antara 2.0 – 4.0 m dengan arah datang gelombang dominan dari arah utara – timur laut - timur, sedangkan saat musim timur tinggi gelombang maksimum hanya mencapai 1.25 – 2.0 m dengan arah datang gelombang dominan dari tenggara – selatan. Tinggi gelombang maksimum relatif kecil saat musim transisi, awal musim barat dan awal musim timur yaitu sekitar 0.75 – 1.25 m.

Berdasarkan peta karakteristik pantai (Gambar 4), pantai Mangindano, Tg. Bukide dan Duala Kecil yang tersusun oleh batuan beku dan berlereng terjal pantainya cukup stabil walaupun pantai ini menerima tekanan gelombang sangat besar saat musim barat terutama tekanan dari gelombang yang datang dari arah utara dan timur laut dengan tinggi gelombang 2.0 – 4.0 m (Gambar 8). Sedangkan di daerah pantai Duala Besar terjadi proses abrasi yang parah, karena pantai ini menerima tekanan gelombang secara langsung dari arah timurlaut – timur saat musim barat dan dari arah tenggara - selatan pada musim timur, selain itu material penyusun pantainya terdiri dari pasir biogenik dan batuan lepas (Gambar 9). Pantai Kampung Marore tergolong cukup stabil walaupun tipe pantainya

pantai berpasir, karena saat musim timur dan musim barat intensitas gelombang di lokasi ini relatif kecil (Gambar 10), namun demikian pada kondisi gelombang besar saat musim timur (Bulan Juli - September) pantai ini juga mengalami dampak tekanan gelombang yang cukup besar yaitu dari gelombang yang datang dari arah tenggara – selatan, dimana tinggi gelombang bisa mencapai 2.0 m di lokasi ini. Hal ini dapat dilihat dari adanya lokasi-lokasi yang mengalami abrasi, salah satunya adalah Dermaga Kampung Marore bagian timur yang sebagian bangunan mengalami rusak berat (Gambar 11). Tahun 2007 saat Tim Survei Puslitbang Geologi Kelautan melakukan penelitian di Pulau Marore dermaga bagian timur ini sudah dalam keadaan roboh dan sedang dalam tahap perbaikan konstruksi (Gambar 12). Faktor lain yang menjadi penyebab rusaknya dermaga adalah faktor konstruksi dermaga yang tidak memenuhi kualitas standar, hal ini terlihat dari bahan material yang digunakan, ketebalan lantai dermaga dan teknik pengecoran yang dilakukan secara konvensional. Adanya tekanan gelombang yang cukup besar (1.0 – 2.0 m) secara terus menerus saat musim timur menyebabkan dermaga bagian timur sedikit demi sedikit mengalami kegagalan konstruksi yang akhirnya rusak berat atau roboh. Gambar



Gambar 8. Pantai Mangindano yang bertebing terjal dan tersusun batuan beku terletak di bagian utara Pulau Marore



Gambar 9. Pantai sebelah selatan Duala Besar yang merupakan pantai berpasir dan pantai sebelah utara Duala Besar yang merupakan pantai berbatu yang tersusun oleh batuan lepas yang mengalami abrasi



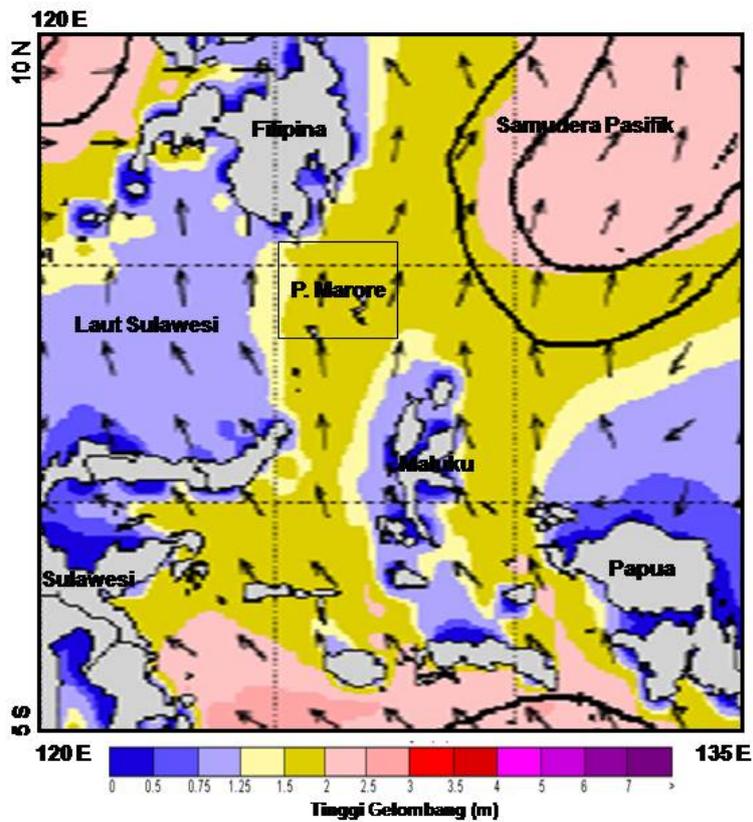
Gambar 10. Pantai Kampung Marore terletak di bagian selatan Pulau Marore merupakan tipe pantai berpasir.



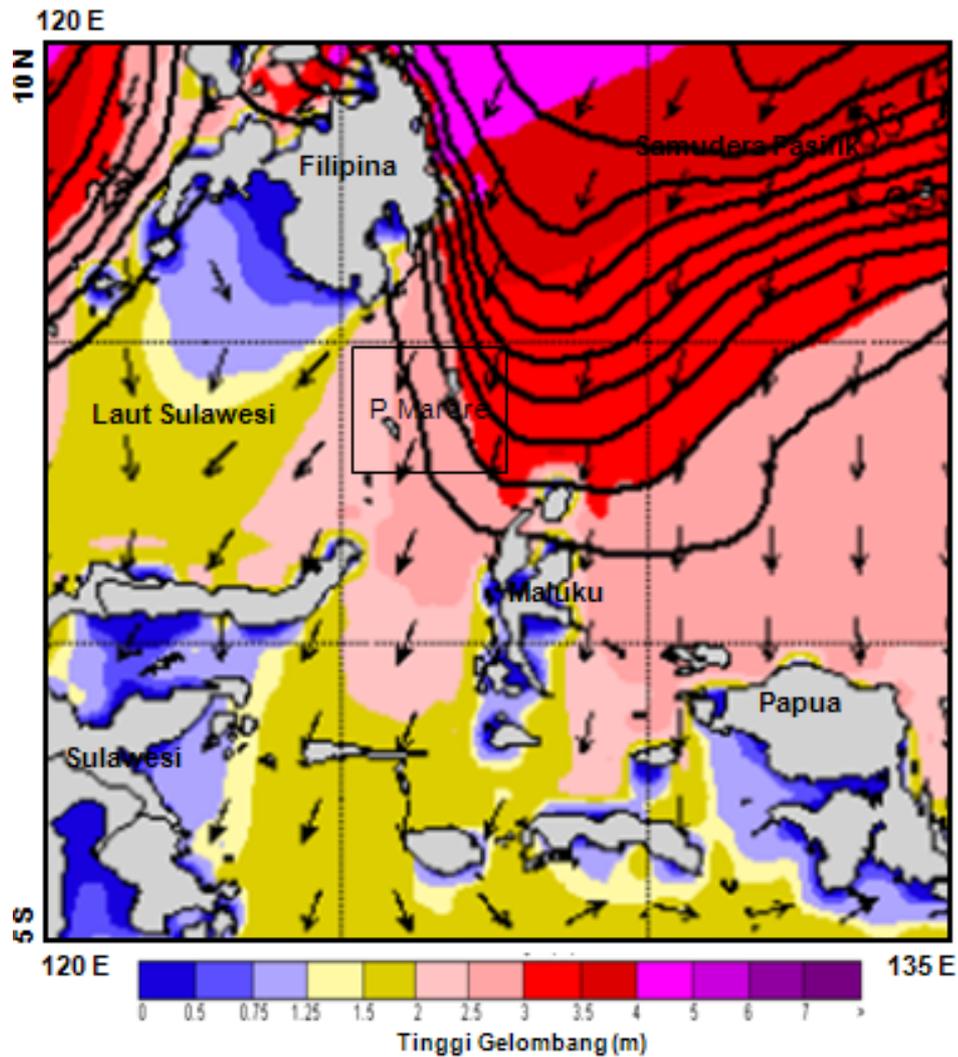
Gambar 11. Bagian timur dermaga Kampung Marore yang rusak berat karena gelombang (www.antarafoto.com, 2010).



Gambar 12. Bagian timur dermaga Kampung Marore yang roboh pada tahun 2007.



Gambar 13. Kondisi tinggi gelombang maksimum Bulan Juli (musim timur) di sekitar perairan P. Marore (BMKG, 2009).



Gambar 14. Kondisi tinggi gelombang maksimum pada Bulan Januari (musim barat) di sekitar perairan P. Marore (BMKG, 2009).

13 dan Gambar 14 memperlihatkan kondisi gelombang di sekitar perairan P. Marore pada Bulan Juli dan Bulan Januari (BMKG, 2009).

Berdasarkan data tersebut di atas, wilayah pantai yang masih bisa dikembangkan untuk dibangun sarana dan prasarana kegiatan perekonomian seperti dermaga untuk kapal besar, dermaga untuk nelayan, pos penjaga perbatasan dan sarana lainnya adalah pantai Kampung Marore yang terletak di sebelah selatan sampai baratdaya Pulau Marore. Di lokasi sebelah barat dan utara Pulau Marore (pantai Mangindano, Tg. Bukide dan Duala Kecil) sangat sulit untuk dikembangkan, mengingat kondisi pantainya berlereng batu dan terjal sedangkan di bagian timur (pantai Duala Besar), kemiringan pantainya lebih kecil dari pada bagian barat dan utara namun potensi

abrasinya sangat besar dan sulit dikendalikan. Penduduk telah berusaha mengendalikan abrasi di lokasi ini dengan cara membuat tanggul dari bongkahan batu, namun tanggul tersebut selalu rusak dihantam gelombang saat musim barat (Gambar 15). Secara teknis untuk mengatasi abrasi pantai di Pulau Marore sangat sulit untuk dilaksanakan oleh masyarakat, oleh karena itu dibutuhkan bantuan biaya dan teknologi dari pemerintah daerah/pusat untuk dapat mengendalikan abrasi pantai terutama pantai sebelah timur. Cara lain yang masih memungkinkan untuk menjaga dan mempertahankan keberadaan Pulau Marore adalah dengan tidak merubah bentang alam alami seperti tidak mengeksploitasi potensi bahan galian atau merusak garis pantainya.



Gambar 15 Salah satu tanggul yang dibuat masyarakat yang rusak terkena abrasi gelombang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Faktor dominan terjadinya abrasi pantai di pantai sebelah timur hingga tenggara Pulau Marore tepatnya di pantai Duala Besar adalah adanya kemiringan morfologi dasar laut cukup besar, yaitu sebesar $6^{\circ} - 10^{\circ}$ yang menyebabkan adanya *run up* gelombang, arus sejajar pantai dan arus tegak lurus yang bekerja secara sistematis dan membawa material ke arah laut, batuan penyusun pantainya berupa pasir biogenik dan batuan lepas, intensitas dan tinggi gelombang yang besar saat musim barat (2.0 – 4.0 m) dan saat musim timur (0.75 – 2.0 m), frekuensi gelombang datang dari arah timurlaut, timur dan tenggara sangat tinggi setiap tahunnya.

Pantai di bagian barat hingga utara Pulau Marore, yaitu mulai dari pantai Mangindano, Tg. Bukide dan Duala Kecil mengalami tekanan gelombang sangat besar karena mempunyai kemiringan dasar laut lebih besar dari 20° , lebar pantainya sangat sempit, intensitas dan tinggi

gelombang yang besar saat musim barat (2.0 – 4.0 m) serta frekuensi gelombang datang dari arah utara cukup tinggi, namun demikian pantai ini dalam keadaan stabil karena pantainya tersusun dari singkapan batuan beku yang keras dan berlereng terjal, sehingga energi gelombang tidak cukup kuat untuk mengikis dan mengangkut batuan tersebut ke arah laut. Walaupun pantainya stabil, lokasi ini sulit untuk dikembangkan sarana infrastruktur dan kegiatan perekonomian.

Pantai yang aman dari pengaruh abrasi erosi pantai adalah pantai di bagian baratdaya Kampung Marore. Di lokasi ini sangat cocok untuk dikembangkan sarana infrastruktur dan kegiatan perekonomian, selain aman dari pengaruh abrasi pantai kondisi pantai di lokasi ini mempunyai morfologi yang rata.

Secara teknis sangat sulit mengatasi masalah abrasi di pantai bagian timur hingga selatan Pulau Marore (Duala Besar). Cara yang paling efektif adalah dengan :

- Menjaga dan tidak merubah bentang alam dan garis pantai agar tidak mengalami kehancuran lebih parah;
- Merelokasi sarana infrastruktur yang terdapat di sekitar pantai Duala Besar ke lokasi pantai di bagian baratdaya Kampung Marore;
- Sedangkan untuk melindungi dermaga Kampung Marore dari tekanan gelombang harus dilakukan studi pemodelan terlebih dahulu untuk menentukan jenis bangunan pantai yang tepat agar tidak menimbulkan permasalahan baru.

DAFTAR PUSTAKA

BMKG , 2009, *Prakiraan Tinggi Gelombang Laut di Wilayah Indonesia Bulan Januari sampai Bulan Desember*. Jakarta.

Abubakar, M., 2006, *Menata Pulau-pulau Kecil Perbatasan*, 143 hal, Cetakan Pertama, PT. KOMPAS Media Nusantara, Jakarta.

Poniman, A., 2008, *Buku Pulau Marore Pulau Kawio Gerbang Utara Nusantara*, 349 hal, Jakarta.

Purwanto, C., Rachmat, B., Mustofa, A., Yusup, A., Mustafa, H., Rahardiawan, R., 2007, *Penyelidikan Energi dan Sumberdaya Mineral Kelautan Pulau Kecil Terluar Pulau Miangas dan Pulau Marore, Provinsi Sulawesi Utara, Puslitbang Geologi Kelautan*, Bandung. Laporan intern tidak dipublikasikan.

Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai*, 397 hal, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

<http://www.antarafoto.com> 3/5/2010

