

SIMULASI NUMERIK ALIRAN AIR MELEWATI BREAKWATER REEF BALL DENGAN METODE ELEMEN BATAS

Hijir Della Wirasti¹ dan Irsan Soemantri Brodjonegoro, Ph.D²

Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB

email: hijirdella@gmail.com dan irsansb@ocean.itb.ac.id

ABSTRAK

Aliran air yang lolos melewati breakwater reef ball dinyatakan sebagai aliran transmisi yang akan menjadi lebih kecil dibanding sebelum melewati breakwater. Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi numerik aliran air melewati breakwater *reef ball* dengan menggunakan 2 skema yaitu aliran air melalui breakwater dengan posisi cenderung di dekat offshore dan aliran air melalui breakwater yang berada di dekat onshore dengan desain 1 sampai 5 breakwater menggunakan data input kecepatan 0.91 ft/s dan 7.18 ft/s. Metode numerik yang digunakan dalam simulasi ini adalah metode elemen batas menggunakan pemodelan Fortran dan Matlab. Persamaan pengatur yang digunakan dalam simulasi ini adalah persamaan *Laplace*. Ada beberapa asumsi yang digunakan dalam pemodelan, yaitu: Muka air tenang/rata dan *reef ball* tidak bolong. Dari simulasi ini dihasilkan vektor kecepatan aliran air di sekitar breakwater. Dari penelitian ini diamati parameter fisik berupa kecepatan aliran air sebelum melewati breakwater, pada saat melewati breakwater dan sesudah melewati breakwater. Kemudian dilakukan perbandingan antara 2 skema. Dari perbandingan yang dilakukan, didapati hasil yang konsisten pada kedua simulasi numerik ini yaitu skema 2 dengan jumlah 3 breakwater lebih efektif mereduksi kecepatan aliran air dibandingkan desain breakwater yang lain.

Kata kunci : aliran, air, *boundary*, *breakwater*, *element*, numerik, *reef ball*.

PENDAHULUAN

Perilaku silinder terhadap aliran fluida dalam mengatur pola aliran fluida sangat baik mengingat adanya peluruhan vortex, adanya gaya drag dan adanya gaya hambat yang menyebabkan peningkatan stabilitas. Terumbu buatan bentuk kubah berlubang mempunyai kemampuan dapat menghasilkan pusaran-

pusaran dan turbulensi yang menguntungkan dan menyediakan tempat perlindungan bagi ikan. Besar energi yang melewati struktur bangunan tersebut akan tereduksi karena adanya gesekan dan turbulensi antara aliran yang lewat dengan material penyusun breakwater. Tugas Akhir ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas penggunaan breakwater reef ball menggunakan pemodelan analisa

¹Mahasiswa

²Dosen Pembimbing

numerik aliran air melalui breakwater dengan model numerik aliran air yaitu metode elemen batas (*Boundary Element Method / BEM*) yang menggunakan *software Fortran (Formula Translation)*. Studi perilaku struktur ini menggunakan komputer. Alasannya cukup jelas, biaya rendah dari angka versus simulasi eksperimental mahal. Pemodelan numerik dapat digunakan untuk mempelajari berbagai beban dan geometri dari struktur dan untuk menentukan solusi desain yang optimal, sebelum melanjutkan ke konstruksi. Sebuah bentuk model pemecah gelombang terbenam digunakan dalam kasus 2D yang mempunyai performa optimal. Proses awal pemodelan adalah kegiatan melakukan diskritisasi terhadap sebuah fungsi atau persamaan. Diskritisasi tersebut dilakukan dengan membangun mesh atau grid pada daerah yang akan dimodelkan. Proses akhir pemodelan adalah kegiatan menyajikan data hasil pemodelan, biasanya disajikan dalam bentuk grafik dan gambar.

TEORI DASAR

Metode Elemen Batas (*Boundary Element Method / BEM*)

Metode elemen batas adalah metode numerik modern untuk menyelesaikan persamaan differensial parsial linear yang diformulasikan sebagai persamaan integral. Prinsip dari metode ini adalah harga di domain bergantung pada harga di batas. Persamaan pengatur yang digunakan dalam metode elemen batas persamaan *Laplace* secara analitik ditulis sebagai berikut:

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad (1)$$

Formulasi Integral Batas Metode *Weighted Residual*

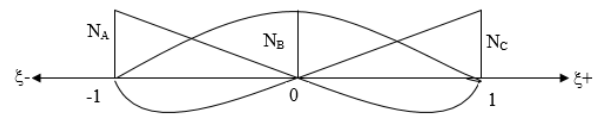
Pada perhitungan numerik, solusi yang didapat merupakan harga pendekatan dan error atau residual (R) yang dihasilkan mendekati nol (0). Untuk mendapatkan harga R yang mendekati nol, maka digunakan metode sisa berbobot (*weighted residual method / WRM*) yang membutuhkan *weighting function*

Untuk Laplace berlaku:

$$\phi(x_s)c(\theta) = \int_{\Gamma} \left(\phi \frac{\partial G}{\partial n} - G \frac{\partial \phi}{\partial n} \right) d\Gamma \quad (2)$$

Shape Function

Shape function digunakan untuk merepresentasikan suatu batas permukaan dengan suatu bentuk yang umum sehingga mempermudah perhitungan dalam koordinat global.



Shape function di titik A, B dan C didapat dengan persamaan di bawah ini:

$$N_A = \frac{1}{2}(\xi^2 - \xi) \quad (3)$$

$$N_B = \xi^2 + 1 \quad (4)$$

$$N_c = \frac{1}{2}(\xi^2 + \xi) \quad (5)$$

Diskritisasi Metode Elemen Batas

Batas diwakili oleh elemen-elemen (*piecewise boundary*) dengan menggunakan fungsi bentuk.

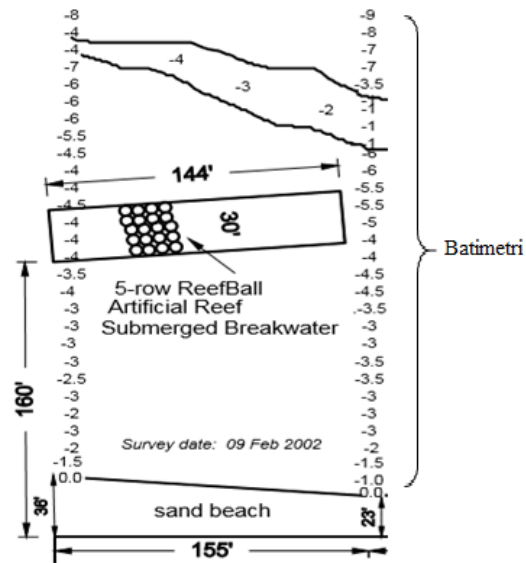
$$\phi(x_s)c(\theta) = [K_n]\frac{\partial\phi}{\partial n} - [K_D]\phi \quad (6)$$

Air sebagai Fluida Ideal

Pada mekanika fluida, aliran fluida dapat diaplikasikan secara matematis apabila fluida tersebut adalah fluida yang ideal yaitu inviscous (factor kekentalan tidak berpengaruh) dan incompressible (tidak termampatkan). Dalam penelitian ini fluida yang ditinjau adalah air yang memiliki nilai viskositas: $\mu_{air} = 1 \cdot 10^{-3} \text{Ns/m}^2$. Sehingga masalah ini bergantung sepenuhnya pada bilangan Reynolds $Re = \frac{D\bar{U}}{\nu}$. Aliran fluida yang memiliki bilangan Reynolds yang semakin tinggi maka alirannya akan semakin turbulen dan faktor friksinya semakin tidak berpengaruh lagi, artinya kekentalannya tidak berperan lagi. Jadi asumsi bahwa aliran yang kita gunakan inviscous dapat dipertanggungjawabkan.. kecepatan fluida di air jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan kecepatan fluida di udara. Aliran fluida dapat dimampatkan apabila memiliki bilangan March ($Ma = \frac{u}{c}$) besar. Apabila dibandingkan dengan bilangan March di udara maka dapat dikatakan bahwa bilangan March fluida di air sangat kecil, artinya fluida tidak dapat dimampatkan (*incompressible*).

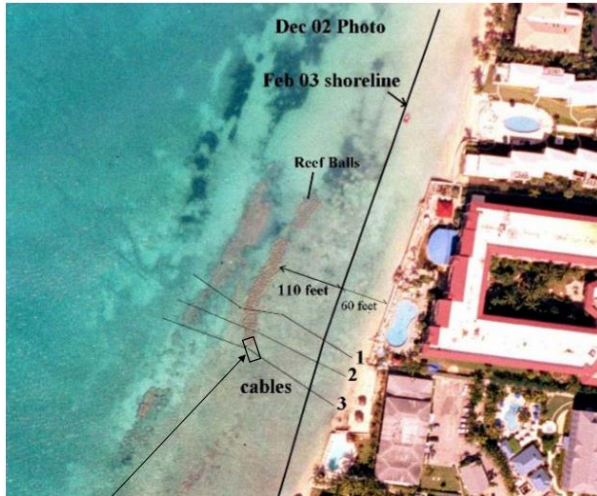
Model Fisik Aliran Air melewati Breakwater

Menurut sumber penelitian yang terdapat dalam jurnal Lee E. Harris desain breakwater terdiri dari lima baris reef ball dengan lebar total 30 ft. Breakwater didesain setinggi 3.7 ft di install pada kedalaman air surut 4 s/d 5.5 ft. Berikut tampak atas bisa dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** yang berlokasi di Pantai Grand Cayman Marriott Resort.



Gambar 1 Desain Peletakan Tampak Atas Reef Ball

(Sumber: E. Harris, Lee, 2003. Status Report for The Submerged Reef Ball™ Artificial Reef Submerged Breakwater Beach Stabilization Project For The Grand Cayman Marriot Hotel. Melbourne: Florida Institute of Technology)

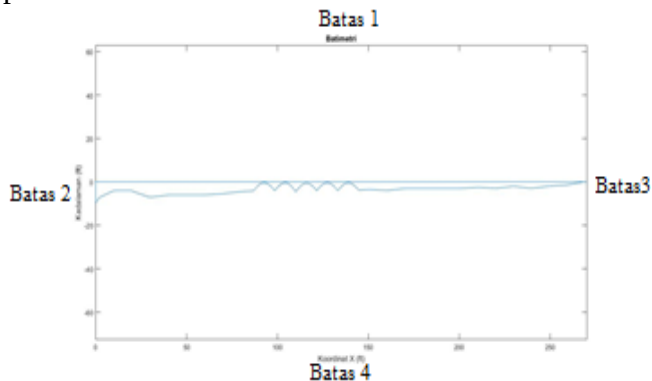


Gambar 2 Tampak Atas Peletakan Reefball

(Sumber: E. Harris, Lee. 2003. Status Report for The Submerged Reef Ball™ Artificial Reef Submerged Breakwater Beach Stabilization Project For The Grand Cayman Marriot Hotel. Melbourne: Florida Institute of Technology)

Model Numerik Aliran Air melewati Breakwater

Desain tampak samping melalui software Matlab, desain terdiri dari model yang telah di diskritisasi menjadi 289 nodal dan 285 elemen. Desain tampak samping bisa diperlihatkan pada **Gambar 3**.

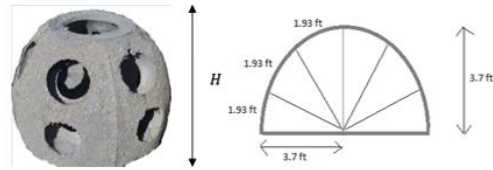


Gambar 3 Tampak Samping Reef Ball pada Matlab

Untuk mendapatkan jarak setiap antara 2 titik yang konstan dalam proses input nodal pada Fortran, dilakukan diskritisasi elemen 2D yang

mengacu pada ukuran *reef ball* seperti pada **Gambar 4** dan dihitung dengan rumus :

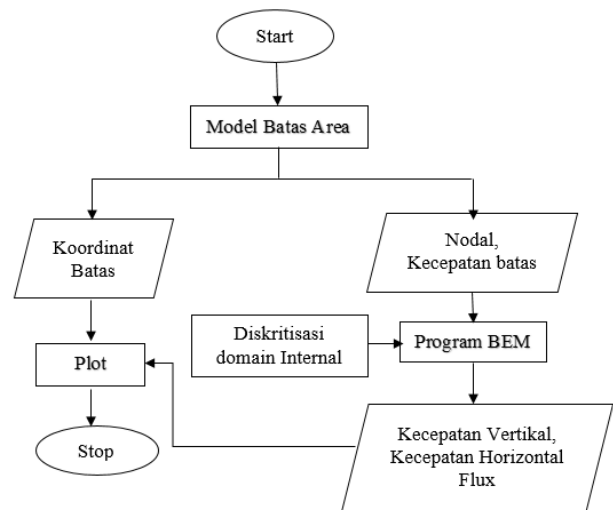
$$\text{Panjang Elemen} = H \cdot \frac{1}{6} \pi = 3.7 \text{ ft} \cdot \frac{1}{6} \pi = 1.93 \text{ ft}$$



Gambar 4 Diskritisasi Breakwater Reef Ball

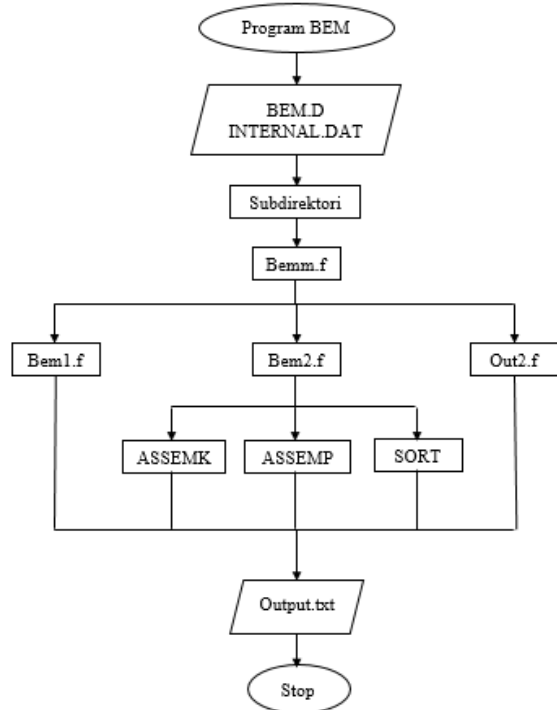
METODOLOGI

Sebelum melakukan pemodelan, diperlukan model plotting area yang menjadi batas simulasi pada Matlab. Lalu rubah program elemen batas agar sesuai dengan jumlah nodal elemen yang dibutuhkan pada Fortran. Diagram alir dapat dilihat pada **Gambar 5**.



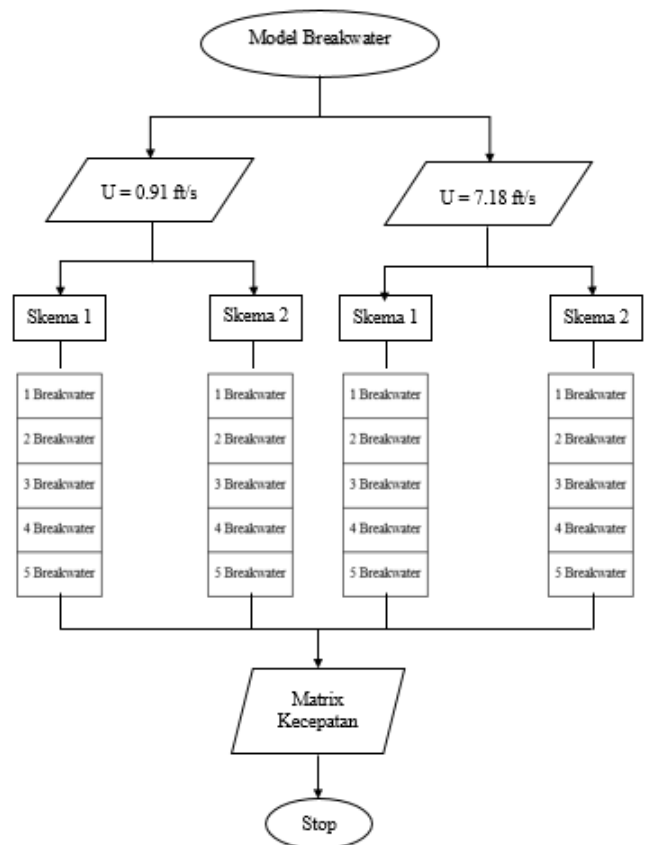
Gambar 5 Diagram alir metodologi

Secara terperinci diagram alir program BEM pada Fortran dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6 Diagram Alir Program BEM

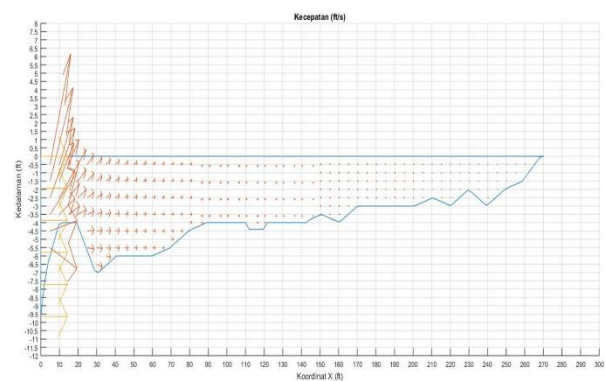
Pada pemodelan desain breakwater di bentuk 2 skema masing-masing terdiri dari 5 buah desain yaitu penggunaan 1 breakwater, 2 breakwater, 3 breakwater, 4 breakwater dan 5 breakwater. Skema 1 merupakan desain breakwater yang ditempatkan di offshore sedangkan skema 2 merupakan desain breakwater yang ditempatkan di onshore. Masing-masing skema diuji dengan input kecepatan 0.91 ft/s dan 7.18 ft/s, data-data kecepatan tersebut mengacu kepada jurnal Lee E. Harris. Berikut ini **Gambar 7** merupakan bagan dari skema di atas.



Gambar 7 Diagram Alir Pemodelan Breakwater

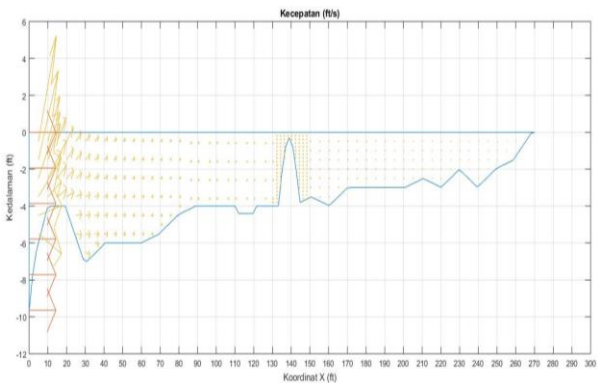
HASIL DAN ANALISA

Hasil simulasi dari desain untuk input $U = 0.91$ ft/s dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

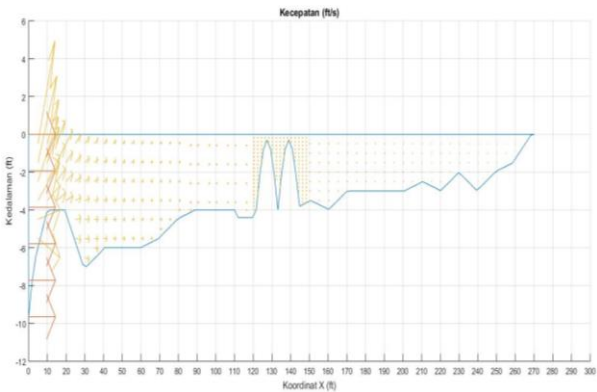


Gambar 8 Plot Kecepatan (input $U = 0.91$ ft/s)

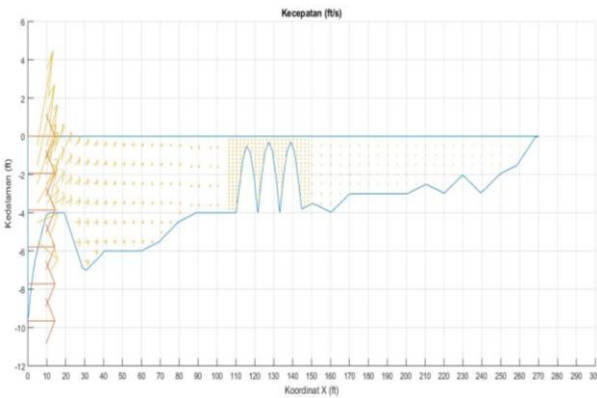
Skema 1 (U=0.91 ft/s)



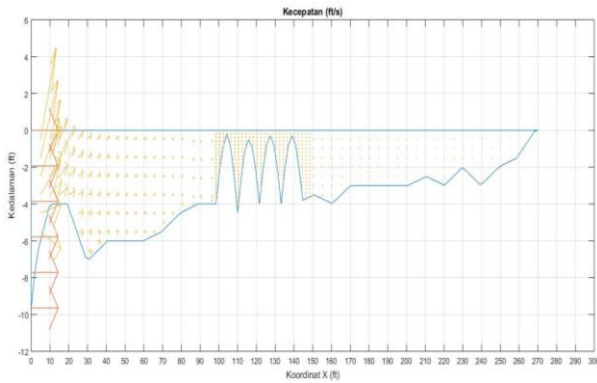
Gambar 9 Desain 1 Breakwater Skema 1 (U=0.91 ft/s)



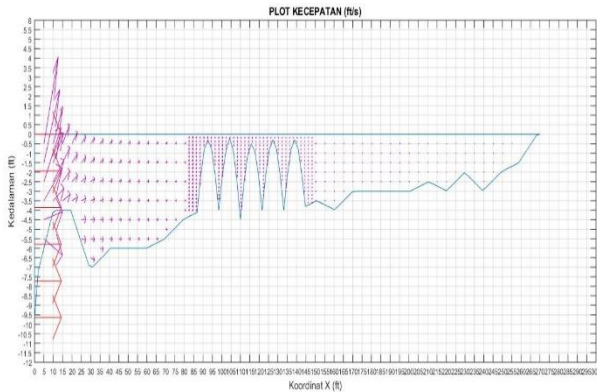
Gambar 10 Desain 2 Breakwater Skema 1 (U=0.91 ft/s)



Gambar 11 Desain 3 Breakwater Skema 1 (U=0.91 ft/s)



Gambar 12 Desain 4 Breakwater Skema 1 (U=0.91 ft/s)



Gambar 13 Desain 5 Breakwater Skema 1 (U=0.91 ft/s)

Berikut ini merupakan hasil kecepatan skema 1 dengan input 0.91 ft/s pada koordinat tertentu secara konsisten dibandingkan dengan kecepatan sebelum dibangun breakwater dengan setelah ditempatkan 1 breakwater, 2 breakwater, 3 breakwater, 4 breakwater dan 5 breakwater.

Tabel 1 Kecepatan Skema 1 (U= 0.91 ft/s)

Koordinat		Jumlah Breakwater					
		0	1	2	3	4	5
X	Y	Kecepatan (ft/s)					
30	0.5	0.045737249	0.045737249	0.045737249	0.045737249	0.045737249	0.045737249
90	-0.6	0.015497262	0.015497262	0.015497262	0.015497262	0.015497262	0.015497262
100	-1.6	0.013958123	0.013958123	0.013958123	0.01453816	0.013957825	0.013957834
110	-3.6	0.012696683	0.012696683	0.012696683	0.012696684	0.012696785	0.012696785
120	-1.6	0.011636387	0.011636387	0.011636389	0.01163659	0.01163659	0.01163659
130	-0.6	0.010740351	0.010740352	0.01074045	0.01074055	0.01074055	0.01074055
136	-0.6	0.010267442	0.010267341	0.010267342	0.010267342	0.010267342	0.010267342
146	-3.6	0.009568926	0.009568926	0.009568926	0.009568926	0.009568926	0.009568926
210	-2	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521

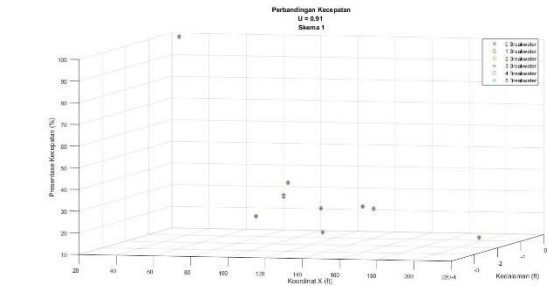
Kecepatan dengan 5 breakwater lebih kecil dibandingkan kecepatan yang lain. berikut ini

ringkasannya $5b < 4b < 3b < 2b < 1b$ dan $1b = 0b$.

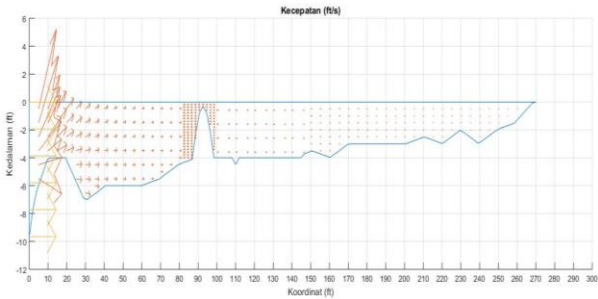
Tabel 2 Perbandingan Presentase Kecepatan Skema 1 (U= 0.91 ft/s)

Koordinat		Jumlah Breakwater					
		0	1	2	3	4	5
X	Y	Presentase (%)					
30	-0.5	100	100	100	100	100	100
90	-0.6	33.88323989	33.88323989	33.88323989	33.88323989	33.8832402	33.88102102
100	-1.6	30.51806341	30.51806341	30.51806341	31.78625701	30.51741325	30.51743288
110	-3.6	27.76004986	27.76004986	27.76004988	27.76005073	27.76027157	27.76027184
120	-1.6	25.44181716	25.4418171	25.44182009	25.44226014	25.44226009	25.44226026
130	-0.6	23.48272213	23.48272298	23.48293874	23.48315755	23.48315755	23.48315755
136	-0.6	22.44875171	22.44853236	22.44853413	22.44853426	22.44853433	22.44853433
146	-3.6	20.92151535	20.92151535	20.92151538	20.92151539	20.92151535	20.92151541
210	-2	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055

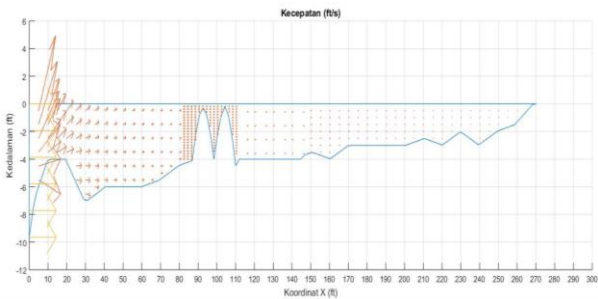
Gambar 14 Perbandingan Kecepatan Skema 1 (U=0.91)



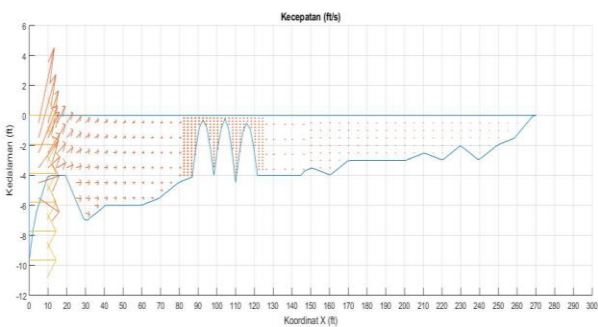
Skema 2 (U=0.91 ft/s)



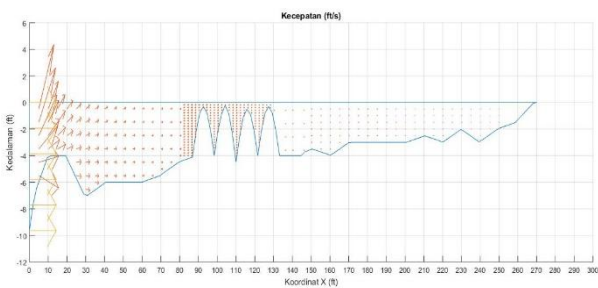
Gambar 15 Desain 1 Breakwater Skema 2 (U=0.91 ft/s)



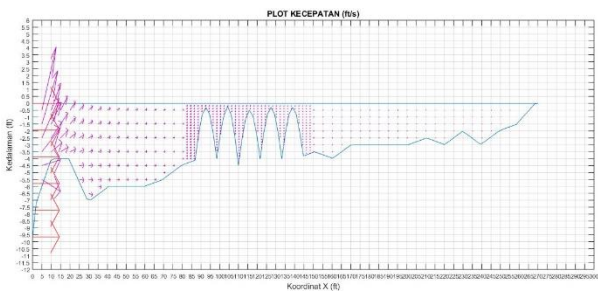
Gambar 16 Desain 2 Breakwater Skema 2 (U=0.91 ft/s)



Gambar 17 Desain 3 Breakwater Skema 2 (U=0.91 ft/s)



Gambar 18 Desain 4 Breakwater Skema 2 (U=0.91 ft/s)



Gambar 19 Desain 5 Breakwater Skema 2 (U=0.91 ft/s)

Berikut ini merupakan hasil kecepatan skema 2 dengan input 0.91 ft/s:

Tabel 3 Kecepatan Skema 2 (U= 0.91 ft/s)

Koordinat		Jumlah Breakwater					
		0	1	2	3	4	5
X	Y	Kecepatan (ft/s)					
30	-0.5	0.015497262	0.015496247	0.015496247	0.015496247	0.015496247	0.015496247
90	-0.6	0.015497262	0.015496247	0.015496247	0.015496247	0.015496247	0.015496247
100	-1.6	0.013958123	0.013958229	0.013957834	0.013957834	0.013957834	0.013957834
110	-3.6	0.012696683	0.012696683	0.012696784	0.012696785	0.012696785	0.012696785
120	-1.6	0.011636387	0.011636387	0.011636387	0.011636488	0.01163659	0.01163659
130	-0.6	0.010740351	0.010740351	0.010740351	0.010740351	0.01074045	0.01074055
136	-0.6	0.010267442	0.010267442	0.010267442	0.010267442	0.010267443	0.010267342
146	-3.6	0.009568926	0.009568916	0.009568916	0.010271915	0.009568916	0.009568926
210	-2	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521

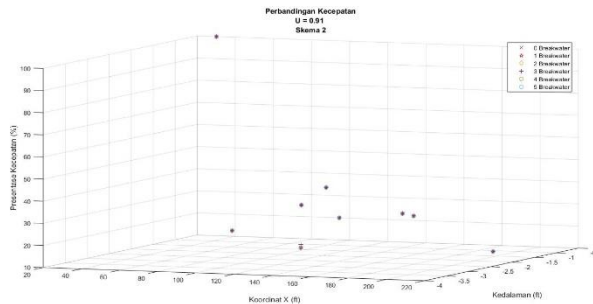
Kecepatan dengan 3 breakwater lebih kecil dibandingkan kecepatan yang lain berikut ini

ringkasannya $3b < 2b < 1b < 0b$ dan $5b > 4b > 3b$.

Tabel 4 Perbandingan Presentase Kecepatan Skema 2 (U= 0.91 ft/s)

Koordinat		Jumlah Breakwater					
		0	1	2	3	4	5
X	Y	Presentase Kecepatan (%)					
30	-0.5	100	100	100	100	100	100
90	-0.6	33.88323989	33.88102183	33.88102112	33.88102102	33.88102102	33.88102102
100	-1.6	30.51806341	30.51829608	30.51743295	30.51743288	30.51743288	30.51743288
110	-3.6	27.76004986	27.76005027	27.76027011	27.76027182	27.76027184	27.76027184
120	-1.6	25.44181716	25.44181683	25.44181686	25.44203683	25.44226026	25.44226026
130	-0.6	23.48272213	23.48272235	23.48272235	23.48272277	23.48293853	23.48310210
136	-0.6	22.44875171	22.44875171	22.44875171	22.44875171	22.44875402	22.44875402
146	-3.6	20.92151535	20.92149349	20.92149349	22.4585327	20.92149352	20.92149352
210	-2	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055

Gambar 20 Perbandingan Kecepatan Skema 2 (U=0.91)



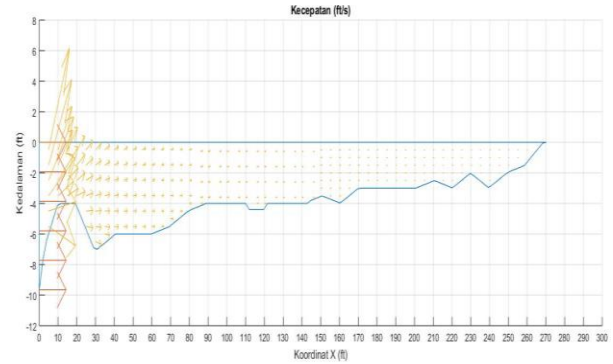
Kesimpulan dari 2 Skema ini yaitu penggunaan skema 1 yang efektif mereduksi kecepatan menggunakan 5 breakwater. Penggunaan skema 2 yang efektif menggunakan 3 breakwater. Jika dibandingkan antara skema , skema yang paling efektif yaitu skema2.

Tabel 5 Perbandingan Skema 1 dan 2 (U=0.91)

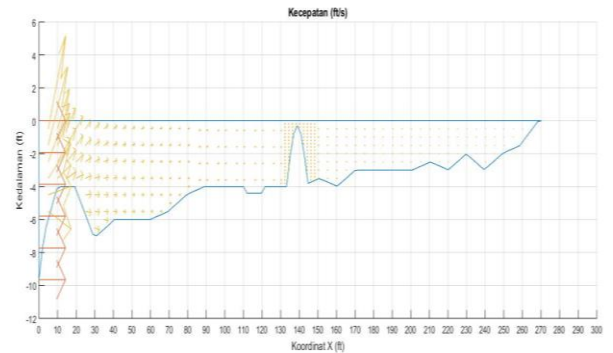
Input Kecepatan	0.91 ft/s	
Jumlah Breakwater	Skema 1	Skema 2
1	x	x
2	x	x
3	x	√
4	x	x
5	√	x

Skema 1 (U= 7.18 ft/s)

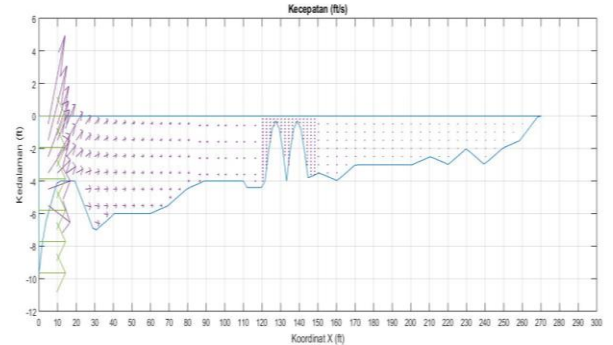
Hasil simulasi dari desain untuk input U= 7.18 ft/s dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



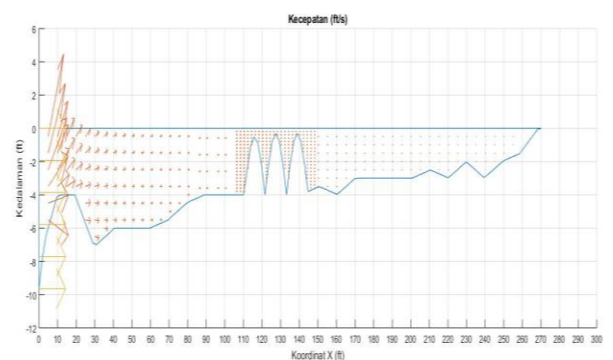
Gambar 21 Plot Kecepatan (input U= 7.18 ft/s)



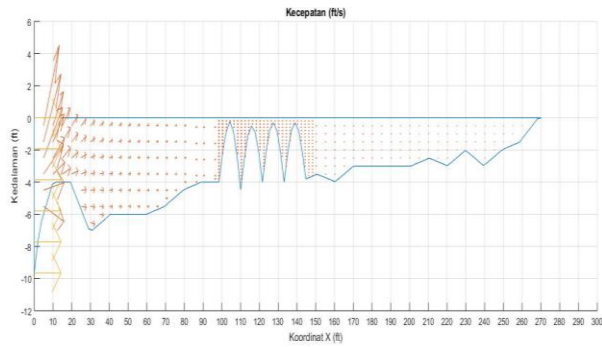
Gambar 22 Desain 1 Breakwater Skema 1 (U=7.18 ft/s)



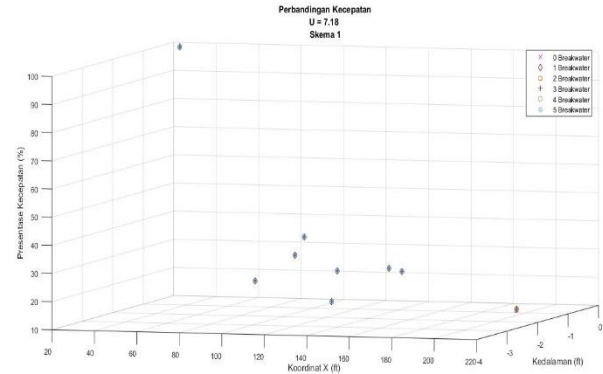
Gambar 23 Desain 2 Breakwater Skema 1 (U=7.18 ft/s)



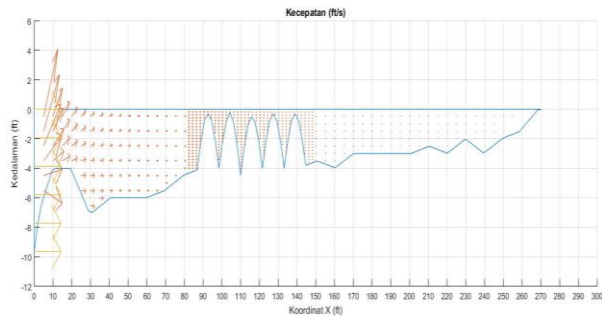
Gambar 24 Desain 3 Breakwater Skema 1 (U=7.18 ft/s)



Gambar 25 Desain 4 Breakwater Skema 1 (U=7.18 ft/s)



Tabel 8 Perbandingan Kecepatan Skema 1 (U=7.18)



Gambar 26 Desain 5 Breakwater Skema 1 (U=7.18 ft/s)

Berikut ini merupakan hasil kecepatan skema 1 dengan input 7.18 ft/s:

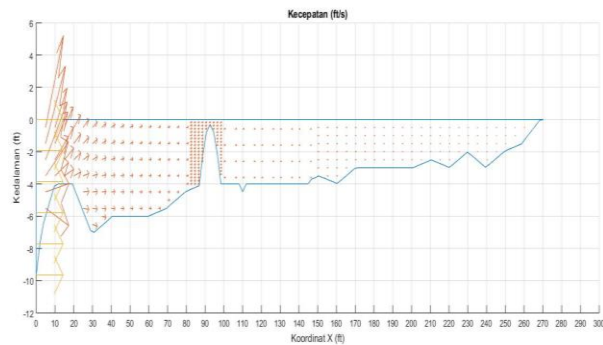
Tabel 6 Kecepatan Skema 1 (U= 7.18 ft/s)

Koordinat		Jumlah Breakwater					
		0	1	2	3	4	5
X	Y	Kecepatan (ft/s)					
30	-0.5	0.045737249	0.045737249	0.045737249	0.045737249	0.045737249	0.045737249
90	-0.6	0.015497262	0.015496247	0.015496247	0.015496247	0.015496247	0.015496247
100	-1.6	0.013958123	0.013958229	0.013957834	0.013957834	0.013957834	0.013957834
110	-3.6	0.012696683	0.012696683	0.012696784	0.012696785	0.012696785	0.012696785
120	-1.6	0.011636387	0.011636387	0.011636387	0.011636488	0.01163659	0.01163659
130	-0.6	0.010740351	0.010740351	0.010740351	0.01074045	0.01074055	0.01074055
136	-0.6	0.010267442	0.010267442	0.010267442	0.010267442	0.010267443	0.010267342
146	-3.6	0.009568926	0.009568916	0.009568916	0.010271915	0.009568916	0.009568926
210	-2	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521	0.006653521

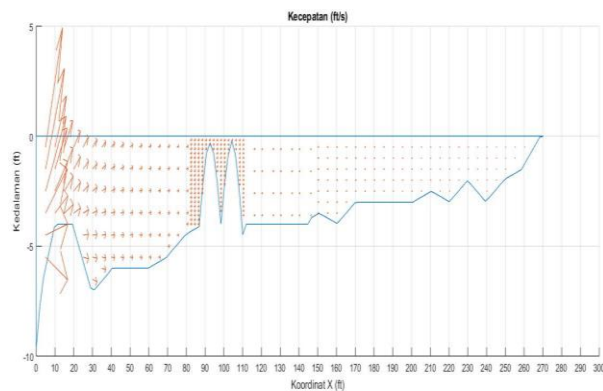
Kecepatan dengan 5 breakwater lebih kecil dibandingkan kecepatan yang lain. berikut ini ringkasannya $5b < 4b < 3b < 2b < 1b$ dan $1b = 0b$.

Tabel 7 Perbandingan Presentase Kecepatan Skema 1 (U= 7.18 ft/s)

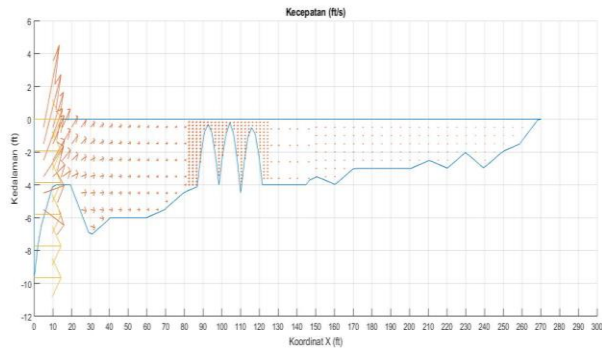
Koordinat		Jumlah Breakwater					
		0	1	2	3	4	5
X	Y	Presentase Kecepatan (%)					
30	-0.5	100	100	100	100	100	100
90	-0.6	33.88323989	33.88102183	33.88102112	33.88102102	33.88102102	33.88102102
100	-1.6	30.51806341	30.51829608	30.51743295	30.51743288	30.51743288	30.51743288
110	-3.6	27.76004986	27.76005027	27.76027011	27.76027182	27.76027184	27.76027184
120	-1.6	25.44181716	25.44181663	25.44181686	25.44203683	25.44226026	25.44226026
130	-0.6	23.48272213	23.48272235	23.48272235	23.48272277	23.48293853	23.48315755
136	-0.6	22.44875171	22.44875171	22.44875171	22.44875171	22.44875402	22.44853433
146	-3.6	20.92151535	20.92149349	20.92149349	22.4585327	20.92149352	20.92151541
210	-2	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055	14.54727055



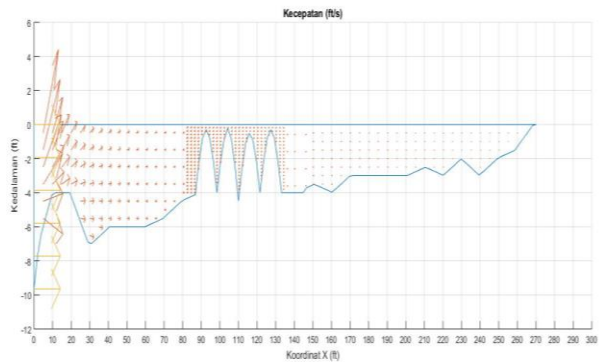
Gambar 27 Desain 1 Breakwater Skema 2 (U=7.18 ft/s)



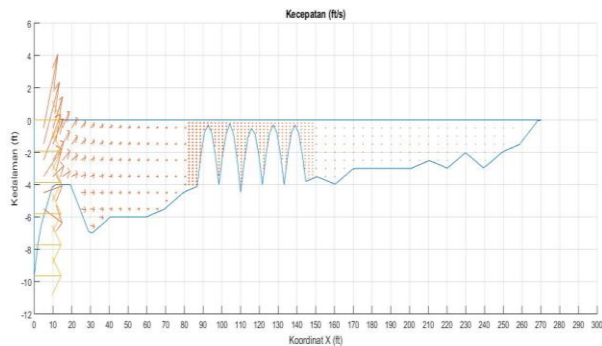
Gambar 28 Desain 2 Breakwater Skema 2 (U=7.18 ft/s)



Gambar 29 Desain 3 Breakwater Skema 3 (U=7.18 ft/s)



Gambar 30 Desain 4 Breakwater Skema 3 (U=7.18 ft/s)

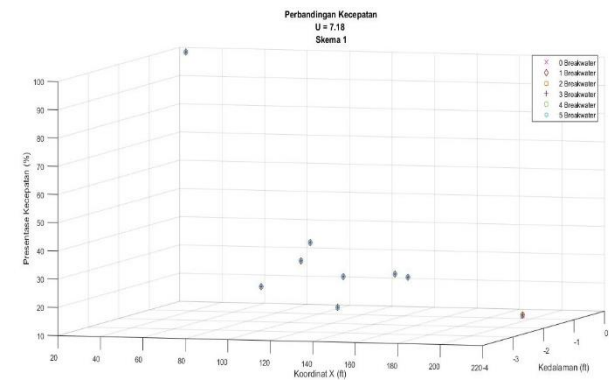


Gambar 31 Desain 5 Breakwater Skema 3 (U=7.18 ft/s)

Berikut ini merupakan hasil kecepatan skema 1 dengan input 7.18 ft/s pada koordinat tertentu:

Tabel 9 Perbandingan Presentase Kecepatan Skema 1 (U= 7.18 ft/s)

Koordinat		Jumlah Breakwater					
		0	1	2	3	4	5
X	Y	Kecepatan (ft/s)					
30	-0.5	0.360872182	0.360872182	0.360872182	0.360872182	0.360872182	0.360872182
90	-0.6	0.122274831	0.122267717	0.122267714	0.122267713	0.122267713	0.122267713
100	-1.6	0.110130988	0.110132039	0.11012908	0.11012908	0.11012908	0.11012908
110	-3.6	0.10017818	0.100178181	0.100179185	0.100178192	0.100178192	0.100178192
120	-1.6	0.091812238	0.091812237	0.091812138	0.091813442	0.091813659	0.091813659
130	-0.6	0.084742491	0.084742389	0.084742289	0.084742191	0.08474348	0.084743782
136	-0.6	0.081026713	0.081011189	0.081011189	0.081011189	0.081011098	0.081010294
146	-3.6	0.075499848	0.075499848	0.075499848	0.075499848	0.075499848	0.075499848
210	-2	0.05127652	0.052497045	0.052497045	0.052497045	0.052497045	0.05127652



Gambar 32 Perbandingan Kecepatan Skema 1 (U=7.18)

Tabel 10 Perbandingan Presentase Kecepatan Skema 2 (U= 7.18 ft/s)

Koordinat		Jumlah Breakwater					
		0	1	2	3	4	5
X	Y	Presentase Kecepatan (%)					
30	-0.5	100	100	100	100	100	100
90	-0.6	33.8831413	33.88116972	33.88116894	33.88116881	33.88116881	33.88116881
100	-1.6	30.51800435	30.51829549	30.51747548	30.51747548	30.51747548	30.51747548
110	-3.6	27.76001713	27.76001753	27.760029582	27.76002045	27.76002049	27.76002049
120	-1.6	25.4417611	25.44176058	25.44173318	25.44209463	25.44215486	25.44215486
130	-0.6	23.48268875	23.48266043	23.48263273	23.48260548	23.48296275	23.48304637
136	-0.6	22.45302274	22.44872099	22.44872099	22.44872099	22.44869562	22.44847284
146	-3.6	20.92149294	20.92149294	20.92149295	20.92149295	20.92149298	20.921493
210	-2	14.20905305	14.54726844	14.54726844	14.54726844	14.54726844	14.20905305

Kesimpulan dari 2 Skema ini yaitu penggunaan skema 1 yang efektif mereduksi kecepatan menggunakan 5 breakwater. Penggunaan skema 2 yang efektif menggunakan 3 breakwater. Jika dibandingkan antara skema , skema yang paling efektif yaitu skema2.

Tabel 11 Perbandingan Skema 1 dan 2 (U=0.91)

Input Kecepatan	7.18 ft/s	
Jumlah Breakwater	Skema 1	Skema 2
1	x	x
2	x	x
3	x	√
4	x	x
5	√	x

Tabel 12 Perbandingan Skema

Input Kecepatan	0.91 ft/s		7.18 ft/s	
Jumlah Breakwater	Skema 1	Skema 2	Skema 1	Skema 2
1	x	x	x	x
2	x	x	x	x
3	x	*√	x	*√
4	x	x	x	x
5	√	x	√	x

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pemodelan adalah:

1. Kecepatan aliran air yang lolos melewati breakwater reef ball bertransmisi menjadi lebih kecil dibanding sebelum melewati breakwater.
2. Dari simulasi numerik aliran air melewati breakwater *reef ball* dengan dua skema desain breakwater yaitu di dekat offshore dan onshore dengan jumlah 1-5 breakwater menggunakan metode elemen batas didapatkan perbandingan kecepatan aliran air. Dari hasil perbandingan dapat diketahui yaitu penggunaan skema 1 yang efektif mereduksi kecepatan menggunakan 5 breakwater. Penggunaan skema 2 yang efektif menggunakan 3 breakwater. Jika dibandingkan antara skema, skema yang paling efektif yaitu skema 2 dengan menggunakan 3 breakwater.

Saran:

1. Program metode elemen batas yang telah dibuat dapat dimodifikasi supaya dapat memberikan input muka air yang lebih real sehingga hasil perhitungan aliran kecepatan lebih akurat.
2. Penulisan kode program bisa dilakukan dalam bahasa pemrograman komputer yang lain yang lebih bagus dalam hal grafik dan tingkat kemampuan pengoperasian digit angka.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, Anders G. (2008): Fluid Flow in Microgeomeyries, Master's Thesis. Lulea University of Technology. Scandinavia, Sweden.

B. Uzunoglu, M. Tan, W.G.Price. (2001): Low-Reynolds Number Flow Around An Oscillating Circular Using A Cell Viscous Boundary Element Method. School of Engineering Science, Ship Science, University of Southampton, U.K

Corte, Carsten. (2001): Fluid Interaction Of Elastic Cylindrical Structures With Moderately High Turbulent Flow. Universidad Potitecnica de Cataluna. Barcelona, Spain.

Harris, Lee E. (2008): Shoreline Response for a Reef Ball Submerged Breakwater System Offshore of Grand Cayman Island.

Katsikadelis, John. T. (2002): Boundary Elements Theory And Application. Departement of Civil Engineering, National Technical University of Athens. Athens, Greece.

White. Frank M. (1994): Fluid Mechanics. Mechanical Engineering University of Rhode Island.

