

# Analisa Perbandingan Gerakan Ponton Model Tripod Sama Kaki dengan Siku-Siku untuk Energi Gelombang Sistem Bandulan

Mohammad Idrul Nafis, Irfan Syarif Arief dan Toni Bambang Musriadi

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*e-mail:* irfansya@its.ac.id

**Abstrak**— Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL-SB) adalah salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan gelombang laut sebagai sumber energinya. Ponton berfungsi untuk mengangkat bandul yang terhubung dengan generator. Setiap gerakan air laut akan menggoyangkan bandul untuk memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Perbedaan model ponton berpengaruh terhadap gerakan yang akan dihasilkan. Penelitian sebelumnya telah dilakukan dan masih dikembangkan pada model ponton tripod sama kaki. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan efisiensi dari jumlah pemasangan ponton tripod. Penelitian ini dilakukan pada ponton model tripod siku-siku dengan sama kaki, yaitu tiga buah ponton segidelapan yang dihubungkan dengan membentuk pola segitiga siku-siku dan sama kaki. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gerakan terbaik pada kedua ponton model tripod tersebut. Pada tinggi gelombang 5 – 11.5 cm, gerakan terbaik didapat pada tinggi gelombang 11.5 meter. Pada periode gelombang 10 – 16 detik, gerakan terbaik didapat pada periode gelombang 10 detik. Ponton model tripod siku-siku menghasilkan gerakan yang lebih bagus untuk diaplikasikan pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL-SB) jika dibandingkan dengan ponton tripod sama kaki.

**Kata Kunci**—Bandulan, Gelombang Laut, Pembangkit Listrik, Ponton, Tripod Sama Kaki, Tripod Siku-Siku.

## I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan akan penggunaan energi, mengakibatkan semakin berkurangnya bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama. Sumber energi seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara diperkirakan akan habis sekitar 30 tahun mendatang. Oleh karena itu, kontribusi dari sumber energi terbarukan akan terus meningkat. Matahari, angin, laut, air, elektromagnetik, elektrostatik, panas, getaran, dan gerakan tubuh manusia merupakan macam – macam sumber energi terbarukan [1]. Dibandingkan dengan teknologi hijau lainnya seperti energi matahari dan angin, energi gelombang laut memberikan ketersediaan mencapai 90% dengan kawasan yang potensial tidak terbatas [2].

Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL-SB) adalah salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan gelombang laut sebagai sumber energinya. Ini berdasarkan penelitian Zamrisyaf, pegawai pusat penelitian dan pengembangan Perusahaan Listrik Negara (PLN) sejak tahun 2002. Temuan Zamrisyaf telah mendapatkan penyempurnaan lewat kerjasama dengan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, diantaranya telah menghasilkan ukuran – ukuran ponton,

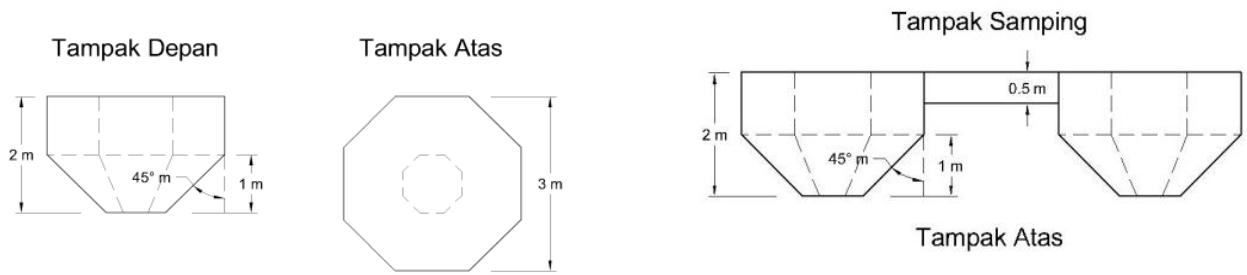
berat bandul dan panjang lengan bandul serta daya dan putaran yang dihasilkan.

Cara kerja PLTGL-SB ini cukup menarik. Ponton yang berfungsi sebagai kapal mengangkat bandul yang terintegrasi dengan dinamo. Untuk menghasilkan putaran dinamo yang maksimal, bandul dibantu dengan alat transmisi *double-freewheel* dan diintegrasikan dengan bantuan rantai. Setiap gerakan air laut akan menggoyangkan bandul sehingga menggerakkan *double-freewheel* untuk memutar dinamo menghasilkan listrik [3].

Energi yang dihasilkan alat ini sangat tergantung dari gerakan ponton. Gerakan yang terjadi pada ponton adalah gerakan rotasi dan translasi, gerakan ini muncul sebagai akibat dari tabrakan dengan permukaan gelombang atau tekanan naik turun di bawah permukaan laut [4]. Dengan demikian, model ponton, variasi sudut kemiringan lambung ponton, jenis dan ukuran gelombang yang terjadi dimana ponton dipasang, dan cara pemasangan ponton itu sendiri merupakan beberapa hal yang berpengaruh terhadap gerakan yang dihasilkan ponton.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan dan masih dikembangkan pada model ponton segidelapan. Apabila penelitian ini berhasil, maka diperlukan lebih dari satu ponton yang akan dioperasikan. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan efisiensi dari jumlah pemasangan ponton. Berdasarkan permasalahan di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap ponton dengan model tripod. Pengertian dari ponton model tripod adalah tiga buah ponton segidelapan yang dihubungkan dengan membentuk pola segitiga siku-siku dan sama kaki, kemudian di atasnya diberi konstruksi untuk pemasangan bandul, roda gila, dinamo serta peralatan pendukung lainnya. Harapannya adalah ponton dengan model tripod ini mampu memberikan gerakan yang lebih bebas terhadap arah datangnya gelombang, mampu menyerap energi yang lebih besar dari gelombang laut yang diterima badan ponton, dan diharapkan ponton model tripod ini akan cenderung lebih stabil.

Untuk mengetahui gerakan terbaik pada ponton model tripod ini, penelitian dilakukan dengan pengujian pada *Towing Tank* yang berada di Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem. Hasil yang akan didapatkan dalam penelitian ini adalah gerakan perbandingan gerakan ponton model tripod yang lebih sesuai untuk diaplikasikan pada PLTGL-SB diantara beberapa variasi yang diberikan dan tidak memperhatikan besarnya nilai matematis dari gerakan yang dihasilkan ponton pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL-SB).



Gambar 2.1. Geometri ponton segidelapan

A. Energi Gelombang Laut

Salah satu potensi laut dan samudra yang belum banyak diketahui masyarakat umum adalah potensi energi laut dan samudra untuk menghasilkan listrik. Negara yang melakukan penelitian dan pengembangan potensi energi samudra untuk menghasilkan listrik adalah Inggris, Prancis, dan Jepang. Secara umum, potensi energi samudra yang dapat menghasilkan listrik dapat dibagi kedalam tiga jenis potensi energi yaitu energi pasang surut (*tidal power*), energi gelombang laut (*wave energy*), dan energi panas laut (*ocean thermal energy*). Energi pasang surut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan air laut akibat perbedaan pasang surut. Energi gelombang laut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan gelombang laut menuju daratan dan sebaliknya. Sedangkan energi panas laut memanfaatkan perbedaan temperatur air laut di permukaan dan di kedalaman. Meskipun pemanfaatan energi jenis ini di Indonesia masih memerlukan berbagai penelitian mendalam, tetapi secara sederhana dapat dilihat bahwa probabilitas menemukan dan memanfaatkan potensi energi gelombang laut dan energi panas laut lebih besar dari energi pasang surut [6].

B. Gerakan Bangunan Apung

Pertimbangkan suatu struktur bergerak bebas pada gelombang laut. Meskipun struktur terikat pada dasar laut, pada umumnya struktur dianggap suatu struktur kaku, oleh karenanya struktur akan mengalami enam pergerakan bebas (*six degrees of freedom*), tiga rotasi dan tiga translasi.

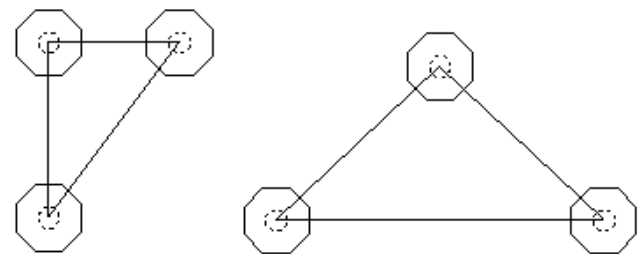
Dalam kenyataannya suatu struktur akan mengalami enam gerakan secara bersamaan, jadi setiap satu macam gerakan tidaklah berdiri sendiri, sehingga dapat dikatakan bahwa suatu struktur apabila terapung di permukaan air yang terkena gaya luar akan mengalami enam gerakan bersama – sama atau mempunyai enam derajat kebebasan [7].

II. SIMULASI PENGUJIAN DATA PONTON TRIPOD

A. Data Ponton

Model ponton yang digunakan untuk membuat ponton model tripod adalah ponton segidelapan dengan ukuran tinggi 20 cm, panjang diameter lingkaran dalam segidelapan 30 cm, dan kemiringan lambung 45° [8].

Ponton model tripod yang diteliti, geometrinya terdiri dari tiga buah ponton segidelapan yang dihubungkan dengan membentuk pola segitiga sama kaki dan siku-siku. Panjang sisi segitiga sama kaki dengan untuk sisi yang sejajar masing – masing adalah 80 cm dan sisi terpanjang 110 cm, adapun untuk panjang diagonal, lebar, dan tinggi untuk ponton tripod siku-siku adalah 100 cm, 80 cm, dan 60 cm.



Gambar 2.2. Geometri ponton model tripod.

B. Data Lingkungan

Dalam penelitian ini data lingkungan yang digunakan diantaranya adalah, jenis gelombang *regular*, kedalaman perairan 1 meter, tinggi gelombang 11.5 cm (dengan variasi periode gelombang 10 s, 12 s, 14 s dan 16 s), dan periode gelombang 8 detik (dengan variasi tinggi gelombang 5 cm, 8,5 cm, 10 cm, dan 11,5 cm).

C. Data Pemodelan

Pengujian alat dibatasi pada ukuran dimensi *towing tank*, dengan titik nol model pada titik pusat segitiga sama kaki dan sigitiga siku-siku dan tepat pada garis air (90 cm dari *base line*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

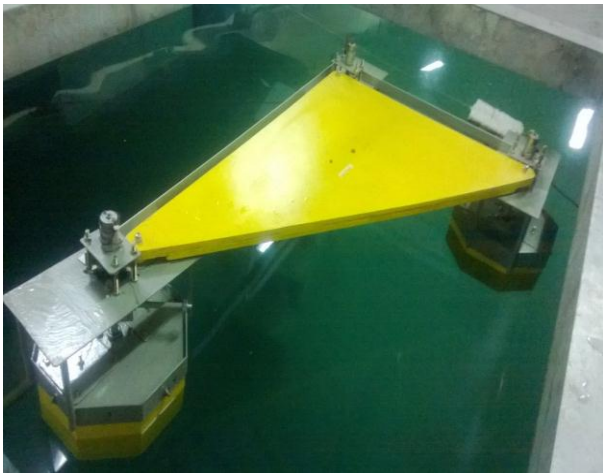
A. Ponton Model Tripod Siku-Siku pada Tinggi Gelombang 11.5 cm dan Periode Gelombang 8 detik.

Berikut ini adalah tabel *motions pendulum* ponton tripod siku-siku terhadap tinggi gelombang 11.5 cm.

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *motions* maksimal bandul pada ponton tripod siku-siku pada tinggi gelombang 11.5 cm. Nilai gerakan terendah adalah 13 n pada periode gelombang 10 s. Nilai gerakan tertinggi adalah 20 n pada periode gelombang 16 s. Sedangkan nilai simpangan terjauh adalah 65° pada periode gelombang 14 dan 16 s. Nilai simpangan terkecil adalah 45° pada periode gelombang 12 s.

Berikut ini adalah grafik *motions pendulum* pada ponton tripod siku-siku terhadap sumbu-y pada periode gelombang 8 s.

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *motions pendulum* pada ponton tripod siku-siku pada periode gelombang 8 s. Nilai gerakan terendah adalah 8 n pada tinggi gelombang 5 cm. Nilai gerakan tertinggi adalah 12 n pada pada tinggi gelombang 10 dan 11.5 cm. Sedangkan nilai simpangan bandul terjauh adalah 60° pada tinggi gelombang 11.5 cm. Nilai simpangan terendah adalah 5° pada tinggi gelombang 5 cm.



Gambar 2.3. Domain ponton untuk pemodelan.

Tabel 3.1.

Nilai *motions* bandul terhadap tinggi gelombang H = 11.5 cm.

Periode Gelombang	Motions Bandul Terjauh	Jumlah Gerakan Terbanyak ( n )
10 s	60°	13
12 s	45°	15
14 s	65°	17
16 s	65°	20

**B. Ponton Model Tripod Sama Kaki pada Tinggi Gelombang 11.5 dan Periode 8 detik.**

Berikut ini adalah grafik *motions pendulum* pada ponton tripod sama kaki terhadap sumbu-y (*pitch*) pada tinggi gelombang 11.5 cm.

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *motions* maksimal bandul pada ponton tripod sama kaki pada tinggi gelombang 11.5 cm. Nilai gerakan terendah adalah 12 n pada periode gelombang 10 s. Nilai gerakan tertinggi adalah 19 n pada periode gelombang 16 s. Sedangkan nilai simpangan terjauh adalah 81° pada periode gelombang 16 s. Nilai simpangan terkecil adalah 60° pada periode gelombang 10 s.

Berikut ini adalah grafik *motions pendulum* pada ponton tripod sama kaki terhadap sumbu-y pada periode gelombang 8 s.

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *motions pendulum* pada ponton tripod sama kaki pada periode gelombang 8 s. Nilai gerakan terendah adalah 7 n pada tinggi gelombang 5 cm. Nilai gerakan tertinggi adalah 10 n pada pada tinggi gelombang 8.5, 10 dan 11.5 cm. Sedangkan nilai simpangan bandul terjauh adalah 50° pada tinggi gelombang 11.5 cm. Nilai simpangan terendah adalah 10° pada tinggi gelombang 5 cm..

**IV. KESIMPULAN**

Pada tinggi gelombang 11.5 cm dengan variasi periode gelombang 10 - 16 detik, ponton tripod sama kaki mengalami gerakan terbaik dengan sudut simpangan bandul terjauh 80°.

Pada periode gelombang 8 detik dengan tinggi gelombang 5 - 11.5 cm, ponton tripod siku-siku mengalami gerakan terbaik dengan sudut simpangan bandul terjauh 60°.

Ponton model tripod siku-siku sesuai untuk diaplikasikan pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL-SB) jika dibandingkan dengan ponton

Tabel 3.2.

Nilai *motions* bandul terhadap periode gelombang 8 detik.

Tinggi gel.	Motions Bandul Terjauh	Jumlah Gerakan Terbanyak ( n )
5 cm	5°	8
7.5 cm	25°	10
10.0 cm	30°	12
11.5 cm	60°	12

Tabel 3.3.

Nilai *motions* bandul terhadap tinggi gelombang H = 11.5 cm.

Periode Gelombang	Motions Bandul Terjauh	Jumlah Gerakan Terbanyak ( n )
10 s	60°	12
12 s	70°	14
14 s	75°	17
16 s	81°	19

Tabel 3.4.

Nilai *motions* bandul terhadap periode gelombang 8 detik.

Tinggi gel.	Motions Bandul Terjauh	Jumlah Gerakan Terbanyak ( n )
5 cm	10°	7
8.5 cm	15°	10
10 cm	30°	10
11.5 cm	50°	10

tripod sama kaki karena gerakan dan sudut simpangan terjauh bandul lebih banyak dan lebih jauh daripada tripod tripod sama kaki.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Alireza, Khaligh and Omer, C, O. *Energy Harvesting : Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems*. London : CRC Press, 2010.
- [2]. Energi Gelombang. [Online] [Cited: March 07, 2012.] <http://id.wikipedia.org>.
- [3]. Arfi, B, A. RI Temukan Pembangkit Listrik Gelombang Laut. [Online] [Cited: March 13, 2012.] <http://news.viva.co.id>.
- [4]. *Analysis of Barge Models to Capture the Energy from Ocean Wave*. Irfan, S, A and Zamrisyaf, Sy. Surabaya : The Royal Institution of Naval Architects (RINA), 2010.
- [5]. Firman, Tuakia. *Dasar - Dasar CFD Menggunakan FLUENT*. Bandung : Informatika, 2008.
- [6]. Ferial. Pengembangan Energi Arus Laut. [Online] [Cited: March 13, 2012.] <http://www.ebtke.esdm.go.id>.
- [7]. Indiyono, P. *Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai*. Surabaya : SIC, 2004
- [8]. Felik, S, R. *Studi Optimasi Kemiringan Lambung Ponton Segidelapan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul Terhadap Variasi Sarat Air*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2012.
- [9]. Munawaroh, Raudhotul. *Kajian Eksperimen Gerakan Pendulum pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan pada Kondisi Uji On-Shore dan Uji Offshore*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.
- [10]. Wardhana, M, Ede. *Analisa Tegangan dan Penempatan Mooring pada Pontoon Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.