TUGAS AKHIR – MO184804

MODEL GELOMBANG DI SEKITAR *ARTIFICIAL HEXAREEF* SEBAGAI *SUBMERGED BREAKWATER* MENGGUNAKAN DUALSPHYSICS

Adelbert Manurung

NRP. 04311740000048

Dosen Pembimbing

Haryo D Armono, S.T., M.Eng, Ph.D

Sujantoko, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2021

FINAL PROJECT - MO184804

NUMERICAL MODEL OF WAVE AROUND ARTIFICIAL HEXAREEF AS SUBMERGED BREAKWATER USING DUALSPHYSICS

Adelbert Manurung

NRP. 04311740000048

Supervisor

Haryo D Armono, S.T., M.Eng, Ph.D

Sujantoko, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2021

TUGAS AKHIR – MO 184804

MODEL GELOMBANG DI SEKITAR *ARTIFICIAL HEXAREEF* SEBAGAI *SUBMERGED BREAKWATER* MENGGUNAKAN DUALSPHYSICS

Adelbert Manurung
NRP. 0431174000048

Dosen Pembimbing
Haryo D Armono, S.T., M.Eng, Ph.D
Sujantoko, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2021

TUGAS AKHIR – MO 184804

NUMERICAL MODEL OF WAVE AROUND ARTIFICIAL HEXAREEF AS SUBMERGED BREAKWATER USING DUALSHPYSICS

Adelbert Manurung
NRP. 0431174000048

Supervisor
Haryo D Armono, S.T., M.Eng, Ph.D
Sujantoko, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2021

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL GELOMBANG DISEKITAR *ARTIFICIAL HEXAREEF* SEBAGAI *SUBMERGED BREAKWATER* MENGGUNAKAN DUALSHPYSICS

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

Oleh:

Adelbert Manurung

NRP. 04311740000048

Disetujui oleh :

1. Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD. (Pembimbing I)

---

2. Sujantoko, S.T., M.T. (Pembimbing II)

---

3. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D. (Penguji I)

---

4. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc. (Penguji II)

---

5. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc. (Penguji III)

SURABAYA, AGUSTUS 2021

MODEL GELOMBANG DISEKITAR *ARTIFICIAL HEXAREEF* SEBAGAI *SUBMERGED BREAKWATER* MENGGUNAKAN DUALSHPYSICS

Nama : **Adelbert Manurung**

NRP : **04311740000048**

Departemen : **Teknik Kelautan FTK –ITS**

Dosen Pembimbing : **Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng, Ph.d**

Sujantoko, S.T., M.T.

ABSTRAK

Perkembangan fungsi dan kegunaan terumbu karang buatan (*artificial reef*) sudah berkembang dari fungsi utama sebagai salah satu metode dalam merekondisi terumbu karang asli, menjadi salah satu struktur bangunan pemecah gelombang ambang rendah (*submerged breakwater*). Terumbu buatan dapat mengurangi beban hidrolik di pantai ke tingkat yang dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan garis pantai. Penelitian ini menggunakan terumbu buatan berbentuk hexagonal dengan 6 lobang pada masing masing sisinya. Penelitian ini dilakukan pada *Numerical Wave Tank* menggunakan metode *Smoothed Particle Hydrodynamic* (SPH) untuk melihat pengaruh gap antar struktur sebesar 0.15 m, 0.112 m, dan 0 m dengan konfigurasi yang sudah ditentukan terhadap nilai koefisien transmisi (Kt). Dalam penelitian ini didapatkan bahwa konfigurasi dengan gap sebesar 0 m mampu meredam gelombang dengan lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi dengan gap 0.15 m, dan 0.112 m berdasarkan dari nilai Kt yang didapatkan. Dalam aspek hidrodinamika didapatkan bahwa : (1) Semakin bertambah kemiringan gelombang, maka nilai Kt yang diperoleh semakin kecil, (2) Semakin besar tinggi gelombang maka nilai Kt semakin kecil pada kedalaman freeboard 0.1 m, sedangkan pada freeboard dengan kedalaman 0.2 m dan 0.3 m didapatkan bahwa semakin besar tinggi gelombang, maka nilai Kt semakin besar, (3) Semakin besar periode gelombang, maka nilai Kt semakin besar, (4) semakin tinggi kedalaman freeboard, maka nilai Kt bertambah besar. Sedangkan dalam segi aspek struktur didapatkan : semakin besar lebar puncak relatif (B/gT^2), maka nilai Kt akan bertambah kecil.

Kata Kunci : *Terumbu karang buatan, Numerical wave tank, Smoothed Particle Hydrodynami, Transmisi*

NUMERICAL MODEL OF WAVE AROUND ARTIFICIAL HEXAREEF AS SUBMERGED BREAKWATER USING DUALSPHYSICS

Name : **Adelbert Manurung**

NRP : **04311740000048**

Department : **Teknik Kelautan FTK –ITS**

Supervisor : **Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng, Ph.d**

Sujantoko, S.T., M.T.

ABSTRACT

The development of the functions and uses of artificial reef has evolved from its main function as a method in reconditioning real reefs, to becoming a submerged breakwater structure. Artificial reef can reduce the hydraulic load on the coast to the level required to maintain shoreline balance. This research used a hexagonal-shaped artificial reef with 6 holes on each side. This research was conducted on a Numerical Wave Tank using the Smoothed Particle Hydrodynamic (SPH) method to see the effect of gaps between structures of 0.15 m, 0.112 m, and 0 m with a predetermined configuration on the value of the transmission coefficient (Kt). In this research, it was found that the configuration with a gap of 0 m was able to absorb waves better than the configuration with a gap of 0.15 m and 0.112 m based on the Kt value obtained. In terms of hydrodynamics, it was found that: (1) The more the slope of the wave increases, the smaller the Kt value obtained, (2) The larger the wave height, the smaller the Kt value is at 0.1 m freeboard depth, while on the freeboard with a depth of 0.2 m and 0.3 m, it was found that the greater the wave height, the greater the Kt value will be, (3) the greater the wave period, the greater the Kt value will be, (4) the higher the freeboard depth, the greater the Kt value will be. Meanwhile, in terms of structural aspects, it is obtained: the greater the relative peak width (B/gT^2),, the smaller the value of Kt will be.

Keywords: *Artificial Coral Reef, Numerical Wave Tank, Smoothed Particle Hydrodynamic, Transmission*

Kata Pengantar

Puji syukur dan terimakasih yang sebesar besarnya saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkatnya yang tak berkesudahan hingga saat ini. Sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Model Gelombang di Sekitar *Artificial Hexareef* sebagai *Submerged* Breakwater Menggunakan DUALSPHYSICS" dengan sungguh sungguh hingga selesai.

Laporan Kerja Praktek ini dibuat dengan harapan dapat berguna dan dapat digunakan sebagai referensi dalam studi literatur, pendalaman penelitian, dan apabila mungkin untuk membantu kehidupan masyarat khususnya yang tinggal disekitar pesisir. Laporan tugas akhir ini memberikan informasi mengenai bangunan pemecah gelombang sebagai solusi untuk kerusakan pada lingkungan pantai akibat gelombang. Struktur yang digunakan adalah terumbu karang buatan berbentuk hexagonal. Adapun laporan tugas akhir ini disusun sebagai syarat dalam menyelesaikan matakuliah tugas akhir di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan ataupun kesalahan pada laporan tugas akhir ini. Untuk itu kritik dan saran akan sangat diterima untuk hasil penelitian yang lebih maksimal ke depannya, Terimakasih.

Surabaya, Agustus 2021

Adelbert Manurung

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini begitu banyak bantuan dan juga dorongan yang diberikan kepada penulis baik secara doa, mental, dan fisik. Ucapan sayang dan terimakasih terbaik ini diberikan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Kuasa, atas kasih dan berkatnya dari dulu hingga saat ini senantiasa memberikan jalan dan sukacita sehingga penulis dapat sampai pada titik ini dan menyelesaikan tugas akhir.
2. Daddy, Mommy, Grace, dan William yang selalu menasehati, membantu, dan menyanggupi segala kebutuhan penulis selama berkuliah hingga saat ini sehingga dengan penuh kasih dan sayang.
3. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.d. sebagai dosen pembimbing 1 penulis dalam melakukan penelitian tugas akhir ini dengan segala perhatian, saran, dan waktu terbaik yang diberikan demi kebaikan dan kelancaran penelitian yang dilakukan oleh penulis.
4. Bapak Sujantoko, S.T., M.T. sebagai dosen wali sekaligus dosen pembimbing 2 penulis yang selalu memberikan perhatian, saran, dan waktu kepada penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini menyelesaikan tugas akhir.
5. Bella Natalia, S.Farm. yang selalu menemani dan mendengarkan keluh kesah penulis serta memberikan dorongan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. NAVRAMERTA, Teknik Kelautan 2017 atas kebersamaan dan bantuannya selama berkuliah dan menyelesaikan tugas akhri ini.
7. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu dalam dukungan dan jasanya selama penulis berkuliah.

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN 4
1.1 Latar Belakang Permasalahan 4
1.2 Perumusan Masalah 5
1.3 Tujuan 5
1.4 Manfaat 6
1.5 Batasan Masalah 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI 8
2.1 Tinjauan Pustaka 8
2.2 Dasar Teori 10
2.2.1 Pemecah Gelombang Ambang Rendah 10
2.2.2 Terumbu Buatan sebagai Pemecah Gelombang Ambang Rendah 11
2.2.3 Transmisi Gelombang 12
2.2.4 Refleksi Gelombang 13
2.2.5 Model Numerik 13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 16
3.1 Diagram Alir Penelitian 16
3.2 Deskripsi Diagram Alir 17
3.2.1 Studi Literatur 17
3.2.2 Pengumpulan Data 17
3.2.3 Kalibrasi Model 19
3.2.4 Membuat Model 3D 25
3.2.5 Integrasi Model Dan Penjalanan Program 26
3.2.6 Analisis Data 27
BAB IV PEMBAHASAN 28
4.1 Daftar Percobaan 28
4.2 Pengaruh Parameter Hidrodinamika 30
4.2.1 Hubungan Tinggi Gelombang Pada Koefisien Transmisi (Kt) 32
4.2.2 Hubungan Periode Gelombang Pada Koefisien Transmisi (Kt) 33
4.3 Pengaruh Parameter Struktur Hexagonal Reef 34
4.3.1 Konfigurasi Hexagonal Reef 34
BAB V Kesimpulan 37
5.1 Kesimpulan 37

DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1. Struktur terumbu buatan berbentuk heksagonal..... 5
Gambar II-1. Tipe terumbu buatan *hemispherical* 8
Gambar II-2. Tipe terumbu buatan. a. hexagonal reef ; b. star reef; c. bottle reef., d. cube reef, e. seadome 12
Gambar II-3. Perbandingan hasil SPH dan experiment..... 14
Gambar II-4. Hasil simulasi numerik SPH..... 15
Gambar III-1. Diagram Alir Penelitian..... 16
Gambar III-2. Dimensi Hexagonal Reef..... 17
Gambar III-4. Uji model fisik untuk kalibrasi..... 20
Gambar III-5. Input data gelombang pada DualSPHysics 21
Gambar III-6. Input jarak antar partikel 21
Gambar III-7. Jumlah partikel pada penjalanan program 0.04 m..... 21
Gambar III-8. Simulasi jarak antar partikel = 0.04 m 22
Gambar III-9. Simulasi jarak antar partikel = 0.03 m 22
Gambar III-10. Simulasi jarak antar partikel 0.02 m..... 23
Gambar III-11. Hasil validasi pemodelaan numerik dan pemodelan fisik dengan jarak antar partikel = 0.04 m..... 23
Gambar III-12. Hasil validasi pemodelaan numerik dan pemodelan fisik dengan jarak antar partikel = 0.03 m..... 24
Gambar III-13. Hasil validasi pemodelaan numerik dan pemodelan fisik dengan jarak antar partikel = 0.02 m..... 24
Gambar III-14. *Numerical wavetank*..... 25
Gambar III-15. desain *hexagonal reef* menggunakan *Freecad* 26
Gambar III-16. Konfigurasi 1d (0.15 m) 26
Gambar III-17. Konfigurasi 0.75d (0.112 m) 27
Gambar III-18. Konfigurasi 0d (0 m) 27
Gambar IV-1. Hubungan kemiringan gelombang terhadap Kt 31
Gambar IV-2. Hubungan tinggi gelombang terhadap Kt 32
Gambar IV-3. Hubungan periode gelombang terhadap Kt dan Kr..... 34
Gambar IV-4. Hubungan konfigurasi struktur terhadap koefisien transmisi (Kt)..... 36

DAFTAR TABEL

Tabel III-1. Konfigurasi pengujian hexagonal reef 18
Tabel III-2. Variasi periode gelombang dan tinggi gelombang..... 19
Tabel III-3. Dimensi Flume Tank..... 20
Tabel III-4. Nilai elevasi air, tinggi gelombang, dan periode gelombang..... 20
Tabel III-5. *Perhitungan Root Mean Square Error* (RMSE) 25
Tabel IV-1. Daftar Percobaan..... 28
Tabel IV-2. Lebar puncak..... 35

BAB I
PENDAHULUAN

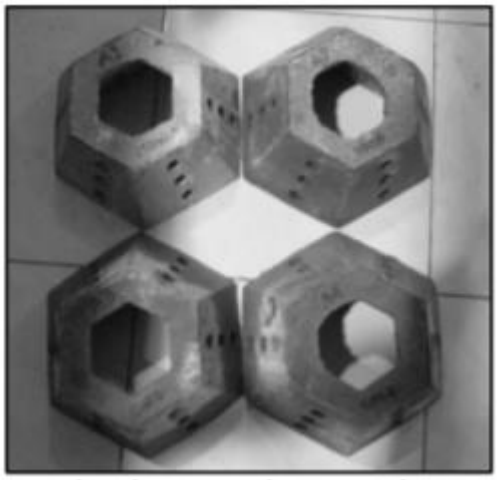
1.1 Latar Belakang Permasalahan

Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Menurut (Triatmojo 1999), wilayah pantai merupakan salah satu daerah yang sering dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industry, pelabuhan, pertambakan, perikanan, pariwisata, dan sebagainya. Adanya berbagai kegiatan tersebut dapat menimbulkan peningkatan masalah masalah baru pada lingkungan pantai. Namun selain karena kegiatan manusia, salah satu penyebab kerusakan pada lingkungan pantai seringkali terjadi karena fenomena alam seperti gelombang. Pertahanan alami pantai terkadang tidak dapat menahan energi gelombang yang begitu besar sehingga pantai dapat tererosi dan merusak daerah pemukiman dan prasarana kota yang berupa mundurnya garis pantai.

Untuk menanggulangi kerusakan pantai, hal yang dapat dilakukan adalah dengan membuat bangunan pelindung pantai. Salah satu bangunan pantai yang dapat digunakan untuk melindungi pantai adalah pemecah gelombang (breakwater). Pemecah gelombang dapat dapat melindungi pantai terhadap kerusakan dengan cara mengahancurkan energi gelombang yang sampai kepantai sehingga perairan dibelakang bangunan menjadi tenang. Pemecah gelombang dapat dibuat dari tumpukan batu, blok beton, beton massa, turap dan sebagainya. Dimensi pemecah gelombang tergantung pada banyak faktor, diantaranya adalah ukuran dan layout perairan, kedalaman laut, tinggi pasang surut dan gelombang.

Usaha perlindungan pantai yang pengembangannnya dititik beratkan untuk wisata, perencanaan perlindungannya tidak cukup hanya sekedar bertujuan untuk menjaga kerusakan pantai akan tetapi perlu dipikirkan tentang keaslian, keindahan daerah pantai serta kehidupan biota laut (Surendro, Yuwono, and Darsono 2015). Terumbu buatan yang merupakan salah jenis pemecah gelombang ambang rendah (submerged breakwater) merupakan solusi yang dapat digunakan untuk memenuhi tujuan dalam menjaga keindahan pantai sekaligus melindungi pantai. Perkembangan fungsi dan kegunaan terumbu karang buatan (artificial reef) sudah berkembang dari fungsi utama sebagai salah satu metode dalam merekondisi terumbu karang asli, menjadi salah satu struktur bangunan pemecah

gelombang ambang rendah (submerged breakwater). Terumbu buatan dapat mengurangi beban hidrolik di pantai ke tingkat yang dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan garis pantai (Voorde, Antunes do Carmo, and Neves 2009).



Gambar I-1. Struktur terumbu buatan berbentuk heksagonal
Source : (Wirayuhanto and Armono 2018)

Dalam pengaplikasiannya, terumbu buatan yang sekaligus berfungsi sebagai pemecah gelombang ambang rendah harus mampu meredam gelombang dengan baik. Berkaitan dengan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian pada pemecah gelombang ambang rendah dalam hal ini terumbu buatan dengan bentuk heksagonal. Penelitian terhadap kemampuan terumbu buatan dalam mentransmisi dan merefleksi gelombang dilakukan dengan metode numerik menggunakan *software DualSPhysics.*

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat ditentukan beberapa permasalahan sebagai acuan kerja dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh elevasi air dan tinggi gelombang terhadap transmisi gelombang pada struktur *Hexareef*?

2. Bagaimana pengaruh jumlah struktur antar struktur terhadap transmisi gelombang pada struktur *Hexareef*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam pelaksaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh elevasi air, dan tinggi gelombang terhadap transmisi gelombang pada struktur Hexareef.

2. Menganalisis pengaruh jumlah struktur terhadap transmisi gelombang pada struktur Hexareef.

1.4 Manfaat

Penelitian ini dibuat dengan harapan, dapat berguna bagi pembaca yang tertarik dengan topik penggunaan struktur pemecah gelombang buatan. Adapun manfaat dari peneltian adalah sebagai berikut :

1. Bagi Masyarakat, struktur ini dapat digunakan untuk menggantikan terumbu karang alami yang telah rusak dan juga dapat digunakan sebagai pemecah gelombang. Dengan adanya solusi ini, masyarakat pesisir diharapkan dapat mengaplikasikannya untuk mengurangi permasalahan dilingkungan pantai.

2. Bagi pemerintah, pemerintah dapat menerapkan struktur terumbu buatan ini sebagai solusi untuk perlindungan di pantai Indonesia mengingat struktur ini tergolong mudah dalam pembuatannya dan multifungsi.

3. Bagi Mahasiswa, khususnya yang memiliki minat pada teknik pantai, kiranya tugas akhir ini dapat menjadi referensi yang dapat dipakai dalam mendukung penelitian terkait terumbu buatan sebagai struktur pelindung pantai.

1.5 Batasan Masalah

Dalam melaksanakan penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yang dikemukakan dalam poin sebagai berikut :

1. Model diasumsikan memiliki ukuran, dan berat jenis sama.

2. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang reguler.

3. Nilai tinggi gelombang, periode gelombang dan elevasi air ditentukan.

4. Kekuatan struktur dianggap sama dan dianggap stabil.

5. Overtoping pada struktur tidak dihitung.

6. Scouring pada struktur diabaikan.

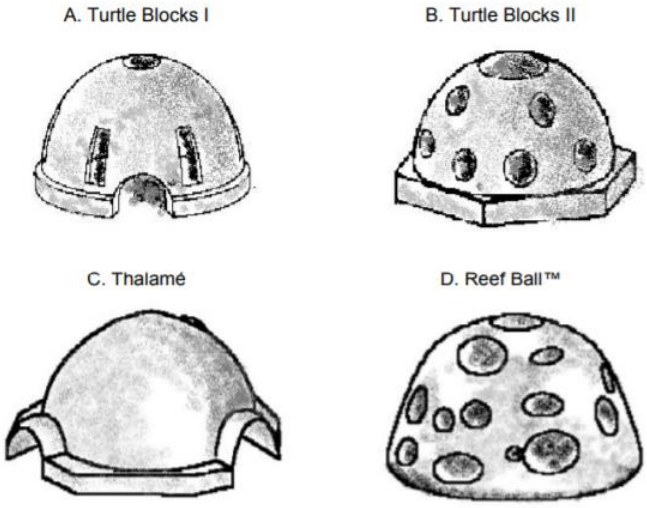
7. Data model diolah secara numerik menggunakan open source software berbasis hidrodinamika partikel yang dihaluskan, DualSPHysics 5.0.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Topik yang diangkat dalam penelitian kali ini mengenai terumbu buatan berbentuk hexagonal sebagai pemecah gelombang ambang rendah. Pemecah gelombang ambang rendah tentu memiliki kekurangan dalam pemanfaatannya, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh bangunan pemecah gelombang ambang rendah yang efektif dan efisien. Diperlukan dukungan dari hasil penelitian penelitian terkait yang sudah dilakukan sebelumnya untuk memperkuat pembahasan dalam penelitian ini.

Terumbu buatan memiliki fungsi yang begitu besar terhadap permasalahan pada lingkungan pantai sehingga begitu banyak penelitian yang dilakukan terkait fungsi dan efektifitas terumbu buatan dalam menanggulangi permasalahan lingkungan pantai. dalam penelitiannya, (Harris 2009) menguji terumbu buatan yang akan digunakan untuk restorasi terumbu pasca tsunami dan pasca badai dengan teknik penyelamatan dan perambatan karang, dengan begitu terumbu dapat mengembalikan keindahan pantai dan kembali menstabilkan pantai. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan fungsi dan kegunaan terumbu karang buatan (*artificial reef*) sudah berkembang dari fungsi utama sebagai salah satu metode dalam merekondisi terumbu karang asli, menjadi salah satu struktur bangunan pemecah gelombang yang dapat melindungi pantai.



Gambar II-1. Tipe terumbu buatan *hemispherical*

Terumbu buatan dapat dikatakan berfungsi dengan baik ketika dapat meredam gelombang dan menenangkan perairan dibelakang bangunan. Parameter hidrodinamika seperti tinggi dan periode gelombang terhadap struktur terumbu buatan sebagai pemecah gelombang sangat berpengaruh baik terhadap transmisi gelombang maupun terhadap profil pantai yang terbentuk di belakang struktur (Ernawan, Suprapto, and M.Azhar 2013). Dalam mentransmisi gelombang, (Armono and Hall 2003) melakukan pengujian dua dimensi terhadap pengaruh terumbu buatan berbentuk *hemispherical* dalam mentransmisi gelombang dengan menggunakan gelombang regular dan irregular. Gambar II-1 menunjukkan tipe terumbu buatan bentuk *hemispherical.*

Bentuk dari Pada hasil penelitiannya didapatkan pengurangan ketinggian gelombang yang dipengaruhi oleh kemiringan gelombang, kedalaman perendaman, dan geometri terumbu. Sekitar 60% dari energi gelombang yang masuk rata-rata berkurang. Selain terumbu buatan berbentuk *hemispherical*, juga dikembangkan terumbu buatan dengan bentuk lainnya. (Wirayuhanto and Armono 2018) mengembangkan terumbu buatan dengan bentuk hexagonal atau yang dapat di sebut pula sebagai *hexagonal reef* . Penelitian pada *hexagonal reef* ini dilakukan untuk mengetahui efek dari jarak gap peletakan struktur *hexagonal reef* dengan nilai koefisien transmisi. Metode pengujian yang dilakukan adalah dengan model fisik. Pengujian dilakukan untuk variasi jarak gap struktur serta variasi tinggi gelombang. Variasi jarak gap antar struktur dilakukan hanya untuk jarak 0D dan 1D. Dari penelitian ini, didapatkan nilai Kt pada jarak gap 0D = 0.911 dan nilai Kt pada jarak gap 1D = 0.844. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan peredaman struktur dengan jarak gap 0D lebih rendah dibandingkan dengan struktur untuk jarak gap 1D.

Tinjauan refleksi gelombang juga merupakan salah satu aspek penting dalam perencanaan bangunan terumbu untuk pemanfaatan peredaman gelombang. Penelitian yang dilakukan oleh (Surendro, Yuwono, and Darsono 2015) pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda Tumpukan Batu bertujuan untuk mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap perubahan nilai koefisien gelombang refleksi (Kr). Dalam penelitiannya dikatakan, koefisien gelombang refleksi dipengaruhi besarnya kedalaman air (d), kedalaman air di atas puncak pemecah gelombang ambang rendah (h), periode gelombang (T), lebar puncak pemecah gelombang (B), dan lebar antara pemecah gelombang (B’). Dan apabila pengurangan material batu pelindung semakin banyak,

maka nilai koefisien gelombang refleksi semakin kecil. Selain itu, pengujian tentang refleksi gelombang juga dilakukan oleh (Lokesha, Sannasiraj, and Sundar 2019) pada terumbu buatan. Penelitian ini dilakukan menggunakan flume tank dengan ukuran panjang = 72.5 m, lebar = 2 m, dan kedalaman = 2.7 m yang berada di Ocean Engineering Department, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India. Pada hasil penelitiannya didapatkan nilai koefisien refleksi untuk hw / jam 1,5, 1,375 dan 1,25 adalah 0,03–0,32, 0,04–0,38 dan 0,08–0,49.

Selanjutnya akan dilakukan penelitian dengan topik hexagonal reef sebagai submerged breakwater. Penelitian serupa juga dilakukan oleh (Wirayuhanto and Armono 2018) dalam penelitiannya mengenai pengaruh konfigurasi terumbu buatan bentuk heksagonal pada kemampuan peredaman gelombang. Dalam pengujian ini dilakukan untuk gelombang regular dengan variabel pengujian yakni transmisi gelombang. Ada 3 variasi jarak yang digunakan pada struktur yakni, 0.15 m, 0.112 m, dan 0 m. penelitian ini dilakukan dengan metode numerik menggunakan software Dualsphysics.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pemecah Gelombang Ambang Rendah

Pemecah gelombang ambang rendah merupakan bangunan pemecah gelombang yang diletakkan didasar laut. Puncak struktur pemecah gelombang ambang rendah muncul ke permukaan saat air rendah atau surut, namun tenggelam saat air laut pasang. Pemecah gelombang ambang rendah umum dimanfaatkan sebagai struktur pertahanan pantai yang memungkinkan untuk mentransmisi gelombang. kedalaman struktur dan bentuk struktur memiliki pengaruh yang besar pada koefisien transmisi dan refleksi yang pada akhirnya menentukan kemampuan struktur pemecah gelombang ambang rendah dalam melindungi pantai (Seaman 2019). Namun, submerged breakwater masih dapat dilalui gelombang overtopping dan hanya mengurangi beberapa persen energi gelombang datang yang mengenai pantai (Wirayuhanto and Armono 2018).

Dalam penggunaannya, bangunan pemecah gelombang tentu memiliki kekurangan dan kelebihan. Menurut (Surendro, Yuwono, and Darsono 2015) Beberapa kelebihan penggunaan bangunan pelindung pantai dengan pemecah gelombang ambang rendah (*submerged breakwater*) adalah sebagai berikut:

1. Tidak mengganggu keindahan pantai, karena konstruksinya tidak terlihat (di bawah permukaan air)

2. Karena konstruksi di bawah muka air, maka apabila ada gelombang datang sebagian energi gelombang terserap/terpatahkan, sebagian akan dipantulkan/direfleksikan, dan sebagian yang lain akan ditransmisikan, sehingga di pantai masih terjadi gelombang meskipun tidak begitu besar, dengan demikian wisatawan yang datang ke pantai masih dapat menikmati gelombang pantai

3. Pemecah gelombang ambang rendah, khususnya yang dibangun dengan tumpukan batu dapat menjadi tempat berkembang biaknya ikan, karena konstruksinya berongga dan gelombang yang terjadi tidak begitu besar.

Adapun kelemahan/kekurangannya adalah seperti berikut ini:

1. Pemecah gelombang ambang rendah tumpukan batu (batu alam maupun batu buatan) pada umumnya membutuhkan batu pelindung ukuran besar, dengan jumlah yang banyak, sehingga dalam pembangunannya memerlukan biaya yang cukup besar.

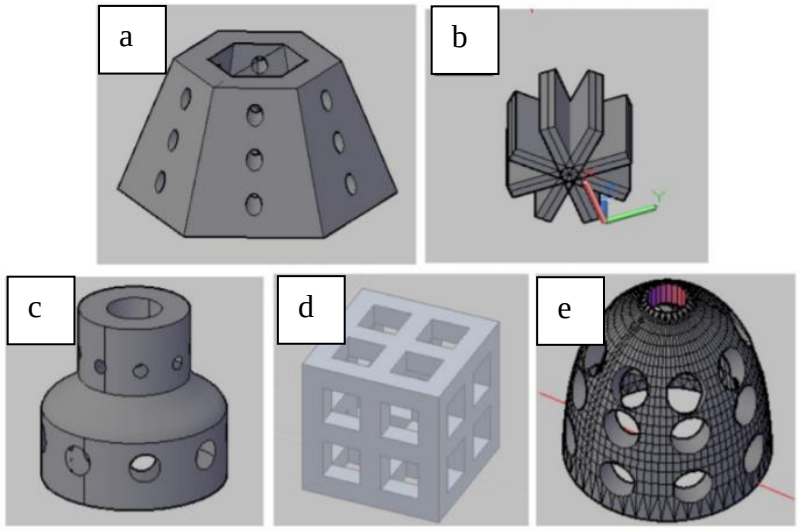
2. Dalam pembangunannya pada umumnya memerlukan sarana penunjang yang relatip besar seperti alat angkut (truk besar), kran dengan kemampuan angkat yang besar, jembatan yang cukup panjang sebagai sarana jalan truk dalam mengangkut batu lindung ke posisi yang telah ditentukan. Bahkan kadangkadang, karena posisi peletakan batu sulit dijangkau dengan kran, maka diperlukan alat peletak batu yang lain yaitu helikopter.

Selain kelebihan dan kekurangan dari bangunan pemecah gelombang ambang rendah, hal terpenting yang perlu diperhatikan adalah keberhasilan struktur dalam melindungi pantai. Struktur pemecah gelombang ambang rendah akan berfungsi dengan baik apabila keberadaannya mampu memberikan perlindungan terhadap pantai di belakangnya dan respon garis pantainya cenderung maju dan bertambah lebar ke arah laut (Sulaiman et al. 2011)

2.2.2 **Terumbu Buatan sebagai Pemecah Gelombang Ambang Rendah**

Terumbu buatan adalah salah satu contoh pemecah gelombang ambang rendah. Menurut (Armono and Wirayuhanto 2018), Terumbu buatan berfungsi sebagai bangunan

pemecah gelombang yang diletakkan didasar laut dan dapat mereduksi energi gelombang sehingga mengurangi kerusakan pada daerah pantai. Ada beberapa jenis terumbu buatan yang telah dikembangkan seperti Aqua Reef, Turtle Reef, Reef Ball, Ultra Ball, Bay Ball, Square Reef dan Reef Bottle. Geometri dan desain terumbu buatan berbeda-beda karena bergantung pada fungsi utama struktur dan bahan yang digunakan, namun terumbu buatan memiliki Ciri khas tersendiri, yaitu sisi-sisi berongga yang berfungsi untuk lokasi perlindungan habitat dan memecah energi gelombang yang mengenai struktur terumbu buatan tersebut.



Gambar II-2. Tipe terumbu buatan. a. hexagonal reef ; b. star reef; c. bottle reef., d. cube reef, e. seadome
***Source* : (Fauzi et al. 2017)**

Selain berfungsi sebagai pemecah gelombang dan melindungi pantai, terumbu buatan juga dapat dimanfaatkan sebagai rumah bagi habitat laut dan meningkatkan pertumbuhan laut.

2.2.3 Transmisi Gelombang

Ketika gelombang datang mengenai suatu struktur yang porous maka ada sebagian gelombang yang diteruskan atau ditransmisikan yang disebut dengan gelombang transmisi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, Transmisi gelombang adalah penerusan gelombang melalui suatu bangunan. Parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditansmisikan (Ht) dengan tinggi gelombang datang (Hi) atau akar dari energi gelombang transmisi (Et) dengan energi gelombang datang (Ei) (Putra, Putra, and Armono 2013).

$$\mathbf{Kt} = \frac{Ht}{Hi} = \left(\frac{Et}{Ei}\right)^{1/2} \quad \textbf{.....Persamaan 1}$$

Dengan :

Kt = koefisien transmisi

Hi = tinggi gelombang datang

Ht = tinggi gelombang transmisi

Ei = energi gelombang datang

Et = energi gelombang transmisi

2.2.4 **Refleksi Gelombang**

Gelombang datang yang membentur suatu rintangan akan dipantulkan Sebagian atau seluruhnya, hal ini merupakan pengertian dari refleksi gelombang. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu dapat menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding dengan bangunan tegak masif (Triatmodjo 1999). Besar kemampuan suatu bangunan pemecah gelombang untuk memantulkan gelombang dapat diketahui melalui koefisien refleksi. Parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang direfleksikan (Hr) dengan tinggi gelombang datang (Hi) atau akar dari energi gelombang refleksi (Er) dengan energi gelombang datang (Ei).

$$\mathbf{Kr} = \frac{Hr}{Hi} = \left(\frac{Er}{Ei}\right)^{1/2} \quad \textbf{.....Persamaan 2}$$

Dengan :

Kr = Koefisien Refleksi

Hr = gelombang yang direfleksikan

Hi = tinggi gelombang datang

Er = energi gelombang refleksi

Ei = energi gelombang datang

2.2.5 **Model Numerik**

Penelitian tugas akhir ini dilakukan secara numerik dengan membentuk numerical wavetank. Software utama yang digunakan dalam pembentukan numerical wavetank untuk pengujian model Hexagonal reef adalah SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamic*) bernama DualSPHysics.

2.2.5.1 ***Smoothed Particle Hydrodynamic***

Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) adalah metode Langrangian tanpa grid yang dikembangkan oleh Lucy, Gingold, dan Monaghan (Swegle and Hichs 1995). SPH telah digunakan untuk berbagai aplikasi teknis simulasi fluida dan menunjukkan hasil

validasi yang baik. Hasil ini menunjukkan SPH memiliki aplikasi yang lebih luas untuk permasalahan teknik baik pada umumnya maupun khususnya pada teknik kelautan. SPH memiliki keunggulan dibanding metode mesh diantaranya tidak perlunya grid khusus dalam pemodelan. Karena tidak adanya grid pada pemodelan numerik cukup mendefinisikan jarak partikel pada kondisi awal membuat metode ini membutuhkan waktu yang lebih cepat dibanding metode mesh (Trimulyono 2018a).

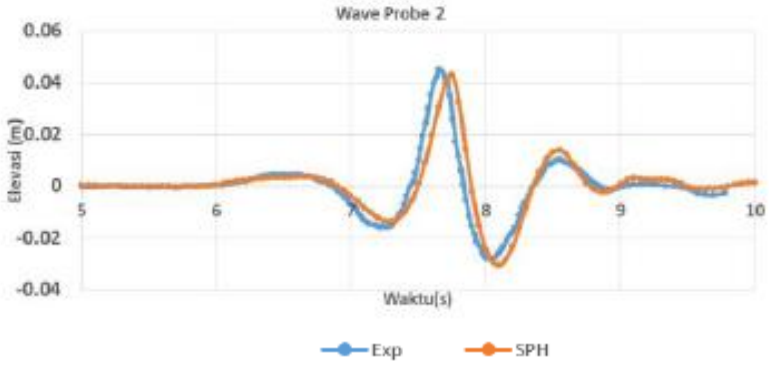
Persamaan mendasar pada metode SPH direpresentasikan bila suatu suatu fungsi F(r) dalam domain Ω dapat didekati dengan pendekatan integral seperti pesamaan (1) dimana W adalah kernel function dan r adalah vector posisi (Domínguez et al. 2021)

$$F(\boldsymbol{r}) = \int F(\boldsymbol{r}')W(\boldsymbol{r} - \boldsymbol{r}', h)d\boldsymbol{r}' \quad \textbf{Persamaan 3}$$

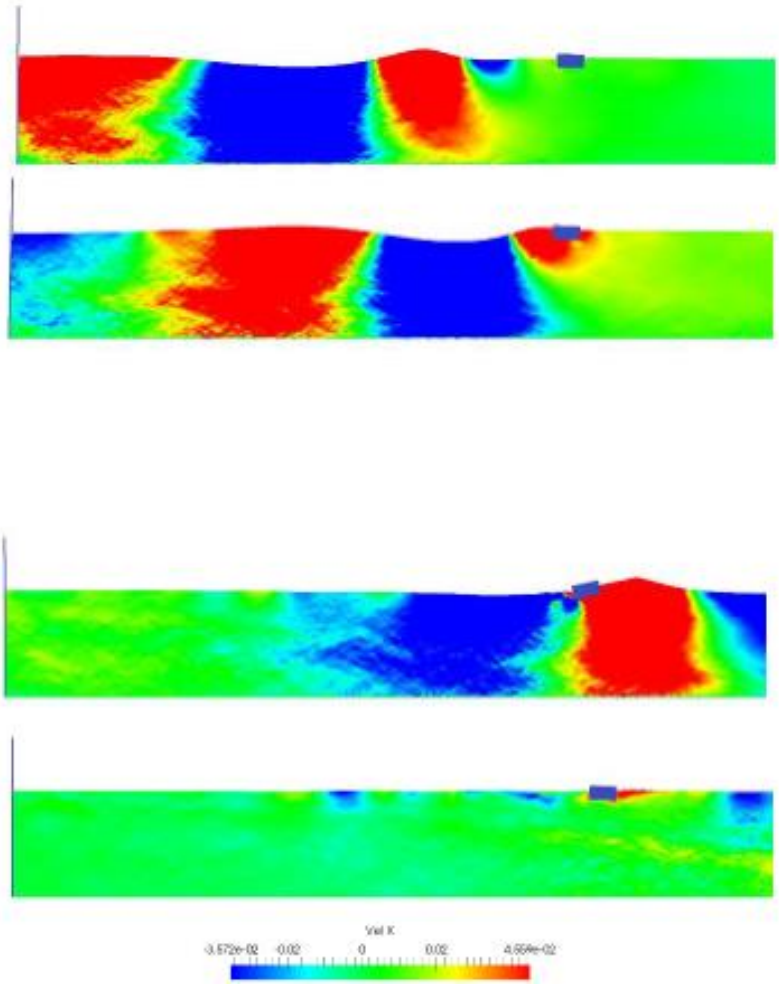
2.2.5.2 ***DualSPHysics***

DualSPHysics merupakan open source solver berbasis Weakly Compressible Smoothed Particle Hydrodynamics (WCSPH) yang dikembangkan dari SPHysics. DualSPHysics juga digunakan untuk memodelkan gelombang air secara dua dimensi menggunakan open boundaries. Studi pemodelan air menggunakan SPH telah banyak dilakukan. Seperti memodelkan gelombang untuk kasus teknik pantai, dimana dilakukan pemodelan gelombang pantai untuk pelindung pantai.

Salah satu contoh penggunaan software ini adalah pada penelitian yang berjudul "Validasi Gerakan Benda Terapung Menggunakan Metode *Smoothed Particle Hydrodinamics*" yang dilakukan oleh (Trimulyono 2018). Gelombang yang dihasilkan dari simulasi numerik SPH memperlihatkan hasil yang akurat dan sama dengan hasil experimen. Selain itu hasil simulasi numerik SPH menunjukkan gerakan translasi *surge* dan *heave* pada benda terapung menunjukkan hasil yang baik.



Gambar II-3. Perbandingan hasil SPH dan experiment
Sumber : (Trimulyono 2018)



Gambar II-4. Hasil simulasi numerik SPH
sumber : (Trimulyono 2018)

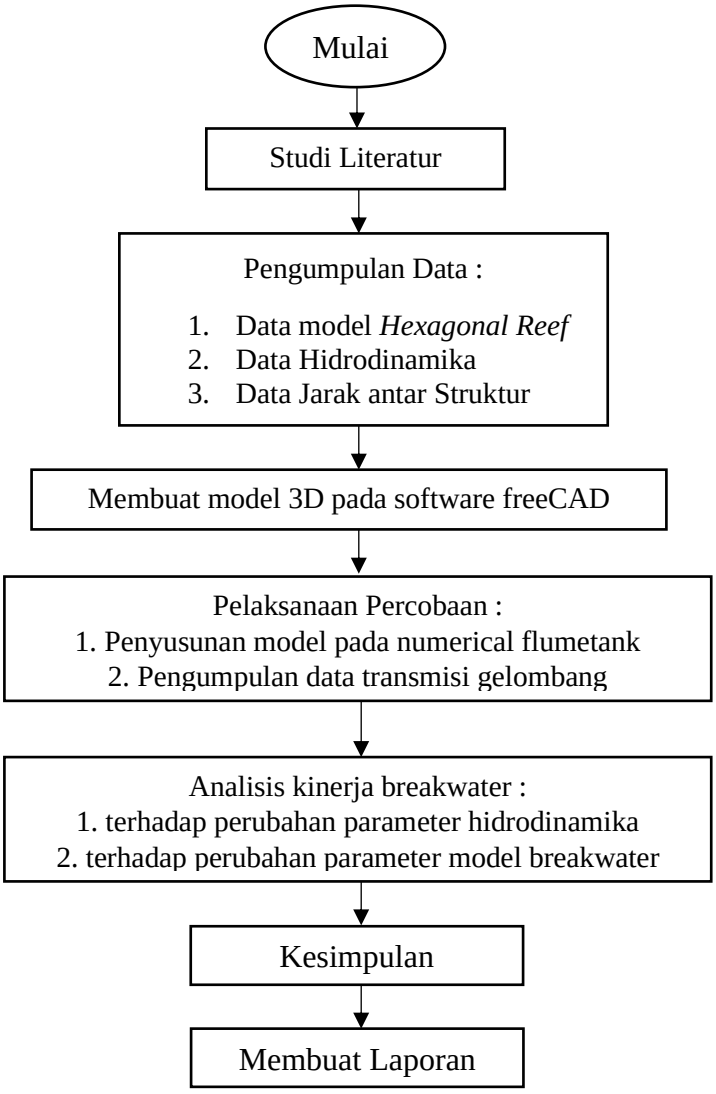
SPH memiliki ketelitian yang dapat dikatakan hampir sama dengan metode *mesh* meskipun metode SPH ini masih tergolong baru. Menurut (Trimulyono 2018) apabila metode SPH dibandingkan dengan metode *mesh* yang telah maju, metode partikel SPH yang baru berkembang dalam dua decade ini menunjukkan potensi penggunaan yang sangat baik dalam bidang teknik kelautan secara maupun bidang teknik secara umum. Selain keunggulannya yang tidak menggunakan grid, juga tidak ada perlunya teknik khusus untuk mendeteksi freesurface sehingga metode ini memiliki kelebihan untuk mempersingkat waktu karena tidak perlu mengenerate mesh dalam pemodelan numerik.

Walaupun hasil penelitian untuk simulasi teknik kelautan sudah menunjukkan akurasi yang baik menggunakan DualSPHysics, tetap perlu dilakukan pengembangan untuk permasalahan yang lebih kompleks dalam bidang teknik secara umum.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam pelaksanaannya, terdapat beberapa tahapan dalam menganalisis kinerja terumbu buatan dalam mereduksi gelombang. Alur pengerjaan dalam penelitian ini dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar III-1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Deskripsi Diagram Alir

3.2.1 Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan materi terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Hal ini dilakukan agar penulis memiliki pemahaman terhadap penelitian yang akan dikerjakan. Dari studi literatur yang telah dikumpulkan dan dipahami, dapat disusun suatu rancangan penelitian dan metode pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

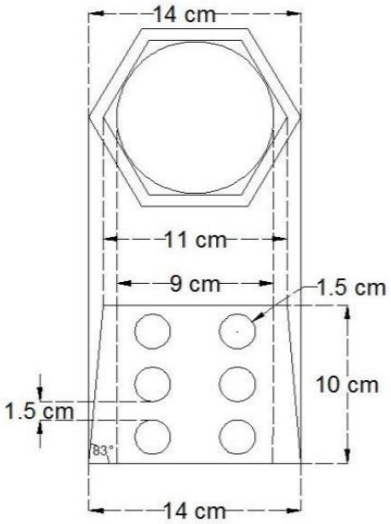
Penelitian ini membahas tentang terumbu buatan berbentuk heksagonal sebagai pemecah gelombang ambang rendah, dan sumber literatur yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian berasal dari jurnal, tugas akhir, buku, thesis dan juga internet yang dikumpulkan oleh penulis. Beberapa kata kunci yang dicari pada penelitian ini antara lain :

1. Submerged Breakwater
2. Artificial Reef
3. Wave Attenuation
4. Pemodelan Numerik

3.2.2 Pengumpulan Data

3.2.2.1 Data *Hexagonal Reef*

Pada penelitian ini model yang akan diuji adalah terumbu buatan dengan bentuk heksagonal yang memiliki 6 lubang pada setiap sisinya. Model yang digunakan pada penelitian ini memiliki perbandingan dengan struktur aslinya sebesar 1:10. Dimensi dari model struktur dapat dilihat pada Gambar III-2.

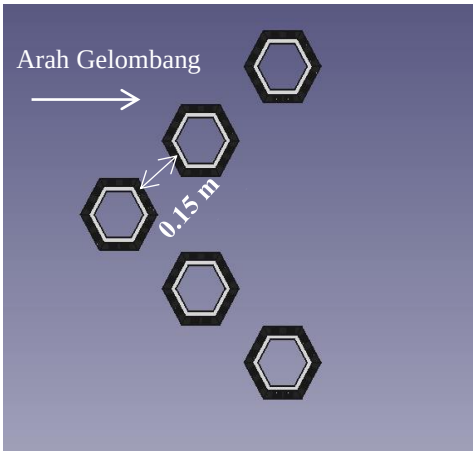
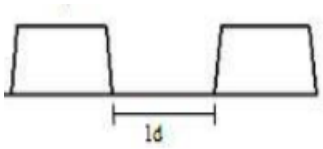
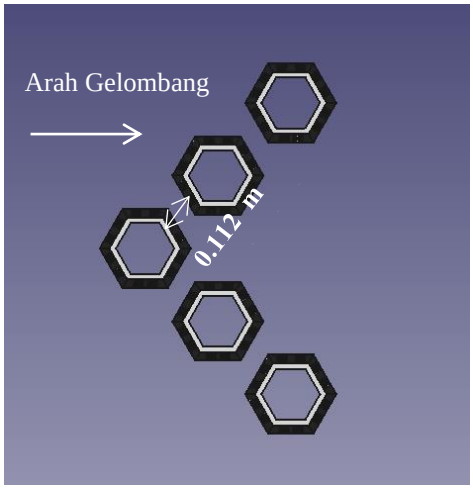
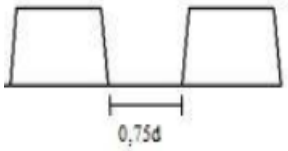


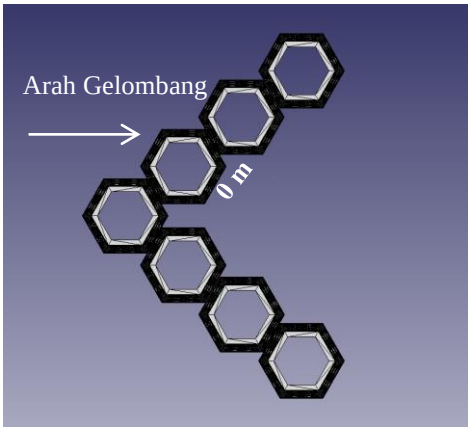
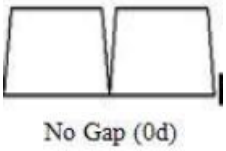
Gambar III-2. Dimensi Hexagonal Reef

3.2.2.2 **Konfigurasi Struktur**

Dengan dimensi yang telah ditentukan seperti pada gambar diatas, maka hexagonal reef akan disusun di dalam numerical wave tank sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan. Konfigurasi model akan divariasikan dengan jarak (gap) berdasarkan diameter hexagonal reef (d) yang telah ditentukan untuk kemudian diuji terhadap variasi tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), dan Freeboard. Berikut merupakan gambar dari penyusunan konfigurasi terumbu buatan bentuk hexagonal.

Tabel III-1. Konfigurasi pengujian hexagonal reef

Konfigurasi	Gap (m)	Sketsa Penempatan Hexagonal Reef	
1d	0.150		
0.75d	0. 112		

Konfigurasi	Gap (m)	Sketsa Penempatan Hexagonal Reef	
0d	0		

3.2.2.3 **Data Hidrodinamika**

Hal yang akan diamati dalam penelitian kali ini adalah dampak parameter hidrodinamika terhadap transmisi yang dihasilkan struktur pemecah gelombang. Parameter hidrodinamika dalam hal ini adalah freeboard atau tinggi muka air dari puncak struktur tinggi gelombang periode gelombang yang dibangkitkan melalui numerical flume tank. Berikut adalah variasi periode gelombang dan tinggi gelombang yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel III-2. Variasi periode gelombang dan tinggi gelombang

Hi	**Ti**	**Freeboard**	**Keterangan**
m	**s**	**m**	
0.1	1 ; 1.5 ; 2	0.1 ; 0.2 ; 0.3	Reguler Wave
0.15	1 ; 1.5 ; 2	0.1 ; 0.2 ; 0.3	
0.2	1 ; 1.5 ; 2	0.1 ; 0.2 ; 0.3	

3.2.3 **Kalibrasi Model**

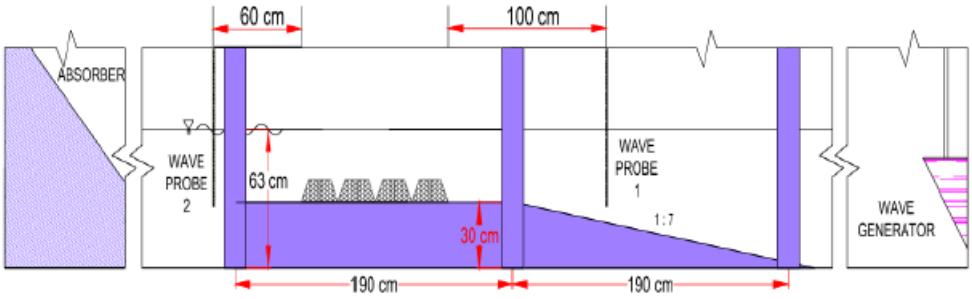
Dalam pengujian yang akan dilakukan, struktur akan dimodelkan di dalam numerical flume tank. Untuk itu kalibrasi perlu dilakukan pada *numerical wavetank* sebelum dilanjutkan pada proses pengujian. Kalibrasi pada *numerical wavetank* dilakukan sebagai validasi apakah *numerical wavetank* sudah sesuai dengan kondisi fisik dan layak untuk digunakan pada penelitian yang akan dilakukan. Proses kalibrasi menggunakan data hasil uji model fisik pada *wavetank* yang digunakan oleh (Winarto 2018).

Dimensi dari *numerical wavetank* sudah ditentukan berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Dimensi daripada numerical flume tank yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel III-3.

Tabel III-3. Dimensi Flume Tank

Dimensi Flume Tank	
Keterangan	**Ukuran**
	m
Panjang	14
Tinggi	1.5
Lebar	0.6

Selanjutnya pada *wavetank*, wave probe diletakkan sesuai dengan lokasi yang sudah ditentukan pada pengujian sebelumnya yang ditunjukkan pada Gambar III-4 dibawah. Elevasi air, tinggi gelombang dan periode gelombang yang ditentukan untuk melakukan kalibrasi masing masing dapat dilihat pada Tabel III-4.

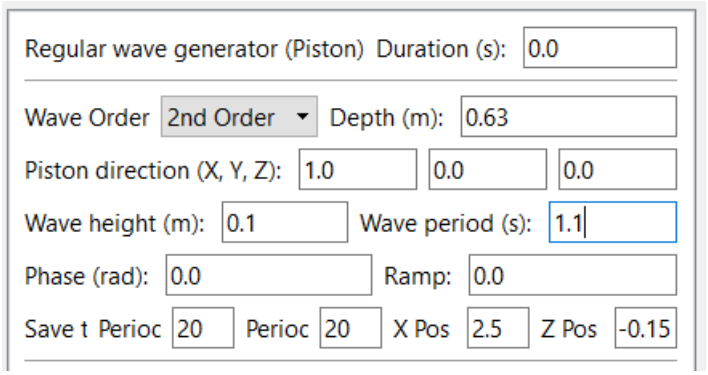


Gambar III-3. Uji model fisik untuk kalibrasi

Tabel III-4. Nilai elevasi air, tinggi gelombang, dan periode gelombang

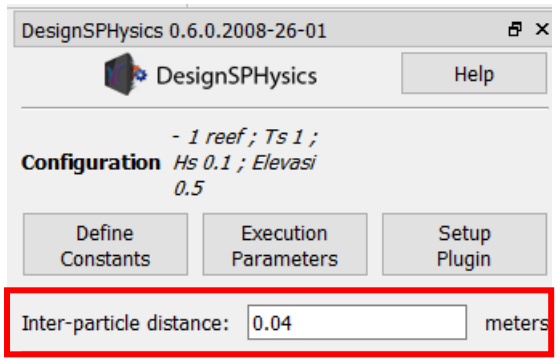
Keterangan	**Nilai**
	m
Elevasi Air	0.63
Tinggi Gelombang	0.1
Periode Gelombang	1.1

Nilai elevasi air, tinggi gelombang dan periode gelombang di masukkan pada menu penggenerasian gelombang oleh piston yang dilakukan seperti pada Gambar III-4 dibawah.



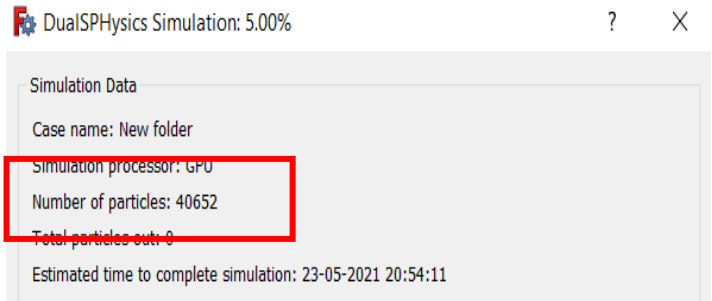
Gambar III-4. Input data gelombang pada DualSPHysics

Setelah data yang dibutuhkan sudah didefinisikan pada menu penggenerasian gelombang, selanjutnya kita dapat mengatur jarak antar partikel pada dualSPHysics sesuai dengan keinginan seperti pada Gambar III-5 dibawah.



Gambar III-5. Input jarak antar partikel

Pada dualSPHysics, semakin kecil jarak antar partikel yang diinput maka akan semakin baik pula hasil simulasi yang didapatkan setelah melakukan pacu *(running)* program. Ketika melakukan pacu program dengan jarak antar partikel yang kecil, maka jumlah partikel yang digunakan akan bertambah banyak dan waktu pacu program pun akan semakain lama tergantung dari spesifikasi perangkat yang digunakan. Gambar berikut merupakan contoh pacu program dengan jarak antar partikel sebesar 0.04 m pada dualSPHysics.



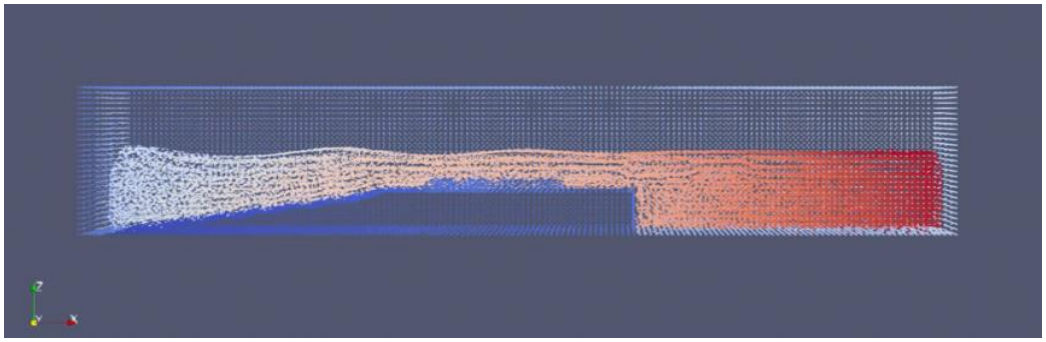
Gambar III-6. Jumlah partikel pada penjalanan program 0.04 m

Pacu program dengan jarak antar partikel sebesar 0.04 m menggunakan sebanyak 40652 partikel dalam simulasinya. Jumlah dari partikel juga dipengaruhi oleh ukuran model yang akan dibuat.

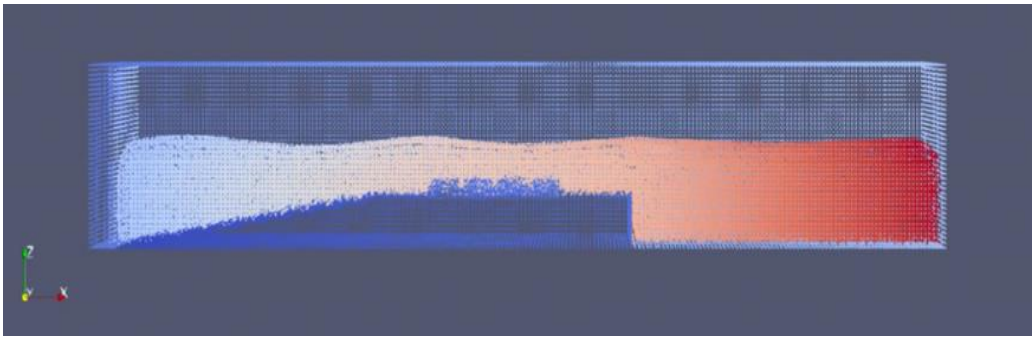
Pada penelitian ini, kalibrasi model dilakukan dengan analisis sensitifitas sebanyak tiga kali menggunakan jarak antar partikel yang berbeda. Jarak antar partikel yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Jarak antar partikel 0.04 m
2. Jarak antar partikel 0.03 m
3. Jarak antar partikel 0.02 m

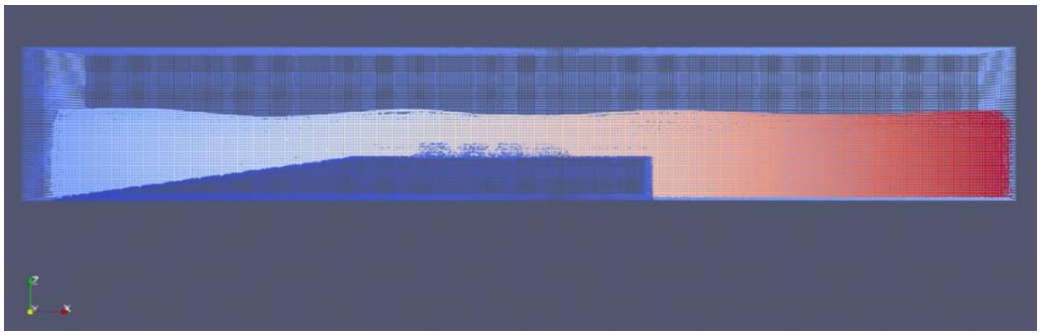
Setelah melakukan pacu program dengan 3 variasi jarak antar partikel tersebut , hasil simulasi dapat dilihat dengan menggunakan software paraview. Gambar dibawah menunjukkan hasil simulasi pada 3 variasi jarak antar partikel yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar III-7. Simulasi jarak antar partikel = 0.04 m



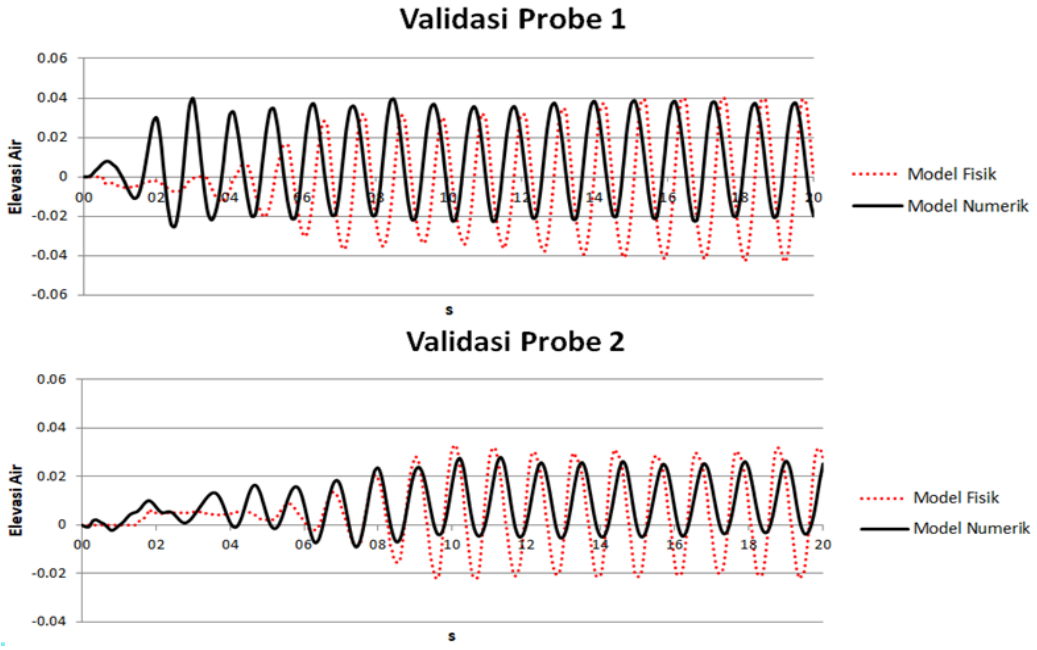
Gambar III-8. Simulasi jarak antar partikel = 0.03 m



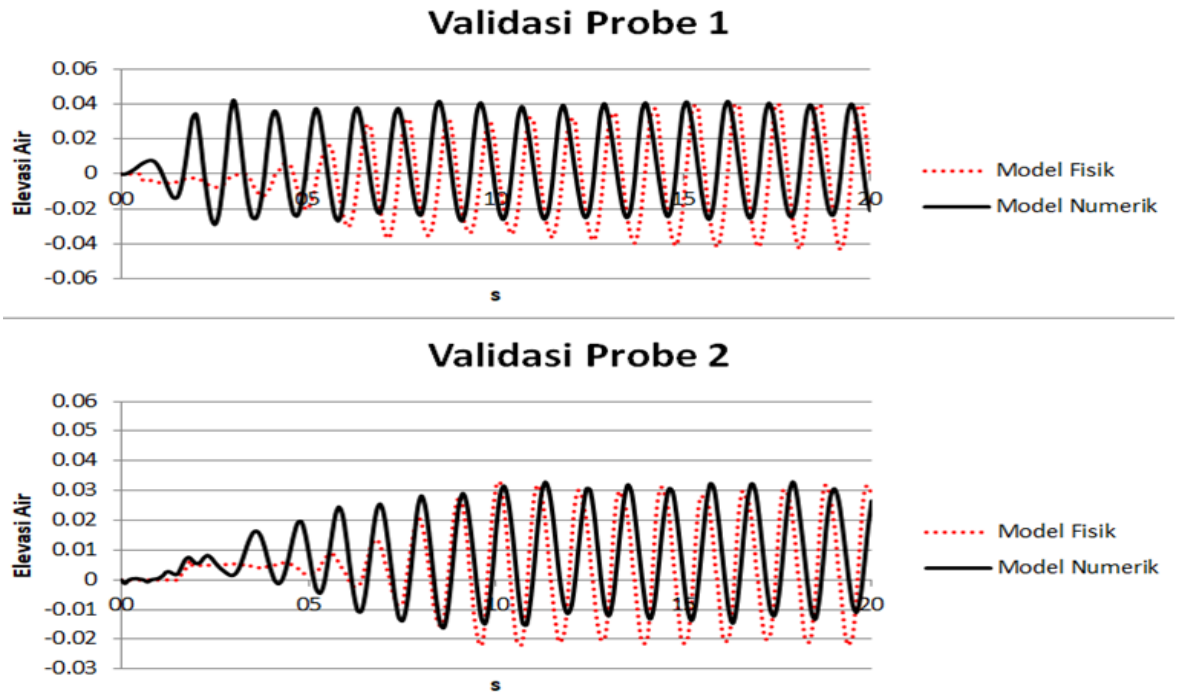
Gambar III-9. Simulasi jarak antar partikel 0.02 m

Berdasarkan hasil simulasi dengan 3 jarak antar partikel yang ditunjukkan, terlihat hasil yang cukup berbeda. Gambar-gambar diatas menunjukkan bahwa semakin kecil jarak antar partikel seperti pada jarak antar partikel sebesar 0.02 m menunjukkan resolusi yang jauh lebih baik dan jelas dibandingkan dengan jarak antar partikel sebesar 0.03 m dan 0.02 m.

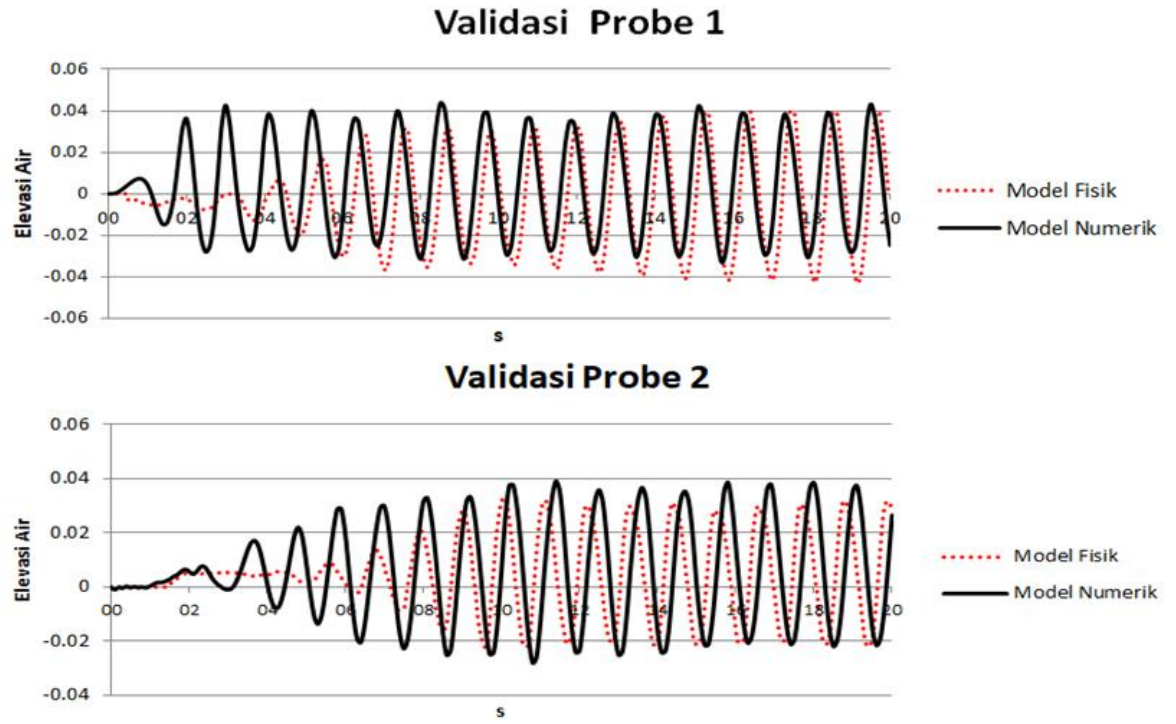
Setelah program selesai dijalankan, dengan menggunakan measuretool akan didapatkan pencatatan tinggi gelombang sesuai dengan titik lokasi waveprobe yang sudah kita tentukan pada rencana perancangan kalibrasi sebelumnya. Hasil pengukuran tinggi gelombang tersebut akan dibandingkan dengan hasil dari perhitungan model fisik yang dilakukan oleh (Winarto 2018) yang disajikan dalam bentuk grafik. Hasil kalibrasi yang baik akan memperlihatkan trend elevasi gelombang antara model numerik dan model fisik yang tidak jauh berbeda seperti pada Gambar berikut.



Gambar III-10. Hasil validasi pemodelaan numerik dan pemodelan fisik dengan jarak antar partikel = 0.04 m



Gambar III-11. Hasil validasi pemodelaan numerik dan pemodelan fisik dengan jarak antar partikel = 0.03 m



Gambar III-12. Hasil validasi pemodelaan numerik dan pemodelan fisik dengan jarak antar partikel = 0.02 m

Selanjutnya untuk melihat seberapa besar error yang terjadi antara model numerik dan model fisik maka digunakan perhitungan menggunakan perhitungan Rooted Mean Square(RMSE). Hasil perhitungan RMSE dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel III-5. ***Perhitungan Root Mean Square Error*** **(RMSE)**

Partikel 0.04 (30 menit)		Partikel 0.03 (50 menit)		Partikel 0.02 (1.5 jam)	
RMSE		RMSE		RMSE	
Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2
0.1303	0.1252	0.1306	0.1228	0.1310	0.1292

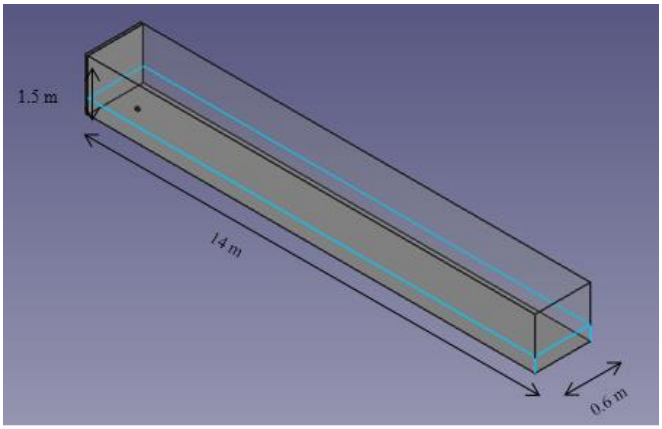
Berdasarkan hasil perhitungan RMSE yang didapatkan pada masing masing jarak antar partikel didapatkan hasil yang tidak begitu berbeda jauh diantara ke-3 hasil kalibrasi pada masing masing jarak antar partikel. Sehingga pada penelitian ini seterusnya akan melakukan penjalanan program dengan jarak antar partikel sebesar 0.04 m dengan pertimbangan hasil perhitungan RMSE yang tidak jauh berbeda dengan yang lainnya dan waktu penjalanan program yang lebih cepat dari yang lainnya.

3.2.4 **Membuat Model 3D**

Pada tahap ini, proses pembuatan model terbagi menjadi 2, yaitu pembuatan model numerical *wavetank* dan pembuatan model struktur hexagonal reef. Dalam pembuatannya, digunakan software FreeCad 0.18.

3.2.4.1 **Membuat Model *WaveTank***

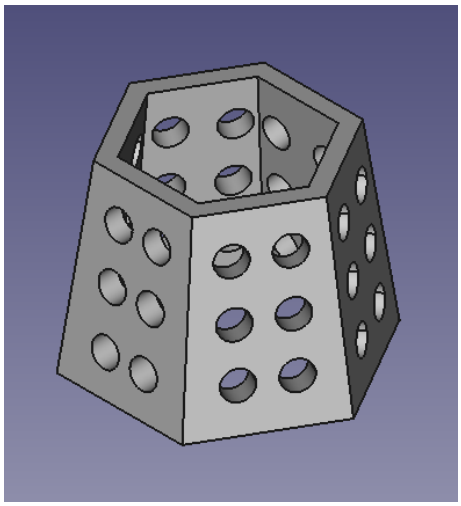
Dalam pengujian yang akan dilakukan diperlukan numerical *wavetank* untuk membangkitkan gelombang. Pembuatan model flume tank didesain menggunakan open-source-software, FreeCAD 0.18. Penentuan dimensi *wavetank* dapat dilakukan setelah melewati proses kalibrasi yang telah dibahas pada sub bab 3.2.3 yang membahas tentang kalibrasi model dan data. Gambar III-13 menampilkan *wavetank* yang dibuat dengan menggunakan software freecad.



Gambar III-13. ***Numerical wavetank***

3.2.4.2 **Membuat Model *Hexagonal Reef***

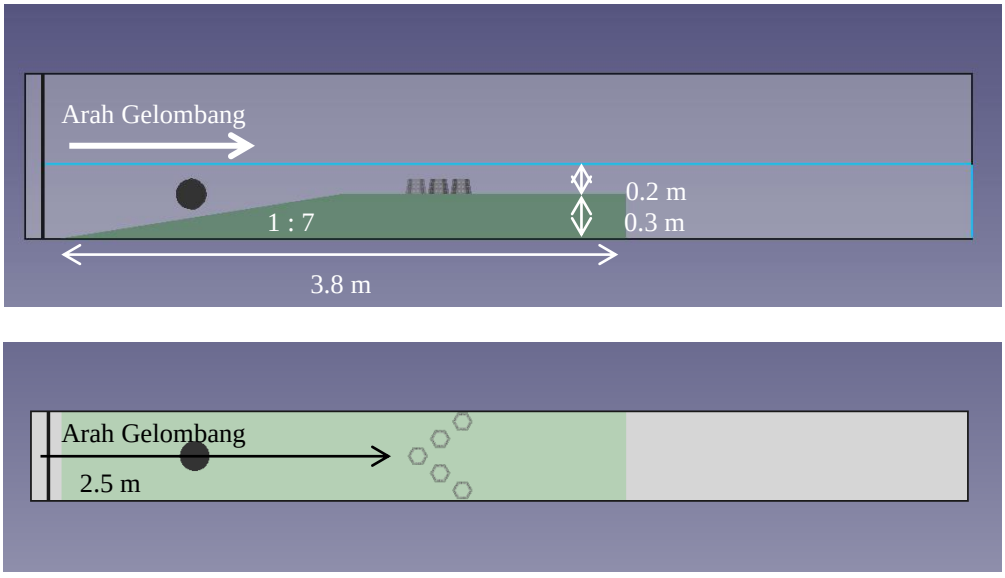
Model *hexagonal reef* yang akan digunakan dalam pengujian kali ini juga dibuat menggunakan software Freecad. Struktur yang dibuat sesuai dengan data ukuran yang telah ditentukan. Setelah pemodelan struktur selesai dilakukan, model disimpan dalam bentuk file .stl agar dapat diinput bersama dengan data hidrodinamika.



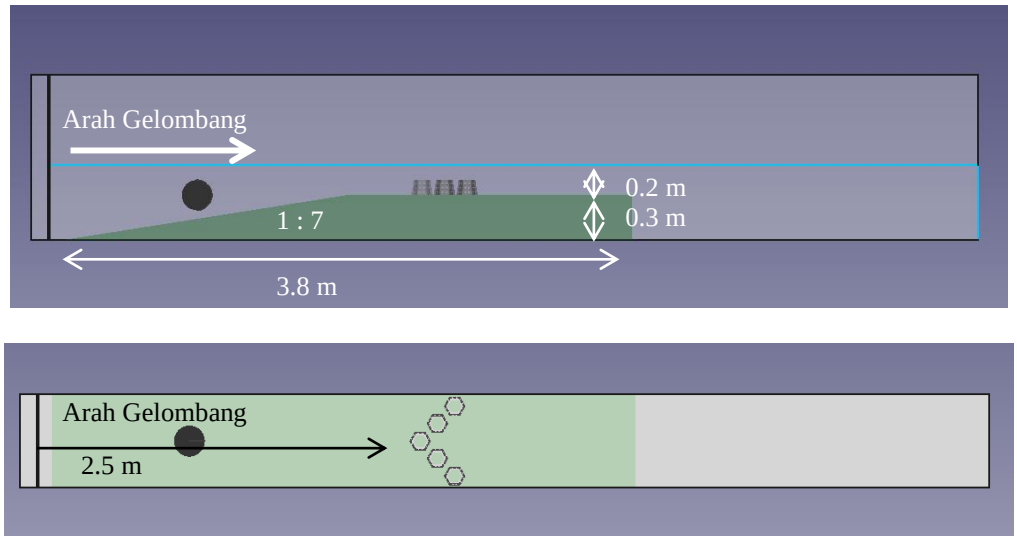
Gambar III-14. desain *hexagonal reef* menggunakan *Freecad*

3.2.5 **Integrasi Model Dan Penjalanan Program**

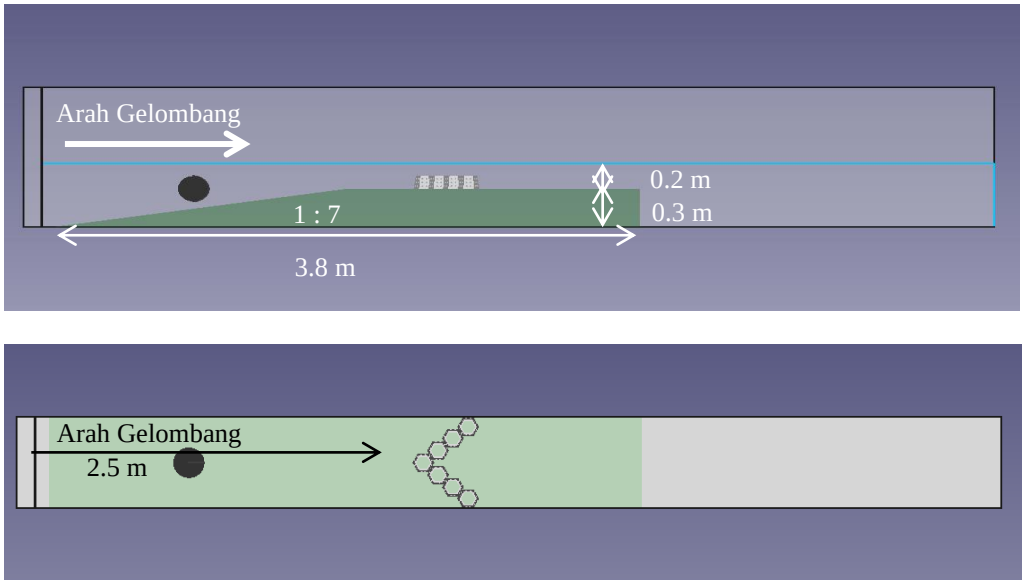
Setelah selesai mendesain model, maka proses pengerjaan dapat dilanjutkan ketahap integrasi model. Pada tahap ini, masing masing model 3D dari numerical *wavetank* dan struktur dapat disatukan ke dalam satu bagan kerja di FreeCAD 0.18 Berikut adalah gambar rancangan penelitian yang akan dilakukan.



Gambar III-15. Konfigurasi 1d (0.15 m)



Gambar III-16. Konfigurasi 0.75d (0.112 m)



Gambar III-17. Konfigurasi 0d (0 m)

Setelah model berhasil disatukan seperti pada gambar diatas, maka kemudian dapat diinput bersama dengan data hidrodinamikanya untuk dijalankan melalui program DualSPHysics dan akan didapatkan hasil data-data output dari pengujian ini. Data-data tersebut, nantinya akan dianalisis untuk menemukan tujuan dari penelitian ini.

3.2.6 **Analisis Data**

Setelah semua rancangan konfigurasi yang ditetapkan selesai diuji melalui program DualSPHysics dengan rancangan variasi parameter gelombang (tinggi gelombang, periode gelombang, dan elevasi air) yang telah di tentukan, Perlu dilakukan pemisahan antara data perubahan hidrodinamika dan data perubahan struktur. Maka dari data yang didapatkan dapat dianalisis bagaimana pengaruh masing masing parameter terhadap transmisi gelombang yang terjadi pada tiap konfigurasi yang diuji.

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Daftar Percobaan

Parameter hidrodinamika akan diuji pada masing masing konfigurasi yang sudah ditentukan. Tabel berikut menunjukkan daftar percobaan pada penelitian ini.

Tabel IV-1. Daftar Percobaan

No	Konfigurasi	Freeboard	Periode (s)	Tinggi Gelombang (m)
1	1d	0.1	2	0.1
2	1d			0.15
3	1d			0.2
4	1d		1.5	0.1
5	1d			0.15
6	1d			0.2
7	1d		1	0.1
8	1d			0.15
9	1d			0.2
10	1d	0.2	2	0.1
11	1d			0.15
12	1d			0.2
13	1d		1.5	0.1
14	1d			0.15
15	1d			0.2
16	1d		1	0.1
17	1d			0.15
18	1d			0.2
19	1d	0.3	2	0.1
20	1d			0.15
21	1d			0.2
22	1d		1.5	0.1
23	1d			0.15
24	1d			0.2
25	1d		1	0.1
26	1d			0.15
27	1d			0.2
28	0d	0.1	2	0.1
29	0d			0.15
30	0d			0.2
31	0d		1.5	0.1
32	0d			0.15
33	0d			0.2
34	0d		1	0.1

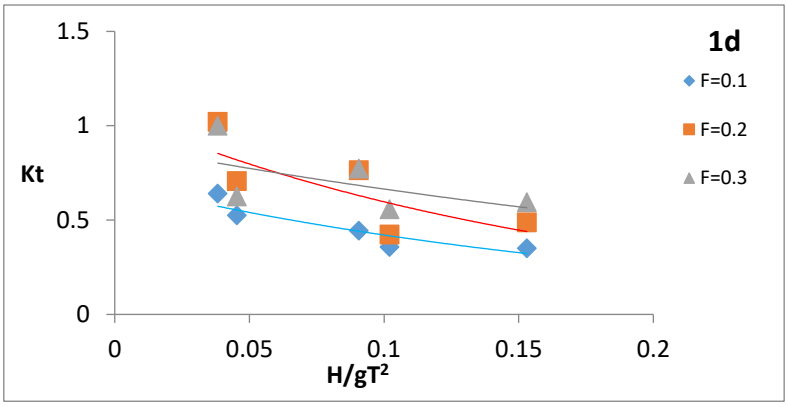
No	Konfigurasi	Freeboard	Periode (s)	Tinggi Gelombang (m)
35	0d			0.15
36	0d			0.2
37	0d	0.2	2	0.1
38	0d			0.15
39	0d			0.2
40	0d		1.5	0.1
41	0d			0.15
42	0d			0.2
43	0d		1	0.1
44	0d			0.15
45	0d			0.2
46	0d	0.3	2	0.1
47	0d			0.15
48	0d			0.2
49	0d		1.5	0.1
50	0d			0.15
51	0d			0.2
52	0d		1	0.1
53	0d			0.15
54	0d			0.2
55	0.75	0.1	2	0.1
56	0.75			0.15
57	0.75			0.2
58	0.75		1.5	0.1
59	0.75			0.15
60	0.75			0.2
61	0.75		1	0.1
62	0.75			0.15
63	0.75			0.2
64	0.75	0.2	2	0.1
65	0.75			0.15
66	0.75			0.2
67	0.75		1.5	0.1
68	0.75			0.15
69	0.75			0.2
70	0.75		1	0.1
71	0.75			0.15
72	0.75			0.2
73	0.75	0.3	2	0.1
74	0.75			0.15
75	0.75			0.2
76	0.75		1.5	0.1
77	0.75			0.15
78	0.75			0.2
79	0.75		1	0.1

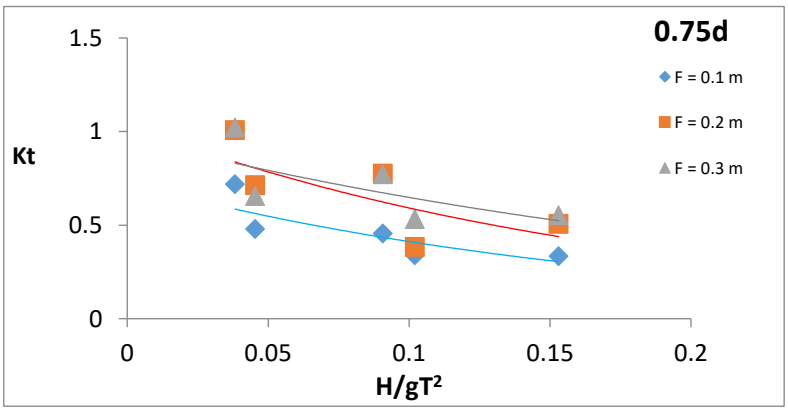
No	Konfigurasi	Freeboard	Periode (s)	Tinggi Gelombang (m)
80	0.75			0.15
81	0.75			0.2

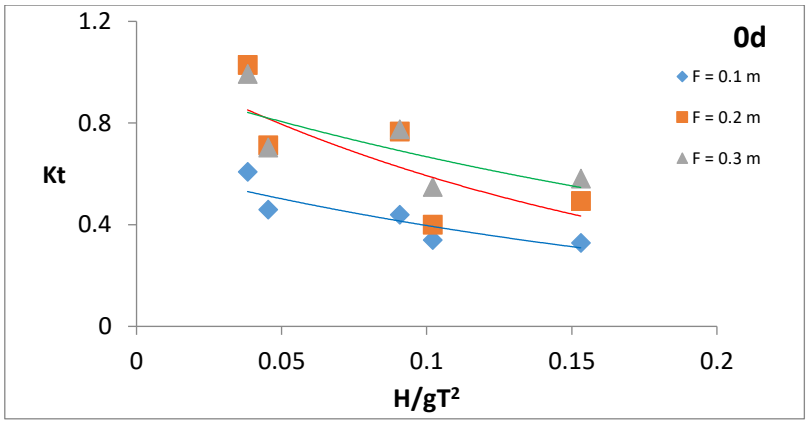
Parameter hidrodinamika yang divariasikan antara lain adalah tinggi gelombang, elevasi air, dan freeboard, Sedangkan parameter struktur yang divariasikan adalah gap antara struktur. Setelah dikelompokkan, terdapat 81 kasus yang akan uji. Hasil pengujian yang dilakukan diharapkan dapat menjawab rumusan masalah pada penelitian ini.

4.2 Pengaruh Parameter Hidrodinamika

Parameter hidrodinamika yang digunakan yakni tinggi gelombang, periode gelombang, dan freeboard dapat berpengaruh pada nilai transmisi gelombang (Kt). Pada sub-bab ini akan disajikan pengaruh dari tinggi gelombang, periode gelombang, dan freeboard terhadap transmisi gelombang (Kt) Hubungan Kemiringan Gelombang Pada Koefisien Transmisi (Kt)







Gambar IV-1. Hubungan kemiringan gelombang terhadap Kt

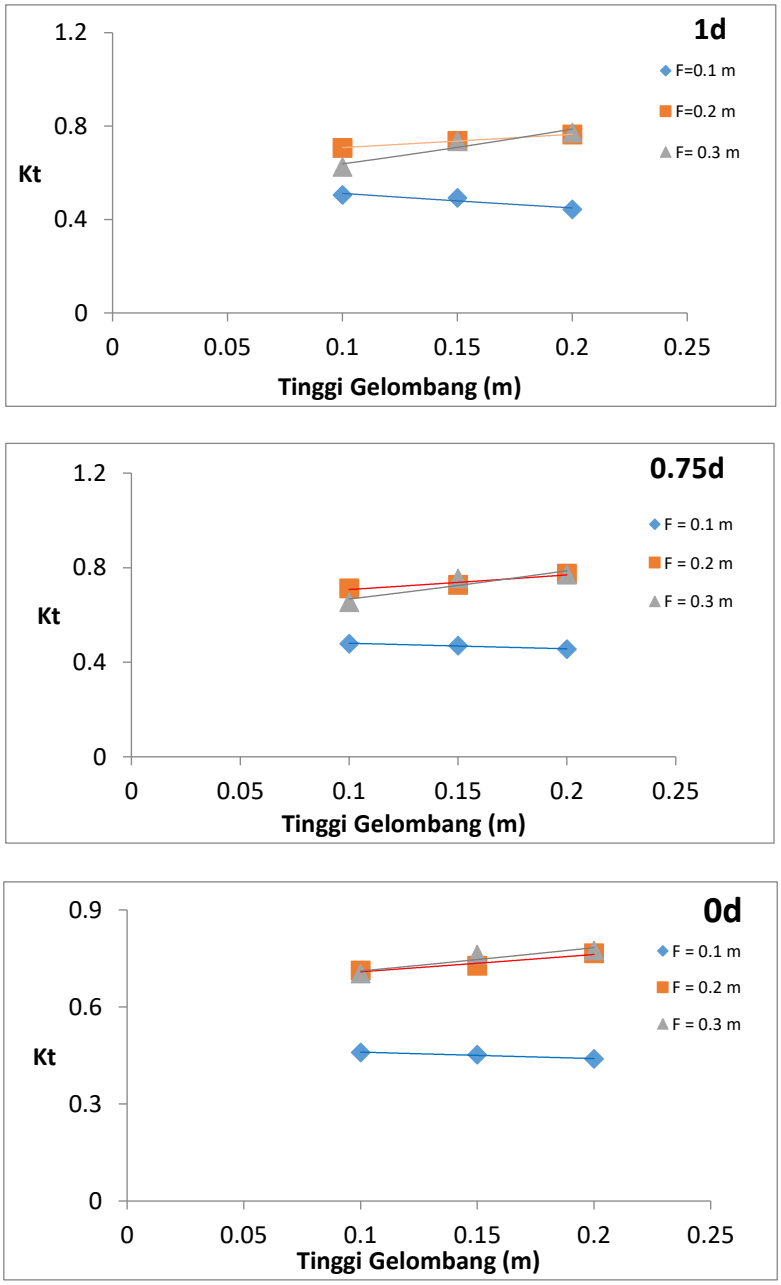
Kemiringan gelombang (wave steepness) merupakan variabel non-dimensional yang dipengaruhi oleh nilai gelombang dan periode gelombang. Kemiringan gelombang yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 0.038, 0.045, 0.091, 0.102, dan 0.153. Penyusunan grafik untuk hubungan kemiringan gelombang terhadap koefisien transmisi (Kt) dibedakan oleh freeboard pada masing masing konfigurasi 1d, 0.75d, dan 0d.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dari pengaruh kemiringan gelombang terhadapat koefisien transmisi (Kt) dan koefisien refleksi (Kr), Nilai koefisien transmisi (Kt) pada konfigurasi 1d didapatkan sebesar 0.64 – 0.35 pada F = 0.1 m, 1.02 – 0.48 pada F = 0.2 m, dan 1 – 0.59 pada F = 0.3 m. Pada konfigurasi 0.75d nilai koefisien transmisi berkisar antara 0.71 – 0.33 pada F = 0.1 m, 1 – 0.5 pada F = 0.2 m, dan 1.02 – 0.55 pada F = 0.3 m. Dan yang terakhir pada konfigurasi 0d nilai koefisien transmisi (Kt) berkisar antara 0.6 – 0.32 pada F = 0.1 m, 1.02 – 0.49 pada F = 0.2 m, dan 0.99 – 0.58 pada F = 0.3 m.

Grafik pada gambar IV-1 menunjukkan perubahan pada koefisien transmisi (Kt) yang dipengaruhi oleh kemiringan gelombang. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar nilai kemiringan gelombang, maka nilai koefisien transmisi (Kt) semakin kecil. Periode gelombang dan tinggi gelombang merupakan variabel yang mempengaruhi kemiringan gelombang, sehingga semakin besar periode gelombang maka semakin besar juga nilai koefisien transmisi (Kt). Selain itu, nilai koefisien transmisi (Kt) masing masing juga dibedakan oleh freeboard atau tinggi muka air dari puncak struktur. Pada grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi freeboard maka nilai koefisien transmisi semakin bertambah. Hal ini dikarenakan freeboard yang besar memberikan ruang yang cukup lebar agar gelombang dapat mengalir diatas struktur tanpa adanya gesekan. Kondisi ini menyebabkan reduksi gelombang menjadi lebih rendah dari pada freeboard yang kecil

4.2.1 **Hubungan Tinggi Gelombang Pada Koefisien Transmisi (Kt)**

Berikut diperlihatkan bagaimana pengaruh tinggi gelombang terhadap koefisien transmisi (Kt). Untuk melihat pengaruh tinggi gelombang terhadap Kt, tinggi gelombang dibedakan oleh kedalaman freeboard, dimana nilai Hi yang digunakan yakni gelombang setinggi 0.1, 0.15, dan 0.2 meter. Pengaruh tinggi gelombang terhadap koefisien transmisi (Kt) diplotkan kedalam grafik sebagai berikut untuk dilihat hasilnya.



Gambar IV-2. Hubungan tinggi gelombang terhadap Kt

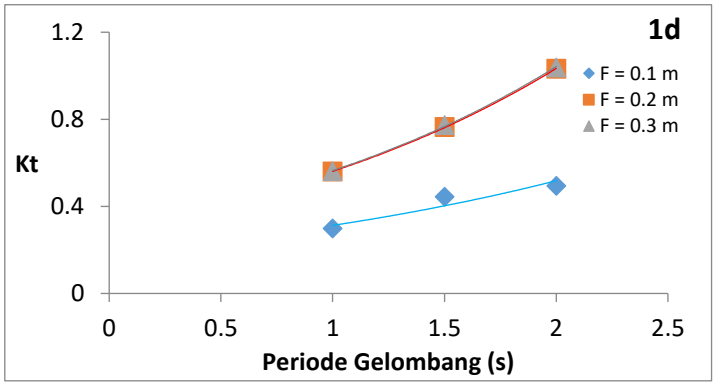
Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dari pengaruh tinggi gelombang terhadapat koefisien transmisi (Kt), Nilai koefisien transmisi (Kt) pada konfigurasi 1d didapatkan sebesar 0.5 – 0.44 pada F = 0.1 m, 0.7 – 0.76 pada F = 0.2 m, dan 0.62 – 0.77

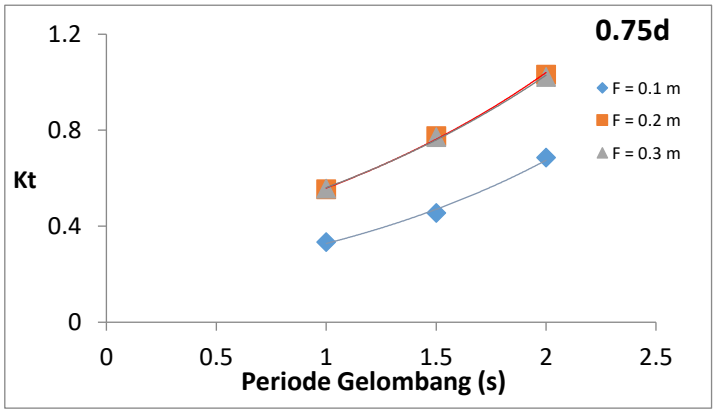
pada F = 0.3 m. Pada konfigurasi 0.75d nilai koefisien transmisi berkisar antara 0.47 – 0.45 pada F = 0.1 m, 0.71 – 0.77 pada F = 0.2 m, dan 0.65 – 0.77 pada F = 0.3 m. Dan yang terakhir pada konfigurasi 0d nilai koefisien transmisi (Kt) berkisar antara 0.45 – 0.43 pada F = 0.1 m, 0.71 – 0.76 pada F = 0.2 m, dan 0.7 – 0.77 pada F = 0.3 m.

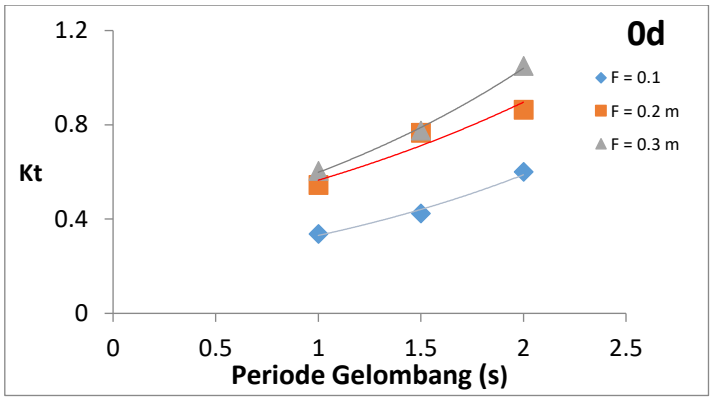
Grafik pada gambar IV-2 menunjukkan perubahan pada koefisien transmisi (Kt) yang dipengaruhi oleh tinggi gelombang. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar nilai tinggi gelombang, maka nilai koefisien transmisi (Kt) semakin kecil. Hal ini terjadi karena semakin besar tinggi gelombang maka semakin besar pula kemungkinan gelombang yang pecah pecah ketika mengenai puncak struktur sehingga gelombang yang tereduksi semakin besar pula. Namun hal tersebut hanya terjadi pada freeboard dengan tinggi 0.1 m. Yang terjadi pada freeboard 0.2 m dan 0.3 adalah semakin tinggi gelombang maka nilai koefisien transmisi (Kt) semakin besar.

4.2.2 **Hubungan Periode Gelombang Pada Koefisien Transmisi (Kt)**

Berikut diperlihatkan bagaimana pengaruh periode gelombang terhadap koefisien transmisi (Kt). Untuk melihat pengaruh periode gelombang terhadap Kt, periode gelombang dibedakan oleh kedalaman freeboard, dimana nilai periode gelombang yang digunakan adalah 1 s, 1.5 s, dan 2 s. Pengaruh periode gelombang terhadap koefisien transmisi (Kt) diplotkan kedalam grafik sebagai berikut untuk dilihat hasilnya.







Gambar IV-3. Hubungan periode gelombang terhadap Kt dan Kr

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dari pengaruh periode gelombang terhadapat koefisien transmisi (Kt), pada konfigurasi 1d didapatkan sebesar 0.29 – 0.49 pada F = 0.1 m, 0.56 – 1.03 pada F = 0.2 m, dan 0.56 – 1.03 pada F = 0.3 m. Pada konfigurasi 0.75d nilai koefisien transmisi berkisar antara 0.33 – 0.68 pada F = 0.1 m, 0.55 – 1.03 pada F = 0.2 m, dan 0.55 – 1.02 pada F = 0.3 m. Dan yang terakhir pada konfigurasi 0d nilai koefisien transmisi (Kt) berkisar antara 0.33 – 0.6 pada F = 0.1 m, 0.54 – 0.86 pada F = 0.2 m, dan 0.6 – 1.04 pada F = 0.3 m.

Grafik pada gambar IV-3 menunjukkan perubahan pada koefisien transmisi (Kt) yang dipengaruhi oleh periode gelombang. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar nilai periode gelombang, maka nilai koefisien transmisi (Kt) semakin besar. Hal ini terjadi karena semakin kecil periode gelombang maka semakin banyak pula kemungkinan gelombang yang terbentuk dan bergesekan dengan struktur sehingga menyebabkan energy gelombang yang tereduksi semakin besar pula. Selain itu, nilai koefisien transmisi (Kt) masing masing juga dibedakan oleh freeboard. Dan pada grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi freeboard maka nilai koefisien transmisi semakin besar.

4.3 Pengaruh Parameter Struktur Hexagonal Reef

Pada penelitian ini parameter struktur tentu akan mempengaruhi proses transmisi. Dalam hal ini posisi struktur akan dibedakan oleh jarak atau gap pada masing masing struktur. Hal ini tentu akan memberikan dampak dalam meneliti koefisien transmisi. Gelombang yang datang akan direduksi oleh struktur, dan nantinya akan menunjukkan pola dan tren daripada koefisien itu sendiri.

4.3.1 Konfigurasi Hexagonal Reef

Konfigurasi hexagonal reef pada penelitian ini dibedakan menjadi 3 berdasarkan gap antara strukturnya dengan masing masing code yakni 1d, 0.75d, dan 0d. Masing masing

konfigurasi memiliki lebar puncak yang berbeda karena dipengaruhi oleh variasi gap. Lebar puncak efektif struktur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$nA - \frac{B}{C} A \quad \text{.....Persamaan 4}$$

Dimana,

A = Lebar puncak struktur (cm)

B = Perbandingan lebar gap dengan lebar sturktur

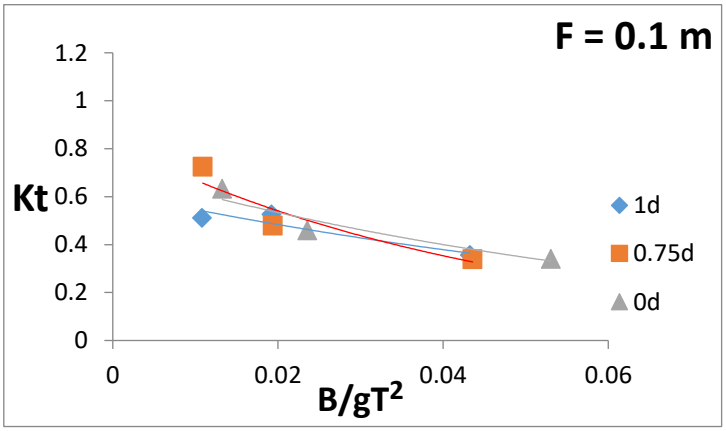
C = Perbandingan lebar keseluruhan struktur dengan lebar struktur

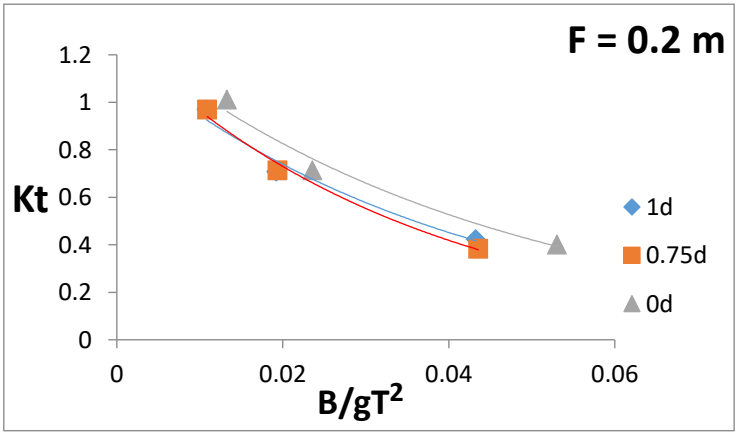
Berdasarkan persamaan maka didapatkan lebar puncak stuktur sebagai berikut.

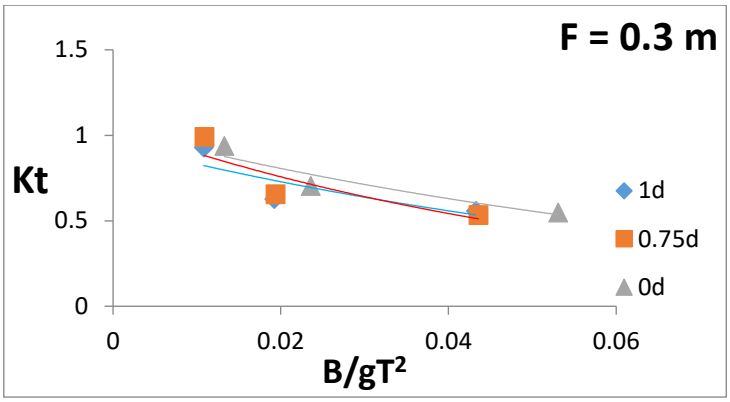
Tabel IV-2. Lebar puncak

Konfigurasi	Gap (m)	Lebar Puncak (m)
1d	0.15	0.424
0.75d	0.112	0.427
0d	0	0.52

Masing masing konfigurasi akan dibandingkan satu dengan yang lainnya dengan cara di plot dalam satu grafik. Pada grafik dapat dilihat bagaimana efektifitas dari masing masing struktur dalam mereduksi gelombang yang dipengaruhi oleh lebar puncak relatif yang dibedakan oleh kedalaman freeboard.







Gambar IV-4. Hubungan konfigurasi struktur terhadap koefisien transmisi (Kt)

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dari pengaruh konfigurasi stuktur terhadapat koefisien transmisi (Kt), didapatkan pada F= 0.1 m nilai Kt dengan kisaran 0.51 – 0.29 pada konfigurasi 1d, 0.72 – 0.33 pada konfigurasi 0.75d, dan 0.63 – 0.29 pada konfigurasi 0d. Berdasarkan grafik pada F = 0.2 m didapatkan nilai Kt dengan kisaran 0.96 – 0.56 pada konfigurasi 1d, 0.96 – 0.55 pada konfigurasi 0.75d, dan 1.01 – 0.54 pada konfigurasi 0d. Dan yang terakhir berdasarkan grafik pada F = 0.3 m didapatkan nilai Kt dengan kisaran 0.92 – 0.56 pada konfigurasi 1d, 0.98 – 0.55 pada konfigurasi 0.75d, dan 0.93 – 0.6 pada konfigurasi 0d.

Grafik pada gambar IV-4 menunjukkan perubahan pada koefisien transmisi (Kt) yang dipengaruhi lebar puncak relatif. Grafik menunjukkan bahwa semakin lebar puncak struktur, maka nilai koefisien transmisi (Kt) semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa dengan lebar puncak hexagonal reef yang besar maka gelombang yang tereduksi semakin besar, dikarenakan luas bidang gesekan antar struktur dan gelombang yang besar.

BAB V
Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Dari 81 kasus yang telah selesai diuji, maka selanjutnya dapat ditarik kesimpulan berdasarkan hasil pengujian sebagai berikut.

1. Pengaruh Hidrodinamika

    - Kemiringan gelombang (Wave steepness) dapat mempengaruhi nilai koefisien transmisi (KT). Semakin besar nilai kemiringan gelombang, maka nilai koefisien transmisi (KT) semakin kecil

    - Freeboard memiliki pengaruh dalam perubahan nilai koefisien transmisi (KT). Semakin tinggi freeboard maka nilai koefisien transmisi (KT) semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dalam hexagonal reef terendam maka efisiensi dari hexagonal reef dalam meredam gelombang akan semakin kecil.

    - Tinggi gelombang dapat mempengaruhi nilai koefisien transmisi (KT). Ketika tinggi gelombang semakin besar maka nilai koefisien transmisi (KT) akan semakin kecil. Namun hal ini hanya terjadi pada freeboard setinggi 0.1 m. Pada freeboard setinggi 0.2 m dan 0.3 m didapatkan bahwa semakin besar gelombang maka nilai koefisien transmisi (KT) semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa pada freeboard setinggi 0.2 m dan 0.3 m hexagonal reef sudah tidak efisien dalam meredam gelombang.

    - Periode gelombang dapat mempengaruhi nilai koefisien transmisi (KT). Semakin besar periode gelombang, maka nilai koefisien transmisi (KT) akan semakin besar.

2. Pengaruh Konfigurasi Struktur

    - Semakin lebar puncak struktur, maka nilai koefisien transmisi (Kt) semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa dengan lebar puncak hexagonal reef yang

besar maka luas bidang gesekan antar struktur dan gelombang yang besar sehingga gelombang yang tereduksi akan semakin besar.

- Konfigurasi yang paling efektif dalam meredam gelombang adalah konfigurasi 0d (0 m) disusul dengan 0.75d (0.112 m), dan 1d (0.15 m) diurutan terakhir. Hal ini menunjukkan bahwa dengan jarak antara struktur yang rapat maka semakin kecil celah untuk gelombang dapat melewati struktur. Dan semakin lebar jarak antar struktur maka semakin besar celah untuk gelombang dapat melewati struktur.

Daftar Pustaka

Aris Winarto. 2018. “Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Hexagonal Pada Transmisi Gelombang. Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.” 91(4).

Armono, H. D., and K. R. Hall. 2003. “Wave Transmission on Submerged Breakwaters Made of Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs.” In *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*,.

Domínguez, J M et al. 2021. “DualSPHysics: From Fluid Dynamics to Multiphysics Problems.” *Computational Particle Mechanics*. https://doi.org/10.1007/s40571-021-00404-2.

Dwito Armono, Haryo, and Harish Wirayuhanto. 2018. “Experimental Study of Scouring Characteristic around Hexagonal Artificial Reef.” In *MATEC Web of Conferences*,.

Ernawan, Mahdi, Suprapto, and Rian M.Azhar. 2013. “Fungsi Pantai.” In *Prosiding Kolokium Hasil Penelitian Dan Pengembangan Sumber Daya Air*,.

Fauzi, Muhammad Alfhiansaya Rifqi, Haryo Dwito Armono, Mahmud Mustain, and Aniendhita Rizki Amalia. 2017. “Comparison Study of Various Type Artificial Reef.” In *Regional Conference in Civil Engineering (RCCE) The Third International Conference on Civil Engineering Research (ICCER)*,.

Harris. 2009. “Artificial Reefs for Ecosystem Restoration and Coastal Erosion Protection with Aquaculture and Recreational Amenities.” *Reef Journal*.

Lokesha, S. A. Sannasiraj, and V. Sundar. 2019. “Experimental Studies on Hydrodynamic Performance of an Artificial Reef.” In *Lecture Notes in Civil Engineering*,.

Putra, Arya Pradana, Arya Okvan Pradana Putra, and Haryo Dwito Armono. 2013. “Pengaruh Elevasi Muka Air Laut Pada Koefisien Transmisi Dan Refleksi Composite Breakwater.” *Jurnal Teknik ITS*.

Seaman, William. 2019. “Artificial Reefs.” In *Encyclopedia of Ocean Sciences*,.

Sulaiman, Dede M. et al. 2011. “Respon Garis Pantai Karena Pemecah Gelombang Ambang Rendah Di Pantai Anyer, Serang, Banten.” In *HATHI Seminar*,.

Surendro, Bambang, Nur Yuwono, and Suseno Darsono. 2015. “Transmisi Dan Refleksi

Gelombang Pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda Tumpukan Batu." *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*.

Swegle, J. W., and D. L. Hichs. 1995. "Smoothed Particle Hidrodynamics Stabylity Analysis." *Journal of Computational Physics* 116: 123–34.

Triatmodjo, Bambang. 1999. Beta Offset *Teknik Pantai*.

Triatmojo, Bambang. 1999. "Teknik_Pantai_Bambang_Triatmojo.Pdf."

Trimulyono, Andi. 2018a. "Validasi Gerakan Benda Terapung Menggunakan Metode Smoothed Particle Hydrodynamics." *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*.

Voorde, M T, José Antunes do Carmo, and Maria Neves. 2009. "MULTI-FUNCTIONAL ARTIFICIAL REEFS FOR COASTAL PROTECTION." In , 153–210.

Wirayuhanto, Harish, and Haryo D Armono. 2018. "Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Heksagonal Pada Kemampuan Peredaman Gelombang." *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV 2018* (September): 78–86. http://ilmukelautan.trunojoyo.ac.id/wp-content/uploads/2019/02/Wrayuhanto-H.-dan-Armono-H.D.pdf.

LAMPIRAN

Rekapitukasi Perhitungan

No	Konfigurasi	Freeboard (m)	Periode (s)	Tinggi Gelombang (m)	Hi (t)	Ht	Kt	B/gt^2	H/gt^2
1	1d	0.1	2	0.1	0.084	0.043	0.512	0.011	0.026
2	1d			0.15	0.12	0.077	0.642		0.038
3	1d			0.2	0.15	0.074	0.493		0.051
4	1d		1.5	0.1	0.097	0.051	0.526	0.019	0.045
5	1d			0.15	0.14	0.069	0.493		0.068
6	1d			0.2	0.169	0.075	0.444		0.091
7	1d		1	0.1	0.056	0.02	0.357	0.043	0.102
8	1d			0.15	0.074	0.026	0.351		0.153
9	1d			0.2	0.094	0.028	0.298		0.204
10	1d	0.2	2	0.1	0.098	0.095	0.969	0.011	0.026
11	1d			0.15	0.141	0.144	1.021		0.038
12	1d			0.2	0.188	0.194	1.032		0.051
13	1d		1.5	0.1	0.082	0.058	0.707	0.019	0.045
14	1d			0.15	0.122	0.09	0.738		0.068
15	1d			0.2	0.157	0.12	0.764		0.091
16	1d		1	0.1	0.059	0.025	0.424	0.043	0.102
17	1d			0.15	0.08	0.039	0.488		0.153
18	1d			0.2	0.1	0.056	0.560		0.204
19	1d	0.3	2	0.1	0.096	0.089	0.927	0.011	0.026
20	1d			0.15	0.14	0.14	1		0.038
21	1d			0.2	0.184	0.191	1.038		0.051
22	1d		1.5	0.1	0.083	0.052	0.627	0.019	0.045
23	1d			0.15	0.125	0.092	0.736		0.068
24	1d			0.2	0.163	0.126	0.773		0.091
25	1d		1	0.1	0.061	0.034	0.557	0.043	0.102
26	1d			0.15	0.084	0.05	0.595		0.153
27	1d			0.2	0.105	0.059	0.562		0.204
28	0d	0.1	2	0.1	0.079	0.05	0.633	0.01	0.026
29	0d			0.15	0.097	0.059	0.608		0.038
30	0d			0.2	0.185	0.204	1.10		0.051
31	0d		1.5	0.1	0.098	0.045	0.459	0.024	0.045
32	0d			0.15	0.137	0.062	0.453		0.068
33	0d			0.2	0.173	0.076	0.439		0.091
34	0d		1	0.1	0.050	0.017	0.340	0.053	0.102
35	0d			0.15	0.07	0.023	0.329		0.153
36	0d			0.2	0.089	0.026	0.292		0.204
37	0d	0.2	2	0.1	0.095	0.096	1.011	0.01	0.026
38	0d			0.15	0.14	0.144	1.03		0.038
39	0d			0.2	0.183	0.158	0.86		0.051
40	0d		1.5	0.1	0.080	0.057	0.713	0.024	0.045
41	0d			0.15	0.121	0.088	0.727		0.068
42	0d			0.2	0.154	0.118	0.766		0.091
43	0d		1	0.1	0.06	0.024	0.400	0.053	0.102

No	Konfigurasi	Freeboard (m)	Periode (s)	Tinggi Gelombang (m)	Hi (t)	Ht	Kt	B/gt^2	H/gt^2
44	0d			0.15	0.079	0.039	0.494		0.153
45	0d			0.2	0.101	0.055	0.545		0.204
46	0d			0.1	0.096	0.09	0.938		0.026
47	0d		2	0.15	0.141	0.14	0.993	0.01	0.038
48	0d			0.2	0.183	0.192	1.049		0.051
49	0d			0.1	0.081	0.057	0.704		0.045
50	0d	0.3	1.5	0.15	0.122	0.093	0.762	0.024	0.068
51	0d			0.2	0.16	0.124	0.775		0.091
52	0d			0.1	0.062	0.034	0.548		0.102
53	0d		1	0.15	0.086	0.05	0.581	0.053	0.153
54	0d			0.2	0.106	0.064	0.604		0.204
55	0.75			0.1	0.08	0.058	0.725		0.026
56	0.75		2	0.15	0.121	0.087	0.719	0.011	0.038
57	0.75			0.2	0.14	0.096	0.686		0.051
58	0.75			0.1	0.096	0.046	0.479		0.045
59	0.75	0.1	1.5	0.15	0.138	0.065	0.471	0.019	0.068
60	0.75			0.2	0.169	0.077	0.456		0.091
61	0.75			0.1	0.056	0.019	0.339		0.102
62	0.75		1	0.15	0.072	0.024	0.333	0.044	0.153
63	0.75			0.2	0.087	0.029	0.333		0.204
64	0.75			0.1	0.098	0.095	0.969		0.026
65	0.75		2	0.15	0.142	0.143	1.007	0.011	0.038
66	0.75			0.2	0.188	0.194	1.032		0.051
67	0.75			0.1	0.08	0.057	0.713		0.045
68	0.75	0.2	1.5	0.15	0.121	0.088	0.727	0.019	0.068
69	0.75			0.2	0.151	0.117	0.775		0.091
70	0.75			0.1	0.06	0.023	0.383		0.102
71	0.75		1	0.15	0.081	0.041	0.506	0.044	0.153
72	0.75			0.2	0.101	0.056	0.554		0.204
73	0.75			0.1	0.096	0.095	0.990		0.026
74	0.75		2	0.15	0.141	0.144	1.021	0.011	0.038
75	0.75			0.2	0.186	0.19	1.022		0.051
76	0.75			0.1	0.081	0.053	0.654		0.045
77	0.75	0.3	1.5	0.15	0.122	0.092	0.754	0.019	0.068
78	0.75			0.2	0.162	0.125	0.772		0.091
79	0.75			0.1	0.062	0.033	0.532		0.102
80	0.75		1	0.15	0.085	0.047	0.553	0.044	0.153
81	0.75			0.2	0.106	0.059	0.557		0.204

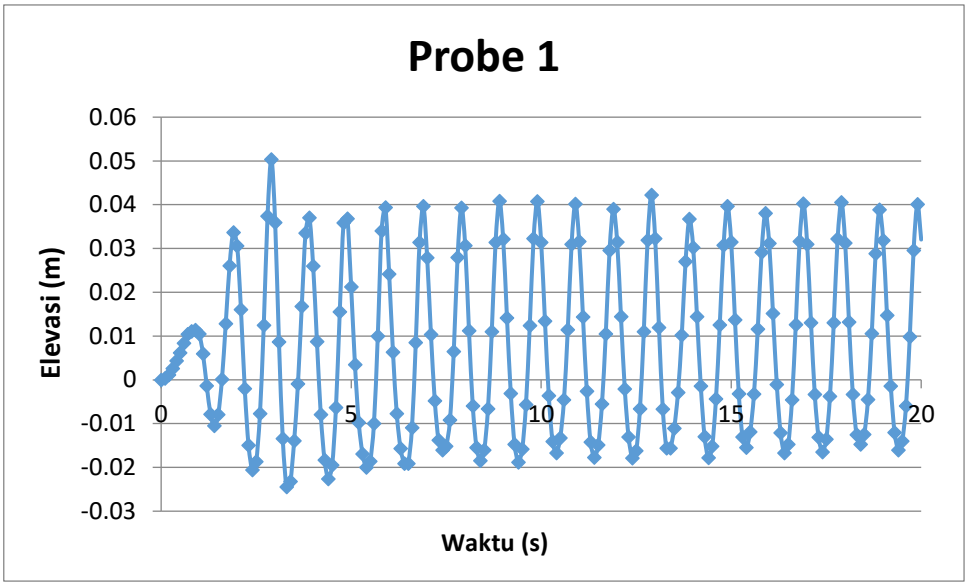
Urutan Pengerjaan Kasus

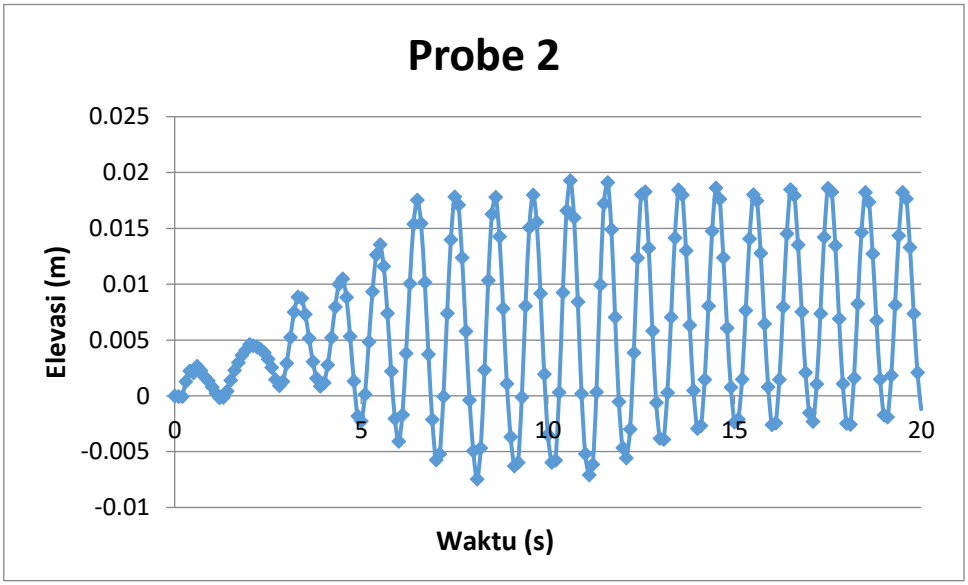
case (n)	Percobaan
1	1d reef; Ts 1 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
2	1d reef ; Ts 1 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
3	1d reef ; Ts 1 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.3
4	1d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
5	1d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
6	1d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3
7	1d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
8	1d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
9	1d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3
10	1d reef; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
11	1d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
12	1d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.3
13	1d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
14	1d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
15	1d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3
16	1d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
17	1d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
18	1d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3
19	1d reef; Ts 2 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
20	1d reef ; Ts 2 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
21	1d reef ; Ts 2 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.3
22	1d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
23	1d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
24	1d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3
25	1d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
26	1d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
27	1d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3
28	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
29	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
30	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.1 ;freeboard 0.3
31	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
32	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
33	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3
34	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
35	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
36	0d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3
37	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
38	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
39	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ;freeboard 0.3
40	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
41	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
42	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3

case (n)	Percobaan
43	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
44	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
45	0d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3
46	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
47	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
48	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.1 ;freeboard 0.3
49	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
50	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
51	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3
52	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
53	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
54	0d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3
55	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
56	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
57	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.3
58	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
59	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
60	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3
61	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
62	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
63	0.75d reef ; Ts 1 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3
64	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
65	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
66	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.3
67	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
68	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
69	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3
70	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
71	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
72	0.75d reef ; Ts 1.5 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3
73	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.1
74	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.2
75	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.1 ; freeboard 0.3
76	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.1
77	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.2
78	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.15 ; freeboard 0.3
79	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.1
80	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.2
81	0.75d reef ; Ts 2 ; Hs 0.2 ; freeboard 0.3

Hasil Pengukuran

Kasus 1





Transmisi Gelombang
Probe 1
Number of Waves = 19 Average Wave Period = 1.055 seconds Significant Wave Height = 0.061 metres Maximum Wave Height = 0.075 metres Average Wave Height = 0.056 metres rms Wave Height = 0.057 metres Average of Highest 1/10 = 0.065 metres Sigmaz = 0.009 metres
Probe 2
Number of Waves = 17 Average Wave Period = 1.179 seconds Significant Wave Height = 0.024 metres Maximum Wave Height = 0.027 metres Average Wave Height = 0.020 metres rms Wave Height = 0.021 metres Average of Highest 1/10 = 0.026 metres Sigmaz = 0.008 metres

BIOGRAFI PENULIS

Adelbert Manurung merupakan mahasiswa yang menempuh pendidikan sarjananya di Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pria yang lahir di Palu, 25 April 1999 ini memulai pendidikannya S1nya di Teknik Kelautan pada tahun 2017 dan berhasil lulus pada tahun 2021 dengan jenjang waktu 4 tahun. Pria yang akrab dengan panggilan Adel ini tertarik pada bidang Teknik dan Manajemen Pantai Sehingga pada penelitian ini ia membahas mengenai struktur pemecah gelombang menggunakan terumbu buatan berbebntuk hexagonal.

Selama 4 tahun menempuh pendidikan di Teknik Kelautan, Adel aktif di berbagai organisasi dan kegiatan mahasiswa seperti, staff Chief finance Officer SPE (Society of Petroleum Engineer) tahun 2018, staff Security and License Petrolida tahun 2019, Coordinator of fundrising Oceano (OCEAN ENGINEERING EXHIBITION AND COMPETION) tahun 2020, serta mewakili Fakultas Teknologi Kelautan dalam perlombaan basket se-jawa timur yang diadakan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga. Selain itu dalam bidang akademik, Adel menjadi pernah menjadi Pemakalah Peneliti pada Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNMP2M) 2020 yang diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tahun 2020.

Pada tanggal 22 juni 2020 sampai dengan tanggal 14 agustus 2020 Adel melakukan kerja praktik di perusahaan konsultan swasta yang bergerak di bidang Teknik dan Manajemen Pantai untuk melakukan *hydrodynamic modeling* untuk menemukan tempat yang sesuai dalam membangun struktur Jetty.

Setelah berhasil lulus dari kampus yang sering disebut kampus perjuangan ini, Adel berencana untuk terus mengembangkan diri terutama dalam bidang Teknik Kelautan.