

Analisis Model Fisik *Revetment* Buis Beton

DENDY NURROCHIM, YESSI NIRWANA KURNIADI

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
Email: dnurrochim@gmail.com

ABSTRAK

Revetment adalah salah satu struktur pelindung pantai yang berfungsi pelindung dari abrasi. Saat ini perkembangan material penyusun revetment sangat beragam salah satunya buis beton. Kekuatan buis beton sebagai saluran drainase sudah teruji dalam bidang pengelolaan sumber daya air tetapi untuk bahan penyusun revetment belum pernah diuji. Berdasarkan hal itu Balai Teknologi Pantai Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat akan melakukan analisis model fisik guna menyusun pedoman pelaksanaan konstruksi untuk menjamin kekuatan konstruksi revetment buis beton. Penelitian ini melanjutkan ide dari Balai Teknologi Pantai Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dengan melakukan penelitian analisis model fisik revetment buis beton. Penelitian melakukan uji model fisik yang dibentuk dari pipa PVC berdiameter 10 cm dan tinggi 5 cm dengan kemiringan pantai 28,61°. Analisis model fisik dilakukan untuk mengetahui kemampuan buis beton dalam merefleksikan gelombang dan run up terjadi dengan 3 variasi kedalaman. Hasil dari pengujian model fisik diperoleh koefisien refleksi pada kedalaman 30 cm sebesar 0,3 – 0,42 dengan persentase gelombang tereduksi 50%–65 % dan koefisien refleksi untuk kedalaman 40 cm sebesar 0,8 – 0,98 dengan persentase gelombang tereduksi 2% –14 %.

Kata kunci: *revetment, koefisien refleksi, run-up, buis beton*

ABSTRACT

Revetment is one of the coastal protection structure use as a shore protection from abrasion. Nowadays, development of revetment material was currently many variation one of them are concrete pipe. The strength of concrete pipe as a drainage channel had been tested in the field of water resources management but for the revetment this material has never been investigated. Based on this, Ministry of Public Works and Housing would conduct a physical model analysis to prepare guidelines for the construction to ensure the strength of the construction of the concrete pipe revetment. This research will continue the idea using concrete pipe as revetment with physical model study. In physical study, the concrete pipe model was made from PVC pipe with 10 cm diameter and 5 cm height on a 28,61° slope. Physical model analysis was carried out to determine the ability of concrete pipe in reflecting waves and run-up occurs with 3 depth variations. The results of physical model testing obtained reflection coefficient at a depth of 30 cm of 0.3 – 0.42 with a percentage of reduction 50% – 65% and reflection coefficient for a depth of 40 cm of 0.8 – 0.98 with a reduced percentage of 2%– 14%.

Keywords: *revetment, coefficient of reflection, run-up, concrete pipe*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki garis pantai yang mencapai 99.093 kilometer merupakan salah satu negara dengan garis pantai terpanjang di dunia. Garis pantai yang panjang berpotensi tinggi terhadap ancaman abrasi. Sebagian wilayah Indonesia sendiri, ancaman seperti abrasi pantai dan perubahan garis pantai sudah terjadi. Abrasi merupakan istilah untuk menggambarkan pengikisan daerah pantai yang terjadi karena gelombang tinggi dan arus laut destruktif. *Revetment* adalah salah satu struktur jenis *hard engineering* berfungsi sebagai pelindung dari pantai. Perkembangan penelitian tentang *revetment* saat ini di Indonesia lebih maju dengan banyaknya tipe *revetment* dengan Buis beton yang biasanya digunakan untuk saluran drainase sudah digunakan sebagai material penyusun *revetment* di wilayah pantai Indonesia. Buis beton sebagai bahan penyusun *revetment* didasarkan pada kemudahan untuk didapat di pasaran, kemudahan pengerjaan dalam tahap konstruksi, tidak memerlukan peralatan yang berat, dapat dilaksanakan mandiri oleh masyarakat dan metode pembuatan *revetment* buis beton lebih sederhana. Salah satu proyek *revetment* buis beton yang sedang berjalan yaitu berlokasi di Pulau Putri Nongsa Kep. Riau (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018). Saat ini proyek *revetment* buis beton belum ada pedoman khusus pelaksanaan konstruksi *revetment* buis beton sehingga tidak ada standar rujukan keamanan. Ketahanan buis beton sebagai saluran drainase sudah teruji di berbagai daerah di Indonesia tetapi dalam ketahanan sebagai bahan penyusun *revetment* buis beton belum memiliki bukti yang jelas. Berdasarkan hal itu diperlukan bukti nyata berupa suatu standar hasil penelitian berupa pedoman pelaksanaan yang dapat menjamin keamanan dan umur rencana dalam konstruksi pembangunan *revetment* buis beton. Balai Pantai PUPR akan melakukan pengujian model fisik *revetment* buis beton untuk mengatasi masalah tersebut. Parameter yang di ambil untuk menyusun pedoman pelaksanaan konstruksi *revetment* buis beton adalah tinggi *run-up*, refleksi gelombang dan kestabilan struktur. Parameter yang akan ditinjau diadopsi dari penelitian oleh Balai Pantai PUPR yaitu tinggi *run-up* dan koefisien refleksi. Parameter berbeda akan dilakukan pada analisis model fisik ini dilakukan dengan 3 variasi kedalaman dan 1 tipe kemiringan. Penelitian dilaksanakan *Wave Basin* di Laboratorium Rekayasa Pantai Institut Teknologi Nasional Bandung.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Flexible Revetment

Flexible revetment adalah struktur yang fleksibel juga memberikan perlindungan *bank* yang sangat baik dan dapat mentoleransi konsolidasi minor atau penyelesaian tanpa kegagalan struktural. Kemampuan ini terdapat juga pada *revetment quarrystone* atau riprap dan pada tingkat lebih rendah untuk *interlocking* beton blok *revetment*. Baik struktur blok yang diartikulasikan dan struktur kuari atau struktur penguapan memungkinkan untuk menghilangkan tekanan pengangkatan hidrostatik yang dihasilkan oleh aksi gelombang. *Filter geotextile* dan kerikil yang mendasari atau *filter* tonjolan-tumpul dan lapisan tempat tidur mengurangi tekanan di atas seluruh area fondasi daripada lubang-lubang *weep* yang dibuat secara khusus (CERC, 1984).

2.2 Buis Beton

Buis beton atau gorong-gorong beton adalah salah satu bahan bangunan yang umumnya memiliki fungsi sebagai pelapis dinding tanah dalam pembuatan sumur resapan atau pengerjaan galian saluran, baik yang sering digunakan pada sejumlah perumahan atau di tempat umum.

2.3 Gelombang Datang (H_i)

Gelombang datang adalah gelombang yang bergerak dari laut menuju daratan. Gelombang ini terbentuk akibat adanya gaya gesekan terhadap air berupa gaya akibat angin, gaya tarik matahari atau bulan dan gaya akibat gempa bumi. Gelombang ini akan terus menajalar menuju daratan hingga energi gelombang tersebut berkurang dan hilang.

2.4 Gelombang Refleksi (H_r)

Gelombang refleksi adalah gelombang yang mengenai atau membentur suatu bangunan kemudian gelombang tersebut dipantulkan sebagian atau seluruhnya kembali kearah laut (Triatmodjo, 1999). Refleksi gelombang yang besar dapat menyebabkan ketidak-tenangan perairan di depan struktur. Bangunan pelindung pantai yang memiliki kemiringan dinding tertentu dapat menyerap energi gelombang lebih besar daripada bangunan pelindung yang berdinding tegak. Bentuk serta kemiringan bangunan pelindung pantai mempengaruhi refleksi gelombang yang terjadi. Besar kemampuan suatu bangunan dalam memantulkan gelombang diamati dari nilai koefisien refleksi yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i). Rumus koefisien refleksi diperlihatkan oleh **Persamaan 1**.

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad \dots(1)$$

halmana:

K_r = koefisien refleksi,

H_r = gelombang refleksi,

H_i = gelombang datang.

Koefisien refleksi untuk beberapa tipe bangunan diperoleh berdasarkan tes model di laboratorium. Koefisien refleksi dengan berbagai jenis material dijelaskan pada **Tabel 1**.

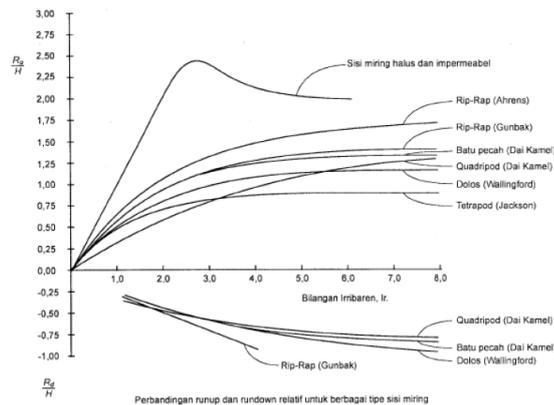
Tabel 1. Koefisien Refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0,7 - 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 - 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 - 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 - 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lobang)	0,05 - 0,2

(Sumber: Triatmodjo B., 2012)

2.5 Run-up Gelombang

Run-up gelombang terjadi saat gelombang datang bergerak menuju kearah pantai dan membentur bangunan pelindung pantai. Sebagian energi gelombang akan diubah menjadi gerakan air yang meluncur kearah lereng, bangunan pelindung pantai. Setelah mencapai elevasi maksimum, akan terjadi aliran balik yang disebut *run-down* akibat gaya gravitasi. *Run-down* akan terus terjadi hingga gelombang *run-up* diukur secara vertikal dari muka air rata-rata laut. Karena banyaknya variable yang berpengaruh, maka besarnya *run-up* sangat sulit ditentukan secara analitis. Penelitian tentang *run-up* gelombang telah dilakukan di laboratorium oleh Irrabaren untuk menentukan besar *run-up* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring untuk berbagai tipe material. Besaran nilai *run-up* dan *run-down* disajikan pada **Gambar 1** dimana nilai R_u dan R_d adalah *run-up* dan *run-down* yang dihitung dari muka air laut rerata.



Gambar 1. Run-up dan Run-down terhadap Bilangan Iribaren (Sumber: Triatmodjo B.,1999)

Sebagai fungsi bilangan Iribaren untuk berbagai jenis lapis lindung yang mempunyai bentuk disajikan oleh **Persamaan 2**.

$$Ir = \frac{\tan\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} \quad \dots (2)$$

halmana :

- Ir = bilangan irribaren,
- θ = sudut kemiringan sisi *revetment*,
- H = tinggi gelombang di lokasi bangunan,
- L_0 = panjang gelombang di laut dalam.

2.6 Kesebangunan Geometrik

Pada kesebangunan geometrik sempurna skala panjang arah horisontal (disingkat menjadi skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (disingkat menjadi skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted model*, skala panjang tidak sama dengan skala tinggi. Apabila dimungkinkan model dibuat dengan tanpa distorsi, sedangkan pada permasalahan khusus model dapat dilakukan dengan distorsi namun harus memenuhi persyaratan tertentu (Lasarika, 2017). Fungsi dari skala panjang dan skala tinggi disajikan pada **Persamaan 3** dan **Persamaan 4**.

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad \dots (3)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \quad \dots (4)$$

halmana:

- n_L = skala panjang,
- n_h = skala tinggi,
- L_p = ukuran panjang *prototype*,
- L_m = ukuran panjang model,
- h_p = ukuran tinggi pada *prototype*,
- h_m = ukuran tinggi pada model.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perencanaan

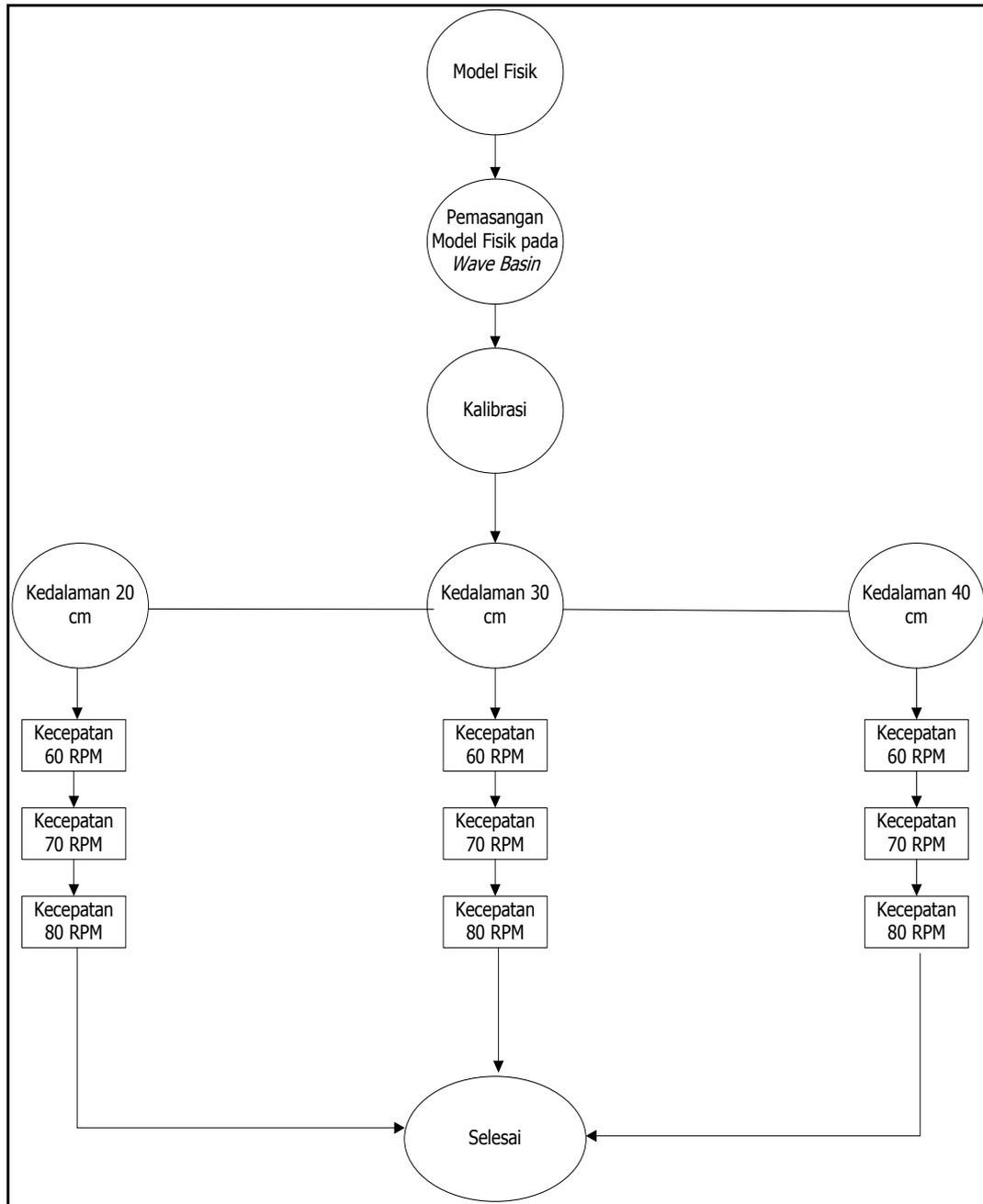
Perencanaan model fisik revetment buis beton ini merupakan penelitian yang dilakukan di laboratorium sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pedoman pelaksanaan yang akan disusun oleh Balai Teknologi Pantai Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

3.2 Analisis Model Fisik

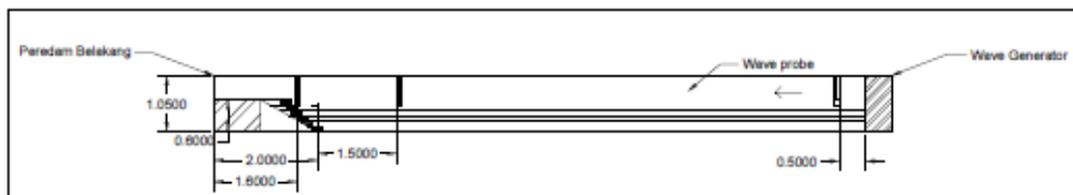
Tahap awal perencanaan model fisik yaitu dengan menentukan skala model. Skala model adalah membuat fenomena yang ada di prototipe dengan ukuran yang lebih kecil sehingga fenomena yang ada pada prototipe akan sebangun dengan fenomena yang ada pada model (Naquib, 2017). Skala vertikal dan skala horizontal digunakan pada penelitian model fisik ini. Skala vertikal digunakan untuk tinggi gelombang dan skala horizontal untuk dimensi buis beton.

3.3 Persiapan

Persiapan pembuatan model fisik yaitu mencakup peralatan dan bahan utama yang digunakan dalam proses pembuatan model fisik *revetment*. Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan model fisik adalah pipa PVC, kayu reng dan papan multiplek. Material yang lain yang digunakan pada model fisik ini adalah paku berukuran 3 mm, 4 mm, dan 5 mm serta lem bakar. Sebelum kolam *wave basin* diisi oleh air dilakukan tahap mencari kemiringan yang tepat untuk diterapkan pada struktur *revetment*. Kemiringan *revetment* pada percobaan ini ditentukan dengan menggunakan metode *trial and error*. Metode *trial and error* ini mencari kemiringan pantai dengan cara mencoba berbagai kemungkinan hingga didapatkan kemiringan pantai yang tegak lurus dengan gelombang yang datang. Gelombang datang akan menabrak sisi buis beton yang tegak lurus sehingga tinggi gelombang dapat tereduksi. Komponen pembentuk yang dicari dalam metode ini adalah tinggi *revetment* dan panjang *revetment* dengan membandingkannya dengan perbandingan segitiga. Pada tahap persiapan ini model fisik mulai ditempatkan pada *wave basin*, lalu dilakukan *trial and error* kemiringan tegak lurus terhadap arah datang gelombang dengan cara mencoba ketinggian yang dapat mendekati kemiringan sudut yang direncanakan. Metode *trial and error* adalah metode mencoba beberapa kemungkinan untuk mendapatkan nilai kemiringan yang direncanakan. Komponen kemungkinan yang dicari dalam metode ini adalah tinggi *revetment* dan panjang *revetment* dengan membandingkannya dengan perbandingan segitiga. Penulis merencanakan mendapatkan kemiringan sudut yang bernilai 30° , tetapi hasil dari metode *trial and error* didapatkan nilai sudut $28,61^\circ$ dengan ketinggian model fisik 60 cm dan panjang 110 cm. Nilai sudut ini jika lebih dari $28,61^\circ$ *revetment* akan kurang efektif dalam meredam gelombang dikarenakan gelombang yang datang akan diredam oleh bagian atas buis beton dan papan triplek kemiringan pantai. Pengaruh kemiringan jika kurang dari $28,61^\circ$ mengakibatkan gelombang yang lolos akan lebih besar dan mengakibatkan tinggi run-up akan menjadi besar. Setelah itu tahap selanjutnya pembersihan area kolam dengan merapikan *armour* dengan menempatkannya sebagai pembatas kolam, penahan gerusan bawah dan pemberat papan. Kolam *wave basin* dibagi menjadi 2 segmen yang masing masing berukuran 3 m. Pembagian ini bertujuan untuk mengurangi gelombang refraksi yang terjadi. Setelah *revetment* dipasang kolam *wave basin* diisi air dengan kedalaman awal 20 cm yang diukur dari depan mulut *revetment*. Setelah proses *install* model fisik selesai, selanjutnya dilakukan pemasangan sensor *probe* dengan skema yang diperlihatkan pada **Gambar 6**. Skema pengujian model dan dimensi model *revetment* dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Skema pengujian



Gambar 3. Bentuk Model *Revetment* Buis Beton

Proses persiapan termasuk juga pemasangan model fisik *revetment* dan posisi sensor pada *wave basin*. Peralatan yang digunakan saat penelitian adalah *wave basin*, *wave generator*, dua buah sensor pembaca gelombang, *micro hub*, laptop, meteran, kamera *handphone* dan model fisik *revetment*. *Install* model fisik disajikan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.

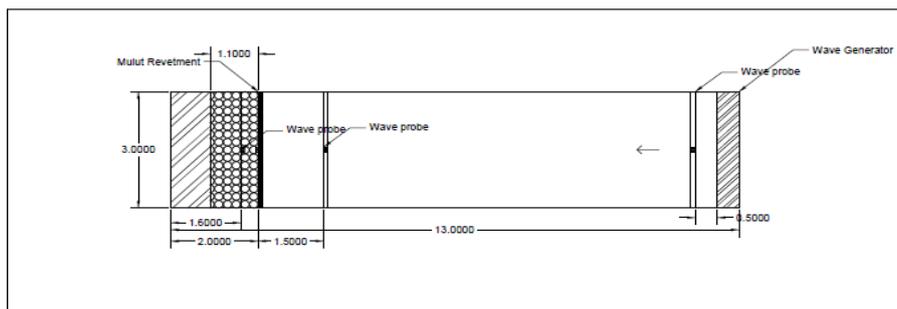


Gambar 4. Pemasangan model fisik dengan *trial and error* kemiringan



Gambar 5. Tahap akhir *install* model

Dua buah sensor pembaca gelombang diletakkan di depan struktur dan satu buah sensor pembaca tinggi muka air diletakkan di tengah model. Skema letak sensor pembaca gelombang ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Skema penempatan model dan sensor pembaca tinggi muka air

3.4 Pengambilan Data Gelombang

Wave flume diisi dengan air hingga mencapai ketinggian muka air 20 cm, 30 cm dan 40 cm dari dasar kolam. *Wave generator* dinyalakan dan diatur dengan kecepatannya. Kecepatan pembangkit gelombang diatur dengan 3 variasi kecepatan yaitu pada kecepatan 60 RPM, 70 RPM dan 80 RPM. Setelah mesin di gerakan maka gelombang akan terbentuk pada permukaan air. Gelombang datang akan menjalar dan menabrak struktur lalu gelombang tersebut akan terpantulkan.

3.5 Metode Pengolahan Data

Data pembacaan sensor 1, 2 dan 3 berupa nilai jarak sensor ke permukaan air. Metode *Zero Up Crossing* digunakan untuk menentukan periode gelombang, tinggi gelombang dan fluktuasi muka air. Tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang refleksi yang terjadi dapat digunakan untuk menganalisis efektifitas struktur dalam meredam gelombang. Fluktuasi muka air akan diolah menjadi grafik untuk mempermudah dalam analisis visual gelombang datang dan gelombang refleksi.

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Model Fisik

Pengujian model fisik menghasilkan data lalu diolah menghasilkan tinggi gelombang datang dan periode gelombang dari variasi 3 kecepatan mesin *wave generator* untuk tiap kedalaman. Hasil dari pengolahan data yang diperoleh diperlihatkan oleh **Tabel 2**.

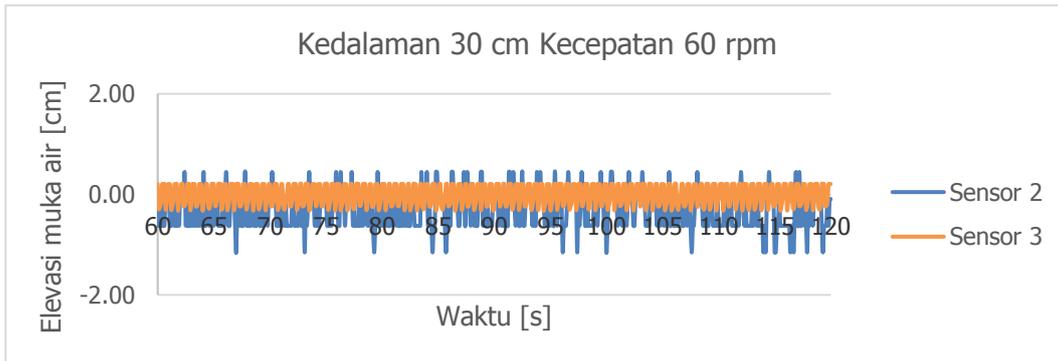
Tabel 2. Data Pembacaan Sensor Parameter

Kedalaman	Kecepatan	Sensor				Koefisien Refleksi [K_r]	Presentase Terendam [%]
		H_t [cm]	H_r [cm]	T_t [cm]	T_r [cm]		
30 cm	60	1,24	0,52	1,369	0,517	0,418	58,200
	70	1,07	0,49	0,477	1,743	0,457	54,280
	80	1,40	0,48	1,398	0,478	0,342	65,804
40 cm	60	1,88	1,84	1,070	1,364	0,975	2,464
	70	1,27	1,09	0,341	0,218	0,864	13,603
	80	1,28	1,15	0,286	0,210	0,899	10,108

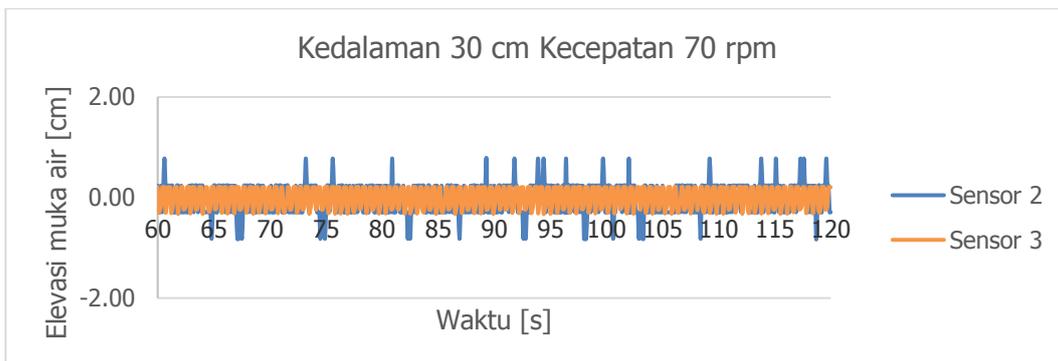
Tabel 2 menyajikan hasil pengolahan data dari pembacaan sensor gelombang. Kondisi kedalaman 30 cm model fisik dapat mereduksi gelombang lebih efektif dari kedalaman 40 cm. Nilai kemampuan mereduksi gelombang yang datang ditunjukkan dengan koefisien refleksi yang lebih kecil. Nilai koefisien refleksi semakin kecil maka semakin efektif *revetment* mereduksi gelombang. Hal ini disebabkan karena pada kedalaman 30 cm unit buis beton belum banyak terendam oleh air sehingga gelombang yang datang akan menghantam bagian sisi busi beton. Bagian sisi buis beton dapat mengurangi energi gelombang yang datang. Data koefisien refleksi termasuk valid karena memenuhi syarat koefisien refleksi untuk tumpukan batuan sisi miring 0,3 – 0,6. Syarat koefisien refleksi telah disajikan pada **Tabel 1**.

4.2 Perbandingan Gelombang Datang dan Gelombang Refleksi

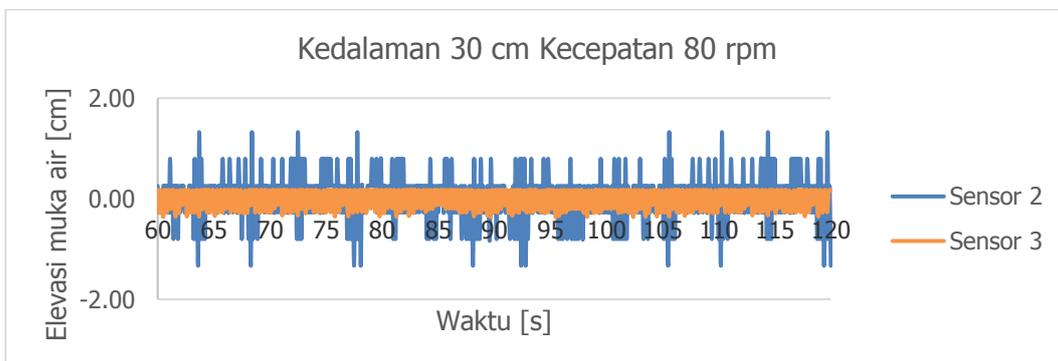
Analisis visual dibutuhkan untuk membanding gelombang datang dengan gelombang refleksi. Grafik perbandingan gelombang diperlukan untuk mempermudah melakukan pengamatan secara visual. Grafik perbandingan gelombang diperlihatkan pada **Gambar 7 hingga Gambar 12**.



Gambar 7. Grafik perbandingan elevasi muka air kedalaman 30 cm kecepatan 60 rpm

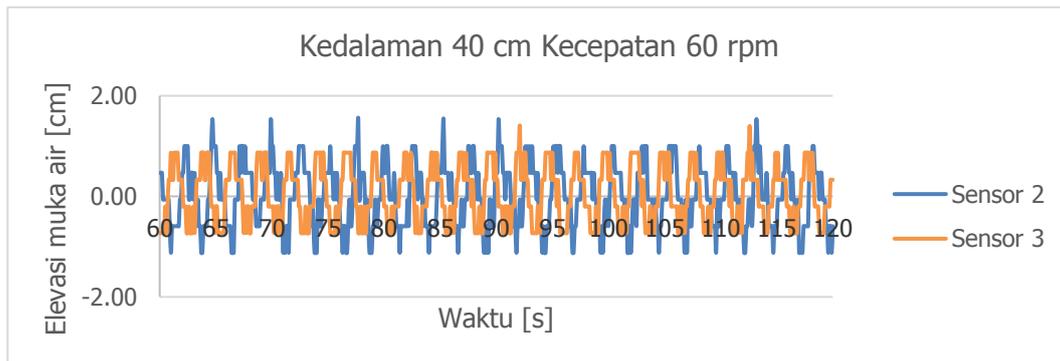


Gambar 8. Grafik perbandingan elevasi muka air kedalaman 30 cm kecepatan 70 rpm

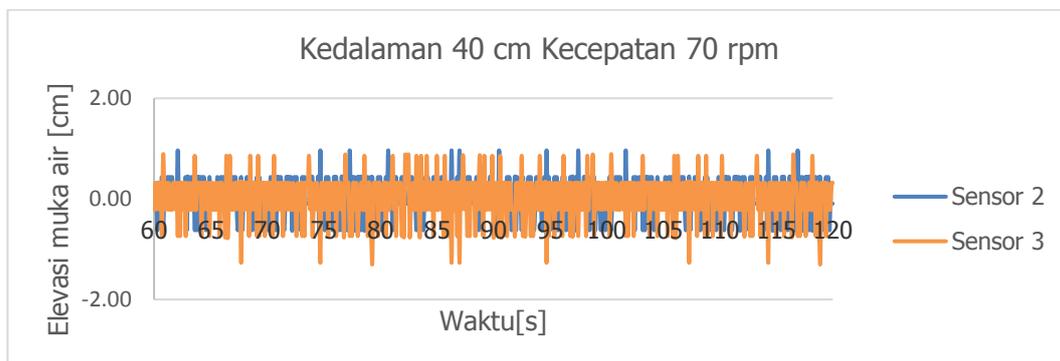


Gambar 9. Grafik perbandingan elevasi muka air kedalaman 30 cm kecepatan 80 rpm

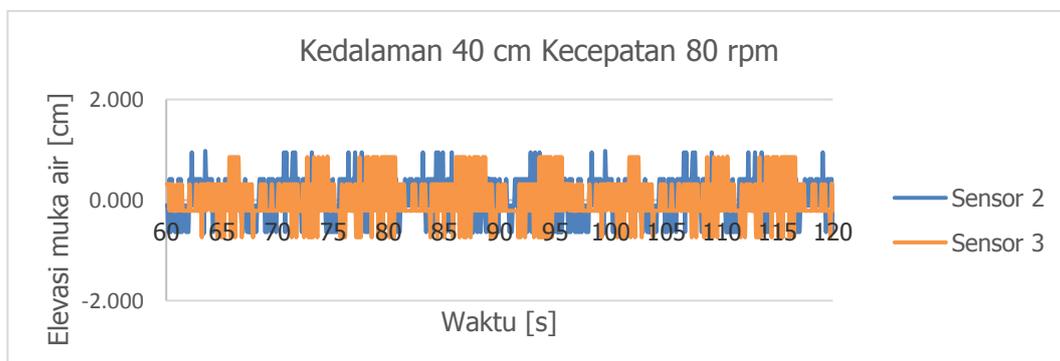
Gambar 7 hingga Gambar 9 memperlihatkan grafik elevasi muka air pada kedalaman 30 cm. Seluruh gelombang datang dapat direduksi pada setiap kecepatan hingga setengah gelombang datang. Ini disebabkan sisi buis beton dapat meredam gelombang datang dengan kondisi sisi buis beton tidak terendam air.



Gambar 10. Grafik perbandingan elevasi muka air kedalaman 40 cm kecepatan 60 rpm



Gambar 11. Grafik perbandingan elevasi muka air kedalaman 40 cm kecepatan 70 rpm



Gambar 12. Grafik perbandingan elevasi muka air kedalaman 40 cm kecepatan 80 rpm

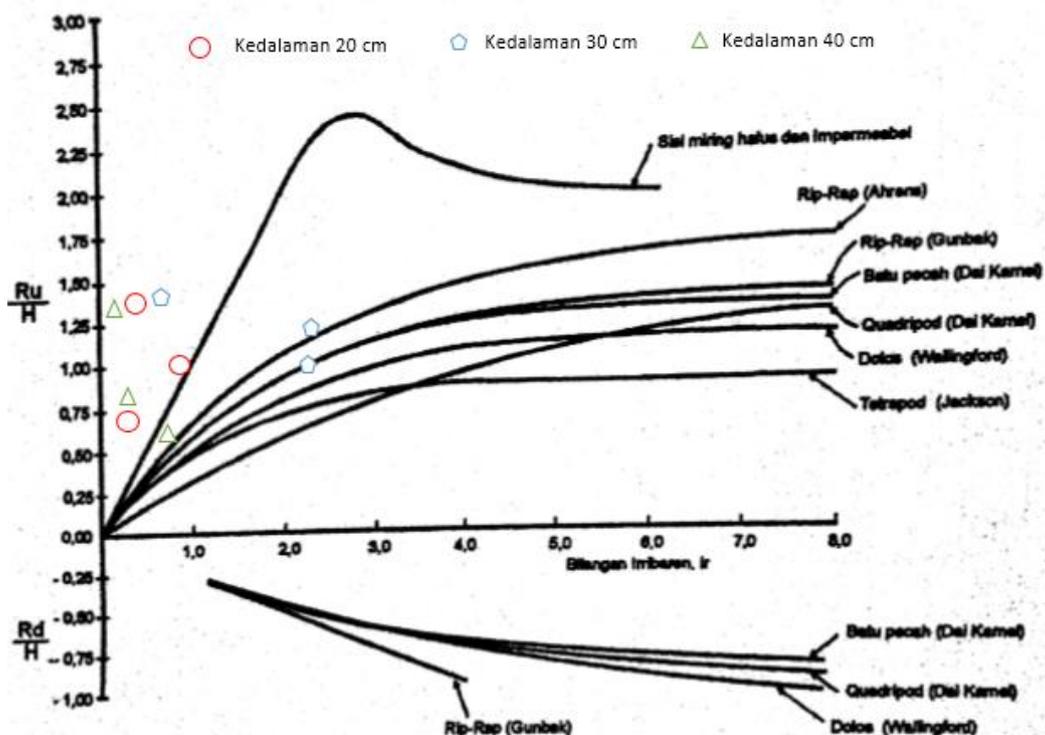
Gambar 10 sampai Gambar 12 memperlihatkan kedalaman 40 cm dapat meredam gelombang tetapi tidak signifikan. Ini akibat hampir seluruh buis beton terendam oleh air karena naiknya kedalaman sehingga hanya sedikit unit buis beton yang dapat menahan gelombang yang datang.

Tabel 3. Run-Up Gelombang

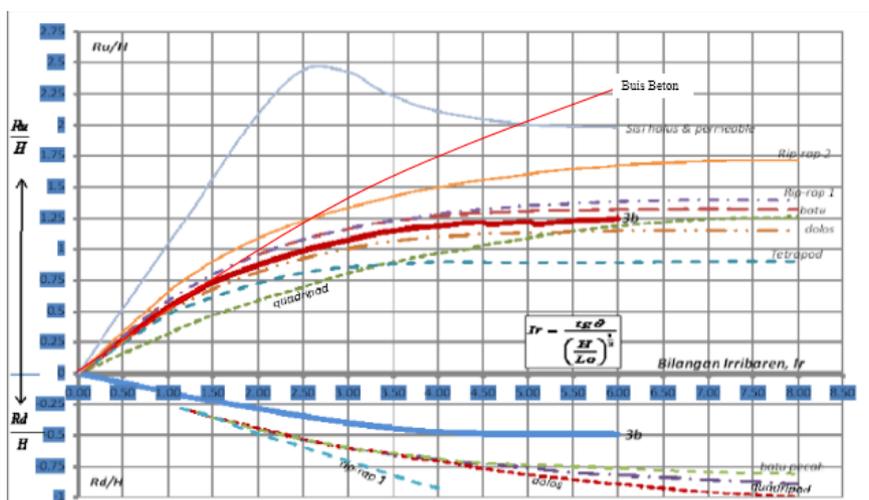
Kedalaman [cm]	Kecepatan Wave Maker	Run-Up [cm]
30 cm	60	1,25
	70	1,5
	80	1,75
40 cm	60	1
	70	1
	80	1,75

Tabel 3 memperlihatkan *run-up* yang terjadi pada kedalaman 40 cm lebih kecil pada saat dihantam gelombang karena adanya ketidakstabilan struktur *revetment* yang mulai terangkat oleh gaya angkat oleh air.

Hasil pengolahan data *run-up* dan koefisien refleksi diubah menjadi Bilangan Iribaren untuk membuat validasi model fisik. Perbandingan Nilai $\frac{R_u}{H}$ dengan I_r menunjukkan struktur *revetment* buis beton ini termasuk struktur rip rap Ahrens maupun Gunbak yang telah diperlihatkan **Gambar 13**. Penelitian ini juga mendapatkan nilai baru untuk jenis struktur buis beton yang ditunjukkan pada garis merah perbandingan antara $\frac{R_u}{H}$ dengan I_r yang disajikan pada **Gambar 14**.



Gambar 13. Grafik bilangan irribaren dengan titik validasi hasil penelitian *revetment* buis beton



Gambar 14. Grafik bilangan irribaren dengan garis baru tipe struktur buis beton

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian model fisik ini dapat ditarik kesimpulan berikut.

1. Koefisien refleksi (K_r) yang terjadi pada kedalaman 20 cm dengan kecepatan 60rpm, 70rpm dan 80 rpm bernilai 2,206; 5,302; 2,897 serta nilai presentase tereduksi -120,616 %; -430,185 %; -189,747 %.
2. Koefisien refleksi (K_r) yang terjadi pada kedalaman 30 cm dengan kecepatan 60 rpm, 70 rpm dan 80 rpm bernilai 0,418; 0,457; 0,342 serta nilai presentase tereduksi 58,200 %; 54,280 %; 65,804 %. Run-up maksimum terjadi pada kedalaman 30 cm pada kecepatan 80 rpm.
3. Kedalaman perairan efektif *revetment* buis beton dalam meredam gelombang datang adalah 30 cm dengan tinggi *run up* maksimum 1,75 cm.
4. Kemiringan buis beton berpengaruh besar terhadap nilai *run-up* dan koefisien refleksi.
5. Sisi buis beton yang berpengaruh besar terhadap kemampuan peredaman gelombang yang datang dengan kemiringan tegak lurus terhadap gelombang yang datang.

Saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Lakukan pengujian dengan variasi tinggi gelombang yang lebih tinggi.
2. Melakukan percobaan dengan mengatur kemiringan buis beton bukan kemiringan pantai.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat membandingkan pengujian model fisik dengan pengujian model numerik melalui simulasi pada *software*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Balai LITBANG Teknologi Pantai, PUSLITBANG TSDA yang telah bersedia memberikan izin untuk akses data dalam penelitian penyusunan pedoman pelaksanaan *revetment* buis beton dan memberikan masukan dalam proposal penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- CERC. (1984). *Shore Protection Manual Volume II, Department of the Army Waterway Experiment Station, Corps of Engineering, Coastal Engineering Research Center, Fourth Edition*. Washington D.C: U.S Government Printing Office.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018, Februari 5). *bwssumatera4*. Dipetik Mei, 7, 2018 dari SDA PU: <http://sda.pu.go.id/bwssumatera4/update-konstruksi-pekerjaan-pengaman-pantai-pulau-putri-nongsa/>
- Lasarika, M. R. (2016). *Studi Pengaruh Porositas Gelombang Disipasi pada Dinding Revetment Berpori. Tugas Akhir*. Makassar: Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Naquib, M. (2017, Juni 15). Kajian Refleksi Gelombang Pada Bangunan Multi Fungsi Pelindung Pantai dan Pembangkit Listrik. 7-12. Dipetik Mei 7, 2018 dari Universitas Hasanuddin <http://repository.unhas.ac.id/>
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.