

# Analisa Gerakan Ponton Model Tripod untuk Energi Gelombang Sistem Bandulan

Yasin Besari Mustofa, Irfan Syarif Arief, Amiadji

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 mengangkut bandul yang terhubung dengan dinamo. Setiap gerakan air laut akan menggoyangkan bandul untuk memutar dinamo sehingga menghasilkan energi listrik. Perbedaan model ponton berpengaruh terhadap gerakan yang akan dihasilkan. 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. Penelitian ini dilakukan pada ponton model tripod, yaitu tiga buah ponton segidelapan yang dihubungkan dengan membentuk pola segitiga sama sisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gerakan terbaik pada ponton model tripod. Pada tinggi gelombang 0.5 – 1.5 meter, gerakan terbaik didapat pada tinggi gelombang 1.5 meter. Pada periode gelombang 4 – 12 detik, gerakan terbaik didapat pada periode gelombang 4 detik. Ponton model tripod sesuai untuk diaplikasikan pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL-SB) jika dibandingkan dengan ponton segidelapan.

**Kata Kunci**—Bandulan, Gelombang Laut, Pembangkit Listrik, Ponton, Tripod.

## 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 mengangkut 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 sama sisi, 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 pendekatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) agar waktu yang digunakan efektif dan efisien serta dapat menekan biaya yang dikeluarkan [5]. *Software* CFD yang digunakan adalah NUMECA FINE™/Marine v2. Hasil yang akan didapatkan dalam penelitian ini adalah gerakan ponton model tripod yang 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).

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

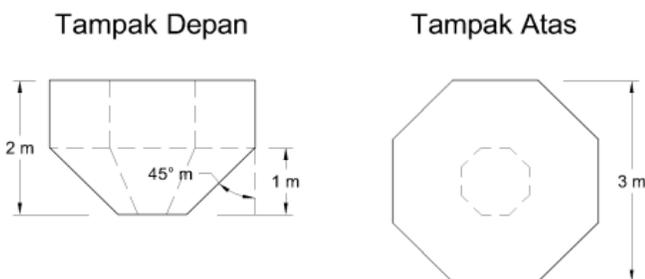
Pertimbangkan suatu struktur bergerak bebas pada gelombang laut. Meskipun struktur terikat pada dasar laut, pada umumnya struktur dianggap suatu struktur kaku, oleh karenanya struktur akan mengalami enam pergerakan bebas (*six degrees of freedom*), tiga rotasi dan tiga translasi.

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 COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

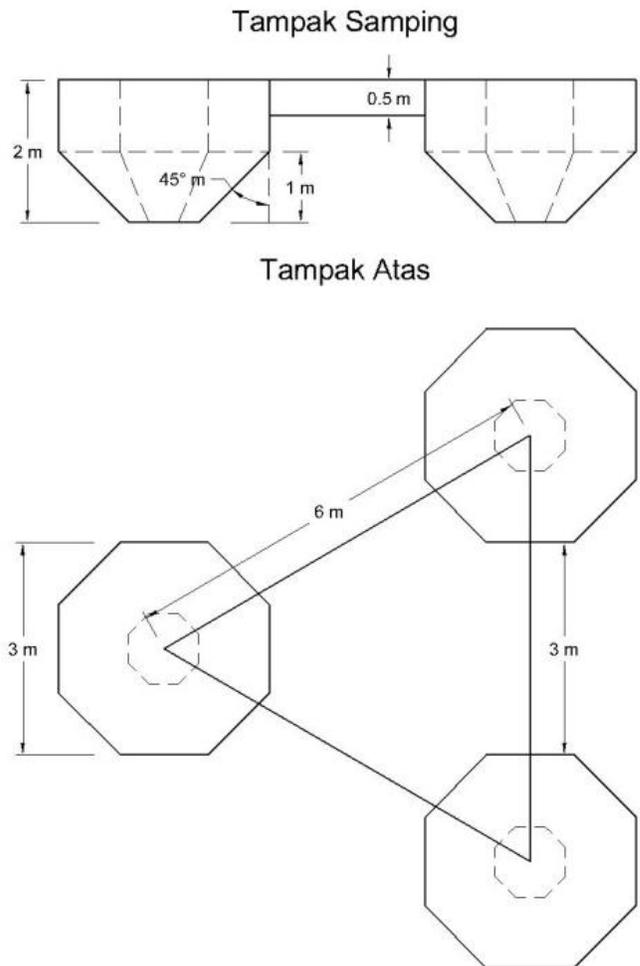
A. Data Ponton

Model ponton yang digunakan untuk membuat ponton model tripod adalah ponton segidelapan dengan ukuran tinggi 2 meter, panjang diameter lingkaran dalam segidelapan 3 meter, dan kemiringan lambung 45° [8].



Gambar. 1. Geometri ponton segidelapan..

Ponton model tripod yang diteliti, geometrinya terdiri dari tiga buah ponton segidelapan yang dihubungkan dengan membentuk pola segitiga sama sisi. Panjang sisi segitiga sama sisi untuk penghubung masing – masing ponton adalah 6 meter dengan ketebalan 0.5 meter.



Gambar. 2. Geometri ponton model tripod.

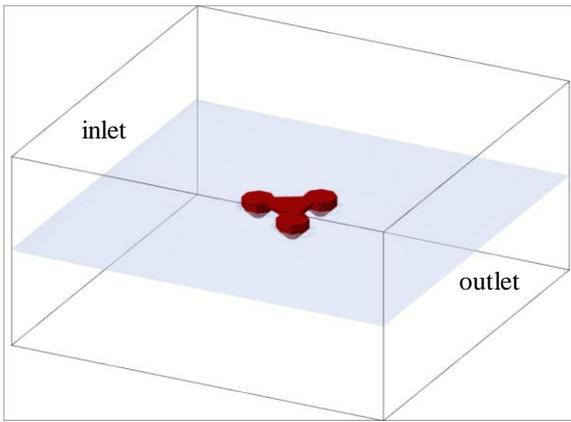
B. Data Lingkungan

Dalam penelitian ini data lingkungan yang digunakan diantaranya adalah, jenis gelombang *regular*, kedalaman perairan 10 meter, tinggi gelombang 1.5 meter (dengan variasi periode gelombang 4 s, 6 s, 8 s, 10 s, dan 12 s), dan periode gelombang 8 detik (dengan variasi tinggi gelombang 0.5 m, 0.75 m, 1 m, 1.25 m, dan 1.5 m).

C. Data Pemodelan

Dalam penelitian ini data model ponton yang digunakan diantaranya adalah, massa 11038.79 kg, volume 39.07 m<sup>3</sup>, luas permukaan 108.42 m<sup>2</sup>, dan *center of mass* (0, 0, 0.30).

Domain dibatasi pada ukuran panjang 40 meter, lebar 40 meter, dan tinggi 20 meter, dengan titik nol model pada titik pusat segitiga sama sisi dan tepat pada garis air (1 meter dari *base line*). Sedangkan untuk jumlah *cell (mesh)* dibatasi pada 601278 *cell*.



Gambar. 3. Domain ponton untuk pemodelan.

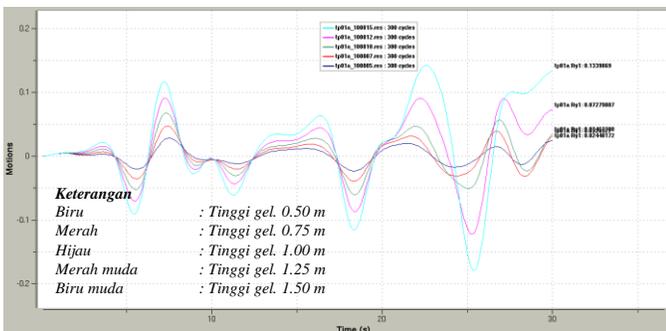
Model fluida adalah *Multi-fluid* (fluida-1 berada di bawah fluida-2). Fluida-1 dengan *dynamic viscosity* 0.00104362 Pa.s, dan *Density* 998.4 kg/m<sup>3</sup>. Fluida-2 dengan *dynamic viscosity* 1.85e-05 Pa.s, dan *density* 1.2 kg/m<sup>3</sup>.

Model aliran yang digunakan adalah laminar, *gravity intensity* -9.81 m/s<sup>2</sup>, *reference length* 3 meter, dan *reference velocity* 1 m/s.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Ponton Model Tripod pada Tinggi Gelombang 0.5 – 1.5 meter

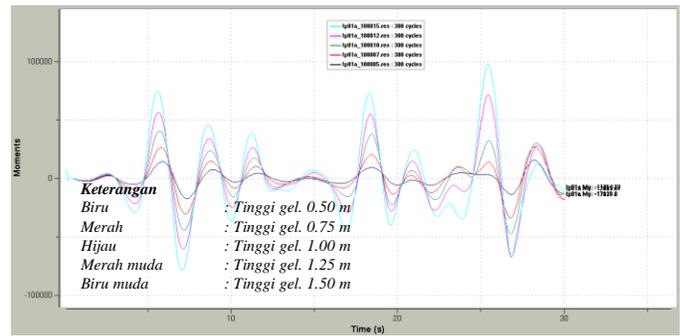
Berikut ini adalah grafik *motions* ponton terhadap sumbu-y (*pitch*) pada tinggi gelombang 0.5 – 1.5 meter.



Gambar. 4. Grafik motions ponton terhadap sumbu-y (*pitch*).

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *motions* maksimal ponton terhadap sumbu-y (*pitch*) pada tinggi gelombang 0.5 – 1.5 meter. Nilai terendah adalah 1.64° pada tinggi gelombang 0.5 meter. Nilai tertinggi adalah 10.28° pada tinggi gelombang 1.5 meter.

Berikut ini adalah grafik *moments* ponton terhadap sumbu-y pada tinggi gelombang 0.5 – 1.5 meter.

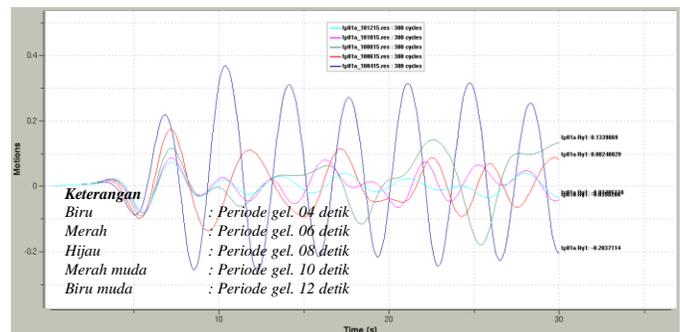


Gambar. 5. Grafik moments ponton terhadap sumbu-y.

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *moments* maksimal ponton terhadap sumbu-y pada tinggi gelombang 0.5 – 1.5 meter. Nilai terendah adalah 17058.09 N.m pada tinggi gelombang 0.5 meter. Nilai tertinggi adalah 98236.23 N.m pada tinggi gelombang 1.5 meter.

#### B. Ponton Model Tripod pada Periode Gelombang 4 – 12 detik

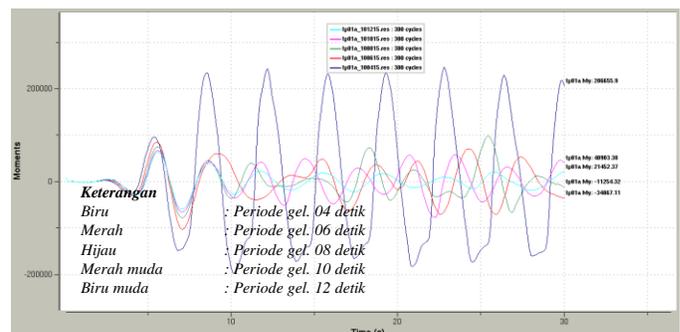
Berikut ini adalah grafik *motions* ponton terhadap sumbu-y (*pitch*) pada periode gelombang 4 – 12 detik.



Gambar. 6. Grafik motions ponton terhadap sumbu-y (*pitch*).

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *motions* maksimal ponton terhadap sumbu-y (*pitch*) pada periode gelombang 4 – 12 detik. Nilai terendah adalah 4.31° pada periode gelombang 12 detik. Nilai tertinggi adalah 21.15° pada periode gelombang 4 detik.

Berikut ini adalah grafik *moments* ponton terhadap sumbu-y pada periode gelombang 4 – 12 detik.



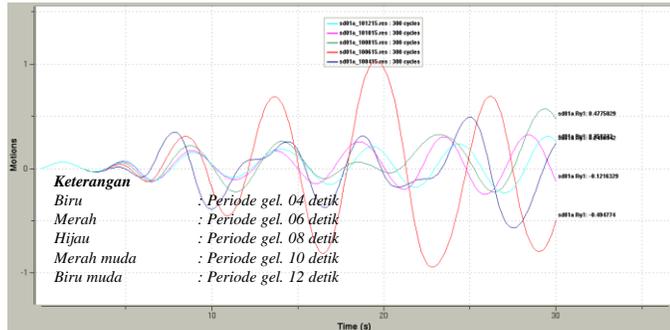
Gambar. 7. Grafik moments ponton terhadap sumbu-y.

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *moments* maksimal ponton terhadap sumbu-y pada periode gelombang 4

– 12 detik. Nilai terendah adalah 63576.44 N.m pada periode gelombang 12 detik. Nilai tertinggi adalah 246610.80 N.m pada periode gelombang 4 detik.

**C. Ponton Segidelapan pada Tinggi Gelombang 1.5 meter dan Periode Gelombang 4 – 12 detik**

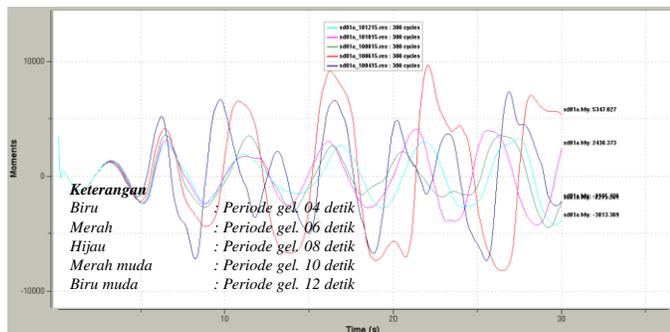
Berikut ini adalah grafik *motions* ponton terhadap sumbu-y (*pitch*) pada tinggi gelombang 1.5 meter dan periode gelombang 4 – 12 detik.



Gambar. 8. Grafik motions ponton terhadap sumbu-y (*pitch*).

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *motions* maksimal ponton terhadap sumbu-y (*pitch*) pada pada tinggi gelombang 1.5 meter dan periode gelombang 4 – 12 detik. Nilai terendah adalah 17.75° pada periode gelombang 12 detik. Nilai tertinggi adalah 58.87° pada periode gelombang 6 detik.

Berikut ini adalah grafik *moments* ponton terhadap sumbu-y pada pada tinggi gelombang 1.5 meter dan periode gelombang 4 – 12 detik.



Gambar. 9. Grafik moments ponton terhadap sumbu-y.

Dari data hasil percobaan didapatkan nilai *moments* maksimal ponton terhadap sumbu-y pada pada tinggi gelombang 1.5 meter dan periode gelombang 4 – 12 detik. Nilai terendah adalah 4251.33 N.m pada periode gelombang 10 detik. Nilai tertinggi adalah 9652.06 N.m pada periode gelombang 6 detik.

**IV. KESIMPULAN**

Pada tinggi gelombang 0.5 – 1.5 meter dengan periode gelombang 8 detik, ponton mengalami gerakan terbaik pada tinggi gelombang 1.5 meter dengan sudut *pitch* 10.28° dan momen 98236.23 N.m.

Pada periode gelombang 4 – 12 detik dengan tinggi gelombang 1.5 meter, ponton mengalami gerakan terbaik pada

periode gelombang 4 detik dengan sudut *pitch* 21.15° dan momen 246610.80 N.m.

Ponton model tripod sesuai untuk diaplikasikan pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL-SB) jika dibandingkan dengan ponton segidelapan karena pada tinggi gelombang 1.5 meter, ponton model tripod mengalami gerakan terbaik sampai pada periode gelombang 4 detik, sedangkan ponton segidelapan hanya sampai pada periode gelombang 6 detik.

**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 Architecs (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.