

# Studi Perlindungan *Pipeline* PT. Pertamina Gas di Pesisir Indramayu

Gilang Helang Wijaya dan Wahyudi, Suntoyo

Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: wahyudictr@oe.its.ac.id

**Abstrak**—Pada pantai limbangan, Indramayu terdapat jalur *pipeline* yang merupakan transporter minyak dan gas PT. Pertamina Gas Area JBB (Jawa Bagian Barat). Kondisi pantai ini mengalami abrasi yang membahayakan jalur *pipeline* tersebut. Berdasarkan pengamatan visual, beberapa bagian *pipeline* telah tergenang air laut yang disebabkan oleh perubahan garis pantai. PT. Pertamina membangun beberapa alternatif perlindungan pantai, antara lain *breakwater*, *seawall* dan penanaman tumbuhan bakau. Namun tidak efektif, karena beberapa bagian masih terkena gelombang dan terjadi transpor sedimen sehingga perubahan garis pantai tetap terjadi, hal ini dikarenakan *breakwater* yang ada mengalami *over toping* sehingga gelombang gagal teredam. Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisa ulang *breakwater* dan merekomendasikan desain *breakwater* yang efektif dalam meredam gelombang. Metode yang digunakan ialah dengan Analisa Gelombang, Analisa Laju Sedimen dan Analisa Perubahan Garis Pantai. Dari analisa tersebut didapat hasil spesifikasi *Breakwater* dengan tinggi elevasi 6,05 meter, lebar puncak 5,55 meter, dan dibangun pada kedalaman laut 4 meter. Spesifikasi ini efektif karena dari analisa perubahan garis pantai setelah terdapat *breakwater* dengan spesifikasi diatas perubahan garis pantai tidak lagi terjadi sehingga *pipeline* dinyatakan aman.

**Kata Kunci**—*Breakwater*, abrasi, *pipeline*, Limbangan-Indramayu

## I. PENDAHULUAN

**K**ENAIKAN muka air laut memberikan dampak secara langsung pada perubahan garis pantai di Indonesia. Hal ini akan mengakibatkan kerusakan di sekitar pantai dan berdampak abrasi pada pantai. Abrasi adalah proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak. Abrasi dapat menyebabkan semakin menjoroknya garis pantai ke darat yang mengakibatkan mundurnya garis pantai. Untuk meminimalisasi hal ini diperlukan pembangunan struktur pantai untuk menjaga garis pantai. Selain menjaga garis pantai, pembangunan struktur pantai juga untuk melindungi pantai dari gempuran ombak dengan mereduksi energi gelombang supaya tidak meluap ke daerah daratan pantai.

Pada pantai Limbangan, Indramayu terdapat sebuah struktur penting yaitu *pipeline* sebagai alat transportasi minyak dan gas milik PT. Pertamina. Permasalahan terjadi saat pantai mengalami abrasi akibat kenaikan muka air laut, sehingga sebagian pipa gas yang awalnya dalam kondisi *underground* menjadi *aboveground*. Hal ini dapat mengakibatkan pipa gas mengalami *freSPAN* karena tanah yang menjadi tumpuan

berkurang, sehingga dikhawatirkan pipa gas akan mengalami *buckling*. Pada dasarnya pesisir Limbangan, Indramayu telah ada struktur perlindungan pantai berupa pemecah gelombang (*breakwater*) yang dibangun oleh PT. Pertamina EP Balongan guna meredam gelombang. Namun pada kenyataannya *breakwater* tersebut mengalami *overtopping* sehingga gelombang gagal teredam. Selain itu upaya yang telah dilakukan PT. Pertamina Gas Distrik Mundu untuk mengurangi abrasi adalah dengan pembuatan *seawall* dan penanaman bakau belum sepenuhnya berhasil. Dalam waktu kurang dari setahun *seawall* berbahan baku *sandbag* dan beton sebagian besar telah mengalami kerusakan. Sedangkan tanaman bakau memerlukan waktu lama untuk tumbuh dan mampu melindungi daerah di sekitarnya. Untuk itu perlu dilakukan penangan yang lebih tepat untuk mengurangi dampak abrasi.).

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Pembangkitan Gelombang Akibat Angin

Untuk peramalan gelombang data yang digunakan adalah data dipermukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari lokasi pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat didekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin di laut.

### B. Periode Ulang

Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif. Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam kurun waktu T tahun, dan gelombang tersebut dikenal dengan istilah gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Misalkan apabila  $T=50$ , gelombang yang diperkirakan adalah gelombang 50 tahunan atau gelombang dengan periode 50 tahun, artinya bahwa gelombang tersebut diharapkan akan disamai atau dilampaui rata-rata sekali dalam 50 tahun. Hal ini berarti bahwa gelombang 50 tahunan hanya akan terjadi satu kali dalam setiap periode 50 tahun yang berurutan

### C. Pasang Surut

Pasang surut terjadi akibat adanya gaya tarik menarik antara matahari, bulan dan bumi. Perubahan pasang surut seiring dengan perubahan posisi diantara ketiganya. Dari sekian banyak benda-benda langit yang mempengaruhi proses pembentukan pasut air laut, hanya matahari dan

bulan yang sangat mempengaruhi proses pembentukan pasang surut air laut, melalui tiga gerakan utama yang menentukan pergerakan muka air laut di bumi [12]. Tiga gerakan utama tersebut adalah sebagai berikut:

1. Revolusi bulan terhadap bumi, dimana orbitnya berbentuk ellips dan memerlukan waktu 29,5 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
2. Revolusi bumi terhadap matahari, dengan orbitnya berbentuk elips juga dan periode yang diperlukan untuk ini adalah 365,25 hari.
3. Rotasi bumi yang memerlukan waktu 24 jam.

Transport sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya, gerakan tersebut disebabkan oleh proses abrasi dan juga pengendapan lumpur di muara sungai.

Transport sediment sepanjang apantai terdiri dari dua komponen utama yaitu transport sediment dalam bentuk mata gergaji yang disebabkan oleh gelombang dan transport sepanjang pantai di *surf zone* yang disebabkan oleh arus sepanjang pantai. Transport sediment menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan, abrasi, dan sebagainya. Beberapa cara yang biasanya digunakan untuk memprediksi transport sediment adalah sebagai berikut :

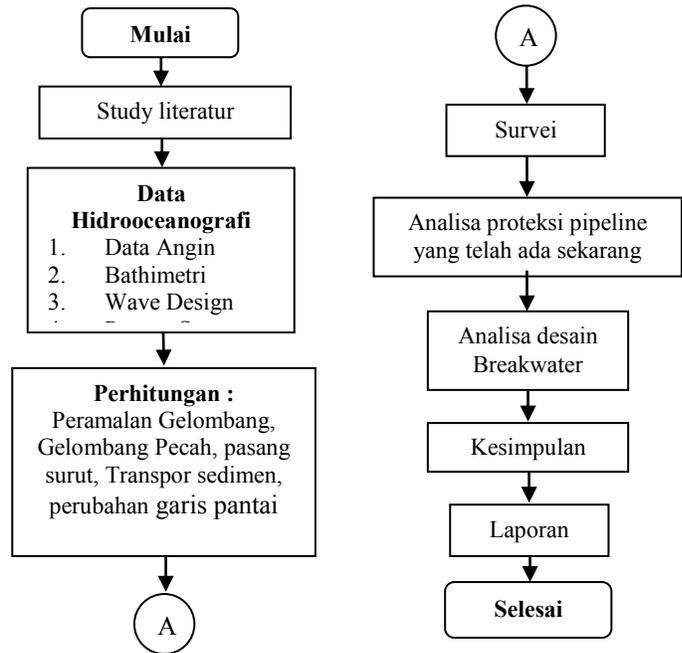
1. Untuk memperkirakan transport sediment sejajar pantai pada suatu tempat adalah mengukur debit sediment di lokasi sediment yang ditinjau.
2. Peta atau pengukuran yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam suatu periode tertentu dapat memberikan petunjuk tentang angkutan sediment
3. Rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau

**D. Proses Perubahan Garis Pantai**

Secara sederhana proses perubahan garis pantai disebabkan oleh angin dan air yang bergerak dari suatu tempat ke tempat lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya di suatu tempat secara kontinyu. Proses pergerakan gelombang datang pada pantai secara esensial berupa osilasi. Angin yang menuju ke pantai secara bersamaan gerak gelombang yang menuju pantai berpasir secara tidak langsung mengakibatkan gesekan antara gelombang dan dasar laut, sehingga terjadi gelombang pecah dan membentuk turbulm yang kemudian membawa material disekitar pantai termasuk yang mengakibatkan pengikisan pada daerah sekitar pantai (abrasi).

Tahapan proses dari proses sedimentasi yang mengarah pada terjadinya perubahan garis pantai adalah :

1. Teraduknya material kohesif dari dasar hingga tersuspensi, atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut.
2. Perpindahan material secara kohesif
3. Pengendapan kembali material tersebut.



Gambar. 1. Diagram alir metodologi penelitian.

Selain dari tahapan diatas, semuanya tergantung pada gerakan air dan karakteristik material pantai yang terangkut. Pada daerah pesisir pantai gerakan dari air dapat terjadi karena adanya kombinasi dari gelombang dan arus. Gelombang dan arus memiliki peranan yang sama besarnya dalam mengaduk dan memindahkan material ke tempat lain

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam melakukan penelitian ini dimulai dengan melakukan studi lapangan dan studi literatur kemudian melakukan survei lapangan. Setelah mendapatkan data, kemudian dianalisis dan dibahas. Penelitian ini diakhiri dengan menarik kesimpulan dan membuat laporan dari seluruh proses yang telah dilakukan. Adapun diagram alir proses dari awal hingga akhir penelitian dapat dilihat pada Metodologi yang penulis gunakan dapat di gambarkan pada diagram alir pada Gambar 1.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian terletak di pantai Limbangan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Gambar 3. merupakan kondisi *existing* pantai pada saat ini mengalami abrasi oleh gelombang pasang air laut, sehingga mengakibatkan perubahan garis pantai. Pada kondisi di lapangan sebenarnya telah ada struktur perlindungan pantai yang dibangun oleh PT. Pertamina berupa *breakwater*. Namun pada kenyataannya saat ini *breakwater* yang ada tidak mampu meredam gelombang secara signifikan, sehingga gelombang pasang masih tetap terjadi dan menimbulkan abrasi pada pantai.



Gambar. 2. Lokasi penelitian.



Gambar. 3. Pengaruh abrasi pantai terhadap pipeline.

Selain itu di pantai limbangan, pesisir indramayu terdapat struktur vital, yaitu *pipeline* milik PT. Pertamina. *Pipeline* ini ialah salah satu aset negara yang sangat penting dimana struktur tersebut mengalirkan minyak dan gas bumi. Jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan terhadap struktur *pipeline* tersebut maka negara akan mengalami kerugian yang sangat besar. Bahkan tidak hanya itu saja, jika terjadi kebocoran sedikit saja, maka bisa dipastikan tumpahan minyak dan gas bumi tersebut akan mencemari lingkungan sekitar.

### B. Upaya Penanggulangan Abrasi

Dengan adanya permasalahan di atas sebenarnya PT. Pertamina melakukan upaya-upaya menganggulangi semua masalah yang ada. Adapun beberapa upaya PT. Pertamina dalam menanggulangi masalah tersebut antara lain :

#### 1. Pembangunan *Breakwater* (*hard protection*)

PT. Pertamina membangun sebuah *Breakwater* yang diharapkan dapat meredam gelombang pasang. *Breakwater* ini dibangun sepanjang daerah kritis yang merupakan tempat dimana sebagian pipeline telah terkena gelombang pasang. Bahan yang digunakan dalam pembuatan *breakwater* ini berupa batu cor berbentuk kubus dengan ukuran dimensi 40 x 40 x 40 yang disusun sepanjang pesisir yang terdapat *pipeline* dengan kondisi kritis. Ukuran tinggi *breakwater* rata-rata 0 meter sampai dengan 0,75 meter dari permukaan laut rata-rata. Jadi kondisi *breakwater* di beberapa titik mengalami *over toping*.

#### 2. Penanaman Bakau (*soft protection*)

PT. Pertamina menanam tumbuhan bakau untuk melindungi pantai dan *pipeline* dari gelombang pasang. Namun bakau kurang efektif karena dibutuhkan waktu yang sangat lama oleh bakau untuk bisa tumbuh dan melindungi pantai.

#### 3. Pembuatan *Seawall* berbahan *sandbag* (*hard protection*)

Dalam pembuatan *Seawall* ini PT. Pertamina terdapat 3 jenis / macam bentuk yang terdapat di pantai ini. Ketiganya memiliki karakter yang berbeda pada jenis bahan yang digunakan. Berikut deskripsi dan analisa existing pada masing-masing *Seawall* tersebut:

- Seawall* berbahan *sandbag*, proteksi ini menggunakan *Sandbag* yang diisi dengan pasir diharapkan mampu meredam gelombang yang datang. Kelebihan dari metode ini ialah sangat mudah diaplikasikan, bahan mudah dicari, dan relatif murah dalam pengaplikasiannya. Namun terdapat kelemahan, hanya berselang beberapa bulan *sandbag* telah rusak dan hanyut terbawa arus.
- Seawall* berbahan beton, proteksi dengan bahan beton diharapkan memiliki kekuatan lebih dalam menahan gelombang. Kelebihan dari *Seawall* berbahan beton ini antara lain struktur lebih kuat, stabil, dan mempunyai umur ketahanan yang relatif lebih panjang. Setelah selang waktu beberapa bulan, *seawall* dengan bahan beton ini menunjukkan kerusakan pengaruh gelombang yang menghantam secara langsung pada permukaan dan muka struktur ini. Hantaman gelombang yang besar dan kontinyu secara perlahan akan merusak *seawall* tersebut, terlebih jika kekuatan gelombang lebih besar dibandingkan kekuatan *seawall* itu sendiri. Maka bisa dipastikan *seawall* tidak akan mampu bertahan lama. Selain itu pengaruh transpor sedimen yang membawa partikel-partikel pasir disekitar pondasi *seawall* berpindah tempat menyebabkan pondasi tak lagi stabil. sehingga akan terjadi amblesnya struktur tersebut karena ketidakstabilan pondasi. Pantai-pantai di wilayah perairan Indonesia rawan sekali mengalami perubahan garis pantai, hanya dalam waktu 5 tahun saja perubahan garis pantai sudah sangat signifikan.
- Seawall* berbahan bambu. Selain untuk mengurangi kekuatan gelombang pasang, *seawall* berbahan bambu ini dibuat untuk menahan laju sedimen yang terbawa oleh arus. Metode pengaplikasiannya ialah dengan menacapkan bambu kedalam tanah di pesisir yang disusun rapi berjajar membentuk beberapa persegi guna untuk menyaring sedimen yang terbawa arus. Menurut informasi yang didapat dari pihak PT. Pertamina dan pengamatan visual dilokasi penelitian, metode ini cukup efektif. Sedimen tidak seluruhnya terbawa arus sehingga dapat mempertahankan sedimen pantai untuk tetap pada tempatnya dan jikalau berpindah, tidak terlalu jauh dari tempat asalnya. Namun, bambu ialah bahan organik sehingga tidak mempunyai usia yang lama. Lambat laun bambu akan rapuh dan keropos sehingga tak lagi dapat menahan gelombang dan sedimen. Jadi proteksi dengan jenis ini hanya bersifat sementara.

### C. Upaya Penanggulangan Abrasi

Berdasarkan analisa secara visual dan beberapa informasi yang didapatkan dari pihak-pihak terkait, maka bisa disimpulkan bahwa ;

- Beberapa upaya yang dilakukan PT. Pertamina dalam memproteksi *pipeline* di pesisir Limbangan Indramayu

pada umumnya sudah baik, namun masih kurang efektif. Hal ini dibuktikan dengan kondisi *existing* yang terjadi dimana gelombang pasang masih menghantam *pipeline* dan mengakibatkan perpindahan sedimen.

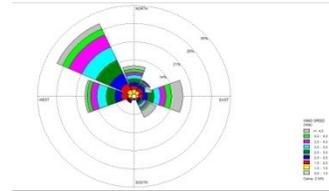
2. Beberapa proteksi *pipeline* yang ada sekarang ini hanya bersifat sementara. Dimana dalam kurun waktu sekitar satu tahun saja struktur telah rusak dan membutuhkan perbaikan.
3. Struktur perlindungan pantai yang dapat melindungi dan mempertahankan sedimen pantai dari abrasi sebaiknya didesain dengan pertimbangan sebagai berikut:
  - a. Struktur bersifat permanen dan dapat melindungi pantai dalam kurun waktu yang lama.
  - b. Struktur dapat meredam / memecah gelombang pasang.
  - c. Struktur dapat menghambat perubahan garis pantai ke arah daratan.

**D. Analisa Kegagalan Breakwater**

Kegagalan *breakwater* menyebabkan gelombang gagal teredam sehingga mengakibatkan abrasi pada pantai Indramayu. Abrasi pada pantai Indramayu semakin mengkhawatirkan karena terdapat jalur *pipeline* aktif yang berada sangat dekat dengan bibir pantai. Abrasi ini berpotensi mengganggu kestabilan *pipeline*. Adapun penyebab kegagalan *breakwater* antara lain:

1. *Overtopping Breakwater*  
*Breakwater* yang ada di pantai limbangan mengalami *Overtopping* di beberapa titik pada saat kondisi muka air laut surut dan *Overtopping* hampir semua bagian *breakwater* saat kondisi pasang. Hal ini menyebabkan gelombang gagal teredam dan menjalar pada pantai.
2. *Wrong Elevation*  
 Tinggi elevasi *breakwater* tidak sama pada semua bagian *breakwater*. Ada beberapa bagian (sebelah timur) yang memiliki elevasi hingga 0,75 meter dan ada beberapa bagian (sebelah barat) yang memiliki elevasi 0 meter. Hal ini menyebabkan *breakwater* tidak dapat meredam gelombang secara menyeluruh. Elevasi *breakwater* sebaiknya disesuaikan dengan perhitungan ketinggian gelombang di lokasi tersebut.
3. *Wrong Dimension*  
 Dimensi dari *breakwater* yang ada pada pantai Limbangan ini tidak sesuai dengan keadaan kondisi lingkungan yang ada. Lebar *breakwater* ini hanya berkisar antara 0,5 sampai dengan 1 meter, panjang berkisar 700 sampai dengan 900 meter. Dan tinggi *breakwater* hanya berkisar 0 pada tinggi terendah dan 0,75 meter pada bagian yang tertinggi (diukur dari rata-rata permukaan air laut).

Dari pertimbangan di atas maka penulis memilih alternatif mendesain ulang *breakwater* yang sesuai dengan kondisi lingkungan dengan memperhatikan tinggi gelombang signifikan dan kondisi pasang surut yang ada di lokasi penelitian. Dengan begitu diharapkan desain *breakwater* dapat meredam gelombang yang terjadi di lokasi dengan mempertimbangkan peramalan gelombang dengan periode ulang.



Gambar. 4. Mawar angin pantai Limbangan.

Tabel 1. Fetch masing-masing arah

Arah	Fetch Efektif (KM)
Utara	254,4
Timur Laut	315,9
Timur	227,9

Tabel 2. Hasil perhitungan peramalan gelombang

Direction		H (m)	T (s)
Blowing from	Conventional		
North	0	2,09	9,13
Northeast	45	1,79	8,93
East	90	2,29	9,39

Dimana:  
 H = Tinggi gelombang signifikan  
 T = Periode gelombang

**E. Analisa Data Lingkungan Dalam Perancangan Breakwater**

a. Analisa Data Angin

Data angin di pesisir Indramayu ini didapatkan dari stasiun BMKG Surabaya 8 tahun terakhir. Resume data angin maksimum yang dapat disajikan Wind Rose (Gambar 4) disekitar pesisir Indramayu.

b. Analisa Fetch

Hasil perhitungan Fetch arah angin yang berpengaruh terhadap fetch adalah arah angin di arah Barat, Barat Laut, Utara, Timur Laut dan Timur oleh karena itu dapat dihitung nilai –nilai Feff sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

c. Wave Design

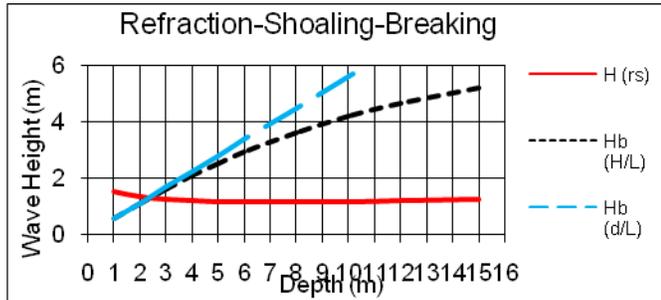
Pada Tabel (2) di bawah ini, merupakan hasil perhitungan pembangkitan gelombang oleh angin didapatkan hasil pada Tabel 2.

d. Gelombang Pecah

Berdasarkan analisa refraksi, *slope*, dan gelombang pecah didapat nilai gelombang pecah pada kedalaman 2,2 m seperti pada Gambar 5.

e. Laju Transpor Sedimen

Didapat perpindahan sedimen perhari dan pertahun sebagai berikut (Tabel 3).



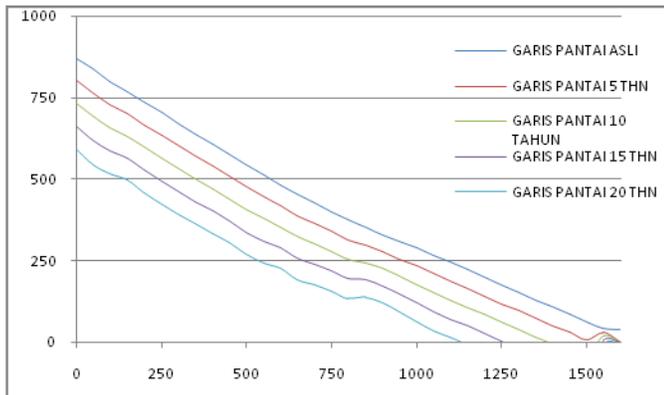
Gambar. 5. Grafik posisi gelombang pecah.

Tabel 3. Transpor sedimen

Arah	$D_{50}$	Q1st,m (M <sup>3</sup> /hari)	Q2st,m (M <sup>3</sup> /Th)
Timur	0,255	0,349	125,9

Dimana :

- $D_{50}$  = Butiran sedimen pantai
- Q1st,m = Laju sedimen perhari
- Q2st,m = Laju sedimen pertahun



Gambar. 6. Perubahan garis pantai.

Dimana:

- d = Kedalaman
- B = Lebar *Breakwater*
- H.B = Tinggi *Breakwater*
- W = Berat butir batu pelindung
- $W_{10}$  = Berat butir batu pelindung sekunder
- $W_{200}$  = Berat butir batu pelindung inti *Breakwater*

f. Perubahan Garis Pantai

Gambar 6 menunjukkan perubahan garis pantai yang terjadi di pantai Limbangan, Indramayu.

g. Spesifikasi *Breakwater*

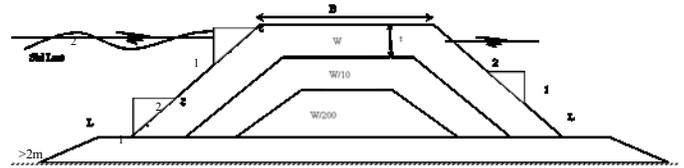
Dalam perancangan *breakwater* ditentukan kedalaman, lebar, elevasi, dan kemiringan. Pada tabel 4. Merupakan detail dari *breakwater* yang direncanakan.

h. Perubahan Garis Pantai Setelah Dibangun *Breakwater* rencana

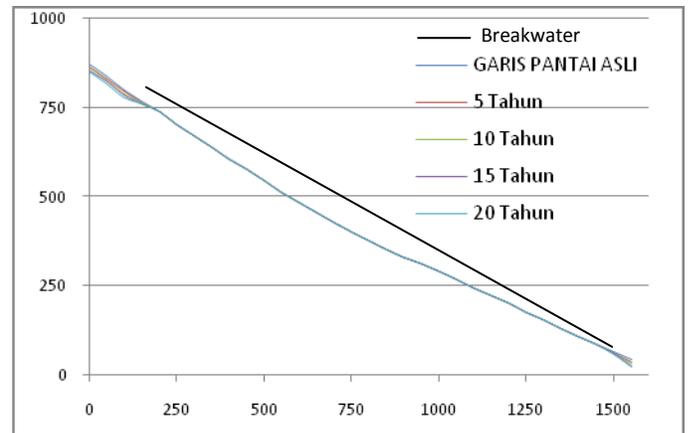
Prediksi perubahan garis pantai setelah dibangun *Breakwater* pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 4. Ukuran detail *breakwater*

d (m)	B (m)	H. B (m)	W (kg)	$W_{10}$ (kg)	$W_{200}$ (kg)
-4,0	5,555	6,050	377,135	37,713	1,886
-3,0	5,752	5,574	418,747	41,875	2,094
-2,0	6,134	4,524	507,761	50,776	2,539
-1,0	7,028	3,622	763,744	76,374	3,819



Gambar. 7. Detail *Breakwater*.



Gambar. 7. Perubahan garis pantai setelah ada *breakwater*.

V. KESIMPULAN

Dari data dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proteksi *pipeline* yang ada sekarang tidak efektif dalam meredam gelombang dan hanya bersifat sementara, karena dalam kurun waktu sekitar satu tahun saja struktur telah rusak dan membutuhkan perbaikan.
2. *Breakwater* yang telah ada perlu dilakukan upaya perbaikan secara menyeluruh menjadi tipe *non overtopping* dengan spesifikasi elevasi 6,05 meter, lebar puncak 5,55 meter dan pada kedalaman laut 4 meter. Hal ini dibuktikan dengan setelah adanya *breakwater* dengan spesifikasi di atas perubahan garis pantai tidak lagi terjadi sehingga *pipeline* dalam kondisi aman.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Carter, R.W.G., Orford, J.D., Forbes, D.L. and Taylor, R.B. 11987). *Gravel barriers, headlands and lagoons: an evolutionary model. Coastal Sediments. American Society of Civil Engineers Speciality Conference, New Orleans, 2, 1776-1792.*

[2] Kamphuis, J. W. 2002. *Introduction to Coastal Engineering and Management. Worl Scientific.* Singapura.

[3] Pratikto, W.A., Armono, H.D., Suntoyo. 1997. *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut.* BPPE, Yogyakarta.