

Rancang Bangun Simulator Gelombang Laut Berskala Laboratorium Dengan Variasi Frekuensi dan Amplitudo

Rizki Fauzi Rifai, dan Wiwiek Hendrowati

Jurusan Teknik mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: wiwiek@me.its.ac.id

Abstrak—Tingginya Potensi Laut Indonesia Belum diiringi Pemanfaatannya sebagai sumber energi utama. Dengan memanfaatkan energi laut dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil yang terbatas. Minimnya penelitian mengenai pemanfaatan energi laut menjadi penyebab utama kurangnya pemanfaatan energi laut. Oleh karena itu diperlukan penelitian secara intensif untuk mengembangkan penggunaan energi laut. Salah satu energi laut yang memiliki potensi melimpah adalah energi gelombang laut. Energi gelombang laut adalah energi yang berasal dari pergerakan gelombang laut dari laut menuju daratan dan sebaliknya. Energi gelombang laut dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan berbagai macam mekanisme. Penelitian secara langsung di tempat yang sebenarnya memerlukan sumber daya yang besar, maka agar dapat dilakukan penelitian yang intensif diperlukan penelitian dalam skala laboratorium. Untuk melakukan penelitian pada skala laboratorium diperlukan alat simulasi gelombang laut. Dari berbagai macam model pembangkit gelombang yang ada, penelitian ini menggunakan mekanisme *Plunger Type Wave Maker* dengan sudut 30° yang divariasikan panjang stroke antara 10cm hingga 15cm dan frekuensi antara 1Hz hingga 1,7 Hz. Hasil dari penelitian ini adalah semakin tinggi stroke segitiga yang masuk semakin besar pula amplitudo gelombang yang terbentuk, begitu pula dengan frekuensinya. Semakin tinggi frekuensi maka semakin tinggi pula amplitudonya. Namun frekuensi hanya dapat diatur hingga maksimal 1,66Hz. Pada akhirnya dari penelitian ini dapat membuat gelombang rekayasa yang amplitudonya bisa diatur hingga maksimal 5,2cm dan frekuensi maksimal 1,66Hz

Kata Kunci—Amplitudo, Frekuensi, Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut, Simulator, Stroke.

I. PENDAHULUAN

SEIRING dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia yang terus tumbuh, maka faktor-faktor penunjang pertumbuhan ekonomi juga akan mengalami permintaan yang semakin meningkat, salah satunya adalah energi. Kebutuhan energi Indonesia saat ini masih sangat bergantung pada energi yang tidak dapat diperbarui. Dengan keterbatasan sumber energi fosil maka diperlukan sumber energi alternatif yang dapat menggantikan energi fosil di masa yang akan datang.

Salah satu energi alternatif yang memiliki potensi melimpah adalah energi gelombang laut. Energi gelombang laut adalah energi yang berasal dari pergerakan gelombang laut dari laut menuju daratan dan sebaliknya. Meskipun memiliki potensi yang sangat besar, namun penggunaan energi gelombang laut di Indonesia masih sangat kecil dan belum bisa dijadikan sebagai salah satu sumber energi utama. Hal ini dikarenakan minimnya penelitian mengenai pemanfaatan

energi gelombang laut. Oleh karena itu diperlukan penelitian secara intensif untuk mengembangkan penggunaan energi gelombang laut.

Energi gelombang laut dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan berbagai macam mekanisme. Penelitian secara langsung di tempat yang sebenarnya memerlukan sumber daya yang besar, maka agar dapat dilakukan penelitian yang intensif diperlukan penelitian dalam skala laboratorium. Untuk melakukan penelitian pada skala laboratorium diperlukan alat simulasi gelombang laut. Dengan berbagai macam mekanisme dan beragamnya kondisi gelombang di lautan Indonesia, maka diperlukan simulator yang dapat divariasikan amplitudo dan frekuensinya sesuai dengan kebutuhan penelitian di laboratorium.

Dengan latar belakang yang telah dipaparkan, maka pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sebuah simulator gelombang laut yang dapat dijadikan sebagai media penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut. Pada simulator tersebut akan dibuat suatu mekanisme pembangkit gelombang (*Wave Generator*) dengan variasi amplitudo dan frekuensi. Variasi frekuensi dan amplitudo ini disesuaikan dan diskalakan berdasarkan kondisi gelombang laut di Indonesia. Gelombang air laut dibuat dengan memberikan eksitasi pada air kolam yang gerakannya dibuat oleh putaran motor AC dan sebuah segitiga yang memindahkan air dengan volume tertentu. Segitiga bergerak secara translasi dengan kecepatan tertentu. Pada penelitian ini gelombang air yang dihasilkan akan dianalisa seberapa besar amplitudo dan frekuensinya.

Dari uraian di atas, maka permasalahan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan dimensi media perambatan gelombang.
2. Bagaimana membuat mekanisme *wave generator* dengan variasi amplitudo dan frekuensi.
3. Bagaimana menganalisa karakteristik gelombang air dengan variasi kedalaman stroke dan frekuensi pembangkit gelombang.

Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis menggunakan beberapa batasan masalah yaitu:

1. Gesekan-gesekan yang terjadi pada mekanisme diabaikan.
2. Profil gelombang laut yang diamati hanya pada arah sumbu x dan y .
3. Pantulan gelombang yang terjadi tidak mempengaruhi gelombang yang diamati

Tujuan Penelitian

Adapun hasil dari penelitian ini adalah sebuah prototipe yang terdiri dari :

1. Membuat mekanisme pembangkit gelombang air dengan variasi amplitudo dan frekuensi.
2. Mengetahui karakteristik gelombang air dengan variasi stroke dan frekuensi pembangkit.

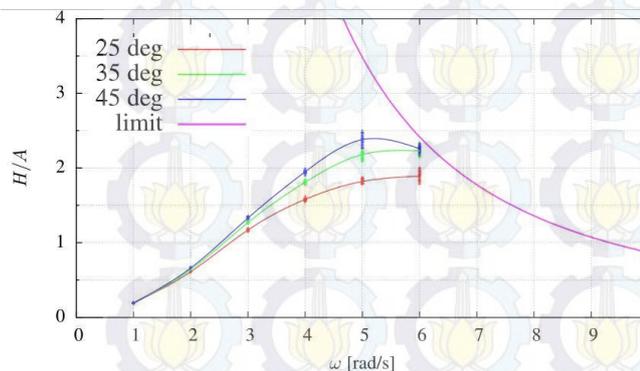
Manfaat Penelitian

Dari kegiatan penelitian ini, manfaat yang dapat diperoleh antara lain sebagai berikut:

1. Mempermudah proses penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut.
2. Menghasilkan gambaran umum untuk setiap prototipe PLTGL yang dibuat.

II. KAJIAN TERDAHULU

Penelitian mengenai *Plunger Type Wavemaker* sebelumnya telah dilakukan dengan memvariasikan sudut segitiga (Mikkola, 2006) pada sudut 25°, 35°, dan 45° dilakukan di Helsinki Technology University [2]. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa besarnya sudut sangat berpengaruh pada ketinggian gelombang dan juga kualitas gelombang. Semakin besar sudutnya maka semakin besar pula tinggi gelombang yang dihasilkan, namun frekuensi yang bisa dibuat oleh *Wavemaker* tipe ini hanya terbatas hingga 1,7Hz [3].



Gambar. 1 Grafik perbandingan tinggi gelombang (H) dengan variasi sudut pada stroke segitiga (A) 10cm.

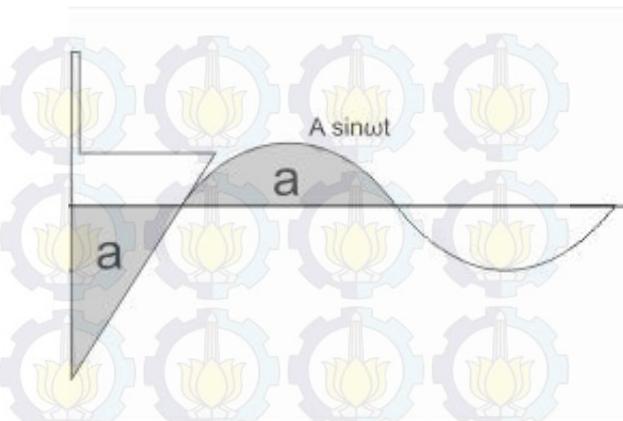
III. METODOLOGI

Perancangan Pembangkit Gelombang

Dalam penelitian ini akan dibuat simulator gelombang laut yang memiliki amplitudo gelombang maksimal 5cm dan frekuensi maksimal 1,7Hz, gelombang yang dibentuk berasal dari pembangkit gelombang *Plunger Type* yang bergerak naik turun. Dimana kedalaman segitiga yang masuk ke dalam air (stroke) akan mempengaruhi ketinggian segitiga dan pengaturan frekuensi berasal dari kecepatan putar motor AC yang diatur oleh *inverter*.

Agar dapat menghasilkan amplitudo yang diinginkan, perlu dilakukan perhitungan yang sesuai untuk mendapatkan nilai stroke dari segitiga. Jika dianggap lebar kolam sama dengan lebar segitiga pembangkit, maka untuk membentuk gelombang dengan amplitudo yang diinginkan, cukup dicari

luas segitiga yang harus masuk ke dalam air untuk mendapatkan nilai amplitudo tertentu.



Gambar. 2 Metode Perhitungan Amplitudo Secara Teoritis.

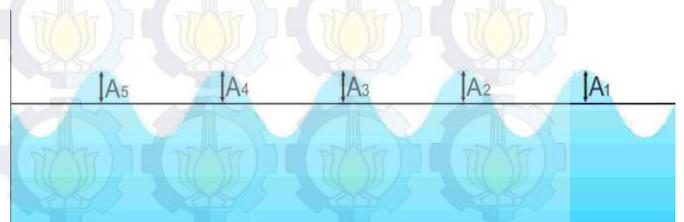
Dari gambar diatas, kita dapat mencari kedalaman stroke berdasarkan luas segitiga, dengan melakukan integral terhadap persamaan berikut:

$$y = A \sin \omega t \tag{1}$$

Jika nilai luas telah didapat, dengan sudut 30° nilai stroke dapat dicari, dari hasil perhitungan, pada frekuensi 1,7Hz, agar didapat amplitudo 5 cm dibutuhkan nilai stroke sebesar 14,97cm atau jika dibulatkan menjadi 15cm.

Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini, untuk mengetahui pengaruh frekuensi dan stroke, dilakukan variasi frekuensi antara 1Hz hingga 1,7 Hz, dan variasi stroke pada 10cm, 12,5cm dan 15cm.



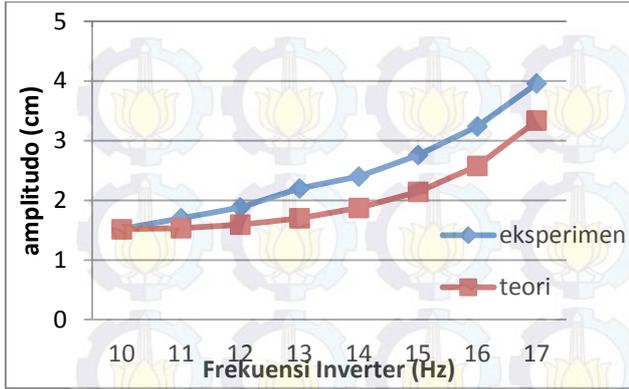
Gambar. 3. Pengambilan Data Amplitudo Gelombang.

Data hasil eksperimen yang didapat berupa video yang merekam tinggi gelombang, data amplitudo didapat dengan mengambil ketinggian puncak gelombang dari ketinggian air dalam keadaan normal. Untuk pengambilan data periode gelombang, pada setiap pengambilan data gelombang dengan menggunakan *video editor*, setiap pengambilan data amplitudo gelombang dicatat pula waktu rekaman terjadinya gelombang.

Pengaturan stroke dilakukan dengan mengatur jarak pin pada disk sehingga nilai stroke sama dengan dua kali dari jarak pin terhadap pusat lingkaran. Sedangkan pengaturan frekuensi berasal dari putaran motor yang diatur oleh inverter. Dengan menggunakan *reducer* 1:10 maka nilai pengaturan inverter harus 10 kali lebih besar dari frekuensi yang diinginkan.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Stroke 10cm



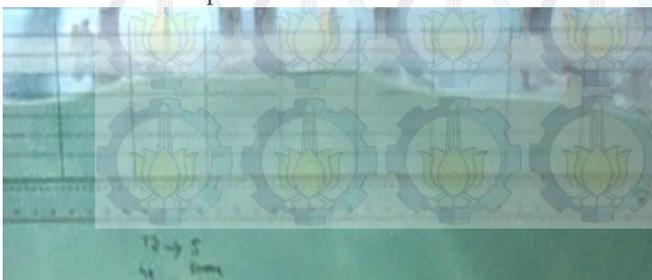
Gambar.5. Perbandingan Amplitudo Pada Stroke 10cm

Dari grafik diatas terlihat tren amplitudo eksperimen yang sama dengan tren amplitudo teoritis, dimana semakin tinggi frekuensi inverter menyebabkan frekuensi segitiga yang semakin tinggi sehingga menyebabkan amplitudo gelombang yang terjadi semakin tinggi. Namun hasil eksperimen memiliki nilai yang lebih tinggi, hal ini kemungkinan disebabkan oleh kesalahan pembuatan mekanisme, dimana segitiga yang dipasang mengalami kemiringan sehingga pada saat percobaan, meskipun mekanisme belum dijalankan, sudah ada bagian segitiga yang sudah masuk ke dalam air. Hal ini terjadi pada semua stroke, semakin besar strokenya selisih antara hasil eksperimen dengan teori akan semakin besar. Kemiringan yang terjadi sekitar 1,5°, yang menyebabkan sebagian dari segitiga berada di dalam air hingga sedalam 2,5 cm. Hal ini mengakibatkan volume air yang dipindahkan lebih besar dari yang seharusnya, selanjutnya amplitudo yang terbentuk menjadi lebih tinggi dari amplitudo teoritis.



Gambar 6. Profil Gelombang dengan Stroke 10cm Pada Frekuensi 16Hz

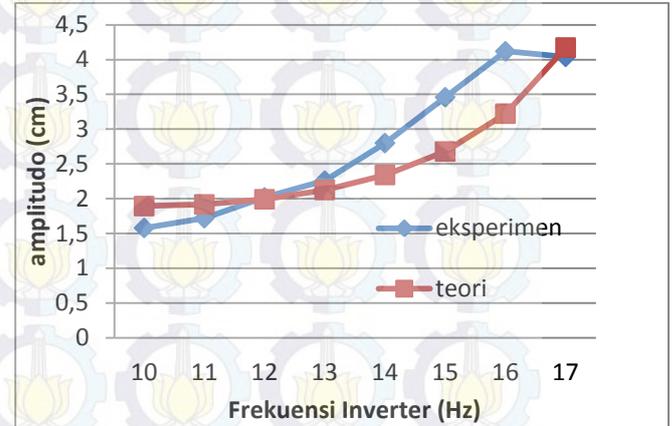
Pada frekuensi rendah (12 Hz atau dibawahnya), profil gelombang yang terbentuk tidak beraturan, meskipun frekuensinya masih teratur. Gelombang yang terjadi seperti memiliki dua buah puncak.



Gambar 7. Profil Gelombang Stroke 10cm Pada Frekuensi rendah

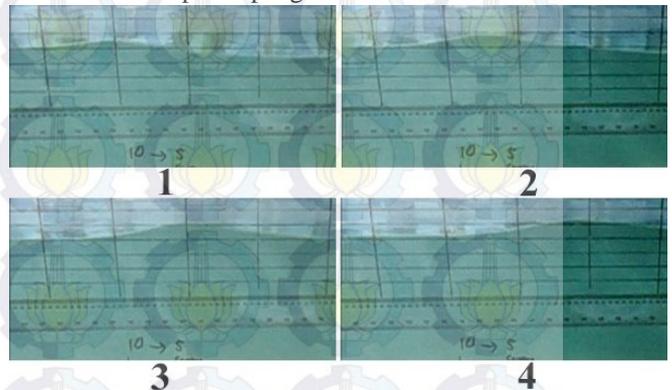
Pada frekuensi rendah (12 Hz atau dibawahnya), profil gelombang yang terbentuk tidak beraturan, meskipun frekuensinya masih teratur. Gelombang yang terjadi seperti memiliki dua buah puncak.

Stroke 12,5cm



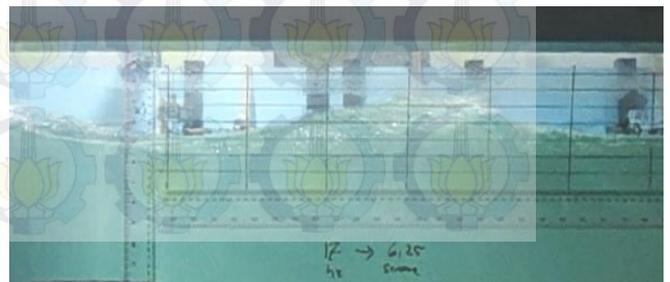
Gambar 8. Perbandingan Amplitudo Pada Stroke 12,5cm

Dari grafik diatas, hasil eksperimen menunjukkan kenaikan yang signifikan ketika mengalami peningkatan nilai frekuensi, pada frekuensi rendah nilai amplitudo gelombang bernilai lebih rendah dari nilai eksperimen, hal ini disebabkan fluktuasi puncak gelombang yang signifikan, di mana nilai amplitudo pada puncak gelombang tidak selalu sama di setiap posisi, pada posisi awal tempat pengukuran dilakukan nilai amplitudo masih rendah namun ketika melewati posisi pengukuran.



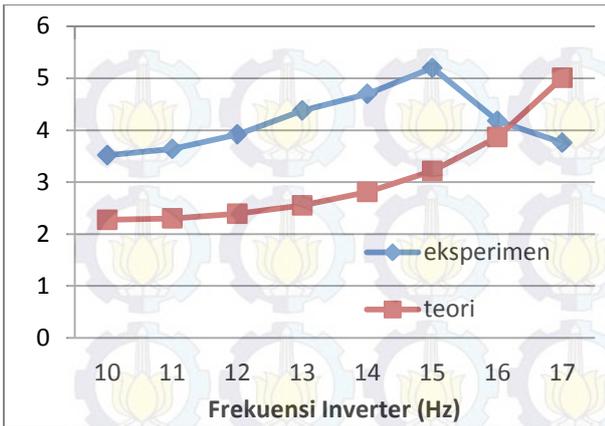
Gambar 9. Fluktuasi Amplitudo Pada Frekuensi Rendah

Pada frekuensi tinggi gelombang yang terjadi membentuk gungulan dan puncak gelombang pecah. hal ini disebabkan tegangan permukaan air yang tidak dapat menahan energi gelombang sehingga puncak gelombang yang terjadi pecah dan membentuk gungulan air karena harus melepaskan energi gelombang ke permukaan seperti gambar diatas.



Gambar 10. Profil Gelombang Pada Stroke 12,5cm Dengan Frekuensi Tinggi

Stroke 15cm



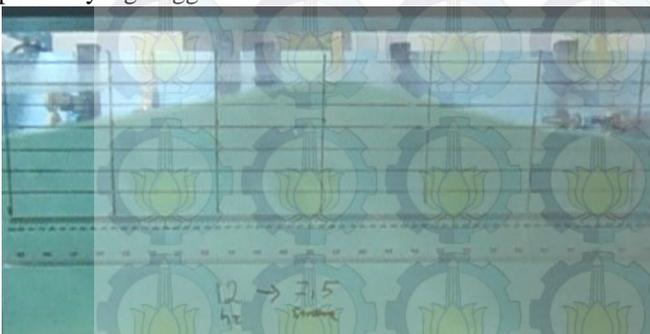
Gambar 11. Perbandingan Amplitudo Pada Stroke 15cm

Dari grafik diatas, nilai amplitudo gelombang eksperimen diatas nilai teoritis, namun memiliki tren yang sama yaitu terus mengalami kenaikan hingga pada frekuensi inverter 15 Hz. Karena pada frekuensi diatasnya, tegangan permukaan tidak lagi dapat menahan energi gelombang.



Gambar 12. Profil Gelombang Stroke 15cm Pada Frekuensi Tinggi

Sementara pada frekuensi 12Hz profil gelombang yang terbentuk berbeda dengan profil gelombang pada stroke 12,5 cm dan 10 cm yang bentuknya tidak beraturan, pada stroke ini profil yang terbentuk pada frekuensi inverter 12 Hz berupa gelombang normal, karena volume gelombang yang terjadi cukup untuk membentuk gelombang dengan periode yang tinggi

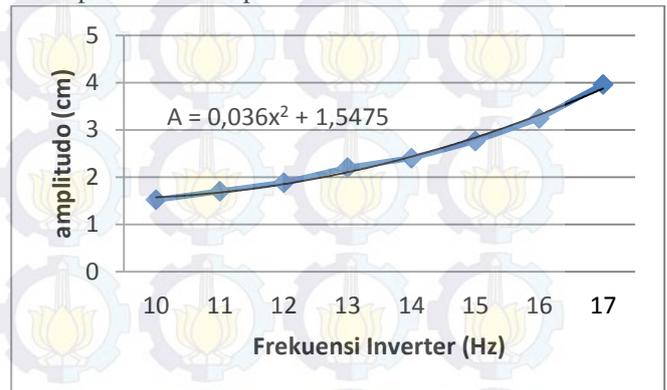


Gambar 13. Profil Gelombang stroke 15cm Pada Frekuensi Rendah

Hubungan Amplitudo dengan Frekuensi

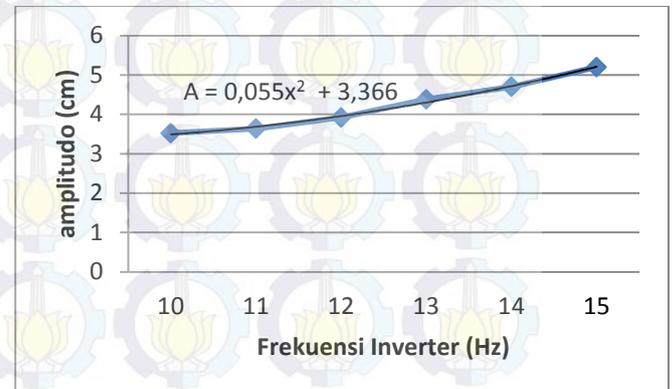
Dari grafik yang didapat, kita dapat mencari persamaan untuk mendapatkan nilai amplitudo dari input frekuensi dan stroke yang digunakan. Untuk mendapatkan persamaan tersebut digunakan *trendline* dari grafik hasil percobaan. Stroke yang digunakan untuk mencari persamaan ini adalah stroke 10cm dan 15cm yang mewakili semua rentang amplitudo. Pada stroke 15cm persamaan yang dibuat hanya terbatas pada frekuensi inverter 15 Hz saja, karena diatas frekuensi tersebut gelombang yang terbentuk mengalami penurunan nilai amplitudo.

Tujuan dicarinya hubungan antara amplitudo dengan frekuensi adalah agar pengguna dapat dengan mudah mengatur frekuensi inverter dan stroke ketika ingin mendapatkan nilai amplitudo tertentu.



Gambar 14. Pengaruh Frekuensi Inverter Terhadap Amplitudo pada Stroke 10cm dengan Persamaan Hubungannya

Persamaan pengaruh frekuensi dengan amplitudo diperoleh dari regresi polinomial orde 2 pada aplikasi Microsoft Excel.



Gambar 15. Pengaruh Frekuensi Inverter Terhadap Amplitudo pada Stroke 15cm dengan Persamaan Hubungannya

Persamaan frekuensi untuk Amplitudo 1,54-4cm adalah:

$$f_{inv} = \sqrt{\frac{A-1,5475}{0,036}} + 9 \tag{2}$$

Persamaan diatas hanya berlaku untuk stroke 10cm saja. Sementara untuk stroke 15cm, persamaan untuk mendapatkan nilai frekuensi inverter adalah sebagai berikut:

$$f_{inv} = \sqrt{\frac{A-3,366}{0,055}} + 9 \tag{3}$$

Persamaan (3) hanya berlaku untuk nilai amplitudo 3,34cm hingga 5,20cm.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil eksperimen dengan variasi kedalama stroke dan frekuensi, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar nilai stroke, maka semakin besar pula volume yang dipindahkan segitiga, sehingga menghasilkan amplitudo gelombang yang semakin besar
2. Semakin tinggi frekuensi, maka semakin besar amplitudo yang dihasilkan.
3. Frekuensi untuk membangkitkan gelombang hanya terbatas pada nilai tertentu, ketika batas

terlewati, tegangan permukaan tidak dapat menahan energi gelombang, sehingga puncak gelombang akan pecah dan membentuk gulungan air.

4. Pada frekuensi 1,2 Hz atau dibawahnya, profil gelombang yang terjadi umumnya tidak beraturan, meskipun frekuensinya sama dengan frekuensi segitiga.

Saran

1. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai stroke yang lebih dalam pada frekuensi yang lebih rendah.
2. Dibutuhka penelitian lebih lanjut mengenai stroke yang lebih rendah pada frekuensi yang lebih tinggi.
3. Dibutuhkan peredam yang memiliki nilai koefisien refleksi dan transmisi yang lebih rendah agar proses pengambilan data dapat dilakukan lebih lama.
4. Penggunaan kamera yang memiliki resolusi yang lebih baik agar hasil pengambilan data lebih mudah dibaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Airy.G.B. 1841. "Trigonometry, On the Figures of Earth, Tides And Waves". Cambridge University, United Kingdom.
- [2] Mikkola. T.2007. "Simulation of Plunger Type Wavemaker". Helsinki University Technology, Finland.
- [3] Chamani. 2010. "Determination of Plunger Type Wavemaker Characteristic in a Towing Tank". Isfahan University of Technology.
- [4] Makoto .S, Hajime .K, Kashiwagi M. 2007. "A Hybrid Technique Using Boundary Element Method for Wave Body Interaction Problems". National Defense Academy, Japan.
- [5] R. Jorma, Granholm G.1989. "Experimental Investigation of Plunger Type Wavemaker". Technical Research Center of Finland.
- [6] Frigarrd P., Hogedal M., Christensen M. 1993. "Wave Generation Theory". Aalborg University, Denmark.
- [7] Azizah. 2009. "Perbandingan Teori Gelombang Amplitudo kecil dan Teori Gelombang Amplitudo Hingga Dalam Penggambaran Karakteristik Gelombang". Universitas Islam Lamongan.
- [8] Kurniawan. 2012. "Karakteristik Gelombang Laut dan Daerah Rawan Gelombang Tinggi di Perairan Indonesia". Universitas Indonesia, Depok.
- [9] Ariyanto. 2011. "Pengujian Efektifitas Peredaman Gelombang dengan Rancangan Struktur Sederhana Berbebtuk Silinder". Fakultas Teknik Universtas Indonesia, Depok.
- [9] Penjelasan Tuntas Hukum Archimedes Dalam Fisika. 2013. <URL:http://fisikanesia.blogspot.com/2013/07/penjelasan-hukum-archimedes-fisika.html:>
- [10] Rifky Media. Mengapa Hukum Archimedes Menjadi Penemuan Besar. 2009. <URL:http://achtungpanzer.blogspot.com/2009/07/mengapa-hukum-archimedes-menjadi-sebuah.html>
- [11] University of Otago. Virtual Tour. <URL: http://physed.otago.ac.nz/about/virtual.html>