

ANALISIS PERGERAKAN HORIZONTAL DAN VERTIKAL SERTA ANALISIS KESTABILAN BANGUNAN PENGAMAN PANTAI STUDI KASUS : DI MOROSARI KABUPATEN DEMAK JAWA TENGAH

Oleh :

Rudie Rachmat Atmawidjaja, dan Dessy Apriyanti

ABSTRAK

Pantai Morosari telah mengalami erosi yang merusak kawasan pantai dan bangunan pemecah gelombang. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mengenai deformasi dan stabilitas bangunan pemecah gelombang. Analisis deformasi meliputi analisis kesebangunan dan analisis pergerakan. Analisis stabilitas yang dilakukan meliputi, stabilitas lapis lindung, daya dukung, dan penurunan tanah setelah mengalami perubahan bentuk terhadap bangunan tersebut. Berdasarkan hasil analisis deformasi, rata-rata besar pergerakan horizontal sebesar 3,331 cm/6 bulan dan rata-rata pergerakan vertikal sebesar 2,988 cm/6 bulan untuk bangunan pemecah gelombang 2011. Rata-rata besar pergerakan horizontal sebesar 4,165 cm/6 bulan dan rata-rata pergerakan vertikal sebesar 2,491 cm/6 bulan untuk bangunan pemecah gelombang 2013. Arah pergerakan horizontal cenderung ke arah barat laut dan arah pergerakan vertikal mengalami penurunan. Nilai konsolidasi tanah dari hasil pengukuran tahun 2016 pada bangunan pemecah gelombang tahun 2011 sebesar 2,117 cm/6 bulan cm, tahun 2013 sebesar 2,520 cm/6 bulan. Besarnya nilai daya dukung tanah (SF) bangunan pemecah gelombang tahun 2011 sebesar 13,361, tahun 2013 sebesar 12,937. Hal ini yang menyebabkan bangunan pemecah gelombang 2011 lebih stabil dibandingkan bangunan pemecah gelombang 2013. Hasil perhitungan *armouring* untuk bangunan pemecah gelombang tahun 2011, yaitu 365 kg, tahun 2013, yaitu 337 kg, sedangkan untuk berat batu lapis lindung di lapangan sebesar 300 kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa *armouring* di lapangan pada bangunan pemecah gelombang tahun 2011 dan tahun 2013 tidak stabil.

Kata kunci : *bangunan pemecah gelombang, analisis deformasi, analisis daya dukung tanah, analisis penurunan tanah, Kabupaten Demak.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Erosi pantai didefinisikan sebagai mundurnya garis pantai dari posisi asalnya (Triatmodjo, 1999). Kabupaten Demak merupakan salah satu wilayah pesisir yang terletak di pesisir utara Pulau Jawa yang rawan terhadap kenaikan muka air laut, banjir pasang, abrasi dan akresi karena berada pada wilayah yang bertopografi yang rendah (Ondara, 2016). Salah satu daerah yang mengalami erosi cukup parah adalah pantai di Kecamatan Sayung. Kecamatan Sayung merupakan salah satu kecamatan yang berada di pesisir Pantai utara Jawa dan termasuk di dalam wilayah administrasi Kabupaten Demak, wilayah ini berhubungan langsung dengan Laut Jawa (Subardjo, 2004). Salah satu cara penanggulangan dan antisipasi yang dilakukan supaya erosi tidak semakin bertambah yaitu dengan membangun bangunan pengaman pantai. Bangunan pengaman pantai adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk melindungi

pantai dari kerusakan akibat gelombang dan arus laut (Triatmodjo, 2009). Bangunan pengaman pantai dibagi menjadi beberapa tipe yaitu *Groin*, *Jetty*, *Breakwater* (pemecah gelombang), *Seawall*, dan *Revetment* (Asnawi, 2010). Salah satu tipe bangunan pengaman pantai yang ada di Pantai Morosari yaitu bangunan pengaman pantai dengan tipe *breakwater* atau pemecah gelombang. Di wilayah pantai tersebut terdapat 4 desa yang terancam bahaya erosi, yaitu Desa Bedono, Desa Surodadi, Desa Sriwulan dan Desa Timbulseleloko (Sri Rejeki, 2011).

Pemecah gelombang ini memiliki peranan yang cukup penting bagi kehidupan masyarakat, maka diperlukan suatu bentuk pemeliharaan dan perawatan yang memadai guna menghindari kerusakan pada bangunan tersebut (Triatmodjo, 2009). Seperti diketahui bahwa bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari akan mengalami tekanan akibat gelombang dan arus laut (Pattipawaej dan Kurnia, 2013). Akibat gaya tekanan ini maka bangunan pemecah gelombang dapat mengalami perubahan bentuk dan pergerakan bangunan (Triatmodjo,

1999). Dengan diketahui adanya pergerakan posisi dari bangunan pemecah gelombang, sehingga dapat dilakukan analisis pergerakan terhadap bangunan pemecah gelombang karena perubahan posisi bangunan dapat mempengaruhi nilai manfaat dari *breakwater* tersebut. Gelombang akan menimbulkan tekanan lateral pada struktur, sehingga gaya dan momen yang ditimbulkannya merupakan beban yang mempengaruhi stabilitas dari struktur bangunan tersebut (Wahyudi, 2005). Total gaya yang bekerja dari gelombang dan arus laut, mempengaruhi kestabilan bangunan pemecah gelombang (Sriyana, 2007). Pada kondisi existing bangunan pemecah gelombang saat ini telah mengalami perubahan bentuk dan posisi. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perbedaan data yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juwana, dengan hasil pengukuran saat ini.

Penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk mengidentifikasi, meneliti dan mengkaji pengaruh gelombang terhadap kerusakan bangunan pemecah gelombang Pantai Morosari di Kecamatan Sayung, serta memberikan gambaran perubahan yang terjadi. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis mengenai kontrol kestabilan pada pemecah gelombang setelah mengalami perubahan bentuk terhadap bangunan tersebut. Kontrol stabilitas yang dilakukan yaitu dari segi konsolidasi tanah dan daya dukung tanahnya. Stabilitas daya dukung tanah sangat perlu dilakukan untuk mengetahui faktor ketahanan dari bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari (Hariyoni dkk, 2013). Pada waktu konsolidasi, bangunan pemecah gelombang di atas lapisan tersebut akan menurun (Terzaghi, 1987).

Dalam bidang teknik sipil ada hal yang perlu diketahui mengenai penurunan tersebut, yaitu besarnya penurunan yang akan terjadi. Tanah harus mampu mendukung dan menopang beban dari setiap konstruksi yang direncanakan diatas tanah tersebut tanpa suatu kegagalan geser dan dengan lendutan pampat yang dihasilkan dapat ditolelir untuk konstruksi tersebut (Sophian, 2010). Fungsi dari dilakukannya penelitian mengenai pergerakan, konsolidasi tanah dan daya dukung tanah terhadap bangunan pemecah gelombang yaitu untuk kelangsungan dan kemanfaatan dari bangunan pemecah gelombang kedepannya serta dapat digunakan sebagai referensi design pemecah gelombang dengan

karakteristik yang relatif sama. Selain itu tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil evaluasi antara besarnya pergerakan, besarnya konsolidasi tanah dan nilai dari daya dukung tanah terhadap kondisi bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari saat ini.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil analisis pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi di bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari ?
2. Bagaimana arah pergerakan horizontal dan vertikal dari bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari ?
3. Bagaimana hasil analisis stabilitas daya dukung tanah dan konsolidasi tanah bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari ?
4. Bagaimana hasil evaluasi antara pergerakan vertikal, konsolidasi tanah, dan daya dukung tanah terhadap bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari saat ini?

2. METODOLOGI PENELITIAN

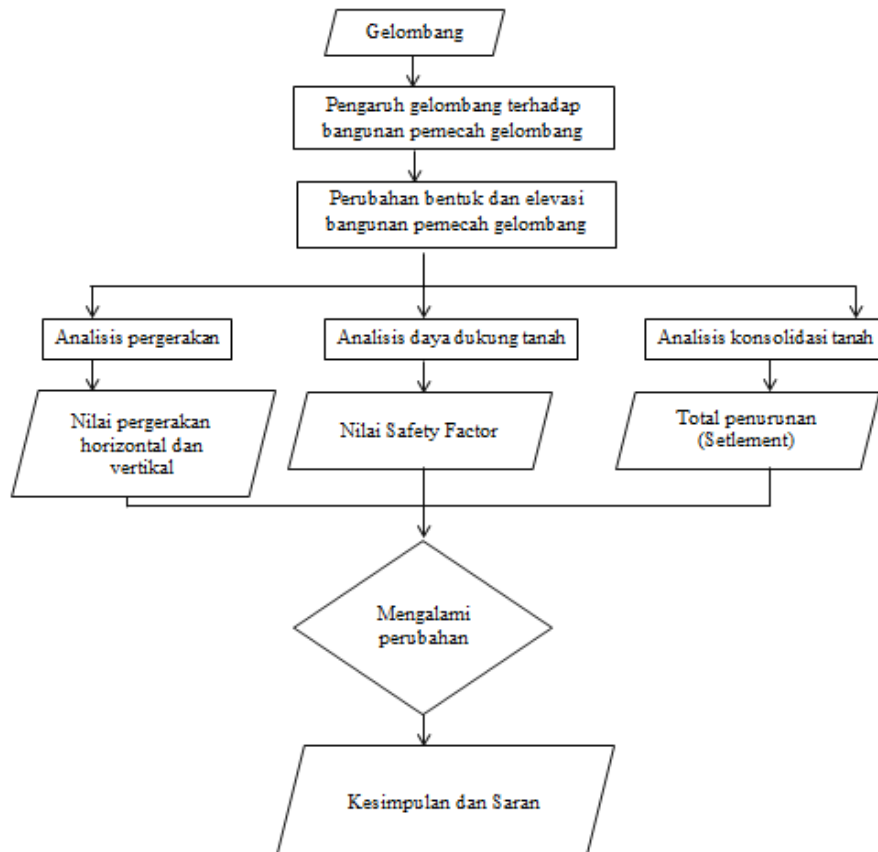
2.1. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Data pengukuran jarak dan sudut breakwater pada bulan Juni dan Desember 2016
- b. Data berupa besaran dimensi breakwater pada tahun 2016
- c. Data angin, data gelombang, data pasang surut, data tanah Pantai Morosari, Kabupaten Demak
- d. Peta Rupa Bumi Indonesia Demak Skala 1:25.000

2.2. Diagram Alir

Tahap pelaksanaan penelitian berisi tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data menggunakan metode yang telah ditentukan, sampai dengan penyajian hasil untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditentukan. Prosedur penelitian ini disajikan dalam diagram alir pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1. Diagram Metodologi Pengolahan Data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

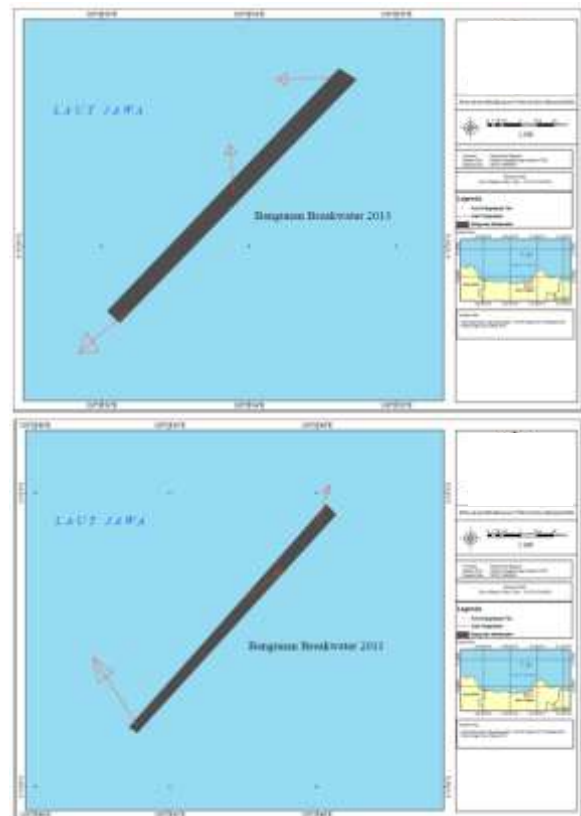
3.1. Besar dan Arah Pergerakan Horizontal Bangunan Pemecah Gelombang

Perhitungan pergerakan horizontal dalam penelitian ini adalah pada rentang waktu Juni sampai Desember 2016. Nilai dan arah pergerakan horizontal hasil pengolahan ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Nilai dan Arah Pergerakan Horizontal

Titik	dX (cm)	dY (cm)	Besar pergerakan horizontal (cm)	Arah pergeseran (derajat)
P1	2,891	-3,353	4,428	319,2292
P2	-5,185	-4,818	7,078	47,10059
P3	0,982	-0,131	0,990	277,6128
P4	2,303	0,969	2,499	67,18386
P5	1,718	-0,305	1,745	100,0854
P6	1,866	5,439	5,750	18,94492

Nilai pergerakan pada bulan Juni sampai dengan Desember digambarkan vektornya secara horizontal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Pengeplotan ini dilakukan untuk mengetahui pola pergeseran dari bulan Juni sampai Desember.



Gambar 3.1. Visualisasi Arah Pergeseran Horizontal Titik-Titik Pantau Pada Bangunan Pemecah Gelombang Tahun 2011 Dan 2013

3.2. Besar Dan Arah Pergerakan Vertikal Bangunan Pemecah Gelombang

Nilai pergerakan vertikal diperoleh dari hasil selisih atau beda tinggi antara tinggi elipsoid bulan Juni dan tinggi elipsoid bulan Desember. Titik pantau yang mengalami pergerakan vertikal sejumlah enam titik pantau pada bangunan pemecah gelombang Pantai Morosari. Nilai pergerakan vertikal hasil pengolahan ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Nilai Pergerakan Vertikal Bulan Juni Sampai Desember 2016

Breakwater	Titik	dh (cm)	Rata-rata dh (cm)
Breakwater 2013	P1	-2,459	-2,491
	P2	-2,298	
	P3	-2,716	
Breakwater 2011	P4	-2,161	-2,988
	P5	-5,090	
	P6	-1,712	

Berdasarkan Tabel 3.2, nilai pergerakan vertikal bernilai negatif, hal itu berarti semua titik pantau bergerak turun. Rata-rata nilai pergerakan vertikal bangunan pemecah gelombang tahun 2011 lebih besar dibandingkan dengan bangunan pemecah gelombang tahun 2013, yaitu sebesar 2,988 cm. Selanjutnya dilakukan pengeplotan pergerakan untuk mengetahui pola pergerakan naik atau turun. Pada Gambar 3.2 menunjukkan pola pergerakan vertikal dari bulan Juni sampai Desember 2016.

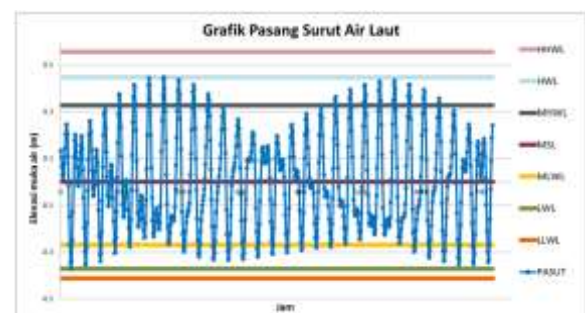


Gambar 3.2. Arah pergerakan vertikal bulan Juni sampai Desember 2016

Nilai pergerakan vertikal berkisar antara 1,71 cm s.d 5,10 cm. Arah pergerakan vertikal sesuai dengan Gambar 3.2 menunjukkan bahwa arah pergerakan turun di bangunan pemecah gelombang tahun 2011 dan tahun 2013.

3.3. Hasil Analisis Pasang Surut Air Laut

Dalam melakukan analisis pasang surut air laut menggunakan data yang diperoleh dari hasil pengolahan menggunakan software *MIKE 2.1*. Hasil pengolahan data pasang surut disajikan dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Berdasarkan Gambar 3.3 diperoleh nilai elevasi *Mean Sea Level* (MSL) setinggi 0,0003 m, nilai *Highest High Water Level* (HHWL) setinggi 0,55 m, *High Water Level* (HWL) setinggi 0,44 m, *Mean High Water Level* (MHWL) setinggi 0,32 m, *Mean Low Water Level* (MLWL) setinggi -0,27m, *Low Water Level* (LWL) setinggi -0,37 m, *Lowest Low Water Level* (LLWL) setinggi -0,41 m, Ketinggian setiap nilai tersebut ditampilkan pada Gambar 4.12. Selanjutnya pada Tabel 4.10 menunjukkan hasil Perhitungan Komponen Pasut. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan oleh Tabel 3.3 diperoleh kesimpulan bahwa tipe pasang surut di Perairan Sayung, Kabupaten Demak yaitu tipe pasang surut harian tunggal.



Gambar 3.3. Grafik pasang surut di lokasi breakwater

3.4. Hasil Perhitungan Konsolidasi Tanah

Pada Tabel 4.11 menyajikan hasil perhitungan lamanya waktu penurunan yang terjadi pada bangunan pemecah gelombang tahun 2013 dan 2011 dengan menggunakan nilai derajat konsolidasi sebesar 88 %.

Tabel 3.3. Hasil Perhitungan Waktu Penurunan

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
U	88	%	Derajat konsolidasi
tv	0.774123897		Faktor waktu
hd	3		Panjang drainase
	300		
cv	0.0057	cm ² /detik	Koefisien konsolidasi
t	12324633.07	secon	Waktu konsolidasi
	142.6462161	hari	
	0.390811551	tahun	
	4.689738613	bulan	

Perhitungan konsolidasi yang dilakukan meliputi dua bangunan *breakwater* yaitu

bangunan *breakwater* tahun 2013 dan bangunan *breakwater* tahun 2011. Berikut adalah hasil dari perhitungan konsolidasi tanah berdasarkan data pengukuran tahun 2016 pada bangunan *breakwater* baik pada tahun 2013 dan tahun 2011 yang disajikan dalam bentuk Tabel 3.3. dan 3.4. di bawah ini.

Tabel 3.4. Perhitungan Konsolidasi Tanah *Breakwater* Tahun 2013

Data Bangunan Breakwater 2013			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
A	8.439	m ²	Luas Penampang
P	73.250	m	Panjang Bangunan
V	618.179	m ³	Volume Bangunan
ρ kubus beton	2400	kg/m ³	Berat jenis
g	10	m/s ²	Percepatan gravitasi
B	7.690	m	Lebar pondasi
L	79	m	Panjang pondasi
Gs1	3		Specific Gravity
e1	1.055		Void ratio
Gs2	2.682		Specific Gravity
e2	1.236		Void ratio
D1	.300	m	Kedalaman tanah layer 1
D2	3.700	m	Kedalaman tanah layer 2
D3	6	m	Kedalaman tanah layer 3
OCR	2.548		Over Consolidation Ratio
Cr	.065		Indeks pemampatan kembali
H	6		Kedalaman tanah

A1 Gaya pada Bangunan Breakwater			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
m	1483629	kg	Massa
F	14836289	N	Gaya
P	24421.474	pa	Tekanan Pada Bangunan
P= $\Delta\sigma$	24.421	kpa	

Perhitungan Layer 1 (Pasir berbutiran)			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
ρ air laut	1025	kg/m ³	Berat jenis air laut
Yw	10250	N/m ³	Y air laut
Ysat=(Gs+e)(1+e)*Yw	18469.151	N/m ³	Y saturated
Ysat	18.469	kN/m ³	

Perhitungan Layer 2 (Pasir berbutiran)			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Y=(Gs-1)(1+e)*Yw	8219.151	N/m ³	
Y'	8.219	kN/m ³	

Perhitungan Layer 4 (lempung)			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Y=(G-1)(1+e)*Yw	7712.145	N/m ³	
Y'	7.712	kN/m ³	

Perhitungan tegangan efektif			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
$\sigma'=(\gamma_{sat}*D)-(\gamma'*D)+(\gamma'*D)$	82.224	kpa	Tegangan efektif

Menghitung Tekanan Prakonsolidasi			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
$\sigma_c=OCR*\sigma'$	209.508	kpa	Tekanan pra-konsolidasi

Menghitung Tegangan Sesealah Pembebanan			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
$\sigma_1=\sigma'+\Delta\sigma$	106.646	kpa	Tegangan setelah pembebanan

Menghitung Total Penurunan			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
$S_c=C_r(1+e_0)*H*\log(\sigma_1'/\sigma_c')$	0.01970	m	Total settlement
S _c	1.970	cm	

Tabel 3.4. Perhitungan Konsolidasi Tanah *Breakwater* Tahun 2011

A Data Bangunan Breakwater 2011			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
A	4.497	m ²	Luas Penampang
P	70.680	m	Panjang Bangunan
V	311.480	m ³	Volume Bangunan
ρ kubus beton	2400	kg/m ³	Berat jenis
g	10	m/s ²	Percepatan gravitasi
B	5.270	m	Lebar pondasi
L	70.680	m	Panjang pondasi
Gs1	3		Specific Gravity
e1	1.055		Void ratio
Gs2	2.682		Specific Gravity
e2	1.236		Void ratio
D1	.300	m	Kedalaman tanah layer 1
D2	3.700	m	Kedalaman tanah layer 2
D3	6	m	Kedalaman tanah layer 3
OCR	2.548		Over Consolidation Ratio
Cr	.065		Indeks pemampatan kembali
H	6		Kedalaman tanah

A1 Gaya pada Bangunan Breakwater			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
m	747551.261	kg	Massa
F	7475512.608	N	Gaya
P	20069.374	pa	Tekanan Pada Bangunan
P= $\Delta\sigma$	20.069	kpa	

Perhitungan Layer 1 (Pasir berbutiran)			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
ρ air laut	1025	kg/m ³	Berat jenis air laut
Yw	10250	N/m ³	Y air laut
Ysat=(Gs+e)(1+e)*Yw	18469.151	N/m ³	Y saturated
Ysat	18.469	kN/m ³	

Perhitungan Layer 2 (Pasir berbutiran)			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Y=(Gs-1)(1+e)*Yw	8219.151	N/m ³	
Y'	8.219	kN/m ³	

Perhitungan Layer 4 (lempung)			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Y=(G-1)(1+e)*Yw	7712.145	N/m ³	
Y'	7.712	kN/m ³	

Perhitungan tegangan efektif			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
$\sigma'=(\gamma_{sat}*D)-(\gamma'*D)+(\gamma'*D)$	82.224	kpa	Tegangan efektif

Menghitung Tekanan Prakonsolidasi			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
$\sigma_c=OCR*\sigma'$	209.508	kpa	Tekanan pra-konsolidasi

Menghitung Tegangan Sesealah Pembebanan			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
$\sigma_1=\sigma'+\Delta\sigma$	102.294	kpa	Tegangan setelah pembebanan

Menghitung Total Penurunan			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
$S_c=C_r(1+e_0)*H*\log(\sigma_1'/\sigma_c')$	0.01655	m	Total settlement
S _c	1.655	cm	

3.5. Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah (SF)

Perhitungan daya dukung tanah yang dilakukan meliputi dua bangunan *breakwater* yaitu bangunan *breakwater* tahun 2013 dan bangunan *breakwater* tahun 2011. Berikut adalah hasil dari perhitungan daya dukung tanah berdasarkan data hasil pengukuran tahun 2016 pada bangunan *breakwater* pada tahun 2013 dan tahun 2011 yang disajikan dalam bentuk Tabel 3.5. dan 3.6. di bawah ini.

Tabel 3.5. Perhitungan Daya Dukung Tanah *Breakwater* Tahun 2013

Data Bangunan Breakwater 2013			
Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
A	16.750	m ²	Luas Penampang
P	79	m	Panjang Bangunan
V	1323.250	m ³	Volume Bangunan
ρ kubus beton	2400	kg/m ³	Berat jenis kubus beton
g	10	m/s ²	Percepatan gravitasi
B	7.690	m	lebar pondasi
L	79.000	m	panjang pondasi
D1	0.300	m	Kedalaman tanah
θ	18.266	°	Sudut geser
Ny'	2.160		Koefisien terzaghi
Nc'	10.768		Koefisien terzaghi
Nq'	4.713		Koefisien terzaghi
c	0.126	kg/cm ²	Kohesi tanah
c	12.380	kN/m ²	
Po/ σ' layer I	5.341	kN/m ²	

P= $\Delta\sigma$	24.421	kpa	Tekanan overbuden bangunan
B.L	0.097		
Ysat	18.469		Y saturated
Qult	315.935		Q ultimate
SF	12.937		Safety Factor

Tabel 3.6. Perhitungan Daya Dukung Tanah *Break Water* Tahun 2011

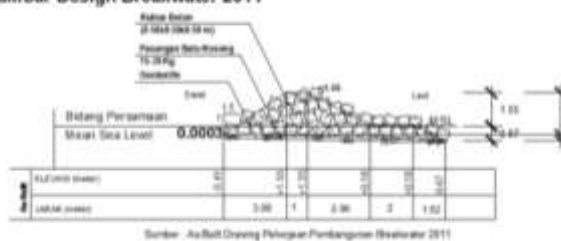
Data Bangunan *Breakwater* 2011

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
A	16.750	m ²	Luas Penampang
P	79	m	Panjang Bangunan
V	1323.250	m ³	Volume Bangunan
ρ kubus beton	2400	kg/m ³	Berat jenis kubus beton
g	10	m/s ²	Percepatan gravitasi
B	5.270	m	lebar pondasi
L	70.680	m	panjang pondasi
D1	0.300	m	Kedalaman tanah
θ	18.266	°	Sudut geser
N_y'	2.160		Koefisien terzaghi
N_c'	10.768		Koefisien terzaghi
N_q'	4.713		Koefisien terzaghi
c	0.126	kg/cm ²	Kohesi tanah
c	12.580	kN/m ²	
$P_{o(o) \text{ layer1}}$	5.541	kN/m ²	
$P = \Delta \sigma$	20.069	kpa	Tekanan overbuden bangunan
B.L	0.075		
Y_{sat}	18.469		$Y_{saturated}$
Qu _{ult}	268.156		Q ultimate
SF	13.361		Safety Factor

3.6. Hasil Penggambaran Dimensi *Breakwater*

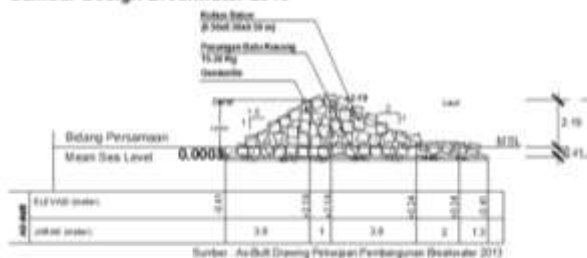
Pada Gambar 3.3. dan 3.4. menampilkan gambar dimensi design *breakwater* tahun 2011 dan *breakwater* tahun 2013 berturut-turut. Pada Gambar 3.5. dan 3.6. menampilkan gambar dimensi existing *breakwater* tahun 2011 dan *breakwater* tahun 2013 berturut-turut.

Gambar Design *Breakwater* 2011



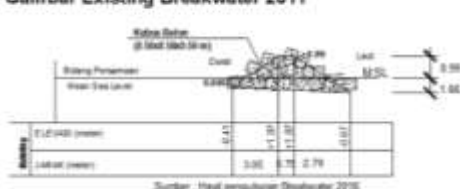
Gambar 3.3. Gambar Design *Breakwater* tahun 2011

Gambar Design *Breakwater* 2013



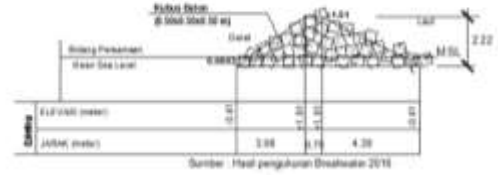
Gambar 3.4. Gambar Design *Breakwater* tahun 2013

Gambar Existing *Breakwater* 2011



Gambar 3.5. Gambar Existing *Breakwater* Tahun 2011

Gambar Existing *Breakwater* 2013



Gambar 3.6. Gambar Existing *Breakwater* tahun 2013

Berdasarkan hasil penggambaran yang ditampilkan pada Gambar 4.14 hingga 4.17 menunjukkan telah terjadi perubahan dimensi bangunan *breakwater* dan perubahan elevasi puncak bangunan *breakwater*, baik pada *breakwater* tahun 2011 dan *breakwater* tahun 2013. Hasil perubahan dimensi tersebut digunakan untuk mendukung hasil perhitungan pergerakan, konsolidasi tanah, dan daya dukung tanah bahwa telah terjadi penurunan tanah pada bangunan *breakwater* di Pantai Morosari, Kabupaten Demak.

3.7. Evaluasi Hubungan Antara Daya Dukung Tanah dengan Konsolidasi Tanah

Pada Tabel 3.7. menunjukkan hasil perbandingan dimensi dengan daya dukung dan konsolidasi menggunakan data dari hasil pengukuran tahun 2016. Berdasarkan nilai-nilai yang disajikan pada Tabel 3.7. di bawah dapat disimpulkan bahwa nilai *Safety Factor* (SF) bangunan 2011 lebih besar dari nilai SF bangunan 2013. Hal tersebut disebabkan oleh nilai volume bangunan dan nilai tekanan pada bangunan 2011 lebih kecil dibandingkan dengan bangunan 2013. Sehingga, bangunan 2011 lebih stabil dibandingkan dengan bangunan 2013. Volume bangunan dan tekanan pada bangunan sangat mempengaruhi nilai dari *Safety Factor* (SF).

Tabel 3.7. Hasil Perbandingan Dimensi Dengan Daya Dukung Dan Konsolidasi

Parameter	Bangunan <i>Breakwater</i> 2013		Bangunan <i>breakwater</i> 2011	
	Nilai	Nilai	Satuan	Keterangan
A	8.439	4.407	m ²	Luas Penampang
P	73.250	70.680	m	Panjang Bangunan
V	618.179	311.480	m ³	Volume Bangunan
P	24.421	20.069	kpa	Tekanan Pada Bangunan
SF	12.937	13.361		Safety Factor
Se	1.970	1.655	cm	Total settlement sebelum pembebanan
Δz	-0,594	-0,1210	cm	Rata rata pergerakan vertikal

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan, maka dapat disimpulkan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

Besarnya pergerakan pada bangunan pemecah gelombang tahun 2011 memiliki rata-rata besar pergerakan horizontal sebesar 3,331 cm dan rata-rata pergerakan vertikal sebesar 2,988 cm. Besarnya pergerakan pada bangunan pemecah gelombang tahun 2013 memiliki rata-rata besar pergerakan horizontal sebesar 4,165 cm dan rata-rata pergerakan vertikal sebesar 2,491 cm,

Arah pergerakan horizontal bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari (bangunan tahun 2011 dan bangunan tahun 2013) cenderung ke arah barat laut, Arah pergerakan vertikalnya mengalami penurunan semua, baik pada bangunan tahun 2011 dan bangunan tahun 2013.

Besarnya nilai konsolidasi tanah berdasarkan data dari hasil pengukuran tahun 2016 pada bangunan pemecah gelombang tahun 2011 sebesar 1,655 cm, setelah pembebanan selama 5 tahun nilai konsolidasi tanah menjadi 21,174 cm. Besarnya nilai konsolidasi tanah bangunan pemecah gelombang tahun 2013 sebesar 1,970 cm, setelah pembebanan selama 3 tahun nilai konsolidasi tanah menjadi 15,122 cm. Besarnya nilai daya dukung tanah (SF) bangunan pemecah gelombang tahun 2011 sebesar 13,361, Besarnya nilai daya dukung tanah (SF) bangunan pemecah gelombang tahun 2013 sebesar 12,937.

Hasil evaluasi hubungan antara besar pergerakan, nilai konsolidasi tanah dan nilai daya dukung tanah, menunjukkan bahwa antara besar pergerakan dengan nilai konsolidasi tanah memiliki hubungan yang linier. Selanjutnya hubungan antara nilai konsolidasi tanah dengan nilai daya dukung tanah (SF) memiliki hubungan yang berkebalikan. Nilai konsolidasi tanah dan nilai daya dukung tanah (SF) memiliki hubungan berkebalikan, dikarenakan nilai dari SF dipengaruhi oleh volume bangunan dan tekanan pada bangunan. Hal ini yang menyebabkan *breakwater* 2011 lebih stabil dibandingkan *breakwater* 2013, karena nilai volume dan tekanan pada *breakwater* 2011 lebih kecil dibandingkan dengan nilai volume dan tekanan pada *breakwater* 2013. Pergerakan titik dan penurunan konsolidasi tanah menyebabkan terjadinya perubahan atau penurunan elevasi

bangunan design dengan bangunan pemecah gelombang saat ini.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada bangunan pemecah gelombang di Pantai Morosari, Kabupaten Demak, perlu adanya perbaikan-perbaikan yang harus dilakukan untuk penelitian selanjutnya yang sejenis, Adapun beberapa hal yang dapat dijadikan rekomendasi adalah sebagai berikut:

Pengukuran pergerakan pada bangunan pemecah gelombang seharusnya dilakukan selama 5 tahun yaitu dari tahun 2011 hingga tahun 2016 untuk bangunan *breakwater* tahun 2011 dan untuk bangunan *breakwater* tahun 2013 pengukuran pergerakan dilakukan selama 3 tahun, yaitu dari tahun 2013 hingga tahun 2016,

Pengukuran dilakukan pada kondisi metereologi yang relatif sama, karena hasil pengamatan sangat dipengaruhi oleh kondisi metereologi saat pengukuran,

Dalam pengukuran dimensi dan elevasi bangunan *breakwater* harus menggunakan titik referensi yang sama, untuk menghindari adanya kesalahan saat pengukuran dan menambah tingkat ketelitian hasil pengukuran dimensi dan elevasi bangunan pemecah gelombang,

Perlu adanya perkuatan terhadap bangunan pemecah gelombang untuk menghindari turunnya elevasi bangunan yang berkelanjutan yaitu dengan cara penambahan cerucuk dan penambahan perkuatan pada *armouring* bangunan pemecah gelombang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Apriyanti, D., 2015, *Analisis Pergerakan Aspek Geometrik 3d Pada Titik Kontrol Pemantauan Bendungan Waduk Sermo*, Tesis, Jurusan Pascasarjana Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,
- [2]. Azdan D, dan Samekto, 2008, Kritisnya Kondisi Pengaman pantai di Indonesia, Seminar on Indonesian National Committee on Large Dams (INACOLD) di Surabaya 2-3 Juli 2008),
- [3]. Baarda, W., 1967, *Statistical Concepts in Geodesy*, Publications on Geodesy, New
- [4]. Braja, M.Das, 1998. *Mekanika Tanah Jilid 1 dan 2*, Erlangga, Jakarta.

- [5]. Budi, G, S, 2001, *Pondasi Dangkal*, Andi, Yogyakarta,
- [6]. Hardiyatmo, H.C., 2006, *Teknik Fondasi 1*, Beta Offset, Yogyakarta.
- [7]. Sunantyo, T.A., Basah, S.K., Fagrurazzi, D., Adin, S., Adhi, D., dan Susilo, A., 2012, *Design and Installation for Dam Monitoring using Multi Sensors: A Case Study at Sermo Dam, Yogyakarta Province, Indonesia*, FIG Working Week 2012, Rome.
- [8]. Triatmadjo, R, 2009, *Model Matematika Teknik Pantai*, Cetakan Pertama, Beta Offset, Yogyakarta,
- [9]. Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta,
- [10]. Widiastuty, M., 2008, *Pemodelan Erosi-Sedimentasi di Perairan Sekitar Laksi PLTU dan PLTGU Gresik*, (Tesis), ITB, Bandung,
- [11]. Wolf PR, And Ghilani C,D.,1997, *Adjustment Computations Statistics and Least Squares in Surveying and GIS*, Jhon Wiley & Son Inc., New York.

PENULIS :

1. **Ir. Rudie Rachmat Atmawidjaja, M.Kom.** Staf Dosen Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor.
2. **Dessy Apriyanti, ST., M.Eng.** Staf Dosen Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor.