

# Analisa Kinerja Bandul Vertikal dengan Model Plat pada PLTGL

Honey Rambu Anarki, Irfan Syarif Arief  
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS, Surabaya 60111  
email: irfansya@its.ac.id, honeyrambu@gmail.com

*Abstrak — Sumber energi seperti energi fosil yang semakin menipis. Hal ini mendorong semua pihak untuk dapat menjadi lebih baik hingga ilmu yang terdapat didalam dunia perkapalan dapat melahirkan inovasi terbaru, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut – sistem bandulan. Ponton yang menggunakan sistem bandul adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengkonversi dari energy laut menjadi energi listrik. Dalam kajian ini menggunakan kondisi uji onshore tanpa menggunakan ballast dan uji off-shore dengan ballas. Dari kajian ini didapatkan banyaknya putaran yang dapat dihasilkan bandul dengan variasi bentuk sudut juring, tebal plat juring dan sudut kemiringan ponton. Untuk uji on-shore daya terbesar didapatkan pada pengujian dengan menggunakan sudut juring 60 °, tebal 3 mm, sudut kemiringan 60 ° daya yang dihasilkan 0.107 watt. Untuk pengujian offshore pada ballas 12 cm, 15 cm, 17.5 cm, daya terbesar dihasilkan pada ballas dengan daya 0.124 watt pada juring, tebal, dan sudut kemiringan yang sama dengan pengujian onshore. Jumlah putaran dengan waktu, pada pengujian on-shore yang menghasilkan nilai paling besar pada juring dengan sudut 45 °, tebal 2 mm sudut kemiringan 45 ° nilai yang didapatkan 1,176 rad/s. Pada pengujian off-shore paling besar ada pada ballas 17.5 dengan 1.93 rad/s.*

*Kata Kunci : Ponton, sistem bandulan, uji on-shore, uji off-shore, daya.*

## I. PENDAHULUAN

Dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi yang semakin meningkat serta mengakibatkan semakin tergantungnya manusia pada sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui. Sumber energi seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara diperkirakan akan habis sekitar 30 tahun mendatang. Hal ini yang menyebabkan krisis energi didunia dan membuat pemikiran manusia untuk menemukan energi terbaru agar tidak tergantung dengan energi fosil saat ini. Selain persediaan energi fosil yang semakin menipis dan memerlukan waktu yang lama untuk menghasilkan energi tersebut kembali, serta dapat merusak lingkungan karena emisi gas dan polusi lain yang ditimbulkan. Penggunaan energi nuklir membutuhkan biaya yang besar selain juga terbatas masalah keamanan. Pembangkit tenaga air tidak bisa diaplikasikan dibanyak tempat karena faktor ketersediaan air. Maka perlu dilakukan pencarian sumber energi yang ramah lingkungan dan terbarukan. Matahari, angin, laut, air, elektromagnetik, elektrostatik, panas, getaran, dan gerakan

tubuh manusia merupakan macam-macam sumber energi terbarukan.

Indonesia adalah negara kepulauan yang terdiri dari daratan dan luas kurang lebih 5,8 juta km<sup>2</sup> dan sekitar 70% wilayahnya merupakan perairan laut yang mempunyai potensi sumber energi alternatif yang melimpah, yaitu energi yang terbarukan dan tak terbarukan. Salah satu potensi laut yang belum banyak diketahui masyarakat umum adalah potensi energi laut untuk menghasilkan listrik. Potensi energi laut yang dapat menghasilkan listrik dapat dibagi kedalam tiga jenis potensi, yaitu energi pasang surut (*tidal power*), energi gelombang laut (*wave energy*), dan energi panas laut (*ocean thermal energy*) [1].

Tugas akhir ini adalah kelanjutan dan variasi dari tugas akhir sebelumnya tentang PLTGL dengan menggunakan pendulum berbentuk bola dengan posisi dirubah dengan pendulum atau bandul dengan berbentuk plat posisi vertikal. Sehingga dari penelitian sebelumnya yang berbentuk pendulum bola pada tugas akhir ini akan dilakukan variasi dan perubahan dengan pendulum berbentuk juring plat dengan ketebalan tertentu posisi vertikal untuk mengetahui daya terbesar yang dihasilkan untuk setiap perbedaan pada bandul dengan bentuk juring lingkaran. Serta factor apa saja yang mempengaruhi perbedaan anata pengujian menggunakan teori dengan pengujian secara praktikum, sehingga dapat digunakan untuk referensi pembuatan pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang lebih optimal.

Dalam analisa ini, permasalahan yang menjadi pokok bahasan dalam penyusunan Skripsi ini adalah :

1. Berapa daya terbesar yang dihasilkan oleh setiap perbedaan bentuk juring, tebal, serta kemiringan sudut ponton terhadap daya yang dihasilkan ?
2. Berapakah penggunaan bentuk sudut juring dengan tebal tertentu untuk mendapatkan jumlah putaran dan waktu yang paling optimal?
3. Berapa penggunaan ballas, untuk memperoleh daya terbesar serta jumlah putaran dengan waktu tertentu yang paling besar?

Sedangkan tujuan dari penelitian ini ialah untuk menjawab pertanyaan di atas.

## II. HASIL PERCOBAAN DAN PENGOLAHAN DATA

Hasil dengan menggunakan pengujian secara On-shore:

A. Pengujian ini dilakukan dengan merakit ponton yang didalamnya terdapat juring dengan sudut 30°, 45°, 60°, dengan masing – masing ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm. kemudian dengan penyangga seerti yang ditunjukkan pada gambar 3.1, akan dimiringkan dengan sudut kemiringan 5°, 15°, 30°, 45°, 60°.



Gambar 3.1 pengujian on-shore

Dari percobaan ini akan diketahui jumlah putaran selama waktu berhenti. Berikut ini adalah tabel hasil percobaan pada ponton dengan menggunakan juring dengan sudut tertentu.

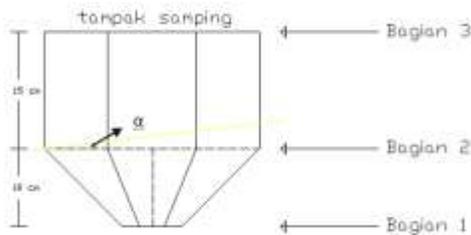
Tabel 3.1 tabel hasil percobaan ketebalan 1mm

| $\alpha$<br>(°) | Sudut kemiringan |            |      |            |       |            |       |            |       |            |
|-----------------|------------------|------------|------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
|                 | 5                |            | 15   |            | 30    |            | 45    |            | 60    |            |
|                 | W(s)             | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ | W(s)  | $\Sigma P$ | W(s)  | $\Sigma P$ | W(s)  | $\Sigma P$ |
| 30              | 0                | 0          | 4.61 | 4          | 9.48  | 11         | 12.72 | 14         | 16.32 | 18         |
| 45              | 0                | 0          | 6.02 | 6          | 11.28 | 13         | 15.1  | 17         | 16.78 | 18         |
| 60              | 0                | 0          | 8.19 | 8          | 13.6  | 15         | 18.52 | 21         | 21.28 | 23         |

Salah satu contoh tabel hasil uji kondisi on-shore dengan variasi tebal juring 1mm.

Hasil dengan menggunakan pengujian secara *off-shore*:

B. Pengujian *off-shore* merupakan pengujian di air atau dikolam dengan menggunakan ballas dengan kedalaman 12 cm, 15 cm, 17.5 cm kedalamnya diukur pada bagian satu, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.2 bagian – bagian ponton dengan tolak ukur yang akan diuji

Pengujian pada system ballas ini hamper sama dengan pengujian on-shore hanya tempatnya menggunakan media air. Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.3 pengujian off-shore dengan ballas

Ponton dimasukan ballas dengan kedalam 12 cm, 15 cm, 17. 5 cm, kemudian diberi bandul dengan sudut 30°, 45°, 60°, dengan tebal 1mm, 2 mm, 3mm. Setelah itu baru ponton dimiringkan dengan kemiringan 5°, 15°, 30°, 45°, 60°.

Berikut ini salah satu contoh tabel hasil percobaan dengan menggunakan ballas 12 cm, 15 cm, 17.5 cm dengan tebal 1 mm.

Tabel 3.2 hasil percobaan ketebalan 1mm, ballas 12 cm

| $\alpha$<br>(°) | Sudut kemiringan |            |      |            |       |            |       |            |      |            |
|-----------------|------------------|------------|------|------------|-------|------------|-------|------------|------|------------|
|                 | 5                |            | 15   |            | 30    |            | 45    |            | 60   |            |
|                 | W(s)             | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ | W(s)  | $\Sigma P$ | W(s)  | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ |
| 30              | 3.08             | 3          | 4.16 | 4          | 4.905 | 5          | 10.48 | 12         | 6.17 | 7          |
| 45              | 4.71             | 6          | 7.84 | 9          | 7.38  | 7          | 6.09  | 7          | 9.1  | 11         |
| 60              | 5.66             | 6          | 6.58 | 8          | 7.6   | 9          | 12.91 | 15         | 9.37 | 10         |

Tabel 3.3 hasil percobaan ketebalan 1mm, ballas 15 cm

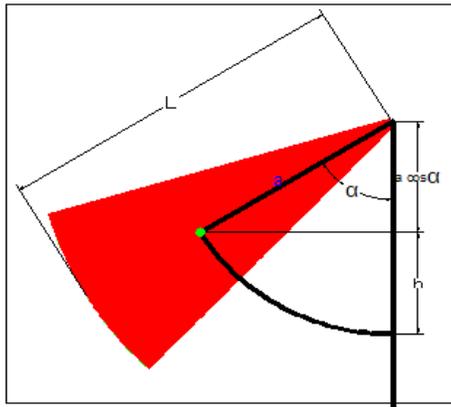
| $\alpha$<br>(°) | Sudut kemiringan |            |      |            |       |            |      |            |      |            |
|-----------------|------------------|------------|------|------------|-------|------------|------|------------|------|------------|
|                 | 5                |            | 15   |            | 30    |            | 45   |            | 60   |            |
|                 | W(s)             | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ | W(s)  | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ |
| 30              | 3.03             | 4          | 2.63 | 4          | 3.52  | 5          | 3.5  | 5          | 6.3  | 9          |
| 45              | 4.39             | 5          | 3.9  | 5          | 2.95  | 5          | 13   | 14         | 13   | 13         |
| 60              | 4.01             | 5          | 5.81 | 8          | 10.42 | 12         | 11   | 13         | 4.5  | 6          |

Tabel 3.4 hasil percobaan ketebalan 1mm, ballas 17.5 cm

| $\alpha$<br>(°) | Sudut kemiringan |            |      |            |      |            |      |            |      |            |
|-----------------|------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
|                 | 5                |            | 15   |            | 30   |            | 45   |            | 60   |            |
|                 | W(s)             | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ | W(s) | $\Sigma P$ |
| 30              | 2.03             | 3          | 1.79 | 3          | 2.44 | 4          | 2.04 | 3          | 1.55 | 3          |
| 45              | 0                | 0          | 1.29 | 2          | 2.03 | 3          | 2.16 | 4          | 3.68 | 6          |
| 60              | 2.17             | 3          | 2.81 | 4          | 4    | 6          | 4.88 | 7          | 3.22 | 5          |

Pada pengujian *off-shore* ini akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui daya yang dihasilkan pada setiap juring dengan ketebalan tertentu. Pada pengujian ini mendokumentasikan semua pengujian dalam bentuk video, dengan total 180 video pengujian.

Berikut ini pengolahan data on-shore secara teori dan praktik dengan menggunakan juring dengan sudut 30° dengan tebal 1 mm dengan kemiringan juring 60°.



Gambar 3.4 skema juring

Pada perhitungan ini diketahui :

- Tinggi Juring (L) = 11.5 cm = 0.115 m
- Panjang Titik berat (a) = 7.246 cm = 0.07246 m
- Sudut kemiringan juring (α) = 60°
- Massa jenis besi (ρ) = 7800 kg/m<sup>3</sup>
- tebal plat = 1mm = 0.001 m

mencari berat juring pada juring sudut 30° dengan tebal 1 mm dengan kemiringan 60°.

$$\begin{aligned} \text{Luas Juring} &= 30^\circ / 360^\circ \times \text{LuasLingkar.} \\ &= 30^\circ / 360^\circ \times 3.14 \times 0.115 \times 0.115 \\ &= 0.00346 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Luas Juring} \times \text{Tebal Plat} \\ &= 0.00346 \text{ m}^2 \times 0.001 \text{ m} \\ &= 0.00000346 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Juring} &= \rho \times \text{Volume} \\ &= 7800 \text{ kg/m}^3 \times 0.00000346 \text{ m}^3 \\ &= 0.027161 \text{ kg} \\ &= 27.161 \text{ g} \end{aligned}$$

Selanjutnya, mencari torsi dan daya

Sebelum mencari nilai h, untuk mengetahui a (panjang titik berat) menggunakan software SolidWork. Maka didapatkan nilai panjang titik berat 0.0724 m.

$$\begin{aligned} \text{nilai h} &= a - a \cos \alpha \\ &= 0.07246 - 0.07246 \cos 60 \\ &= 0.036 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan software yang sama maka nilai inersia (I) dapat diketahui yaitu sebesar 337.09 gm<sup>2</sup>

$$\text{Omega } (\omega) \text{ dihitung dengan rumus } \omega = \sqrt{\frac{2mgh}{I}}$$

- Massa juring (m) = 27.161 g
- Percepatan gravitasi (g) = 9.8 m/s<sup>2</sup>
- h (a - a cos α) = 0.036 m
- Momen inersia (I) = 0.033709 gm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Maka } \omega &= \sqrt{\frac{2mgh}{I}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 27.161 \times 9.8 \times 0.036}{0.033709}} = 23.99 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi (T)} &= mg \sin 60 a \\ &= 27.161 \times 9.8 \times \sin 60 \times 0.0726 \\ &= 27.161 \times 9.8 \times 0.866 \times 0.0726 \\ &= 16.7 \text{ gm}^2/\text{s}^2 \\ &= 16.7 \times 10^{-3} \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= T \times \omega \\ &= 16.7 \times 10^{-3} \times 23.99 \\ &= 0.401 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka didapatkan hasil daya dengan menggunakan teori sebesar 0.401 Watt.

Selanjutnya menghitung daya dengan menggunakan perhitungan secara praktikum.

$$\begin{aligned} \text{omega } (\omega) &= \frac{\text{putaran}}{\text{waktu}} \\ &= 18 / 16.32 \\ &= 1.10 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Torsi (T)} &= mg \sin 60 a \\ &= 27.161 \times 9.8 \times \sin 60 \times 0.0726 \\ &= 27.161 \times 9.8 \times 0.866 \times 0.0726 \\ &= 16.7 \text{ gm}^2/\text{s}^2 \\ &= 16.7 \times 10^{-3} \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= T \times \omega \\ &= 16.7 \times 10^{-3} \times 1.10 \\ &= 18.45 \times 10^{-3} \text{ Watt} \end{aligned}$$

Hasil daya dengan praktik sebesar 18.45 x 10<sup>-3</sup> Watt.

Sesuai dengan rumus di atas maka didapatkan nilai untuk setiap juring dengan ketebalan tertentu serta kemiringan tertentu sebagai berikut.

Tabel 3.5 tabel hasil perhitungan rumus

| Sudut Juring | Tebal | massa (KG) | vol (m <sup>3</sup> ) | I (kgm <sup>2</sup> ) | h (m)    |          |           |          |          |
|--------------|-------|------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|
|              |       |            |                       |                       | 5        | 15       | 30        | 45       | 60       |
| 30 deg       | 1     | 0.027      | 0.0000035             | 0.000034              |          |          |           |          |          |
|              | 2     | 0.054      | 0.0000069             | 0.000067              | 0.000290 | 0.002534 | 0.0097016 | 0.021213 | 0.0362   |
|              | 3     | 0.081      | 0.0000104             | 0.000101              |          |          |           |          |          |
| 45 deg       | 1     | 0.040      | 0.0000052             | 0.000054              |          |          |           |          |          |
|              | 2     | 0.081      | 0.0000104             | 0.000108              | 0.000290 | 0.002534 | 0.009702  | 0.021213 | 0.036200 |
|              | 3     | 0.121      | 0.0000156             | 0.000163              |          |          |           |          |          |
| 60 deg       | 1     | 0.054      | 0.0000069             | 0.000083              |          |          |           |          |          |
|              | 2     | 0.108      | 0.0000138             | 0.000166              | 0.000290 | 0.002534 | 0.009702  | 0.021213 | 0.036200 |
|              | 3     | 0.162      | 0.0000208             | 0.000249              |          |          |           |          |          |

Selanjutnya setelah tabel di atas menghitung nilai omega, torsi, daya. Perhitungan dapat dilakukan pada masing – masing pengujian. Berikut adalah salah satu contoh tabel hasil pengujian secara on-shore, untuk pengujian off-shore ballas 12 cm, 15 cm, 17.5 cm dapat dilihat nilai analisisnya pada laporan skripsi.

Tabel 3.6 tabel hasil perhitungan juring 30°.tebal 1mm

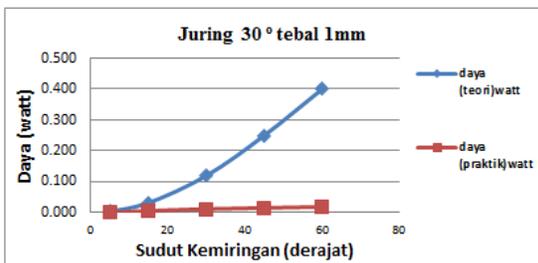
| Sudut miring (°) | $\omega$ (teori) rad/s | $\omega$ (praktik) rad/s | T (teori) Nm | T (partik) Nm | daya (teori) watt | daya (praktik) watt |
|------------------|------------------------|--------------------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------|
| 5                | 2.14                   | 0.00                     | 0.0016       | 0.0016        | 0.0035            | 0.00                |
| 15               | 6.33                   | 0.87                     | 0.0050       | 0.0050        | 0.0316            | 0.00433             |
| 30               | 12.38                  | 1.16                     | 0.0096       | 0.0096        | 0.1195            | 0.0112              |
| 45               | 18.30                  | 1.10                     | 0.0136       | 0.0136        | 0.2500            | 0.0150              |
| 60               | 23.91                  | 1.103                    | 0.0167       | 0.0167        | 0.4001            | 0.0184              |

Data dari tabel diatas selanjutnya akan dianalisa menggunakan grafik. Untuk data on-shore akan dianalisa dengan perbedaan teori dengan praktikum dan pengaruh ketebalan pada setiap plat terhadap daya yang dihasilkan, serta jumlah putaran bandul dengan waktu berhenti pada kemiringan tertentu.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Berikut salah satu contoh, Analisa Data yang ditunjukan pada analisa pengujian secara *on-shore* perhitungan secara teori dan praktikum.

Pada perhitungan secara teori dan secara praktikum menghasilkan grafik yang hampir sama, dimana semakin besar sudut kemiringan, daya yang dihasilkan semakin besar. Begitupun yang terjadi pada setiap juring yang memiliki ketebalan tertentu, bentuk grafik yang didapatkan relatif sama, maka pada grafik teori dan praktikum salah satu contoh ada pada grafik dibawah ini, pada sudut juring 30° dengan ketebalan 1 mm.

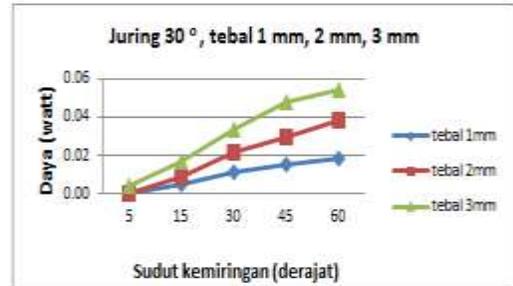


Grafik 4.1 perbandingan daya secara teori dengan daya hasil praktikum pada juring dengan sudut 30° tebal 1 mm

Pada grafik ini menunjukan bahwa nilai teori lebih besar dari pada praktikum. Sudut 30° tebal 1, dengan kemiringan 5° daya secara teori yang dihasilkan 0.00359 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0 watt. Kemudian pada sudut kemiringan 15° daya secara teori yang dihasilkan 0.0316 watt secara praktikum 0.005541 watt. Pada sudut kemiringan 30° daya secara teori yang dihasilkan 0.199 watt secara praktikum daya yang dihasilkan 0.0112 watt. Sudut kemiringan 45° daya secara teori yang dihasilkan 0.25 watt, secara praktikum 0.015 watt. Pada sudut kemiringan 60° daya secara teori 0.4 watt secara praktikum 0.018 watt.

Dari sini dapat diketahui bahwa secara teori dan secara praktikum sama – sama mengalami kenaikan pada sudut kemiringan yang semakin besar meskipun perbedaan daya antar praktikum dan teori sekitar kurang lebih 10 %. Hal ini dikarenakan kesalahan pembacaan, dan bearing yang digunakan pada saat pengujian juga sangat berpengaruh.

B. Analisa pengujian *On-shore* secara praktikum, pada juring dengan sudut 30°, tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm

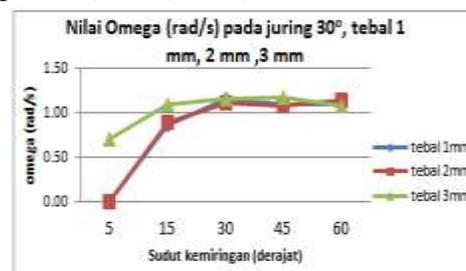


Grafik 4.2 perbandingan daya secara praktikum pada juring dengan sudut 30° tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm

Pada grafik diatas menunjukan semakin tebal plat maka daya yang dihasilkan akan semakin besar. Pada tebal 1 mm, daya terbesar yang dihasilkan pada sudut kemiringan 60°, pada sudut kemiringan 60°, daya yang dihasilkan 0.018 watt. Kemudian pada tebal 2 mm, daya terbesar yang dihasilkan juga tetap pada sudut kemiringan 60°, pada sudut kemiringan 60° daya yang dihasilkan 0.038 watt. Pada ketebalan 3 mm, daya terbesar yang dihasilkan tetap pada sudut kemiringan 60° pada sudut 60° daya yang dihasilkan 0.0544 watt. Untuk daya terbesar yang dihasilkan pada juring 30° dengan ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm, daya terbesar dihasilkan pada juring yang memiliki ketebalan yang paling besar dan sudut kemiringan paling besar yaitu pada juring dengan ketebalan 3 mm, dengan sudut kemiringan 60°, daya yang dihasilkan 0.0544 watt.

Pada ketebalan yang berbeda hal ini menyebabkan massa pada setiap juring berbeda sehingga torsi dan daya yang dihasilkan juga berbeda.

C. Analisa perbandingan nilai omega (rad/s) pada juring 30° dengan tebal, 1 mm, 2 mm, 3 mm.



Grafik 4.3 perbandingan nilai omega pada juring 30°, tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm.

Pada praktikum ini juring dengan tabal 1mm, sudut kemiringan 30°, memiliki nilai omega yang paling besar yaitu

1.16 rad/s dimana jumlah putaran 11 kali waktu yang dibutuhkan 9.48 s. Dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan  $60^0$  memiliki nilai omega yang paling besar yaitu 1.15 rad/s dimana jumlah putaran yang dihasilkan 21 kali dalam waktu 18.3 s. Pada juring dengan ketebalan 3 mm, sudut kemiringan  $45^0$ , memiliki nilai omega 1.17 rad/s. Maka yang paling menghasilkan putaran dibanding dengan waktu yang terbesar adalah pada juring dengan sudut  $30^0$ , dengan sudut kemiringan  $45^0$  dengan tebal 3 mm jumlah putaran yang dihasilkan 19 kali dan waktu yang dibutuhkan 16.19 s, 1.17 rad/s.

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa omega yang dihasilkan tidak tergantung ketebalan dan sudut kemiringan, hal ini dikarenakan pada percobaan semakin besar sudut kemiringan hal ini bisa mengakibatkan bandul yang bekerja semakin cepat berhenti karena pengaruh gelombang.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perhitungan dengan menggunakan teori didapatkan bahwa semakin besar berat bandul atau sudut dan ketebalan bandul maka daya yang dihasilkan akan semakin besar.
2. Pengujian *on-shore* daya terbesar dihasilkan dengan menggunakan juring sudut  $60^0$  dengan ketebalan 3 mm, sudut kemiringan  $60^0$ , daya yang dihasilkan 0.107 watt.
3. Pengujian *on-shore* perbandingan jumlah putaran dengan waktu yang menghasilkan nilai paling besar pada juring sudut  $45^0$  dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan  $45^0$ , nilai yang didapatkan 1,176 rad/s, jumlah putaran yang dihasilkan 16 kali dalam waktu 13.36 s.
4. Pengujian *off-shore* dengan ballas 12 cm daya terbesar, pada juring dengan sudut  $60^0$ , tebal 3 mm, sudut kemiringan  $60^0$ , daya yang dihasilkan 0.103 watt.
5. Pengujian *off-shore* ballas 12 cm, perbandingan jumlah putaran dengan waktu yang menghasilkan nilai paling besar pada juring sudut  $30^0$  dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan  $30^0$ , nilai yang didapatkan 1,43 rad/s, jumlah putaran yang dihasilkan 8 kali dalam waktu 5.58 s.
6. Pengujian *off-shore* dengan ballas 15 cm daya terbesar, pada juring dengan sudut  $60^0$ , tebal 3 mm, sudut kemiringan  $60^0$ , daya yang dihasilkan 0.109 watt.
7. Pengujian *off-shore* ballas 15 cm, perbandingan jumlah putaran dengan waktu yang menghasilkan nilai paling besar pada juring sudut  $45^0$  dengan tebal 1 mm, sudut kemiringan  $30^0$ , nilai yang didapatkan 1,69 rad/s, jumlah putaran yang dihasilkan 5 kali dalam waktu 2.95 s.
8. Pengujian *off-shore* dengan ballas 17.5 cm daya terbesar, pada juring dengan sudut  $60^0$ , tebal 3 mm, sudut kemiringan  $60^0$ , daya yang dihasilkan 0.124 watt.
9. Pengujian *off-shore* ballas 17.5 cm, perbandingan jumlah putaran dengan waktu yang menghasilkan nilai paling besar pada juring sudut  $30^0$  dengan tebal 1 mm,

sudut kemiringan  $60^0$ , nilai yang didapatkan 1,93 rad/s, menghasilkan jumlah putaran 3 kali dalam waktu 1.55 s.

10. Semakin besar ballas maka jumlah putaran semakin kecil dengan waktu yang semakin cepat, sehingga daya yang dihasilkan semakin besar.
11. Perbandingan jumlah putaran dengan waktu terhadap skripsi sebelumnya bisa dikatakan lebih besar nilainya dengan menggunakan bandul vertikal.

#### V. SARAN

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah :

1. Berdasarkan analisa yang dilakukan maka pengujian sebaiknya dilaksanakan pada lab hidrodinamika untuk mengetahui ketinggian gelombang agar hasil yang didapatkan lebih valid.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk pembuatan sistem bandulan pendulum yang lebih baik. Dengan mengambil sudut juring, ketebalan dan kemiringan yang paling baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1]. DESIGN OF OCEAN SYSTEMS. 2001. MIT, Massachutes Institute Of Technology