



TUGAS AKHIR - MO141326

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH KEMIRINGAN *FLAP* TERHADAP REDAMAN
GELOMBANG DAN KONFIGURASI UNIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TIPE
OSCILLATING WAVE SURGE SISTEM JAMAK

ATIKAH MAULIDYAH

NRP. 04311440000097

Dosen Pembimbing

Sholihin, S.T., M.T.

Dr. Eng. Shade Rahmawati, ST., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR - MO 141326

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH KEMIRINGAN *FLAP*
TERHADAP REDAMAN GELOMBANG DAN
KONFIGURASI UNIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TIPE *OSCILLATING WAVE SURGE* SISTEM JAMAK**

ATIKAH MAULIDYAH

NRP. 0431144000097

Dosen Pembimbing

Sholihin, S.T., M.T.

Dr. Eng. Shade Rahmawati, ST., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

**Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



FINAL PROJECT - MO 141326

**Experimental Study Influence Flap Tilt on Wave Damping
and Unit Configuration On Generating Power Generally
Oscillating Wave Surge System**

ATIKAH MAULIDYAH

NRP. 04311440000097

Supervisor :

Sholihin, S.T., M.T.

Dr. Eng. Shade Rahmawati, ST., M.T.

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING

**Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH KEMIRINGAN *FLAP* TERHADAP
REDAMAN GELOMBANG DAN KONFIGURASI UNIT PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TIPE *OSCILLATING WAVE SURGE* SISTEM
JAMAK**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Atikah Maulidyah
NRP. 0431144000097

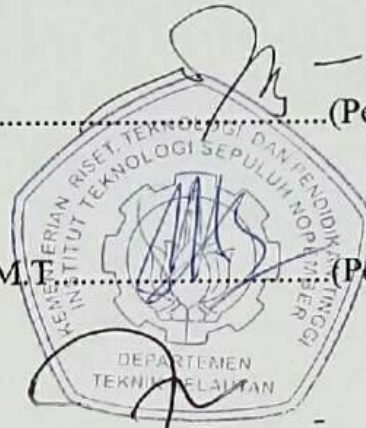
Disetujui Oleh :

1. Sholihin, S.T., M.T.(Pembimbing 1)

2. Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.(Pembimbing 2)

3. Sujantoko, S.T., M.T.(Penguji 1)

4. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc(Penguji 2)



Surabaya, Juli 2018

Studi Eksperimen Pengaruh Kemiringan *flap* terhadap Redaman Gelombang dan Konfigurasi Unit Pada Pembangkit Listrik Tipe *Oscillating Wave Surge* Sistem Jamak

Nama : Atikah Maulidyah
NRP : 04311440000097
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Sholihin, S.T., M.T.
Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

ABSTRAK

Gelombang merupakan salah satu dari sekian banyak potensi yang dimiliki oleh laut. Gelombang juga merupakan salah satu sumber energi terbarukan di wilayah perairan. Potensi ini dapat dimanfaatkan dengan mengaplikasikan *Oscillating Wave Surge* (OWS), pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Dengan bantuan OWS tersebut, gelombang datang ditabrakkan untuk menggerakkan *flap*, lalu dari gerakan *flap* tersebut akan menghasilkan energi kinetik yang akan diubah menjadi energi listrik oleh *power take off* (PTO) *system*. OWS dipasang selain untuk mengubah energi gelombang menjadi energi listrik, juga untuk meredam gelombang sebelum mencapai garis pantai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kemiringan *flap* terhadap redaman gelombang, dan mengetahui pengaruh formasi konfigurasi unit pada pembangkit listrik tipe OWS sistem jamak. Percobaan dilakukan dengan variasi kemiringan *flap*, formasi struktur, yang diuji pada kolam *flume tank* dengan kondisi gelombang regular dan irregular. Hasil akhir penelitian ini adalah pada pengaruh formasi OWS sejajar, besar Koefisien Transmisi (Kt) sangatlah kecil. Sementara pada pengaruh kemiringan sudut *flap*, sudut *flap* dengan kemiringan 90° memiliki nilai Kt terkecil, yang artinya semakin kecil nilai Kt maka semakin besar energi yang diredam.

Kata kunci — ***Formasi, sudut flap, gelombang regular, gelombang irregular, koefisien transmisi, Oscillating Wave Surge (OWS)***

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Experimental Studies Influence Flap Tilt on Wave Damping and Unit Configuration On Generating Power Generally Oscillating Wave Surge System

Name : Atikah Maulidyah
NRP : 04311440000097
Department : Ocean Engineering
Lecturer : Sholihin, S.T., M.T.
Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

ABSTRACT

Wave is one of the many potentials owned by the sea. The wave is also one of the renewable energy sources in the territorial waters. This potential can be utilized by applying Oscillating Wave Surge (OWS), a wave power plant. With the help of the OWS, the coming waves are crashed to move the flap, then from the flap movement will produce kinetic energy which will be converted into electrical energy by the power take off (PTO) system. OWS is installed in addition to converting wave energy into electrical energy, also to damp the waves before reaching the shoreline. The purpose of this research is to know the effect of flap tilt to wave attenuation, and to know the effect of the unit configuration formation on the PLT type OWS power plant. Experiments were conducted with variations of flap slope, structural formation, which were tested on flume tank pools with regular and irregular wave conditions. The final result of this research is on the influence of OWS parallel formation, the large Transmission Coefficient (K_t) is very small. While the influence of the slope of the flap angle, the angle of the flap with a slope of 90° has the smallest K_t value, which means the smaller the value of K_t , the greater the muted energy.

Keywords — Formation, flap angle, regular wave, irregular wave, transmission coefficient, Oscillating Wave Surge (OWS)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “**Studi Eksperimen Pengaruh Kemiringan Sudut *Flap* Terhadap Redaman Gelombang dan Konfigurasi Unit Pada Pembangkit Listrik Tipe *Oscillating Wave Surge* Sistem *Jamak* ”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat wajib yang harus di tempuh mahasiswa Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk menyelesaikan program studi S-1.**

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis senantiasa membuka diri untuk menerima saran dan kritik demi tercapainya kesempurnaan penelitian Tugas Akhir ini dan penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi kemajuan dunia pendidikan khususnya dibidang kelautan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, 5 Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UCAPAN TERIMA KASIH

Sehubungan dengan terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, pertama penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT karena dengan izinnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir beserta laporannya, serta pihak-pihak yang telah membantu saya, maka dalam lembar ini saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT, atas izinNya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Keluarga dari penulis, yang telah sabar membimbing secara moril dan materil, sehingga pada akhirnya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Sholihin, ST., M.T., selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan masukan dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir ini dengan penuh kesabaran, sampai penulis mampu menyelesaikan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Eng. Shade Rahmawati, ST., M.T., selaku dosen pembimbing II yang selama masa pengerjaan tugas akhir juga selalu memberi masukan agar hasil tugas akhir ini menjadi lebih baik lagi.
5. Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc., selaku dosen penguji yang memberikan masukan dan bimbingannya selama penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Sujantoko, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang memberikan masukan dan bimbingannya selama penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., selaku kepala Laboratorium *Flume Tank* yang telah memberikan izin tim eksperimen *OWS* melakukan eksperimen menggunakan kolam *flume*.
8. Bapak Arif selaku teknisi Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut yang telah membantu kelancaran eksperimen yang dilakukan penulis.
9. Tim eksperimen *OWS* yang selalu memberikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini hingga selesai.
10. Teman-teman "Maelstrom" angkatan 2014, yang telah memberikan motivasi.
11. Teman-teman "JMMP", yang telah memberikan dorongan dan motivasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	1
KATA PENGANTAR	5
UCAPAN TERIMA KASIH.....	7
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR GAMBAR	11
BAB 1 PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang Masalah.....	15
1.2 Rumusan Masalah	16
1.3 Tujuan	16
1.4 Manfaat	16
1.5. Batasan Masalah.....	16
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DASAR TEORI.....	19
2.1 Tinjauan Pustaka	19
2.2 Dasar Teori.....	23
2.2.1 Teori Gelombang	23
2.2.2 Karakteristik Gelombang	24
2.2.3 Pemodelan Fisik.....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Skema Diagram Alir	35
3.2 Penjelasan Diagram Alir Analisis	36
3.3 Pengumpulan Data	41
3.4 Rencana Kerja	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Dimensi Alat	45
4.2 Kalibrasi Alat	46
4.2.1 Wave Generator	46
4.2.2 Wave Probe	50
4.3 Validasi Matlab	51
4.4 Analisis Output Wave Probe	53
4.5 Perhitungan Koefisien Transmisi Kondisi Gelombang Reguler	56
Tabel 4.5 Perhitungan Koefisien Transmisi Kondisi Gelombang Reguler	57
4.6 Perhitungan Koefisien Transmisi Kondisi Gelombang Irreguler.....	60
4.6.1 Pengaruh formasi OWS pada masing – masing kondisi sudut <i>flap</i>	60
4.6.2 Pengaruh sudut <i>flap</i> pada masing – masing formasi	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	74

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Waveroller</i> (Chehaze et al. 2016).....	20
Gambar 2. 2 Variasi koefisien transmisi K_T dengan l/l_p , $h_1=0,55$ m & $h_2=0,65$ m (Zanuttigh et al. 2010).....	21
Gambar 2. 3 Grafik variasi K_T terhadap l/l_p dan terhadap s	21
Gambar 2. 4 Model <i>Oscillating Wave Surge</i> (Lucas et al. 2012).....	22
Gambar 2. 5 Perbandingan tinggi gelombang terhadap jumlah energi yang ditangkap (Mäki, Vuorinen, and Mucha 2014).....	23
Gambar 2. 6 Sket Definisi Gelombang (Triadmojo, 1999).....	24
Gambar 2. 7 Sketsa Gelombang Acak (Bhattacharyya, 1972).....	25
Gambar 2. 8 Parameter Fungsi Kedalaman Relatif (Triatmodjo, 1999)	27
Gambar 2. 9 Ilustrasi Dimensi <i>Oscillating Wave Surge</i> (http://aw-energy.com).....	31
Gambar 2. 10 Ilustrasi Konsep <i>Oscillating Wave Surge</i> (http://aw-energy.com).....	32
Gambar 2. 11 Ilustrasi Sistem Kerja dan Maintenance <i>Oscillating Wave Surge</i> (http://aw-energy.com).....	32
Gambar 3. 1 Skema Diagram Alir.....	35
Gambar 3. 2 Model Fisik <i>Oscillating Wave Surge</i>	36
Gambar 3. 3 Sketsa Model <i>Flap</i> (dalam cm)	38
Gambar 3. 4 Sketsa osilasi <i>flap</i>	38
Gambar 3. 5 Sketsa model tampak atas.....	39
Gambar 3. 6 Peletakan Model di <i>Flume Tank</i> posisi sejajar	39
Gambar 3. 7 Peletakan Model di <i>Flume Tank</i> posisi zig-zag.....	39
Gambar 3. 8 Kolam <i>Flume Tank</i>	40
Gambar 3. 9 <i>Interface ADC</i> (dokumen pribadi).....	41
Gambar 3. 10 <i>Wave Probe</i> (dokumen pribadi)	41
Gambar 4. 1 Analisa Dimensi OWS Tampak Depan.....	45
Gambar 4. 2 Kondisi air tenang (sumber: dokumentasi pribadi)	47
Gambar 4. 3 Kondisi lembah gelombang (dokumentasi pribadi)	47
Gambar 4. 4 Kondisi Puncak Gelombang (dokumentasi pribadi)	48
Gambar 4. 5 Pembacaan Gelombang Reguler pada <i>Software Water Tide Meter</i>	49

Gambar 4. 6 Grafik Hubungan H_{input} dengan H_{output}	49
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan T_{input} dengan T_{output}	50
Gambar 4. 8 Gelombang Reguler (manual)	52
Gambar 4. 9 Gelombang Reguler (matlab)	52
Gambar 4. 10 Proses Pengolahan Data Pada Matlab, Wavan	54
Gambar 4. 11 Fluktuasi Gelombang Selama 30 Detik Untuk (H) 4 cm; (T) 1.1 detik .	55
Gambar 4. 12 Koefisien transmisi formasi sejajar	57
Gambar 4. 13 Koefisien transmisi formasi zig-zag.....	58
Gambar 4. 14 Koefisien transmisi sudut flap 45 (deg)	58
Gambar 4. 15 Koefisien transmisi sudut flap 60 (deg)	59
Gambar 4. 16 Koefisien transmisi sudut flap 90 (deg)	60
Gambar 4. 17 Grafik Pengaruh Formasi terhadap Kt pada Sudut <i>Flap</i> 45° □	61
Gambar 4. 18 Grafik Pengaruh Formasi terhadap Kt pada Sudut <i>Flap</i> 60° □	63
Gambar 4. 19 Grafik Pengaruh Formasi terhadap Kt pada Sudut <i>Flap</i> 90° □	65
Gambar 4. 20 Grafik Pengaruh sudut terhadap Kt pada Struktur OWS yang Disusun dengan formasi sejajar.....	67
Gambar 4. 21 Grafik Pengaruh sudut terhadap Kt pada Struktur OWS yang Disusun dengan formasi zig-zag	69

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Skala Model Eksperimen Berdasarkan Prototipe (Plat).....	37
Tabel 3. 2 Skala Model Lingkungan Berdasarkan Lingkungan Sebenarnya	37
Tabel 3. 3 Rencana Pengujian Kondisi Gelombang Regular	42
Tabel 3. 4 Rencana Pengujian Kondisi Gelombang Irregular	43
Tabel 3. 5 Rencana Pengujian Kondisi Gelombang Irregular	43
Tabel 4. 1 Hasil Input dan Output Gelombang Regular pada <i>Wave Maker</i>	48
Tabel 4. 2 Nilai Kapasitansi <i>Wave Probe</i> pada <i>Software Water Tide Meter</i>	51
Tabel 4. 3 Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> Terhadap Nilai Kapasitansi <i>Wave Probe</i> .51	
Tabel 4. 4 Perbandingan perhitungan manual dengan <i>matlab</i>	52
Tabel 4. 5 Data Hasil Rekaman <i>Wave Probe</i>	53
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Gelombang Manual Menggunakan <i>Zero Up Crossing</i> ...55	
Tabel 4. 7 Perbandingan Antara Perhitungan Gelombang Secara Manual dan Program Wavan, Matlab	56
Tabel 4. 8 Perhitungan Koefisien Transmisi Gelombang Irreguler Sudut <i>Flap 60°</i> □63	
Tabel 4. 9 Perhitungan Koefisien Transmisi Struktur OWS dengan formasi sejajar....66	
Tabel 4. 10 Perhitungan Koefisien Transmisi Struktur OWS dengan formasi zig-zag 68	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan energi listrik masyarakat dan industri terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi nasional yang meningkat tajam. Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi yang cukup tinggi di dunia. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian ESDM, dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi Indonesia mencapai 7% per tahun (Indonesia, EBTKE 2016). Dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi yang semakin meningkat membuat manusia menjadi semakin bergantung pada sumber energi. Hal ini yang menyebabkan terjadinya krisis energi di dunia dan membuat para ahli berfikir untuk menentukan energi terbarukan agar tidak tergantung lagi dengan energi fosil. Selain persediannya yang semakin menipis dan tidak ramah lingkungan, energi fosil juga memerlukan waktu yang lama untuk bisa menghasilkan energi tersebut kembali.

Sumber energi baru terbarukan (EBT) merupakan sumber energi yang ramah lingkungan yang tidak memberikan dampak negatif terhadap kerusakan lingkungan seperti perubahan iklim dan pemanasan global. Hal ini disebabkan karena sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang didapat dari proses alam yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, air, angin, *biofuel*, dan energi panas bumi (Mukhtasor, 2014).

Salah satu teknologi pembangkit listrik tenaga gelombang laut ialah OWS. Komponen utama OWS menggunakan *flap* dan piston yang akan digerakkan oleh gelombang laut dan dikonversi menjadi energi listrik. Selain digunakan sebagai pembangkit listrik, secara tidak langsung OWS juga memiliki manfaat sebagai struktur perlindungan pantai. Hal ini dikarenakan ketika gelombang laut berjalan mengarah ke pantai, struktur OWS akan menahan gelombang tersebut dan terjadi redaman gelombang sebelum mencapai garis pantai (Zanuttigh et al. 2010).

Energi gelombang laut bisa menjadi sebuah solusi untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap sumber energi. Oleh karena itu dalam Tugas Akhir ini saya membahas tentang “**Studi Eksperimen pengaruh kemiringan *flap* terhadap**

redaman gelombang dan konfigurasi unit pada pembangkit listrik tipe *Oscillating Wave Surge* sistem jamak”, yang diharapkan dapat diperoleh potensi energi gelombang dan mengetahui pengaruh gelombang *regular* dan *irregular* dengan formasi zig zag, sejajar, dan segitiga di Pulau Sumba.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kemiringan sudut *flap* terhadap redaman gelombang pada struktur OWS (*Oscillating Wave Surge*) saat terkena gelombang regular dan irregular?
2. Bagaimana pengaruh formasi struktur OWS (*Oscillating Wave Surge*) yang disusun secara sejajar, dan zig-zag terhadap redaman gelombang saat terkena gelombang regular dan irregular?

1.3 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh kemiringan sudut *flap* terhadap redaman gelombang pada struktur OWS (*Oscillating Wave Surge*) saat terkena gelombang regular dan irregular.
2. Mengetahui pengaruh formasi struktur OWS (*Oscillating Wave Surge*) yang disusun secara sejajar, dan zig-zag terhadap redaman gelombang saat terkena gelombang regular dan irregular.

1.4 Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh dari kemiringan sudut *flap* dan formasi pada struktur *Oscillating Wave Surge* terhadap redaman gelombang saat terkena gelombang regular dan irregular.

1.5. Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan pemodelan fisik dengan skala disesuaikan dengan kondisi Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut Teknik Kelautan ITS.
2. Variasi kemiringan *flap* pada *Oscillating Wave Surge* yang dipasang secara statis, yaitu pada sudut 45°, 60°, 90°.

3. *Oscillating Wave Surge* disusun dengan formasi, sejajar, dan zig-zag dengan jarak tertentu.
4. Pada formasi sejajar, menggunakan enam *Oscillating Wave Surge*, dan formasi zig-zag menggunakan lima *Oscillating Wave Surge*.
5. Tipe gelombang yang digunakan adalah gelombang regular dan irregular.
6. Tidak menghitung kekuatan dan analisa geometri dari struktur *Oscillating Wave Surge*.
7. Arah sdut datang gelombang adalah 90° terhadap model.
8. Dasar perairan dalam eksperimen ini dianggap rata dan kedap air.
9. Beban lingkungan yang dimodelkan untuk gelombang regular antara lain tinggi gelombang (H) 5 cm, periode (T) 1.1 detik.
10. Mengetahui pengaruh penempatan *Oscillating Wave Surge* dalam peredaman gelombang melalui nilai koefisien transmisi (K_t).
11. Dalam eksperimen ini menggunakan fluida air tawar yang memiliki massa jenis 1000 kg/m^3

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

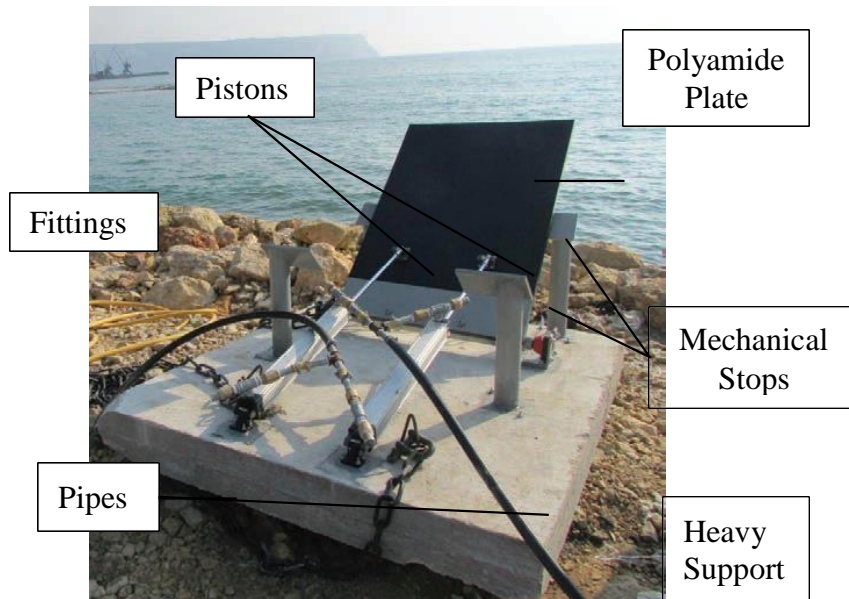
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Energi terbarukan semakin diminati oleh berbagai negara. Gelombang laut merupakan salah satu potensi yang dapat menciptakan energi terbarukan, namun potensi ini belum dikembangkan dengan baik di Lebanon sehingga muncullah ide untuk menciptakan sebuah inovasi yang dapat memanfaatkan potensi gelombang laut tersebut yaitu *waveroller*. *Waveroller* dirancang untuk efisiensi pemanfaatan gelombang laut menjadi tenaga listrik, sistem ini memanfaatkan gerak melintang gelombang dan mengubahnya menjadi listrik.

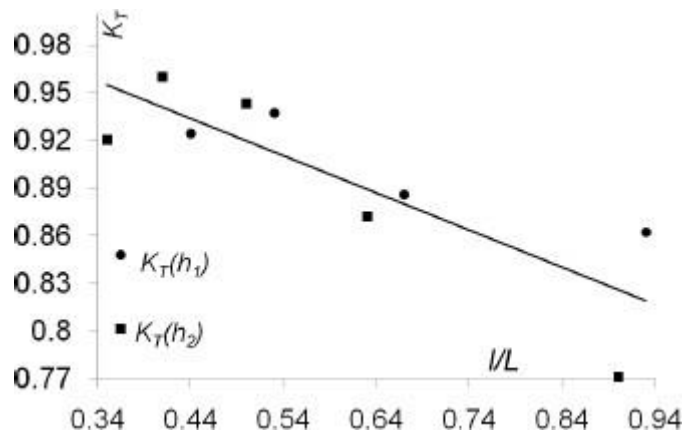
Konsep konverter gelombang diuntungkan dari gerak melintang gelombang menggunakan piston. Konverter gelombang terdiri dari pelat datar dimana dua rakitan silinder piston ganda dihubungkan. Sistem berengsel dimana pelat terendam di dasar laut. Pelat bergerak dua arah kedepan dan belakang, sebagai respons terhadap pasang surut gelombang permukaan. Sistem ini menangkap energi secara langsung dan beresilasi sepanjang sumbu tetap yang digerakkan oleh bantalan. Dua silinder yang dilekatkan pada pelat menyerap energi kinetik dan memompa cairan ke dalam hidrolik sebagai air bertekanan tinggi ke tangki penyimpanan yang ditempatkan pada ketinggian yang lebih tinggi di daratan. Setelah mencapai tangki ini, air diarahkan ke generator turbin hidro yang ditempatkan pada elevasi yang lebih rendah agar menghasilkan tenaga listrik. Uji coba prototipe *waveroller* di Perairan Lebanon memiliki penampilan sebagai berikut :



Gambar 2. 1 *Waveroller* (Chehaze et al. 2016)

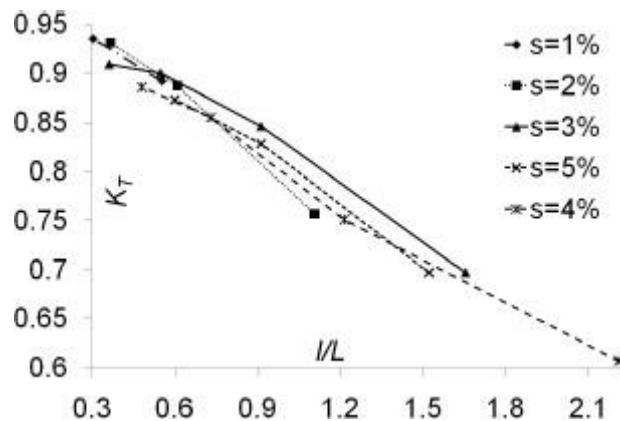
Gambar 2.1 merupakan desain yang diusulkan dirakit sebagai model pertama. Sistem itu dimasukkan ke air laut menggunakan *winch*. *Waveroller* terletak di laut yang cukup jauh dari bebatuan pada kedalaman 1,5 m di bawah permukaan air, berjarak 10 m dari pantai dan diposisikan horisontal di dasar laut. Setelah semua terletak pada posisi yang tepat, barulah dilakukan pemasangan pipa.

Namun penelitian yang dilakukan oleh Chehaze et al. (2016) tidak menganalisis redaman gelombang yang terjadi. Penelitian redaman gelombang oleh *wave converter* dilakukan oleh Zanuttigh et al. (2010). *Wave converter* yang diteliti ialah *Floating Wave Energy Converters* (WECs) yang diberi nama DEXA. Dari penelitiannya menunjukkan bahwa ada ketergantungan dari nilai K_T terhadap panjang gelombang L_p seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Martinelli *et al.* (2008) tentang *Floating Breakwater*. Secara spesifik, jika perbandingan antara panjang model dengan panjang gelombang l/L_p meningkat, K_T akan mengecil dan nilai K_T akan semakin berkurang di kedalaman yang lebih dalam. Untuk nilai l/L_p yang sama, K_T bernilai lebih kecil di kedalaman 0,65 m dibanding di kedalaman 0,55 m. Penjelasan tersebut dirangkum dalam grafik berikut ini :



Gambar 2. 2 Variasi koefisien transmisi K_T dengan l/l_p , $h_1=0,55$ m & $h_2=0,65$ m (Zanuttigh et al. 2010)

Selain itu, Zanuttigh et al. (2010) juga mengungkap pengaruh kecuraman gelombang s terhadap koefisien transmisi K_T . Berdasarkan gambar Grafik 2.2, untuk nilai l/L_p yang sama, nilai K_T ($s=5\%$) bernilai lebih kecil dibanding nilai K_T ($s=3\%$). Artinya, semakin curam gelombang maka semakin mudah diredam oleh struktur.



Gambar 2. 3 Grafik variasi K_T terhadap l/l_p dan terhadap s .

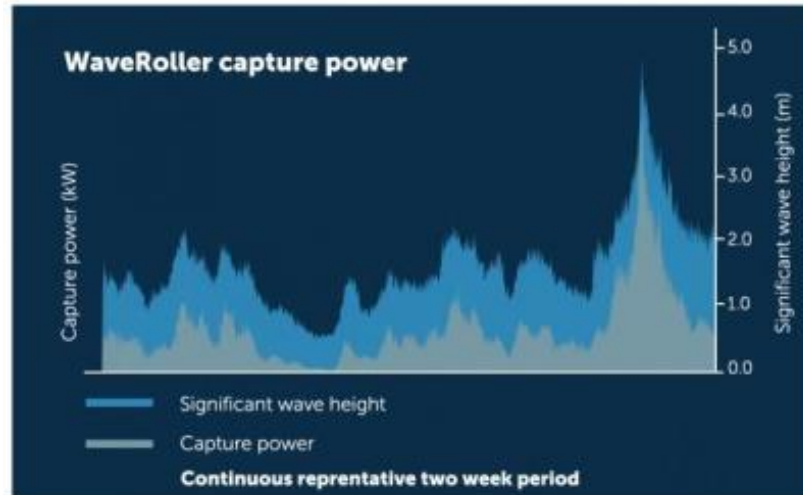
Pada penelitian sebelumnya Lucas et al. (2012), dilakukan pengembangan terhadap desain produk komersil *Oscillating Wave Surge* milik AW-Energy dengan pengujian fisik dan numerik di Spain untuk menemukan beban yang mengenai model serta estimasi energi yang dapat diterima oleh *Oscillating Wave Surge* sebagai sistem konversi energi. Model dibuat dengan skala 1 : 24 seperti Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2. 4 Model *Oscillating Wave Surge* (Lucas et al. 2012)

Melalui penelitian ini, AW – Energy mengembangkan *Power System Take Off (PTO)* yang optimal dalam pemanfaatan energy gelombang laut sebagai sumber listrik.

Pada penelitian Mäki et al. (2014) yang dilakukan di Peniche, Portugal diketahui bahwa performa *Oscillating Wave Surge* dalam menangkap energi gelombang dan mengkonversinya menjadi energi listrik dinilai sangat baik, dan sudah mendapatkan verifikasi dari DNV-GL. Hal tersebut menjadi batu loncatan bagi AW-Energy untuk memasarkan *Oscillating Wave Surge* sebagai PLTGL yang baik di dunia. Hal tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 5 Perbandingan tinggi gelombang terhadap jumlah energi yang ditangkap
Mäki et al. (2014)

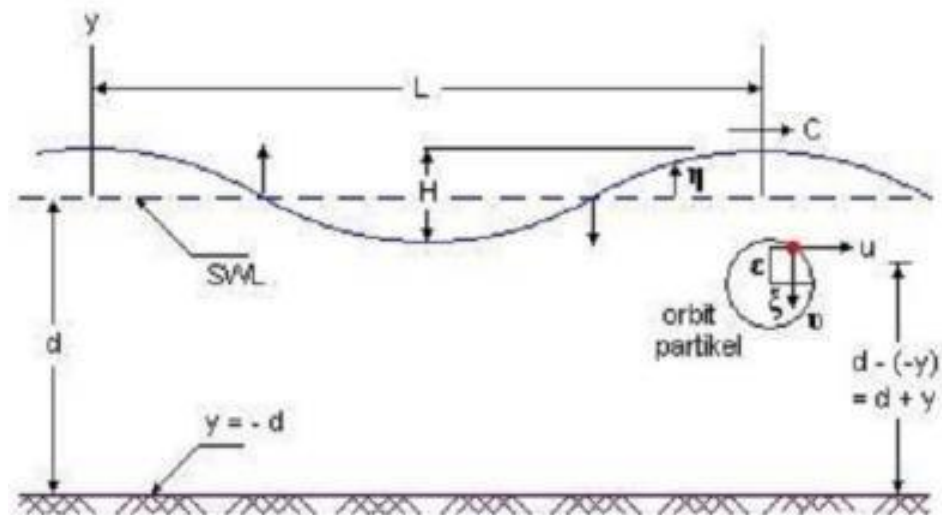
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Teori Gelombang

Suatu gelombang memiliki parameter penting seperti panjang gelombang, tinggi gelombang, kedalaman air, dan periode gelombang. Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara puncak atau lembah gelombang. Tinggi gelombang (H) adalah jarak vertikal yang diukur dari lembah gelombang hingga puncak gelombang. Kedalaman air (d) adalah jarak antara muka air rerata dan dasar laut. Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melalui titik tertentu. Melalui parameter – parameter tersebut dapat diketahui parameter lain seperti kecepatan rambat gelombang (C) adalah perbandingan antara panjang gelombang dengan periode gelombang (L/T).

Gelombang dapat menimbulkan energi dalam membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Triatmodjo, 1999). Oleh karena itu, dalam perencanaan bangunan pantai, seorang teknik pantai harus memahami gelombang baik secara karakteristik maupun perilakunya selama penjalaran menuju pantai ataupun daerah pantai.

Bentuk gelombang dapat digambarkan sebagaimana pada Gambar 2.6 Gelombang berada pada koordinat x-y yang menjalar pada arah sumbu z.



Gambar 2. 6 Sket Definisi Gelombang (Triadmojo, 1999)

Keterangan:

d : jarak antara muka air rerata dan dasar laut (dasar laut)

$\eta(x, t) : \frac{H}{2} \sin \left(\frac{2\pi}{L} x - \frac{2\pi}{T} t \right)$ fluktuasi muka air terhadap muka air diam
(still water level)

a : amplitudo gelombang

H : tinggi gelombang = $2a$

L : panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan

T : periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya

C : kecepatan rambat gelombang = L/T

k : angka gelombang = $2\pi/L$

σ : frekuensi gelombang = $2\pi/T$

2.2.2 Karakteristik Gelombang

a. Gelombang Linear (*Regular Wave*)

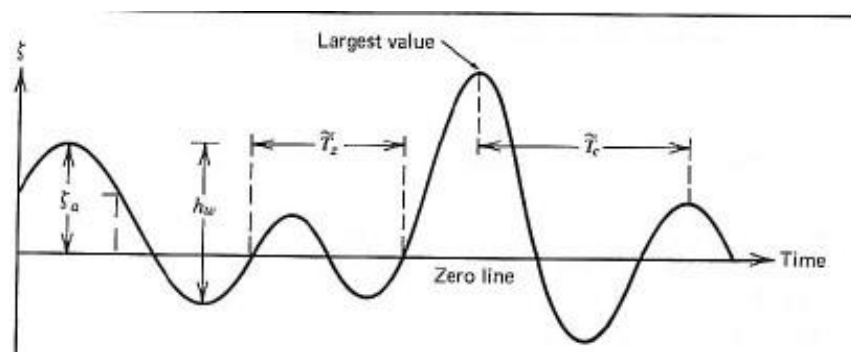
Secara sederhana suatu gelombang berada pada sistem koordinat x, y dan menjalar pada arah sumbu x (Triadmodjo, 2012). Gelombang linear mempunyai rangkaian puncak gelombang yang panjang dan paralel, memiliki ketinggian dan jarak yang sama diantara dua puncak

gelombang. Selain itu, gelombang linear bergerak dengan kecepatan yang konstan dan tanpa perubahan bentuk.

b. Gelombang Acak (*Irregular Wave*)

Gelombang acak menurut Battacharyya (1972) ditandai dengan:

1. Permukaan gelombang merupakan permukaan yang tidak beraturan, sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis karena ketidaklinierannya, tiga dimensi dan memiliki bentuk yang acak, dimana suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode yang berbeda.
2. Permukaan gelombang yang tidak beraturan selalu berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari tempat ke tempat bergantung dengan kecepatan angin.



Gambar 2. 7 Sketsa Gelombang Acak (Bhattacharyya, 1972).

Keterangan :

- ζ = elevasi gelombang
- ζ_a = amplitudo gelombang semu
- H = tinggi gelombang semu
- T_r = periode lintas nol semu
- T_c = periode semu

Gelombang irreguler tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya (Bhattacharyya, 1972).

$$E_T = \sum E_i \dots \dots \dots (2.1)$$

Atau

$$E_T = 1/2 \rho g \sum \xi ai \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

E_T = energi total (joule/m)

E_i = energi masing – masing gelombang sinusoidal (joule/m)

ρ = densitas air laut (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

ξai = amplitude gelombang (m)

Oleh karena itu, gelombang laut dapat dinyatakan menurut distribusi energinya terhadap frekuensi gelombang, panjang gelombang, dan periode gelombang. Distribusi energi gelombang menurut frekuesinya disebut spektrum gelombang.

c. Transmisi Gelombang

Transmisi gelombang adalah gelombang yang diteruskan setelah melalui suatu bangunan laut yang parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i) atau akar dari energi gelombang transmisi (E_t) dengan energi gelombang datang (E_i) (Noorgaard, J.H, et al. 2012).

$$Kt = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan :

Kt = transmisi gelombang

H_t = tinggi gelombang datang

H_i = tinggi gelombang transmisi

E_t = energi gelombang datang

E_i = energi gelombang transmisi

d. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

Kedalaman relatif adalah perbandingan antara kedalaman air d dan panjang gelombang L , (d/L), dapat dikalsifikasikan menjadi:

◦ Gelombang di laut dangkal jika $(d/L) \leq 1/20$

◦ Gelombang di laut transisi jika $1/20 < (d/L) < 1/2$

° Gelombang di laut dalam jika $(d/L) \geq 1/2$

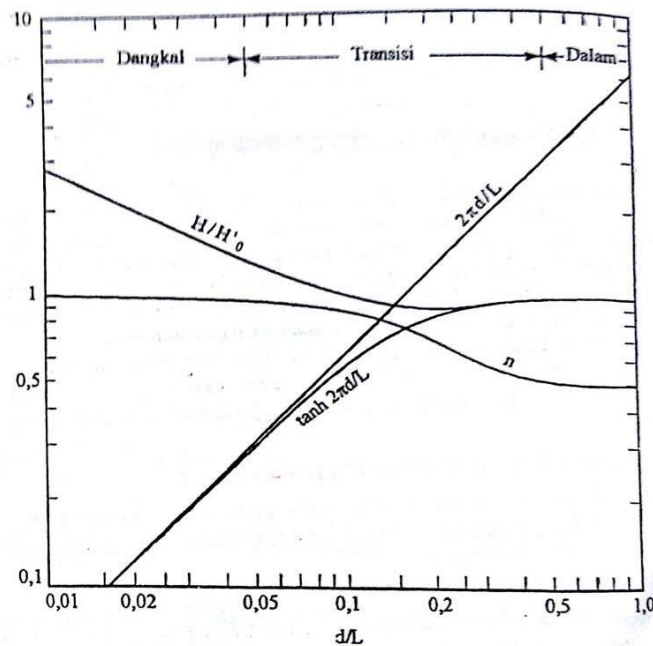
Klasifikasi ini digunakan untuk menyederhanakan persamaan gelombang.

Penyederhanaan ini dapat dijelaskan pada Gambar 2.8. yang menunjukkan parameter-parameter sebagai fungsi dari kedalaman relatif.

Apabila kedalaman relatif (d/L) lebih besar dari 0,5; nilai $\tanh(2\pi d/L) = 1,0$ sehingga Persamaan 2.2. dan 2.4. menjadi:

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \dots \dots \dots (2.6)$$



Gambar 2. 8 Parameter Fungsi Kedalaman Relatif (Triatmodjo, 1999)

Indeks 0 menunjukkan bahwa nilai-nilai tersebut adalah untuk kondisi di laut dalam. Apabila percepatan gravitasi = $9,81 \text{ m/s}^2$ maka persamaan 3.6 menjadi:

$$L_0 = 1,56 T^2 \dots \dots \dots (2.7)$$

2.2.3 Pemodelan Fisik

Pemodelan fisik dapat dikatakan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk model yang sama dengan prototipenya atau menggunakan model yang lebih kecil dengan kesebangunan atau similaritas yang cukup memadai. Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada pada prototipe sulit untuk diperoleh karena berbagai keterbatasan. Studi lapangan dapat menyediakan data yang akurat, tetapi biasanya membutuhkan biaya yang tinggi dan memuat variabel alam yang dapat menyebabkan kesulitan dalam interpretasi data. Hasil visualisasi tersebut mungkin merupakan hal yang tidak bisa dihasilkan secara teoritis atau dengan menggunakan perhitungan komputer (Hughes, 1993).

2.2.3.1 Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik dipenuhi apabila bentuk model dan prototipe sebangun. Hal ini menyatakan ukuran panjang antara model dan prototype harus sebanding, jika skala model diberi notasi nL maka persamaan akan menjadi sebagai berikut (Hughes, 1993).

$$nL = \frac{L_p}{L_m} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

nL = skala panjang

L_p = panjang prototipe (m)

L_m = panjang model (m)

2.2.3.2 Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah dimana tingkah laku model dibuat sama dengan tingkah laku prototipenya. Serupa kinematik dipenuhi apabila rasio antara komponen semua gerak vektor dari model dan prototipe sama untuk semua partikel dan waktu (Hudson et al, 1979). Kecerupaan kinematik akan memastikan bahwa gerak gelombang dan kinematika aliran yang terjadi sudah teraplikasi dengan benar pada model fisiknya. Berdasarkan keserupaan kinematik, nilai-nilai skala antara model dan *prototype* dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Skala Waktu

$$\frac{t_{m1}}{t_{p1}} = \frac{t_{m2}}{t_{p2}} = \frac{t_{m3}}{t_{p3}} \dots\dots\dots(2.5)$$

2. Skala Kecepatan

$$\frac{v_{m1}}{v_{p1}} = \frac{v_{m2}}{v_{p2}} = \frac{v_{m3}}{v_{p3}} \dots\dots\dots(2.6)$$

3. Skala Percepatan

$$\frac{f_{m1}}{f_{p1}} = \frac{f_{m2}}{f_{p2}} = \frac{f_{m3}}{f_{p3}} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.2.3.3 Sebangun Dinamik

Hughes (1993) menyatakan bahwa pada bangunan pantai proses fisik yang terjadi dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Gaya-gaya tersebut meliputi gaya inersia, gaya tekan, gaya berat, gaya gesek dan gaya tegangan permukaan. Dalam penelitian ini kriteria kesebangunan yang harus dipenuhi adalah kriteria sebangun dinamik menurut kondisi bilangan froude. Bilangan froude dapat diekspresikan dengan ratio antara gaya inersia dengan gaya gravitasi.

- Gaya inersia : $F_i = \rho l^2 v^2 \dots\dots\dots(2.8)$

- Gaya berat : $F_g = \rho l^3 g \dots\dots\dots(2.9)$

- Gaya gesek : $F_\mu = \mu v l \dots\dots\dots(2.10)$

- Gaya tegangan permukaan : $F_\sigma = \sigma l \dots\dots\dots(2.11)$

Kesebangunan dinamik dapat dinyatakan sebagai perbandingan gaya-gaya di atas sebagai bilangan tak berdimensi dan dinyatakan dalam kriteria kriteria sebagai berikut :

- Froude Number : $\left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right) p = \left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right) m \dots\dots\dots(2.12)$

- Reynold Number : $\left(\frac{\rho v L}{\mu}\right) p = \left(\frac{\rho v L}{\mu}\right) m \dots\dots\dots(2.13)$

- Euler Number : $\left(\frac{P}{\sigma v^2}\right) p = \left(\frac{P}{\sigma v^2}\right) m \dots\dots\dots(2.14)$

- Weber Number : $(\frac{\rho v^2 L}{\sigma}) p = (\frac{\rho v^2 L}{\sigma}) m \dots \dots \dots (2.15)$

- Cauchy Number : $(\frac{\rho v^2}{E}) p = (\frac{\rho v^2}{E}) m \dots \dots \dots (2.16)$

Dengan :

ρ = massa jenis fluida

l = Panjang

v = kecepatan

g = percepatan gravitasi

μ = viskositas dinamik

σ = tegangan permukaan

E = modulus elastisitas

Rasio antara gaya gravitasi dan gaya inersia pada model dan prototipe harus sama, karena kedua gaya tersebut memiliki peranan yang penting didalam pemodelan, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$nFr = \frac{n_u}{(nL)^{0.5}} = 1 \dots \dots \dots (2.17)$$

2.2.3.4 Pembangkit Listrik *Oscillating Wave Surge*

AW-Energy sebagai salah satu perusahaan energi di Finlandia mengembangkan sistem pembangkit listrik tenaga gelombang laut bernama *Oscillating Wave Surge*. *Oscillating Wave Surge* adalah salah satu teknologi yang dapat merubah energi gelombang laut menjadi energi listrik. Ilustrasi mengenai *Oscillating Wave Surge* dapat dilihat pada Gambar 2.11.

WAVEROLLER
POWER 350KW, FLAP 18M X 10M

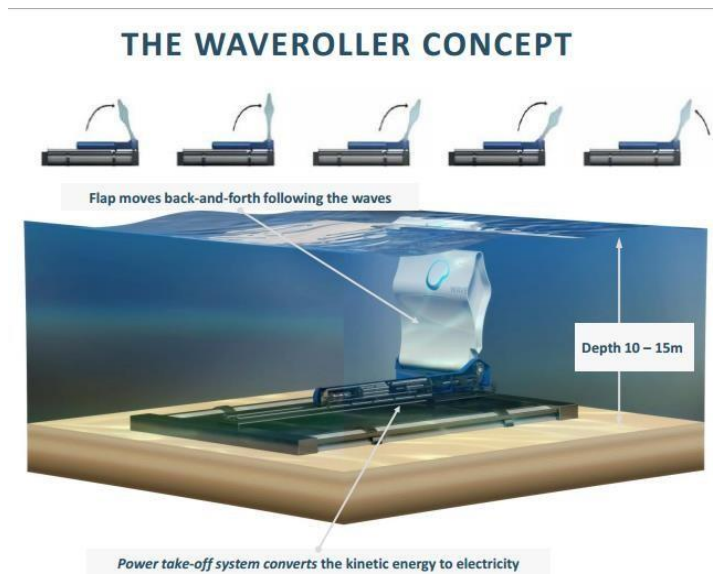


Gambar 2. 9 Ilustrasi Dimensi Oscillating Wave Surge (<http://aw-energy.com>)

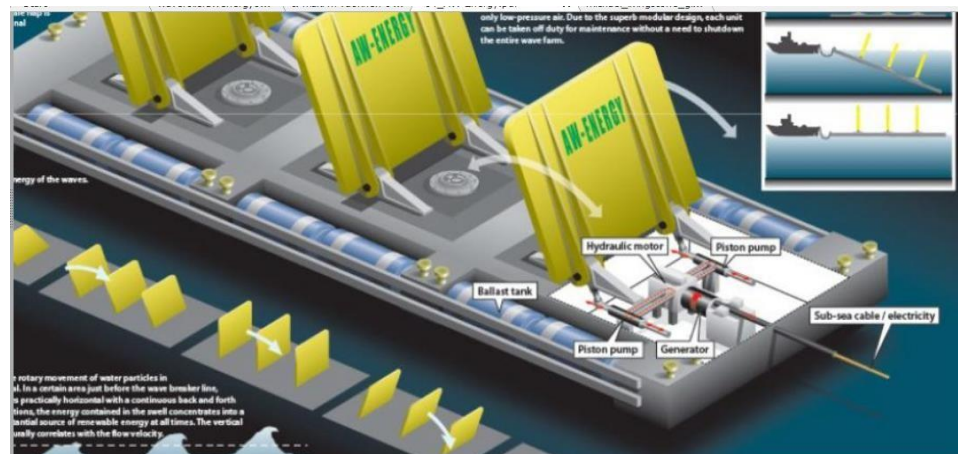
Alat ini memanfaatkan energi gelombang yang terosilasi menggunakan flap yang dapat bergerak akibat gaya gelombang yang mengenainya. Gerakan pitch dari flap berdimensi 18 m x 10 m akan membuat sistem hidrolik bekerja memutar generator pembangkit listrik sehingga energi listrik dapat dihasilkan. Energi listrik yang dihasilkan selanjutnya akan ditransfer menuju daratan menggunakan *subsea cable*. *Oscillating Wave Surge* dioperasikan pada daerah tepi pantai pada kedalaman 8-20 meter, atau kurang lebih 0.3-2 km dari tepi pantai. Sistem ini akan ditambat pada dasar perairan dan seluruh unitnya berada pada kondisi tenggelam (*submerged*).

Oscillating Wave Surge sistem konversi energi gelombang laut adalah perangkat yang berada di dasar perairan tepi pantai, terdiri dari sebuah flap yang bergerak aktif akibat gaya gelombang. Flap ini tersambung pada sebuah poros ke struktur dasar dan pondasi dasar laut. Alat ini akan mengubah energi gelombang laut menjadi tenaga listrik dengan memanfaatkan gerakan pitch dari flap tersebut. Sistem yang akan merubah energi kinetik menjadi energi listrik adalah Power Take-Off System (PTO), terdiri atas sikuit hidrolik yang di mana piston yang sebelumnya terhubung pada flap akan memompa fluida di dalam sirkuit hidrolik tertutup. Semua elemen yang berada di sistem

hidrolik berada dalam struktur hermetis dan tidak berinteraksi langsung dengan lingkungan laut. fluida bertekanan tinggi akan menuju ke motor hidrolik yang akan menggerakkan generator listrik. Output listrik dari generator kemudian akan disalurkan menuju jaringan listrik yang berada di darat menggunakan *subsea cable*. Ilustrasi sistem kerja *Oscillating Wave Surge* dapat dilihat pada Gambar 2.12 dan 2.13.



Gambar 2. 10 Ilustrasi Konsep Oscillating Wave Surge (<http://aw-energy.com>)



Gambar 2. 11 Ilustrasi Sistem Kerja dan Maintenance Oscillating Wave Surge (<http://aw-energy.com>)

2.2.3.5 Kelebihan Pemodelan Fisik

Dean dan Dalrymple (1984) menyatakan terdapat dua keuntungan dari pemodelan fisik, yaitu :

1. Persamaan yang digunakan dalam pemodelan fisik dipakai tanpa menyederhanakan asumsi yang biasanya digunakan dalam pemodelan analitis atau numerik.
2. Model dalam skala kecil akan mengurangi biaya untuk pengumpulan data dan mempermudah dalam pencatatan data bila dibandingkan dengan pengumpulan data secara langsung di lapangan.

2.2.3.6 Kelemahan Pemodelan Fisik

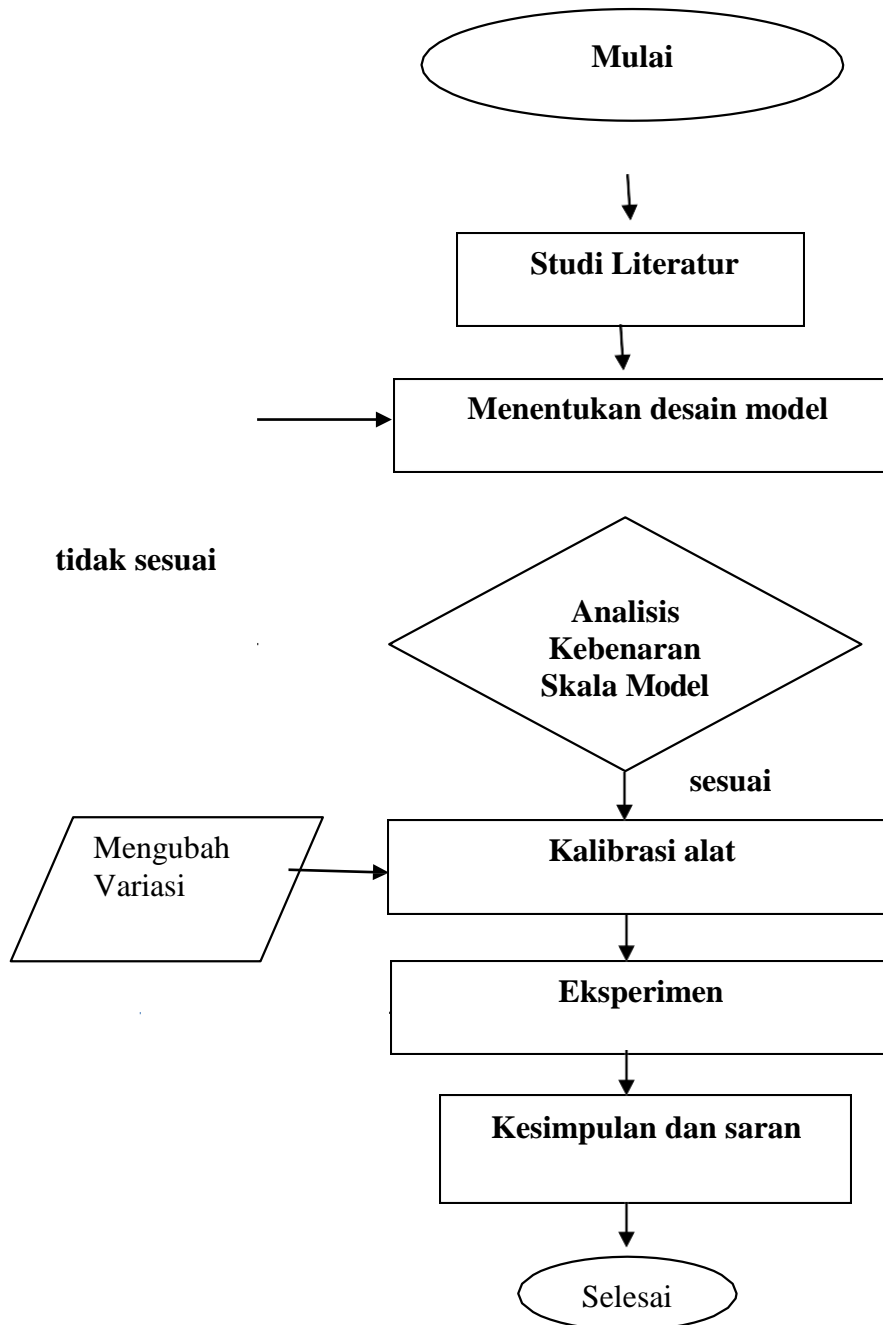
Menurut Hughes (1993) pemodelan fisik juga terdapat kesalahan yang mungkin terjadi diantaranya :

1. Efek laboratorium yang dapat memengaruhi proses simulasi secara keseluruhan apabila tidak dilakukan pendekatan yang sesuai dengan prototipenya. Hal tersebut disebabkan oleh ketidakmampuan untuk menghasilkan kondisi pembebanan yang realistis serta adanya pengaruh keterbatasan yang dimiliki model terhadap proses yang disimulasikan.
2. Efek skala, terjadi karena kita membuat model yang lebih kecil dari prototipe yang sebenarnya sehingga tidak mungkin memodelkan semua variabel yang relevan dalam hubungan yang benar satu sama lain. Dapat diumpamakan adanya efek skala ini sama dengan adanya penyederhanaan asumsi pada pemodelan numerik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Skema Diagram Alir



Gambar 3. 1 Skema Diagram Alir

3.2 Penjelasan Diagram Alir Analisis

Penjelasan bagian diagram alir analisis adalah sebagai berikut:

a. Studi literatur

Studi literatur merupakan aktivitas mengumpulkan sumber-sumber referensi terkait pengerjaan analisis. Data dan analisa penelitian mengenai *waveroller* sebelumnya. Selain itu, informasi mengenai teori gelombang. Literatur yang digunakan bisa berupa buku, paper atau jurnal yang berkaitan dengan analisa yang dilakukan.

b. Menentukan desain model

Dalam eksperimen ini akan menggunakan jenis permodelan fisik yang dibuat dari bahan triplek untuk *flap*, engsel pintu untuk menggerakkan pelat ke depan dan belakang, dan ada penahan pelat agar pelat tidak miring melebihi 45° , permodelan akan mengacu pada gambar sebelumnya (Gambar 2.9). Selain itu, model lingkungan akan disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang sebenarnya yaitu di Perairan Sumba, disesuaikan semaksimal mungkin agar mewakili karakteristik dari model nya.



Gambar 3. 2 Model Fisik *Oscillating Wave Surge*

c. Kesebangunan geometrik

Pembuatan skala yang berdimensi linear. Rasio yang mewakili dimensi tersebut adalah

$$\frac{25}{1000} = \frac{1}{40}$$

Didapatkan skala model 1 : 40

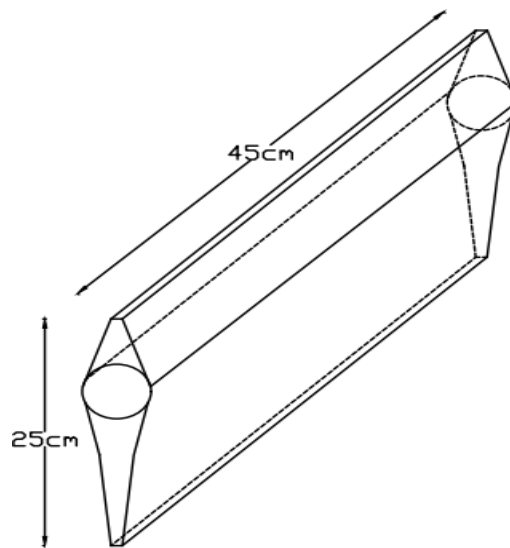
Tabel 3. 1 Skala Model Eksperimen Berdasarkan Prototipe (Plat)

Dimensi	Prototipe	Skala	Model
Panjang OWS	18 m	1 : 40	45 cm
Lebar OWS	10 m	1 : 40	25 cm

Tabel 3. 2 Skala Model Lingkungan Berdasarkan Lingkungan Sebenarnya

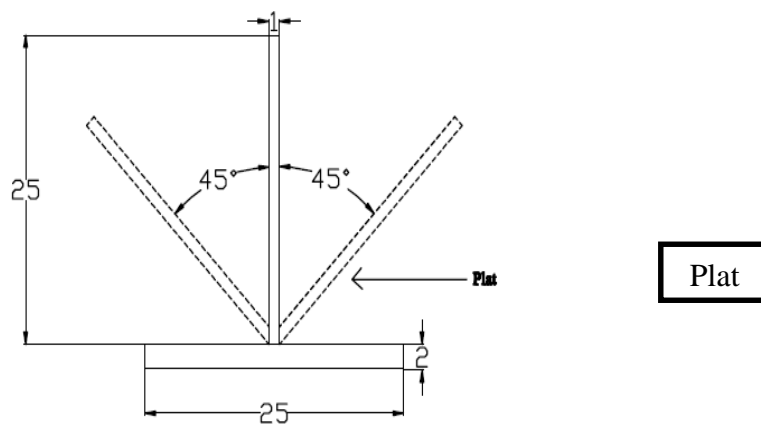
Ukuran	Model Lingkungan Lab	Lingkungan Sebenarnya	Skala
Tinggi Gelombang Signifikan (H_s)	5 cm	1,37 m	1 : 40
Kedalaman Perairan	20 cm – 37,5 cm	8 m – 15 m	1 : 40
Periode Gelombang Signifikan (T_s)	1,1 s	6,9 s	1 : 40

Didapatkan sketsa model fisik eksperimen dengan skala 1 : 40 seperti pada Gambar 3.3 di bawah ini :



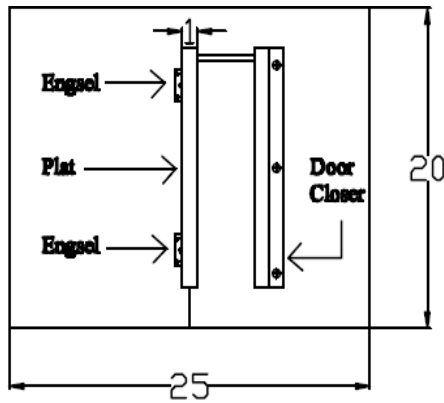
Gambar 3. 3 Sketsa Model Flap (dalam cm)

Bentuk *Flap* didasarkan pada Liljelund (2015) , lebar *flap* 45 cm, sedangkan tinggi *flap* 25 cm, pada tengah *flap* diberi ruang udara sebagai *bouyency* agar *flap* dapat mudah berosilasi.



Gambar 3. 4 Sketsa osilasi flap

Flap akan berosilasi ke depan dan ke belakang seiring dengan adanya gelombang yang menabrak *flap* tersebut, namun pada penelitian kali ini, *flap* diasumsikan tidak bergerak. *Flap* dipasang dengan sudut 90°, 60°, 45° terhadap papan alas. Terdapat pengganjal *Flap* untuk menahan *flap* agar tetap statis tidak bergerak.

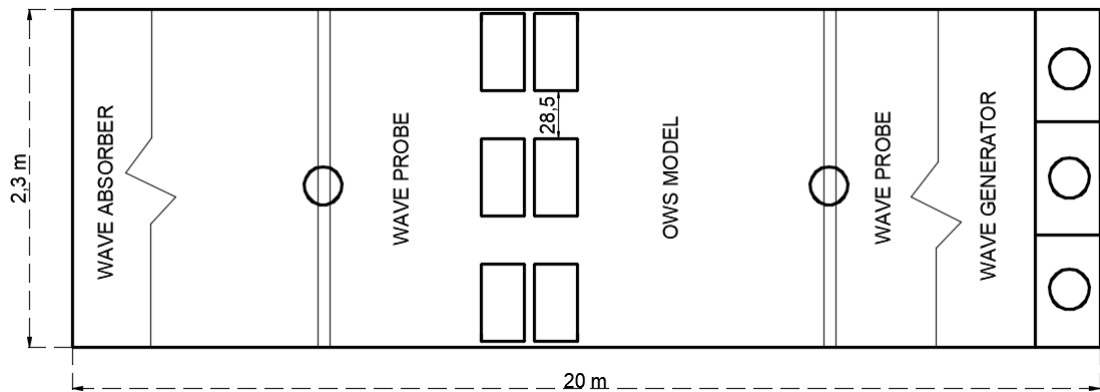


Gambar 3. 5 Sketsa model tampak atas

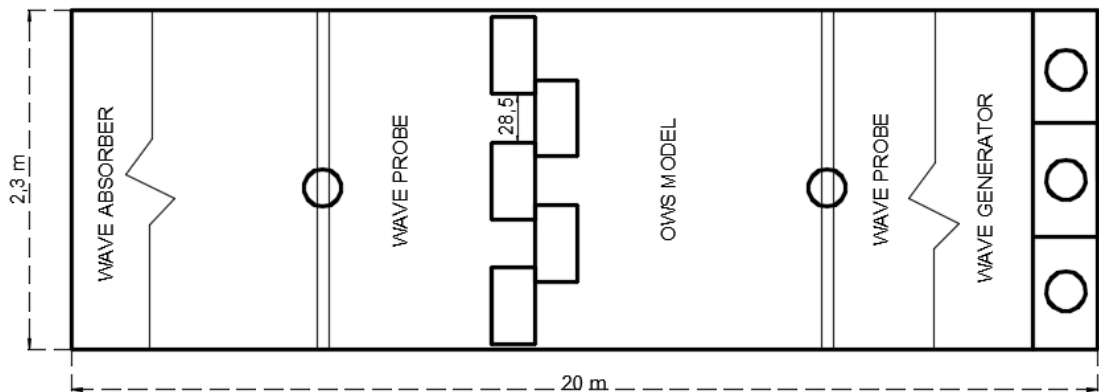
Terdapat engsel untuk penahan *flap* agar dapat berdiri, *door closer* untuk menyangga *flap* agar tetap pada kemiringan 45°.

Setelah dilakukan pembuatan OWS, dilakukan desain peletakan model di *flume tank*.

Berikut sketsa peletakan model di *Flume Tank* pada kondisi sejajar, dan zig-zag.



Gambar 3. 6 Peletakan Model di *Flume Tank* posisi sejajar



Gambar 3. 7 Peletakan Model di *Flume Tank* posisi zig-zag

d. Persiapan Eksperimen (Kalibrasi Alat)

Persiapan eksperimen yang perlu dilakukan pada tahap ini adalah pengecekan alat laboratorium. Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.

Berikut ini disajikan data detail dari Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut mengenai kolam gelombang (*flume tank*):

Dimensi : 20 m x 2,3 m x 2,5 m

Pembangkit :

- Sistem pembangkit : Jenis Plunyer
- Keluaran gelombang : Reguler/Irreguler
- Periode gelombang : 0,5-3,0 detik
- Tinggi gelombang : 0,3 m (maksimum)
- Kedalaman : 0,65 cm (minimum)

Pada tahap ini akan dilaksanakan eksperimen sesuai dengan desain eksperimen model yang telah dibuat. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui redaman gelombang yang paling optimum dari variasi jarak antar model susunan pada kondisi gelombang regular maupun irregular.

Berikut adalah gambar dari Kolam *flume Tank*, *Interface ADC*, dan *wave probe*.

Gambar 3. 8 Kolam *Flume Tank*





Gambar 3. 9 *Interface ADC* (dokumen pribadi)



Gambar 3. 10 *Wave Probe* (dokumen pribadi)

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam proses penelitian antara lain adalah data dimensi OWS, dan data gelombang di titik yang diteliti. Data tersebut dijadikan acuan dalam pengujian model OWS yang dilakukan di laboratorium Departemen Teknik Kelautan.

Data OWS mengacu pada data milik *AW – Energy – Positive experiences of the Waveroller in Portugal and France*, dituliskan bahwa ukuran *flap* 18 m x 10 m. Tidak hanya memberikan informasi mengenai dimensi, disitu juga dapat diketahui bagaimana mekanisme OWS itu bekerja, dalam hal ini disebut *waveroller*. Ukuran *flap* yang awalnya 18 m x 10 m ini diskalakan 1 : 40 menjadi 45 x 25 cm. *Waveroller* yang diteliti

oleh *AW Energy* ini dapat beresilasi ke depan dan ke belakang untuk menangkap gelombang yang datang sehingga dapat dikonversikan menjadi sebuah energi listrik karena fungsinya sendiri sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Pada penelitian saya kali ini, *waveroller* yang dimodelkan menjadi OWS tidak beresilasi ke depan ke belakang, namun cukup dibuat statis dengan sudut yang bervariasi. Sudut yang diujikan adalah *flap* pada kemiringan 45, 60, dan 90 terhadap alas.

3.4 Rencana Kerja

Untuk kondisi gelombang regular, adapun rencana kerjanya sebagai berikut :

Tabel 3. 3 Rencana Pengujian Kondisi Gelombang Regular

No. Uji	Formasi	Hinput(cm)	Tinput (s)	Sudut <i>flap</i> (deg)
1	Sejajar	5	1,2	45
2	Sejajar	5	1,2	60
3	Sejajar	5	1,2	90
4	Zig Zag	5	1,2	45
5	Zig Zag	5	1,2	60
6	Zig Zag	5	1,2	90

Sedangkan untuk kondisi gelombang irregular, rencana kerjanya sebagai berikut :

Tabel 3. 4 Rencana Pengujian Kondisi Gelombang Irregular

No Uji	Hinput (cm)	Tinput (s)	g (cm/s ²)
1	2	1,3	981
2	2	1,5	981
3	3	1,1	981
4	3	1,3	981
5	3	1,5	981
6	4	1,1	981
7	4	1,3	981

Tabel 3. 5 Rencana Pengujian Kondisi Gelombang Irregular

No Uji	Formasi	Sudut Flap (deg)
1	Sejajar	45
2	Zig-zag	45
3	Sejajar	60
4	Zig-zag	60
5	Sejajar	90
6	Zig-zag	90

Irregular = 6 x 7 eksperimen = 42 eksperimen
Eksperimen pada kondisi gelombang irreguler dilakukan sebanyak 42 kali.

e. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini terdapat kesimpulan-kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan dengan memperhatikan *codes* yang dipakai. Setelah didapat kesimpulan, akan diberikan saran yang bisa membuat penelitian ini lebih baik.

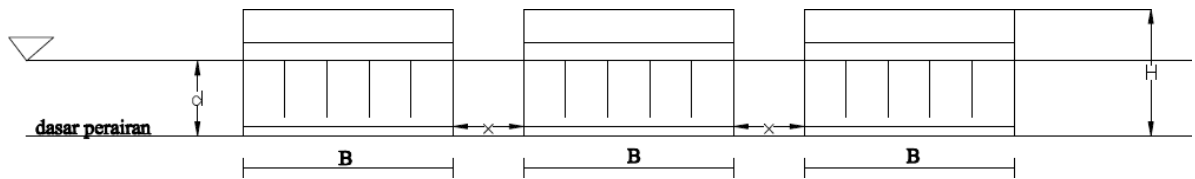
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Dimensi Alat

Analisa dimensi dilakukan dengan metode matriks. Analisa dimensi dilakukan untuk melihat pengaruh analisa tak berdimensi untuk menyederhanakan proses eksperimen.



Gambar 4. 1 Analisa Dimensi OWS Tampak Depan

$$Ht = \phi[B ; T ; \rho_w ; Hi ; x ; l ; V_w ; \mu ; g]$$

Keterangan :

Ht = tinggi gelombang tereduksi (m)

B = lebar model struktur (m)

T = periode gelombang (s)

ρ_w = massa jenis fluida (kg/m^3)

x = jarak antar model struktur (m)

l = panjang alas penopang model struktur (m)

V_w = cepat rambat gelombang (m/s)

μ = viskositas fluida (kg/ms)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Dengan metode Matriks dapat diperoleh bilangan tak berdimensi sebagai berikut :

$$\frac{Ht}{Hi} = \phi \left[\frac{Hi}{gT^2} ; \frac{x}{B} ; \frac{x}{l} ; \frac{V_w T}{h} ; \frac{V_w h}{\mu/\rho_w} ; \frac{V_w^2}{gh} \right]$$

$$\frac{H_t}{H_i} = \phi \left[\frac{H_i}{gT^2}; \frac{x}{B}; \frac{x}{l} \right]$$

Keterangan :

- $\frac{H_t}{H_i}$ = transmisi gelombang
- $\frac{H_i}{gT^2}$ = kecuraman gelombang
- $\frac{x}{B}$ = jarak transversal relatif model struktur
- $\frac{x}{l}$ = jarak longitudinal relatif model struktur
- $\frac{l}{V_w T}$ = KC number
- $\frac{h}{V_w h}$ = reynolds number
- $\frac{\mu/\rho_w}{V_w^2}$ = froude number
- gh

4.2 Kalibrasi Alat

Kalibrasi adalah proses untuk menyesuaikan keluaran, *output*, atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan standar yang digunakan. Sebelum melakukan eksperimen yang sebenarnya, kalibrasi alat menjadi hal yang wajib dilakukan untuk memastikan apakah alat dapat bekerja dengan semestinya. Alat – alat yang digunakan ialah *wave probe*, *wave generator*, dan komputer untuk jalankan *software* yang menunjukkan *input* dan *output* data.

4.2.1 Wave Generator

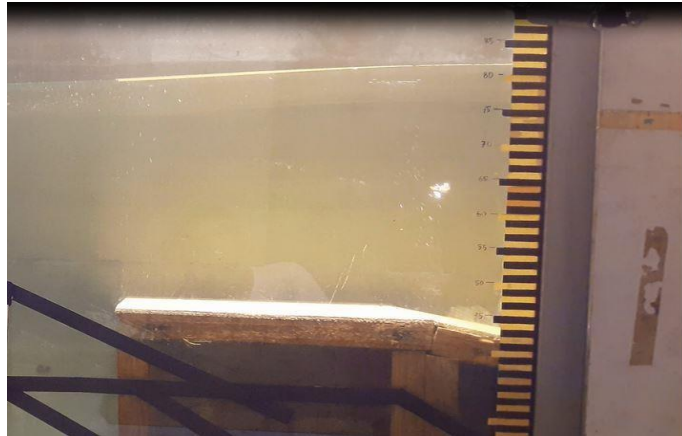
Wave generator adalah alat pembangkit gelombang yang memerlukan *input* data H (Tinggi gelombang), dan T (Periode gelombang) sesuai yang diinginkan. *Wave generator* ini sendiri dikalibrasikan untuk mengetahui nilai data gelombang yang digunakan sebagai *input* di komputer sesuai dengan data gelombang yang dibangkitkan di kolam eksperimen.



Gambar 4. 2 Kondisi air tenang (sumber: dokumentasi pribadi)



Gambar 4. 3 Kondisi lembah gelombang (dokumentasi pribadi)

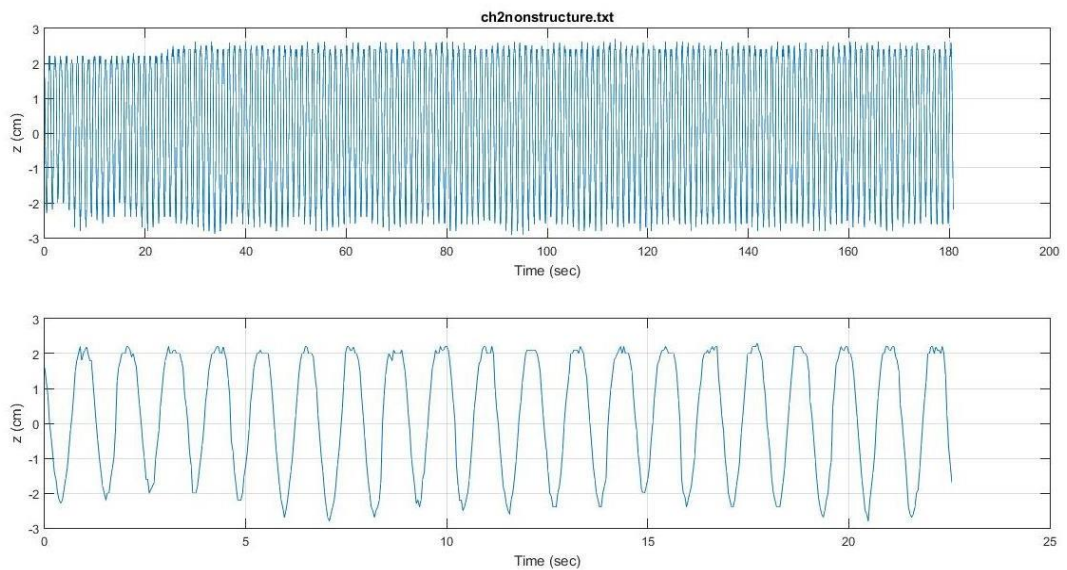


Gambar 4. 4 Kondisi Puncak Gelombang (dokumentasi pribadi)

Dari ketiga gambar di atas dapat diketahui dengan dilihat secara langsung, bahwa pada saat air tenang kondisi gelombang reguler memiliki ketinggian 80 cm. Ketika gelombang dibangkitkan, air dapat mencapai ketinggian 82 cm untuk puncak gelombang, dan 77 cm untuk lembah gelombang. Dengan mengetahui puncak gelombang dan lembah gelombang, dapat pula diketahui tinggi gelombang sebesar 5 cm. Adapun hasil pembacaan pada alat *wave maker* itu sendiri dapat dilihat pada tabel berikut.

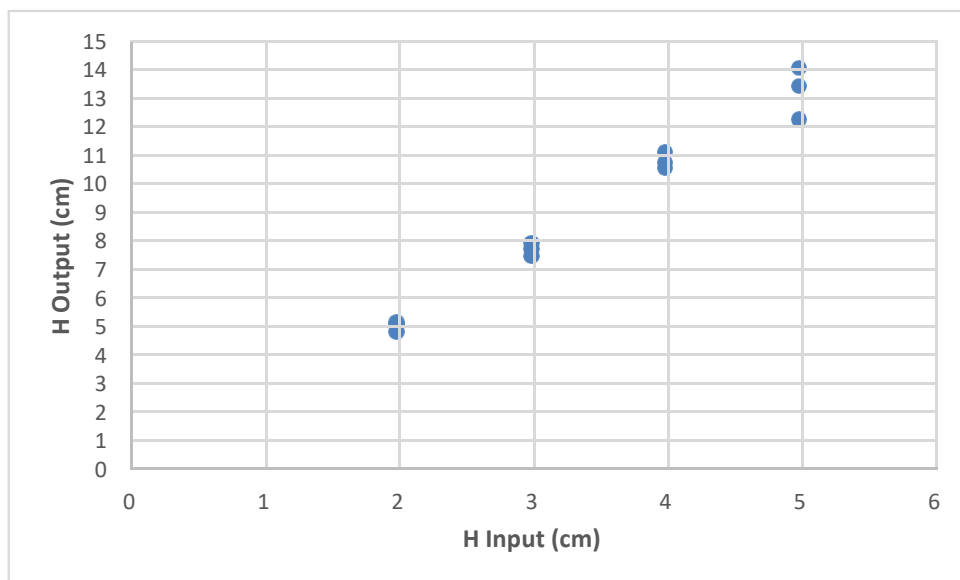
Tabel 4. 1 Hasil Input dan Output Gelombang Reguler pada *Wave Maker*

Jenis Gelombang	<i>Input Wave Maker</i>		<i>Output Wave Maker</i>	
	H (cm)	T (detik)	H (cm)	T (detik)
Reguler	5	1.2	5.2882	1.1005

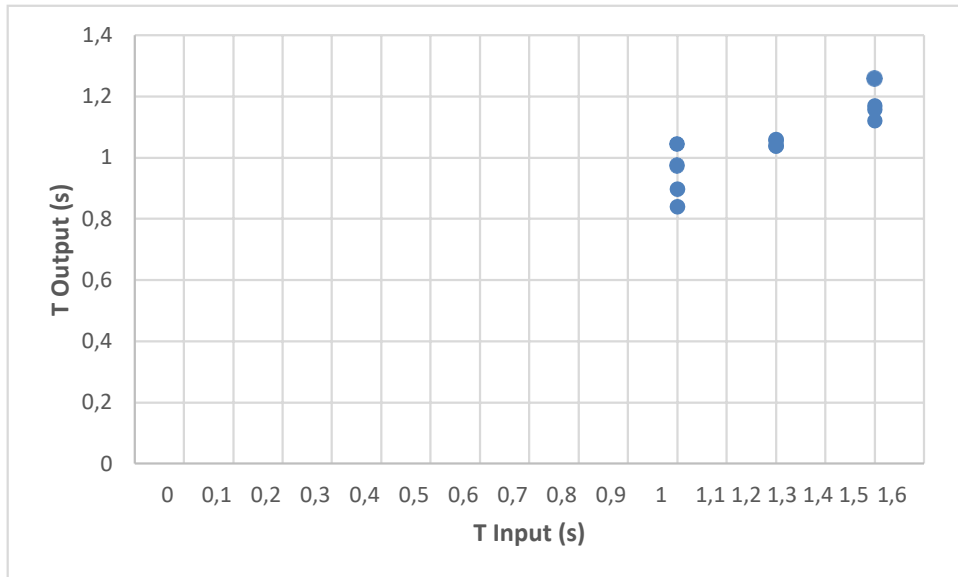


Gambar 4. 5 Pembacaan Gelombang Reguler pada *Software Water Tide Meter*

Dari tabel dan pengamatan secara langsung dapat disimpulkan bahwa *input* gelombang di komputer sesuai dengan *output* gelombang yang dibangkitkan di kolam *flume*. Pada kondisi gelombang irregular dilakukan kalibrasi untuk mengetahui validasi antara *input* dengan *output* data berupa Hs dan T. Berikut adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara *input* data melalui komputer dengan *output* data Hs dan T yang dibangkitkan dengan *wave generator* dan dibaca oleh *wave probe*.



Gambar 4. 6 Grafik Hubungan H *input* dengan H *output*



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan *T input* dengan *T output*

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa *output* yang dihasilkan oleh *wave maker* yang dibaca oleh *Wave Probe* tidak lah sama. Ketika di *input* kan *H* sebesar 2 cm, *output* yang dihasilkan berkisar antara empat sampai enam cm. Begitu pun juga dengan kalibrasi yang menunjukkan pembacaan *T* (periode), pada *input* sebesar 1,1 *output* yang dihasilkan berkisar antara 0,8 – 1,5 detik. Dari hasil pembacaan tersebut, pada kondisi gelombang irreguler dapat kita simpulkan bahwa adanya konsistensi perlakuan yang dilakukan oleh alat ini.

4.2.2 Wave Probe

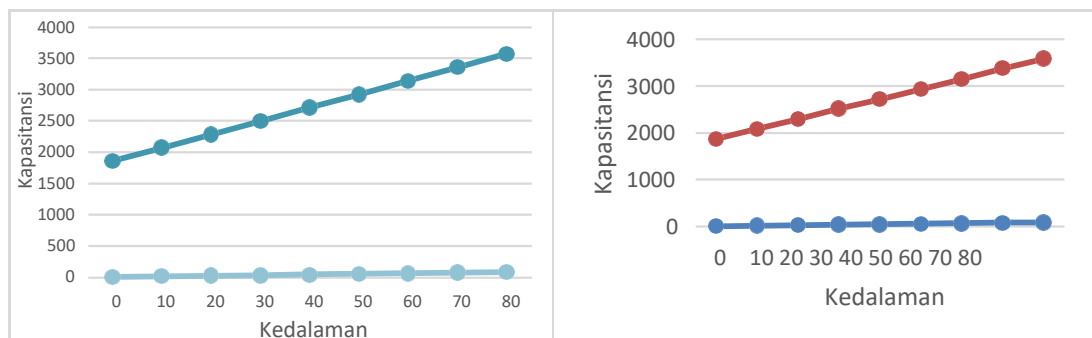
Wave Probe adalah alat pembaca tinggi gelombang yang dibangkitkan oleh wave generator. Kalibrasi dilakukan dengan cara ujung (bagian zero point) wave probe dicelupkan tepat pada permukaan air, semakin dalam dengan interval 10 mm hingga menyentuh kedalaman kolam gelombang maksimum yaitu 800 mm. Saat dalam keadaan tercelup, elektroda wave probe akan mengukur konduktivitas volume air. Konduktivitas itu sendiri merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik, konduktivitas volume zat cair akan berubah seiring dengan perubahan elevasi muka air di dalam kolam gelombang, sehingga dapat diketahui perubahan redaman gelombang yang terjadi, juga dapat diketahui batas bawah dan batas atas yang mampu ditangkap oleh *wave probe*. Berikut adalah tabel hasil kalibrasi yang tercatat pada *Software Water Tide Meter* .

Tabel 4. 2 Nilai Kapasitansi *Wave Probe* pada *Software Water Tide Meter*

Channel	Kapasitansi (mV) saat kedalaman min (0 cm)	Kapasitansi (mV) saat kedalaman max (80 cm)
Channel 1	1855	3567
Channel 3	1865	3577

Tabel 4. 3 Pengaruh Perubahan *Zero Point* Terhadap Nilai Kapasitansi *Wave Probe*

Channel 1		Channel 3	
Kedalaman (mm)	Kapasitansi (microvolt)	Kedalaman (mm)	Kapasitansi (microvolt)
0	1856	0	1865
100	2067	100	2082
200	2278	200	2290
300	2492	300	2512
400	2710	400	2710
500	2921	500	2931
600	3137	600	3145
700	3356	700	3372
800	3572	800	3579



a)

b)

Gambar 4. 8 Grafik Perubahan *Zero Point* Terhadap Nilai Kapasitansi a) *Wave Probe 1* b) *Wave Probe 2*

Kedua grafik di atas dapat diketahui perubahan nilai kapasitansi berdasarkan perubahan kedalaman yang terbaca oleh *wave probe*. Grafik yang linier menunjukkan bahwa *wave probe* masih berfungsi dengan baik, karena perubahan kedalaman yang ditinjau adalah konstan (100 mm)

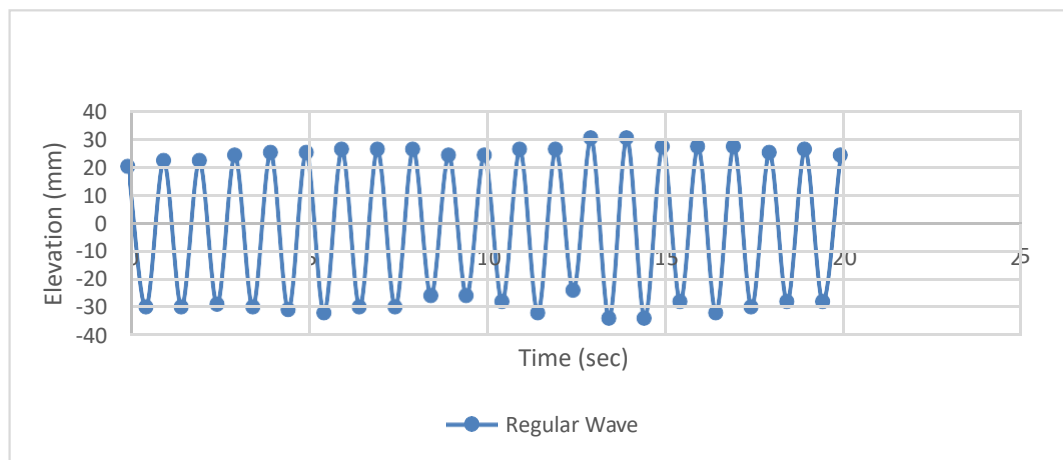
4.3 Validasi Matlab

Validasi *Matlab* diperlukan untuk memastikan bahwa *software* dapat mengolah data dengan benar, dilakukan dengan cara membandingkan hasil olah data manual

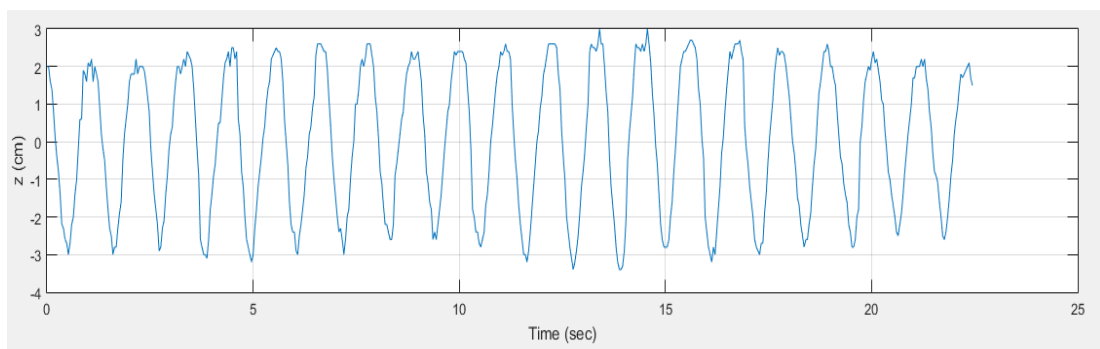
menggunakan *excel* dengan hasil olah data *software*. Dari situ diharapkan hasil perbandingan olahan data yang ada di *excel* dan *software matlab* sama atau tidak boleh berbeda jauh. Berikut adalah tabel perbandingan olah data manual dengan *software matlab*.

Tabel 4. 4 Perbandingan perhitungan manual dengan *matlab*.

Parameter	Perhitungan Manual	<i>Software Matlab</i>
Hs (cm)	5,6175	5,5919
Hmax (cm)	6,4	6,4
Haverage (cm)	5,2853	5,3172



Gambar 4. 8 Gelombang Reguler (manual)



Gambar 4. 9 Gelombang Reguler (matlab)

Dari dua pengamatan di atas menunjukkan bahwa hasil pembacaannya tidak jauh beda antara pengamatan manual dengan hasil olah data di *software matlab*.

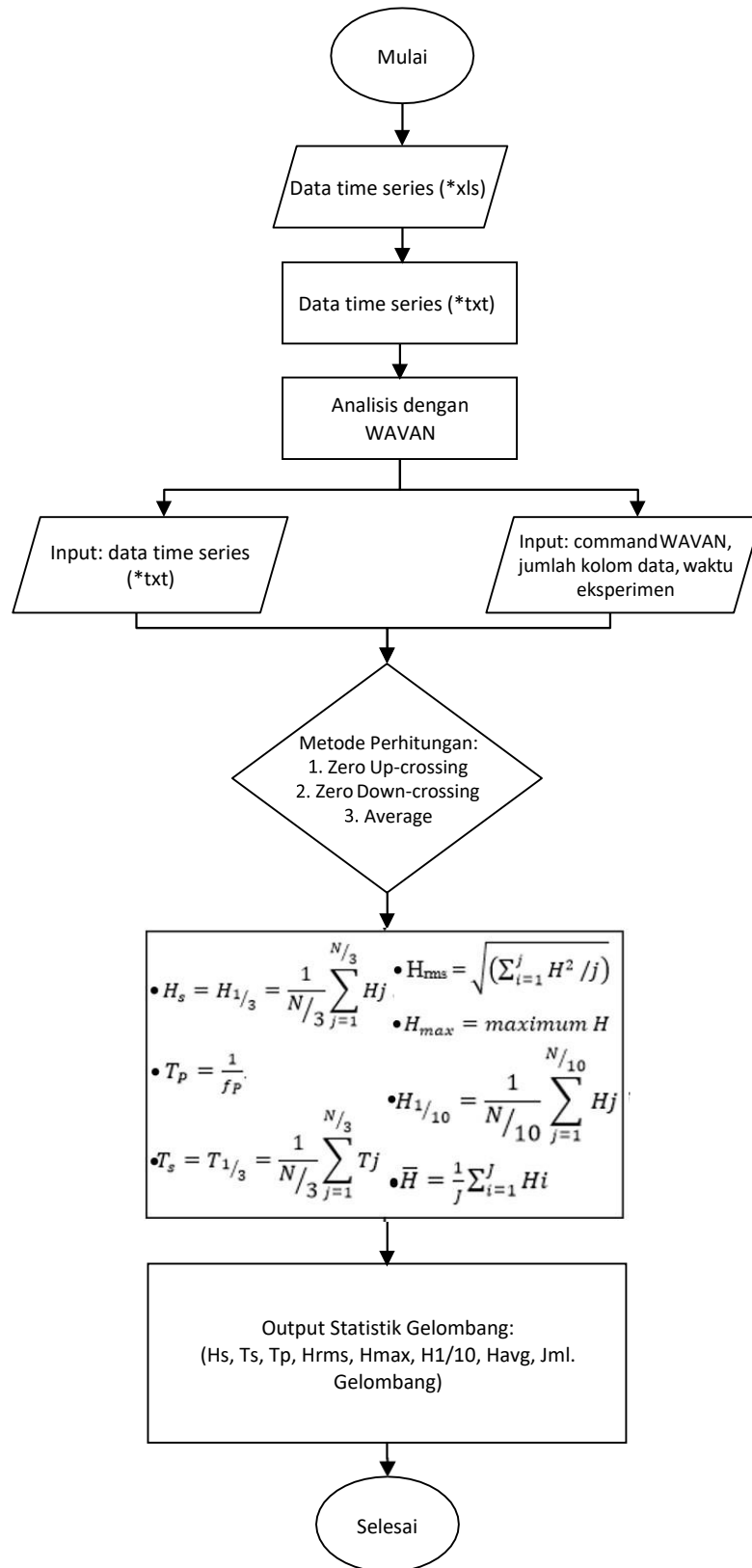
4.4 Analisis Output Wave Probe

Data-data yang diperoleh selama eksperimen berasal dari rekaman *wave probe* yang dipasang di kolam gelombang dan ditampilkan pada komputer dalam bentuk data *time series*. *Wave probe* akan merekam data gelombang baik itu gelombang insiden maupun gelombang transmisi. Perekaman data oleh *wave probe* menggunakan frekuensi 25 Hz, yang berarti setiap 1 detiknya *wave probe* akan mencatat fluktuasi muka air sebanyak 25 data. Eksperimen dilakukan selama 3 menit untuk 1 variasi sehingga data yang terekam oleh komputer adalah rata-rata 4500 data. Hasil perekaman data oleh *wave probe* ditampilkan dalam bentuk excel seperti pada Tabel 4.1 untuk variasi input (H) 4 cm, (T) 1.1 detik, $d = h$, Sudut Flap 60°

Tabel 4. 5 Data Hasil Rekaman *Wave Probe*

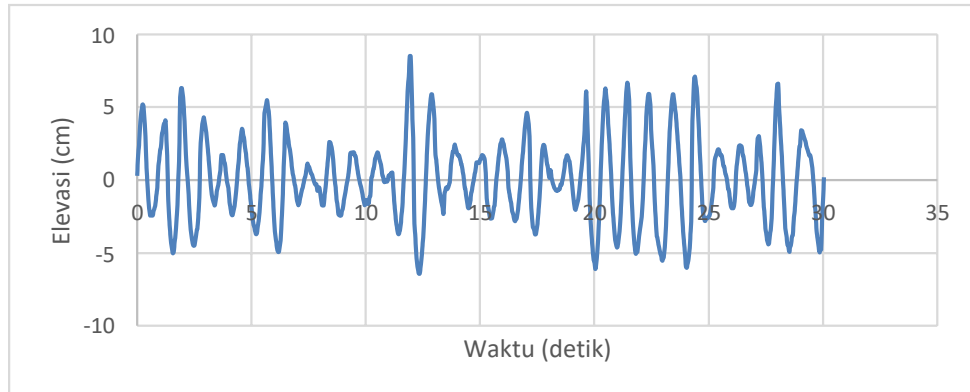
Data	Time	Probe 1	Probe 2
1	0	3	-50
2	0	7	-51
3	0	24	-46
..
..
..
4520	184	-28	10
4521	184	-26	-2
4522	184	-22	-11

Perhitungan tinggi gelombang dan periode yang ingin dicari dalam rekaman data *wave probe* dibantu oleh program Matlab, Wavan Versi 1.1 *Copyright (c) J.W. Kamphuis 2000*. Proses pengolahan data hasil eksperimen diolah menjadi karakteristik gelombang dijelaskan pada Gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4. 10 Proses Pengolahan Data Pada Matlab, Wavan

Dilakukan juga perhitungan secara manual menggunakan metode *zero up crossing* untuk membandingkan data hasil pengolahan software tersebut. Gambar 4.11 menyajikan gambar grafik elevasi muka air selama 30 detik dari 180 detik data time series Tabel 4.5 sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan gelombang secara manual.



Gambar 4. 11 Fluktuasi Gelombang Selama 30 Detik Untuk (H) 4 cm; (T) 1.1 detik

Berdasarkan data time series pada hasil pembacaan wave probe untuk input (H) 4 cm dan (T) 1.1. detik, maka didapatkan tinggi dan periode gelombang dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Gelombang Manual Menggunakan *Zero Up Crossing*

Gel ke-	H (cm)	T (detik)	H ² (cm ²)
1	7.6	0.92	57.76
2	9.1	0.88	82.81
3	10.8	0.96	116.64
4	6	0.84	36
5	4.1	0.8	16.81
6	7.2	1.08	51.84
11	3.6	1	12.96
...
30	7.4	0.8	54.76
31	11.5	0.8	132.25
32	8.3	1.16	68.89
Jumlah	237	30	2111.3

Dari tabel 4.6 didapatkan parameter gelombang sebagai berikut:

- Tinggi gelombang maksimum (H_{\max}) = 14.9 cm
- Tinggi gelombang signifikan (H_s) = 11.34 cm
- Tinggi gelombang rata-rata (H_{avg}) = 7.4 cm
- Tinggi gelombang 10% ($H_{1/10}$) = 12.67 cm
- Tinggi gel. root mean square (H_{rms}) = $\sqrt{(\sum_{i=1}^n H^2 / n)}$ = 8.12 cm
- Periode rata-rata = 0.94 detik
- Periode puncak = 0.93 detik

Langkah selanjutnya adalah membandingkan beberapa parameter gelombang ke dalam Tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4. 7 Perbandingan Antara Perhitungan Gelombang Secara Manual dan Program Wavan, Matlab

Parameter Gelombang Datang	Manual	Wavan	Error
Jumlah gelombang	32	31	3.12%
Tinggi gelombang signifikan (cm)	11.34	11.33	0.08%
Tinggi gelombang rata-rata (cm)	7.4	7.3	1.35%
Tinggi gelombang maksimum (cm)	14.9	14.89	0.06%
Tinggi gelombang 10% ($H_{1/10}$) (cm)	12.67	12.66	0.06%
Tinggi gelombang <i>root mean square</i> (H_{rms})	8.12	8.07	0.61%
Periode Gelombang rata-rata (detik)	0.94	0.970	3.19%
Periode Puncak (detik)	0.93	0.94	1.06%

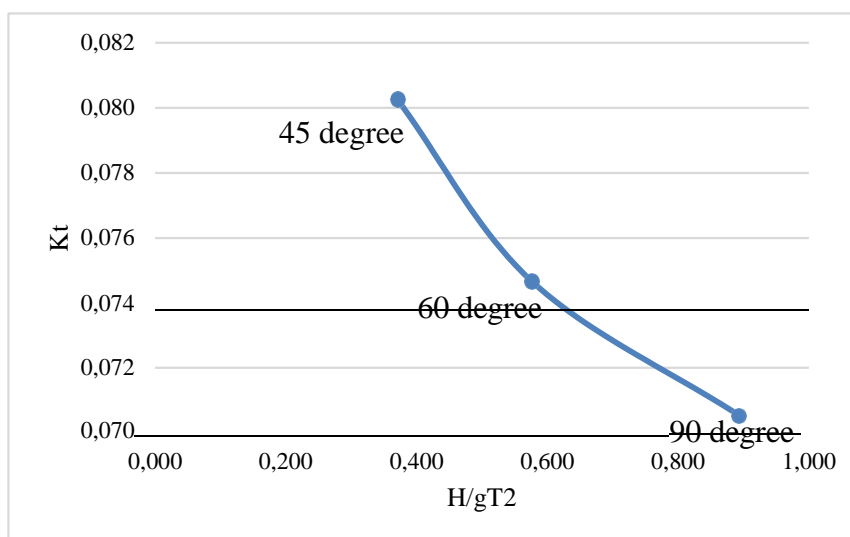
4.5 Perhitungan Koefisien Transmisi Kondisi Gelombang Reguler

Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan tinggi gelombang setelah mengenai struktur dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur. Perhitungan koefisien transmisi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.5 Perhitungan Koefisien Transmisi Kondisi Gelombang Reguler

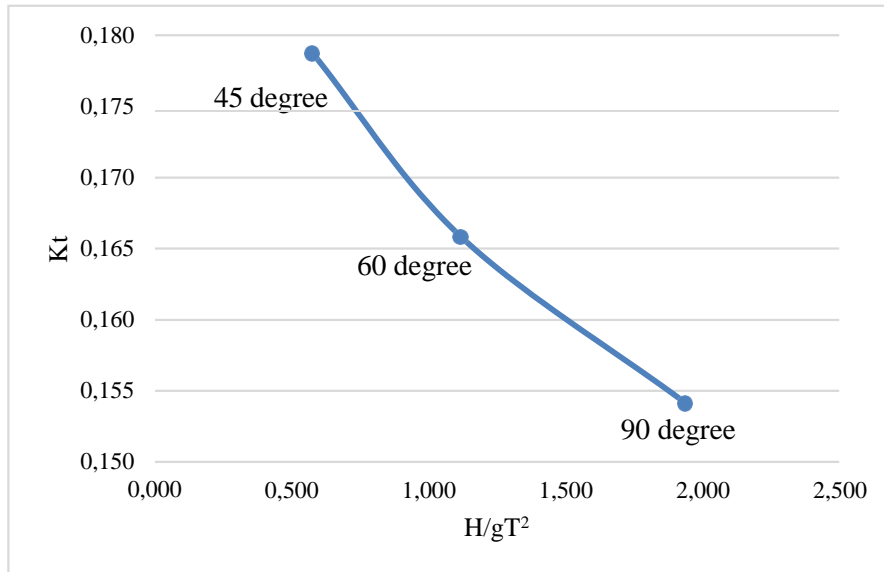
Formasi	Sudut Flap (deg)	Hi	Ti	Ht	Tt	Kt
Sejajar	45	5,760	1,256	0,462	0,864	0,080
Sejajar	60	5,640	0,998	0,421	0,946	0,075
Sejajar	90	5,460	0,789	0,385	0,609	0,071
Zig-zag	45	7,560	1,156	1,351	0,599	0,179
Zig-zag	60	7,810	0,844	1,295	0,584	0,166
Zig-zag	90	7,365	0,622	1,135	0,634	0,154

Sehingga dapat diketahui bahwa formasi struktur mempengaruhi nilai koefisien transmisi (K_t) yang mana semakin tinggi K_t , maka semakin besar redaman gelombang yang terjadi.



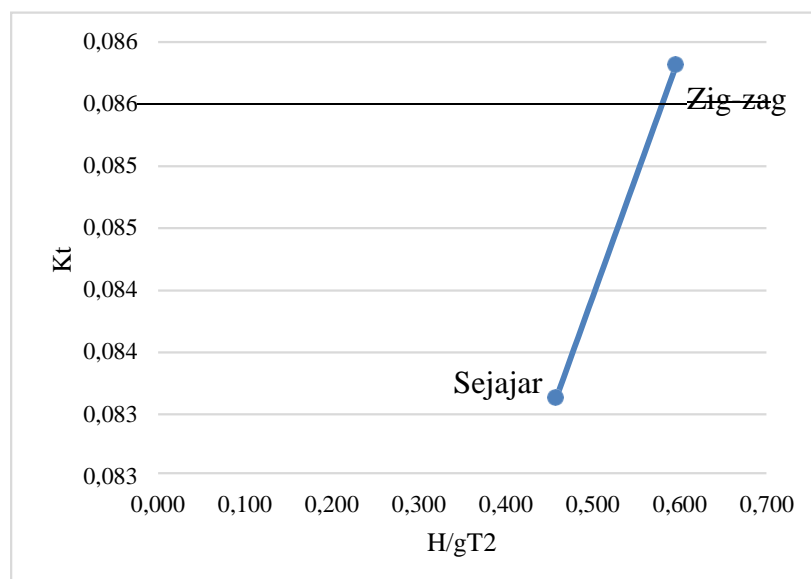
Gambar 4. 12 Koefisien transmisi formasi sejajar

Pada formasi sejajar, nilai K_t terbesar terjadi pada pemasangan sudut *flap* 45° yaitu sebesar 0,080 dengan nilai *wave steepness* sebesar 0,372. Kemudian pada pemasangan sudut *flap* 60° nilai K_t sebesar 0,075 dengan nilai *wave steepness* sebesar 0,577. Dan nilai K_t terkecil terjadi pada pemasangan sudut *flap* 90° yaitu sebesar 0,071 dengan nilai *wave steepness* sebesar 0,894. Semakin kecil K_t maka akan semakin besar gelombang yang di redam, dan nilai *wave steepness* berbanding terbalik dengan nilai K_t . Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa pemasangan *flap* dengan kemiringan 90° dapat meredam gelombang paling besar.



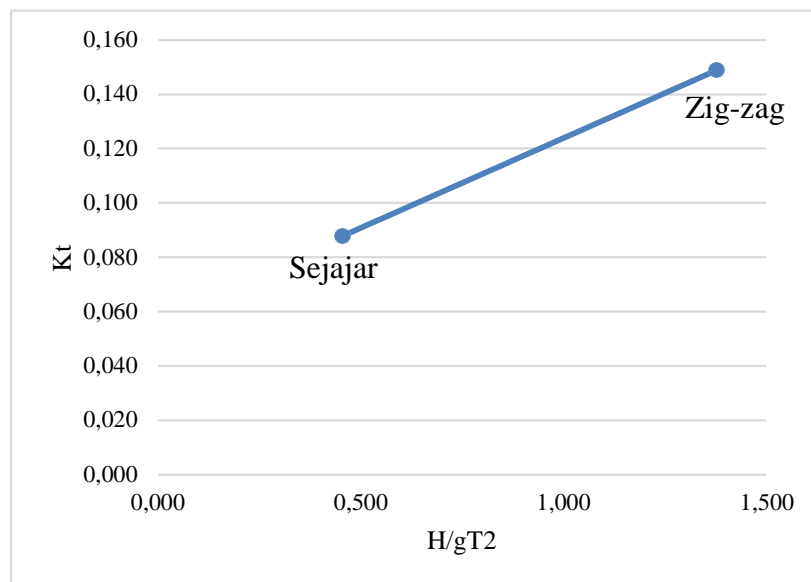
Gambar 4. 13 Koefisien transmisi formasi zig-zag

Pada formasi zig-zag, nilai K_t terbesar juga terjadi pada pemasangan sudut *flap* 45° yaitu sebesar 0,179 dengan nilai *wave steepness* sebesar 0,596. Kemudian pada pemasangan sudut *flap* 60° nilai K_t sebesar 0,149 dengan nilai *wave steepness* sebesar 1.378. Dan nilai K_t terkecil terjadi pada pemasangan sudut *flap* 90° yaitu sebesar 0,219 dengan nilai *wave steepness* sebesar 1,854. Semakin kecil K_t maka akan semakin besar gelombang yang di redam, dan nilai *wave steepness* berbanding terbalik dengan nilai K_t . Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa pemasangan *flap* dengan kemiringan 90° dapat meredam gelombang paling besar.



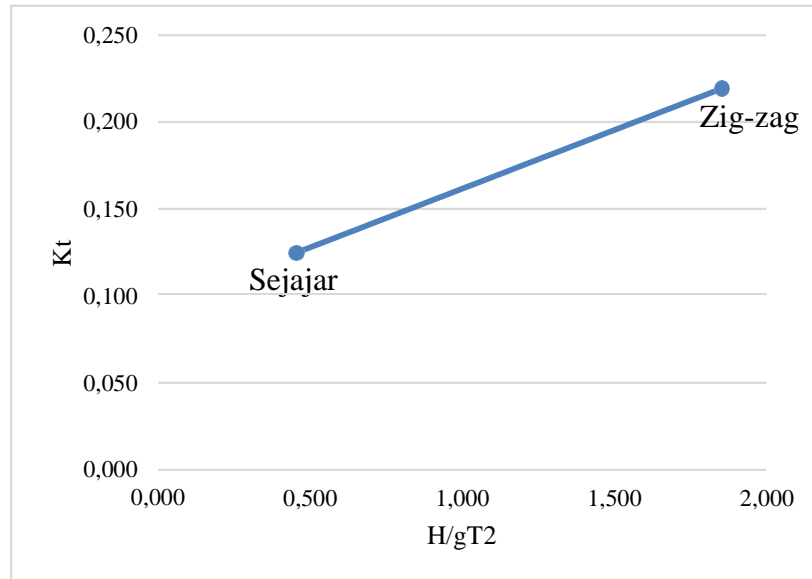
Gambar 4. 14 Koefisien transmisi sudut flap 45 (deg)

Jika ditinjau berdasarkan kemiringan sudut *flap* pada *Oscillating Wave Surge*, pemasangan flap pada kondisi formasi sejajar juga akan berbeda dengan pemasangan pada kondisi formasi zig-zag. Ketika dipasang dengan formasi sejajar, nilai K_t nya sebesar 0,083, dengan nilai *wave stepness* sebesar 0,458. Sedangkan ketika dipasang dengan formasi zig-zag, nilai K_t nya sebesar 0,085 dengan nilai *wave stepness* sebesar 0,596. Semakin kecil K_t maka akan semakin besar gelombang yang di redam, dan nilai *wave stepness* berbanding terbalik dengan nilai K_t . Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa formasi sejajar memiliki nilai K_t terkecil yang dapat meredam gelombang paling besar.



Gambar 4. 15 Koefisien transmisi sudut flap 60 (deg)

Jika ditinjau berdasarkan kemiringan sudut *flap* pada *Oscillating Wave Surge*, pemasangan flap pada kondisi formasi sejajar juga akan berbeda dengan pemasangan pada kondisi formasi zig-zag. Ketika dipasang dengan formasi sejajar, nilai K_t nya sebesar 0,087, dengan nilai *wave stepness* sebesar 0,4554. Sedangkan ketika dipasang dengan formasi zig-zag, nilai K_t nya sebesar 0,149 dengan nilai *wave stepness* sebesar 1,378. Semakin kecil K_t maka akan semakin besar gelombang yang di redam, dan nilai *wave stepness* berbanding terbalik dengan nilai K_t . Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa formasi sejajar memiliki nilai K_t terkecil yang dapat meredam gelombang paling besar.



Gambar 4. 16 Koefisien transmisi sudut flap 90 (deg)

Jika ditinjau berdasarkan kemiringan sudut *flap* pada *Oscillating Wave Surge*, pemasangan flap pada kondisi formasi sejajar juga akan berbeda dengan pemasangan pada kondisi formasi zig-zag. Ketika dipasang dengan formasi sejajar, nilai Kt nya sebesar 0,124, dengan nilai *wave steepness* sebesar 0,458. Sedangkan ketika dipasang dengan formasi zig-zag, nilai Kt nya sebesar 0,219 dengan nilai *wave steepness* sebesar 1,854. Semakin kecil Kt maka akan semakin besar gelombang yang di redam, dan nilai *wave steepness* berbanding terbalik dengan nilai Kt. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa formasi sejajar memiliki nilai Kt terkecil yang dapat meredam gelombang paling besar.

4.6 Perhitungan Koefisien Transmisi Kondisi Gelombang Irreguler

Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan tinggi gelombang signifikan setelah mengenai struktur dengan tinggi gelombang signifikan sebelum mengenai struktur.

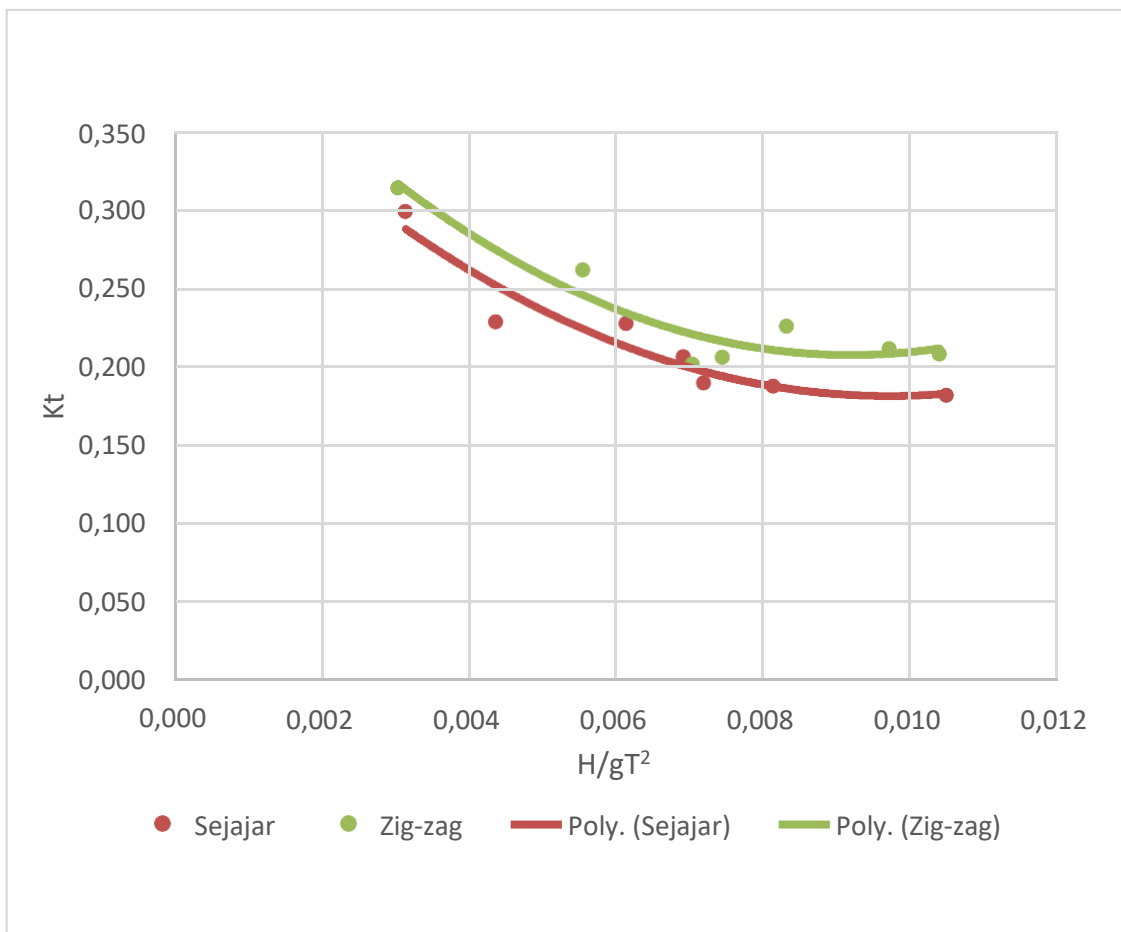
4.6.1 Pengaruh formasi OWS pada masing – masing kondisi sudut *flap*

a. Sudut *flap* 45°

Berikut ini adalah tabel koefisien transmisi gelombang irreguler pada kemiringan *flap* 45° pada formasi sejajar, dan zig – zag.

Tabel 4.6 Perhitungan Koefisien Transmisi Gelombang Irregular Sudut *Flap* 45°

No	Formasi	Hinput	Tinput	g	Hsi (m)	Ti	Hst	Tt	Kt
1	Sejajar	2	1,3	981	5,48	0,95	1,25	0,6067	0,2281
2	Sejajar	2	1,5	981	5,21	1,29	1,56	0,6434	0,2994
3	Sejajar	3	1,1	981	8,01	0,88	1,46	0,5917	0,1823
4	Sejajar	3	1,3	981	7,97	1,08	1,65	0,6366	0,2070
5	Sejajar	3	1,5	981	7,64	1,33	1,75	0,6623	0,2291
6	Sejajar	4	1,1	981	10,62	1,15	2,00	0,6527	0,1883
7	Sejajar	4	1,3	981	10,57	1,22	2,01	0,7522	0,1902
8	Zig-zag	2	1,3	981	5,49	1,00	1,44	0,5812	0,2623
9	Zig-zag	2	1,5	981	5,25	1,32	1,65	0,6127	0,3143
10	Zig-zag	3	1,1	981	7,64	0,89	1,62	0,6067	0,2120
11	Zig-zag	3	1,3	981	7,55	1,01	1,56	0,6366	0,2066
12	Zig-zag	3	1,5	981	7,52	1,04	1,52	0,6434	0,2021
13	Zig-zag	4	1,1	981	10,25	1,00	2,14	0,5917	0,2088
14	Zig-zag	4	1,3	981	10,11	1,11	2,29	0,6623	0,2265



Gambar 4. 17 Grafik Pengaruh Formasi terhadap Kt pada Sudut *Flap* 45°

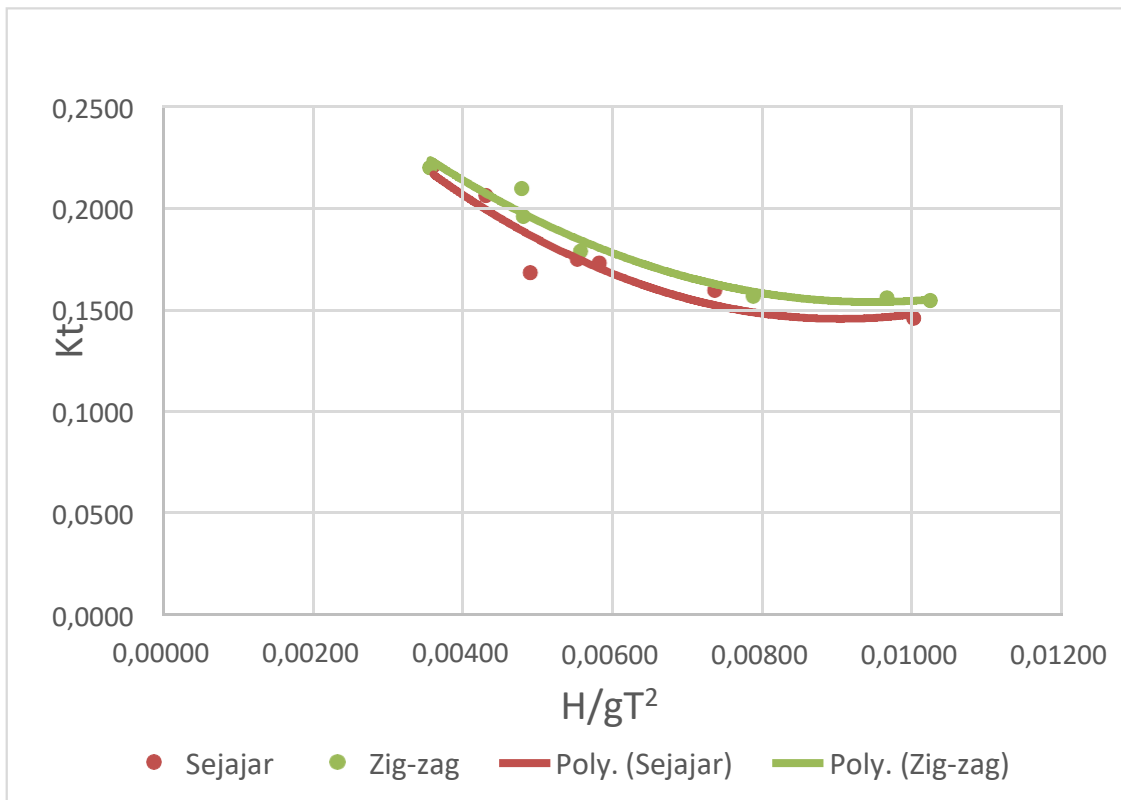
Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.17 di atas dapat diketahui bahwa formasi dapat mempengaruhi besar kecilnya koefisien transmisi dan mempengaruhi seberapa besar gelombang diredam oleh struktur OWS. Pada sudut *flap* 45° , Kt terkecil pada formasi segitiga yaitu 0,1850 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 10 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur 0,98 detik. Pada OWS formasi sejajar, Kt terkecil yaitu 0,1823 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 8,01 cm, dan periode sebelum mengenai struktur sebesar 0,88 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,2994 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,21 cm, dan periode sebelum mengenai struktur sebesar 1,29 detik. Pada OWS formasi zig-zag, Kt terkecil yaitu 0,2021 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 7,52 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 1,04 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,3143 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,25 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 1,32 detik. Dari ketiga formasi tersebut dapat disimpulkan bahwa Kt terkecil terjadi pada saat struktur OWS disusun dengan formasi sejajar, dan Kt terbesar ketika struktur disusun dengan formasi zig-zag.

b. Sudut *flap* 60°

Berikut ini adalah tabel koefisien transmisi gelombang irregular pada kemiringan *flap* 60° pada formasi sejajar, dan zig – zag.

Tabel 4. 8 Perhitungan Koefisien Transmisi Gelombang Irreguler Sudut *Flap* 60°

No	Formasi	Hinput	Tinput	g	Hsi (m)	Ti	Hst	Tt	Kt
1	Sejajar	2	1,3	981	5,66	1,15	1,17	0,6366	0,2067
2	Sejajar	2	1,5	981	5,34	1,22	1,18	0,6623	0,2210
3	Sejajar	3	1,1	981	7,89	1,17	1,37	0,5917	0,1736
4	Sejajar	3	1,3	981	7,75	1,19	1,36	0,5917	0,1755
5	Sejajar	3	1,5	981	7,35	1,23	1,24	0,6527	0,1687
6	Sejajar	4	1,1	981	11,95	1,10	1,75	0,7522	0,1464
7	Sejajar	4	1,3	981	11,55	1,26	1,85	0,6127	0,1602
8	Zig-zag	2	1,3	981	5,54	1,25	1,22	0,5812	0,2202
9	Zig-zag	2	1,5	981	5,3	0,98	0,95	0,6434	0,1792
10	Zig-zag	3	1,1	981	7,84	1,28	1,54	0,6067	0,1964
11	Zig-zag	3	1,3	981	8,05	0,89	1,25	0,6366	0,1553
12	Zig-zag	3	1,5	981	7,38	1,25	1,55	0,6623	0,2100
13	Zig-zag	4	1,1	981	11,96	1,24	1,88	0,5917	0,1572
14	Zig-zag	4	1,3	981	11,95	1,12	1,87	0,7841	0,1565



Gambar 4. 18 Grafik Pengaruh Formasi terhadap Kt pada Sudut *Flap* 60°

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.18 di atas dapat diketahui bahwa formasi dapat mempengaruhi besar kecilnya koefisien transmisi dan mempengaruhi seberapa besar

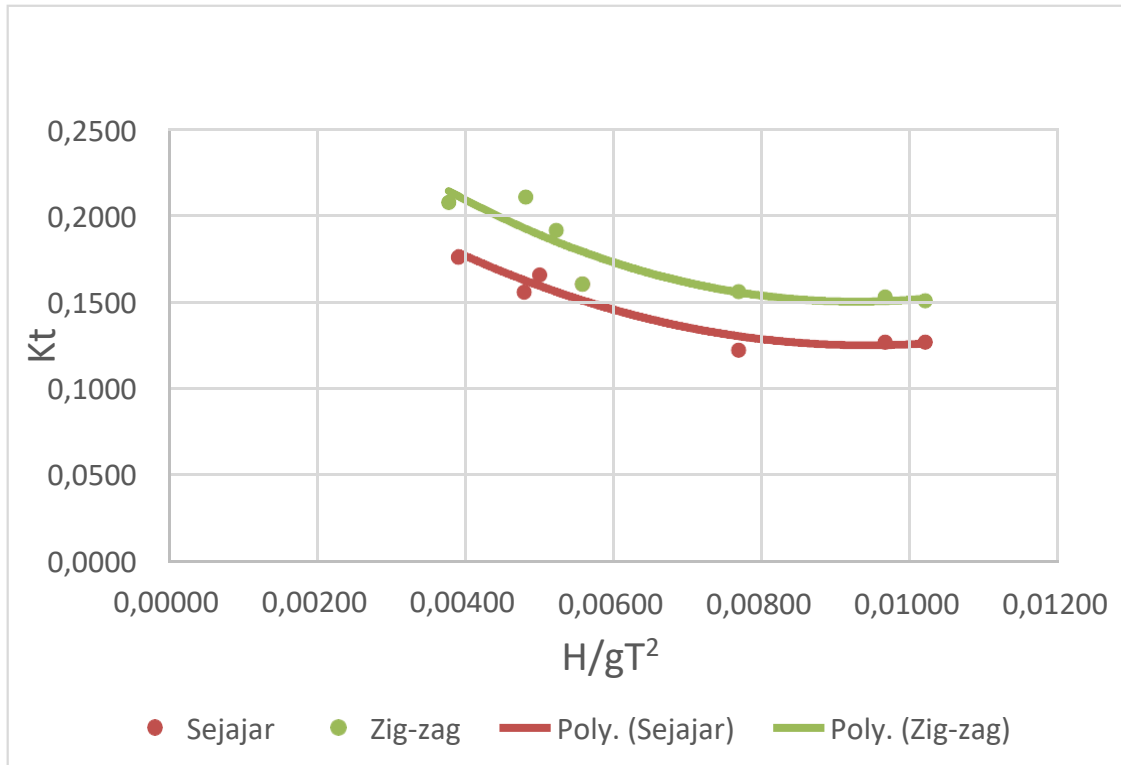
gelombang diredam oleh struktur OWS. Pada sudut *flap* 60° Kt terbesar pada formasi segitiga yaitu 0,2404 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,2 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai gelombang sebesar 1,12 detik. Pada OWS formasi sejajar, Kt terkecil yaitu 0,1464 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 11,95 cm, dan periode sebelum mengenai struktur sebesar 1,10 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,2210 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,34 cm, dan periode sebelum mengenai struktur sebesar 1,22 detik. Pada OWS formasi zig-zag, Kt terkecil yaitu 0,1553 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 8,05 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 0,89 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,2202 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,54 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 1,25 detik. Dari ketiga formasi tersebut dapat disimpulkan bahwa Kt terkecil terjadi pada saat struktur OWS disusun dengan formasi sejajar, kemudian formasi zig-zag.

c. Sudut *flap* 90°

Berikut ini adalah tabel koefisien transmisi gelombang irregular pada kemiringan *flap* 90° pada formasi sejajar, dan zig – zag..

Tabel 4.8 Perhitungan Koefisien Transmisi Gelombang Irregular Sudut *Flap* 90°

No	Formasi	Hinput	Tinput	g	Hsi (m)	Ti	Hst	Tt	Kt
1	Sejajar	2	1,3	981	5,4	1,18	0,95	0,6366	0,1759
2	Sejajar	2	1,5	981	5,3	0,98	0,85	0,6623	0,1604
3	Sejajar	3	1,1	981	8,15	1,28	1,35	0,5917	0,1656
4	Sejajar	3	1,3	981	8,02	0,89	1,02	0,5917	0,1272
5	Sejajar	3	1,5	981	7,38	1,25	1,15	0,6527	0,1558
6	Sejajar	4	1,1	981	11,85	1,25	1,45	0,7522	0,1224
7	Sejajar	4	1,3	981	11,95	1,12	1,52	0,6127	0,1272
8	Zig-zag	2	1,3	981	5,4	1,20	1,12	0,5812	0,2074
9	Zig-zag	2	1,5	981	5,3	0,98	0,85	0,6434	0,1604
10	Zig-zag	3	1,1	981	7,84	1,28	1,65	0,6067	0,2105
11	Zig-zag	3	1,3	981	8,02	0,89	1,21	0,6366	0,1509
12	Zig-zag	3	1,5	981	8,05	1,25	1,54	0,6623	0,1913
13	Zig-zag	4	1,1	981	11,85	1,25	1,85	0,5917	0,1561
14	Zig-zag	4	1,3	981	11,95	1,12	1,83	0,6974	0,1531



Gambar 4. 19 Grafik Pengaruh Formasi terhadap K_t pada Sudut *Flap* 90°

Berdasarkan Tabel 4.8 dan Gambar 4.19 di atas dapat diketahui bahwa formasi dapat mempengaruhi besar kecilnya koefisien transmisi dan mempengaruhi seberapa besar gelombang diredam oleh struktur OWS. Pada sudut *flap* 90° , Pada OWS formasi sejajar, K_t terkecil pada formasi ini yaitu 0,1272 terjadi pada dua kondisi dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 8,02 cm dan 11,95 cm, adapun periode sebelum mengenai struktur sebesar 0,89 detik, dan 1,12 detik, sedangkan K_t terbesar yaitu 0,1759 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,4 cm, dan periode sebelum mengenai struktur sebesar 1,18 detik. Pada OWS formasi zig-zag, K_t terkecil yaitu 0,1509 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 8,02 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 0,89 detik, sedangkan K_t terbesar yaitu 0,2105 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 7,84 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 1,28 detik. Dari ketiga formasi tersebut dapat disimpulkan bahwa K_t terkecil terjadi pada saat struktur OWS disusun dengan formasi sejajar, kemudian formasi segitiga, dan K_t terbesar ketika struktur disusun dengan formasi zig-zag.

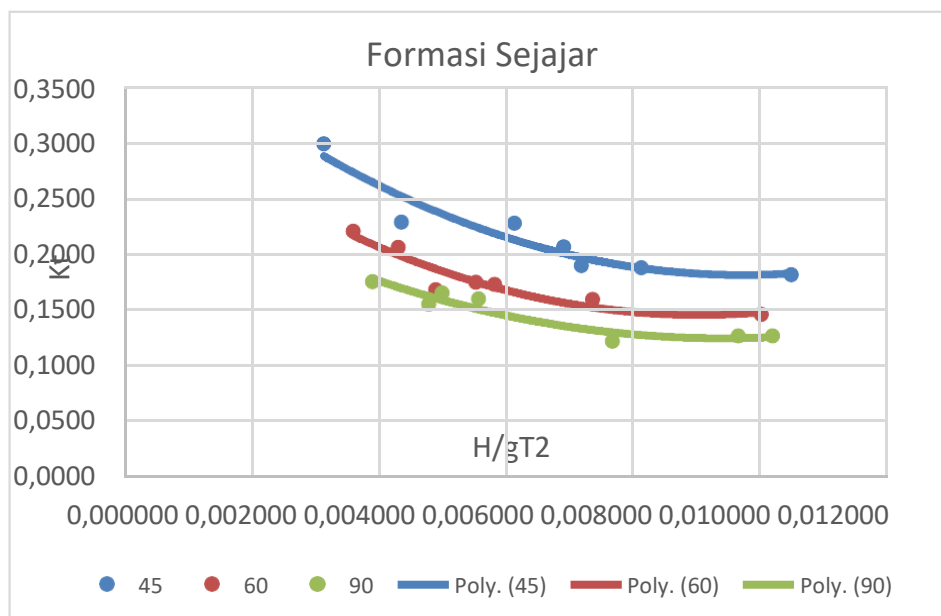
4.6.2 Pengaruh sudut *flap* pada masing – masing formasi

a. Formasi Sejajar

Berikut ini adalah tabel koefisien transmisi struktur OWS dengan formasi sejajar pada kondisi gelombang irregular.

Tabel 4. 9 Perhitungan Koefisien Transmisi Struktur OWS dengan formasi sejajar

No	Sudut Flap (deg)	Hinput	Tinput	g	Hsi (m)	Ti	Hst	Tt	Kt
1	45	2	1,3	981	5,48	0,95	1,25	0,6067	0,2281
2	45	2	1,5	981	5,21	1,29	1,56	0,6434	0,2994
3	45	3	1,1	981	8,01	0,88	1,46	0,5917	0,1823
4	45	3	1,3	981	7,97	1,08	1,65	0,6366	0,2070
5	45	3	1,5	981	7,64	1,33	1,75	0,6623	0,2291
6	45	4	1,1	981	10,62	1,15	2,00	0,6527	0,1883
7	45	4	1,3	981	10,57	1,22	2,01	0,7522	0,1902
8	60	2	1,3	981	5,66	1,15	1,17	0,6366	0,2067
9	60	2	1,5	981	5,34	1,22	1,18	0,6623	0,2210
10	60	3	1,1	981	7,89	1,17	1,37	0,5917	0,1736
11	60	3	1,3	981	7,75	1,19	1,36	0,5917	0,1755
12	60	3	1,5	981	7,35	1,23	1,24	0,6527	0,1687
13	60	4	1,1	981	11,95	1,10	1,75	0,7522	0,1464
14	60	4	1,3	981	11,55	1,26	1,85	0,6127	0,1602
15	90	2	1,3	981	5,4	1,18	0,95	0,6366	0,1759
16	90	2	1,5	981	5,3	0,98	0,85	0,6623	0,1604
17	90	3	1,1	981	8,15	1,28	1,35	0,5917	0,1656
18	90	3	1,3	981	8,02	0,89	1,02	0,5917	0,1272
19	90	3	1,5	981	7,38	1,25	1,15	0,6527	0,1558
20	90	4	1,1	981	11,85	1,25	1,45	0,7522	0,1224
21	90	4	1,3	981	11,95	1,12	1,52	0,6127	0,1272



Gambar 4. 20 Grafik Pengaruh sudut terhadap Kt pada Struktur OWS yang Disusun dengan formasi sejajar

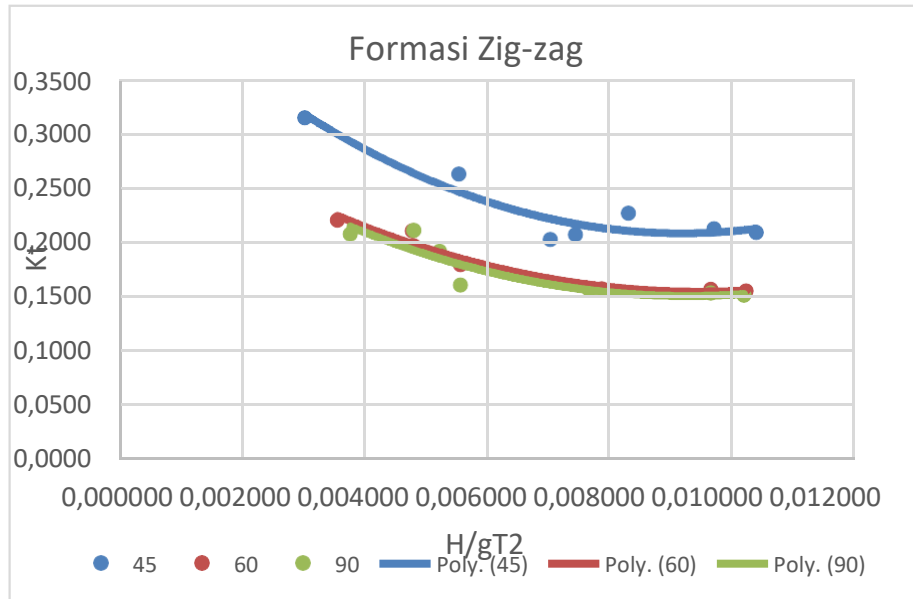
Berdasarkan Tabel 4.9 dan Gambar 4.20 di atas dapat diketahui bahwa sudut *flap* dapat mempengaruhi besar kecilnya koefisien transmisi dan mempengaruhi seberapa besar gelombang diredam oleh struktur OWS. Pada formasi OWS yang disusun sejajar dengan sudut *flap* 45°, Kt terkecil yaitu 0,1823 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 8,01 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur 0,88 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,2994 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,21 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai gelombang sebesar 1,29 detik. Pada formasi OWS dengan sudut *flap* 60°, Kt terkecil yaitu 0,1464 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 11,95 cm, adapun periode sebelum mengenai struktur sebesar 1,10 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,2210 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,34 cm, dan periode sebelum mengenai struktur sebesar 1,22 detik. Pada formasi OWS dengan sudut *flap* 90°, Kt terkecil yaitu 0,1224 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 11,85 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 1,25 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,1759 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,40 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 1,18 detik. Dari ketiga kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa Kt terkecil terjadi pada saat struktur OWS dengan kemiringan sudut *flap* 90°, kemudian kemiringan sudut *flap* 60°, dan Kt terbesar ketika struktur disusun dengan kemiringan sudut *flap* 45°.

b. Formasi Zig-Zag

Berikut ini adalah tabel koefisien transmisi struktur OWS dengan formasi zig-zag pada kondisi gelombang irregular.

Tabel 4. 10 Perhitungan Koefisien Transmisi Struktur OWS dengan formasi zig-zag

No	Sudut Flap (deg)	Hinput	Tinput	g	Hsi (m)	Ti	Hst	Tt	Kt
1	45	2	1,3	981	5,49	1,00	1,44	0,5812	0,2623
2	45	2	1,5	981	5,25	1,32	1,65	0,6127	0,3143
3	45	3	1,1	981	7,64	0,89	1,62	0,6067	0,2120
4	45	3	1,3	981	7,55	1,01	1,56	0,6366	0,2066
5	45	3	1,5	981	7,52	1,04	1,52	0,6434	0,2021
6	45	4	1,1	981	10,25	1,00	2,14	0,5917	0,2088
7	45	4	1,3	981	10,11	1,11	2,29	0,6623	0,2265
8	60	2	1,3	981	5,54	1,25	1,22	0,5812	0,2202
9	60	2	1,5	981	5,3	0,98	0,95	0,6434	0,1792
10	60	3	1,1	981	7,84	1,28	1,54	0,6067	0,1964
11	60	3	1,3	981	8,05	0,89	1,25	0,6366	0,1553
12	60	3	1,5	981	7,38	1,25	1,55	0,6623	0,2100
13	60	4	1,1	981	11,96	1,24	1,88	0,5917	0,1572
14	60	4	1,3	981	11,95	1,12	1,87	0,7841	0,1565
15	90	2	1,3	981	5,4	1,20	1,12	0,5812	0,2074
16	90	2	1,5	981	5,3	0,98	0,85	0,6434	0,1604
17	90	3	1,1	981	7,84	1,28	1,65	0,6067	0,2105
18	90	3	1,3	981	8,02	0,89	1,21	0,6366	0,1509
19	90	3	1,5	981	8,05	1,25	1,54	0,6623	0,1913
20	90	4	1,1	981	11,85	1,25	1,85	0,5917	0,1561
21	90	4	1,3	981	11,95	1,12	1,83	0,6974	0,1531



Gambar 4. 21 Grafik Pengaruh sudut terhadap Kt pada Struktur OWS yang Disusun dengan formasi zig-zag

Berdasarkan Tabel 4.10 dan Gambar 4.21 di atas dapat diketahui bahwa sudut *flap* dapat mempengaruhi besar kecilnya koefisien transmisi dan mempengaruhi seberapa besar gelombang diredam oleh struktur OWS. Pada formasi OWS yang disusun zig-zag dengan sudut *flap* 45°, Kt terkecil yaitu 0,2021 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 7,52 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur 1,04 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,3143 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,25 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai gelombang sebesar 1,32 detik. Pada formasi OWS dengan sudut *flap* 60°, Kt terkecil yaitu 0,1553 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 8,05 cm, adapun periode sebelum mengenai struktur sebesar 0,89 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,2202 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 5,54 cm, dan periode sebelum mengenai struktur sebesar 1,25 detik. Pada formasi OWS dengan sudut *flap* 90°, Kt terkecil yaitu 0,1509 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 8,02 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 0,89 detik, sedangkan Kt terbesar yaitu 0,2105 dengan tinggi gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 7,84 cm, dan periode gelombang sebelum mengenai struktur sebesar 1,28 detik. Dari ketiga kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa Kt terkecil terjadi pada saat struktur OWS dengan kemiringan sudut *flap* 90°, kemudian kemiringan sudut *flap* 60°, dan Kt terbesar ketika struktur disusun dengan kemiringan sudut *flap* 45°.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dalam peredaman gelombang, kemiringan pemasangan *flap* pada struktur *Oscillating Wave Surge* dapat mempengaruhi besar gelombang yang diredam, hal ini dapat dilihat dari besar nilai K_t . Semakin kecil nilai K_t , maka akan semakin besar gelombang yang teredam. Pada kondisi gelombang regular, pemasangan *flap* pada kemiringan 45° menjadi nilai K_t terbesar dibandingkan dengan kemiringan *flap* 60° dan 90° . Begitu pula pada kondisi gelombang irregular, urutan nilai K_t terbesar yaitu pemasangan kemiringan *flap* dengan sudut 45° , dan K_t terkecil pada pemasangan sudut *flap* dengan kemiringan 90° .
2. Dalam peredaman gelombang, formasi struktur *Oscillating Wave Surge* dapat mempengaruhi besar gelombang yang diredam, hal ini dapat dilihat dari besar nilai K_t . Semakin kecil nilai K_t , maka akan semakin besar gelombang yang teredam. Dalam hal ini, nilai K_t terkecil ada pada saat pemasangan OWS dengan formasi sejajar.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Perlu dilakukan analisis stabilitas OWS.
2. Pemasangan *wave probe* ditambah tepat didepan struktur OWS, dan diperhitungkan penempatannya.
3. Ditambah analisa konversi energi gelombang menjadi energi listrik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharya, R. (1978). *Dynamics of Marine Vehicles*. Annapolis, Maryland: Wiley-Interscience.
- B, Z., Martinelli, L., Castagnetti, M., Ruol, P., Kofoed, J. P., & Frigaard, P. (2010). Integration of wave energy converters. *ICOE*, 6.
- Chehaze, Wassim, Dory Chamoun, Charbel Bou-Mosleh, and Pierre Rahme. 2016. “Wave Roller Device for Power Generation.” *Procedia Engineering* 145: 144–50. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.033>.
- Dean, R. G., & Dalrymple, R. A. (1991). *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. USA: World Scientific.
- Hughes, S. (1993). *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*. USA: Coastal Engineering Research Center.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2016. *Rencana Strategis*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan 2015 – 2019.
- Liljelund, J. (2017). *Successful Demonstration, a leapfrog to the commercial roll-out*. Portugal: CEO / AW-Energy.
- Lucas, J., Livingstone, M., Vuorinen, M., & Cruz, J. (2012). Development of a wave energy converter (WEC) design tool –application to the WaveRoller WEC including validation of. *ICOE*, 2.
- Maki, T., Vuorinen, M., & Mucha, T. (2014). WaveRoller – One of the Leading Technologies for Wave. *ICOE*, 3.
- Mukhtasor, & Firdaus, A. M. (2012). *Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia*. Jakarta: Asosiasi Energi Laut Indonesia.
- Norgaard, J. H., & Andersen, T. L. (2012). Investigation of Wave Transmission from a Floating Wave Dragon Wave Energy Converter . *International Offshore and Polar Engineering Conference* (p. 510). Rhodes, Greece: the International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE).
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI

PEMOTONGAN KAYU, PIPA. DAN TRIPLEK



PERAKITAN OWS



PENJEMURAN OWS SETELAH DI CAT



PEMASANGAN OWS KE DALAM *FLUME TANK*



REPARASI OWS DI DALAM *FLUME TANK*



PROGRAM WAVAN

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

>> wavan

                Program WAVAN

                Wave Analysis

INPUT

enter input filename  a90irregprobel.txt
Enter Number of Columns in Input File:  1
Enter Sampling Time, Delt:  0.04
Enter No. of Points (Multiple of 8):  4512
Do you want plots? - Yes=1, No=0:  1
Remove Mean (1) or Trend (2)?:  2
Enter Desired Resolution, M:  10
5

Enter Number of Bins for Histogram:

Basic Output

Mean Water Level      =  0.3226 centimetres
Water Level Trend    =  0.00005 cm/s
fx Sigma              =  1.732 centimetres
```

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

Wave Statistics

Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?: 3

Number of Waves      =  186
Average Wave Period  =  0.9703 seconds
Significant Wave Height =  6.6595 centimetres
Maximum Wave Height  =  9.4500 centimetres
Average Wave Height   =  4.3030 centimetres
rms Wave Height       =  4.7709 centimetres
Average of Highest 1/10 =  7.8850 centimetres
Sigmaz              =  1.3237 centimetres
Warning: Integer operands are required for colon operator
when used as index
> In wavan (line 472)
Warning: Integer operands are required for colon operator
when used as index
> In wavan (line 472)

For the Raw Spectrum

fmin                  =  0.0055 Hz
Sigma                 =  1.7323 cm
S(p)                  =  82.5785 cm2/Hz
fx f(D)               =  0.8034 Hz
```

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Lamongan, 24 Agustus 1995. Terlahir sebagai anak pertama dari sepasang suami istri yang merantau di Surabaya sejak tahun 1993. Bapaknya adalah seorang pedagang sandal dari Cirebon, dan ibunya adalah seorang penjahit dari Lamongan. Penulis memiliki dua adik kandung laki – laki, adik yang pertama duduk di bangku SMA, dan adik yang kedua duduk di bangku SD. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDIT Al – Uswah Surabaya, SMPN 1 Surabaya, dan SMAN 2 Surabaya. Penulis melanjutkan pendidikan pada program S1 Reguler Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan pada tahun 2014. Selama berkuliah penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi, beberapa yang pernah diikuti antara lain menjadi staff hingga ketua divisi di Departemen Kesma Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan, Staff Magang hingga sekretaris departemen Kaderisasi Jamaah Masjid Manarul Ilmi ITS, dan Ketua Kemuslimahan Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Kelautan, selain itu pernah berkontribusi dalam anggota pengkaderan jurusan sebagai OC OKKBK. Bagi penulis merupakan suatu kebanggaan dapat menyelesaikan pendidikan S1-nya di ITS. Untuk pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan saran atau masukan dapat berkorespondensi melalui email atikahmaulidyah@gmail.com.