

## RANCANG BANGUN ALAT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT SISTEM BANDUL GANDA (PLTGL-SBG) SKALA LABORATORIUM

**Dhimas Satria<sup>1</sup>, Yefri Chan<sup>2</sup>, Denny Kurniawan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jenderal Sudirman Km. 3, Cilegon - Banten 42435.

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada  
Email: nur\_rahmawati@ums.ac.id (email penulis utama)

### Abstrak

*Akhir-akhir ini sumber energi yang berasal dari fosil semakin sedikit, sehingga mengakibatkan energi alternatif selain fosil akan semakin berkembang, termasuk energi alternatif tersebut adalah teknologi pembangkit listrik mikrohidro. Macam –macam teknologi mikrohidro dapat berasal dari pemanfaatan air terjun, perbedaan pasang surut air laut dan pemanfaatan gelombang laut. Besar potensi laut yang di miliki Indonesia memungkinkan pemanfaatan angin dan gelombang sebagai sumber energi. Pada penelitian ini, penulis memilih untuk membuat alat pembangkit listrik dengan memanfaatkan gelombang air laut atau Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut-Sistem Bandul secara vertikal akan dibuat dengan menggunakan bandul ganda sebagai penggeraknya (PLTGL-SBG), dengan bandul sebagai penggerak yang di teruskan transmisi dan disimpan dalam generator. Sistem bandul ganda secara vertikal memungkinkan tidak ada gerak terbuang dari input-an ayuan bolak-balik yang akan ditransmisikan menjadi energi listrik. Hasil dari penelitian ini adalah alat Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul Ganda (PLTGL-SBG) Skala Laboratrium dapat menghasilkan daya sampai dengan 632 watt dengan torsi 251 Nm. Desain poros yang digunakan adalah 40 mm karena berdasarkan perhitungan desain poros yang diijinkan adalah 36,65 mm. Sedangkan Jenis rantai transmisi yang digunakan adalah berdasarkan standar ISO 606:2004, dengan jumlah gigi sproket penggerak utama (gear): 45 mm; diameter pitch gear: 363,9 mm; jumlah gigi sproket yang akan digerakkan (pinion): 19 mm; diameter pitch pinion: 77,16 mm*

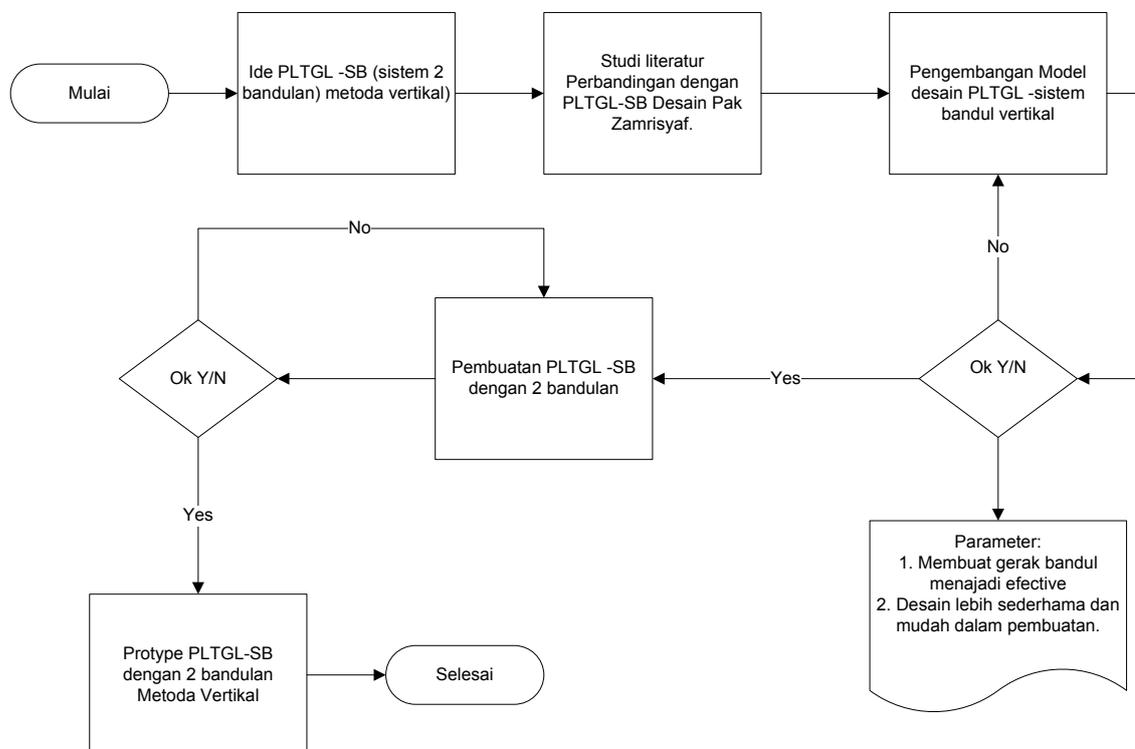
**Kata kunci:** energi alternatif; gelombang air laut; sistem bandul ganda

### Pendahuluan

Berkembangnya energi alternatif, termasuk didalamnya energi yang berasal dari pembangkit listrik mikrohidro, dikarenakan semakin sedikitnya sumber energi yang berasal dari fosil. Teknologi mikrohidro dapat berasal dari pemanfaatan air terjun, perbedaan pasang surut air laut hingga pemanfaatan gelombang laut sebagai sumber energi yang terbaharukan. Potensi laut yang besar yang di miliki Indonesia memungkinkan pemanfaatan angin dan gelombang laut sebagai sumber energi. Pemanfaatan gelombang laut sebagai sumber energi akan efektif karena dapat meyelesaikan masalah kurang energi listrik di banyak pulau di Indonesia yang belum mendapatkan energi listrik. Pasca ledakan PLTN Fukushima Jepang akibat gempa dan tsunami yang melanda kawasan tersebut, banyak terdapat penolakan akan pembangkit nuklir karena resikonya yang terlalu besar. Pembangkit listrik gelombang laut merupakan salah satu energi yang aman dan dapat dikembangkan, sehingga pada penelitian ini kami memilih untuk membuat alat pembangkit listrik dengan memanfaatkan gelombang air laut skala laboratorium, dengan bandul sebagai penggerak yang di teruskan transmisi dan disimpan dalam generator. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul Ganda (PLTGL-SB) skala laboratorium secara vertikal akan dibuat dengan menggunakan 2 bandul sebagai penggerak, dengan hipotesis bahwa sistem bandul ganda secara vertikal memungkinkan tidak ada gerak terbuang dari input-an ayuan bolak-balik yang akan ditransmisikan menjadi energi listrik.

### Metodologi Penelitian

Diagram alir pada penelitian Rancang Bangun Alat Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul Ganda (PLTGL-SBG) Skala Laboratorium dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

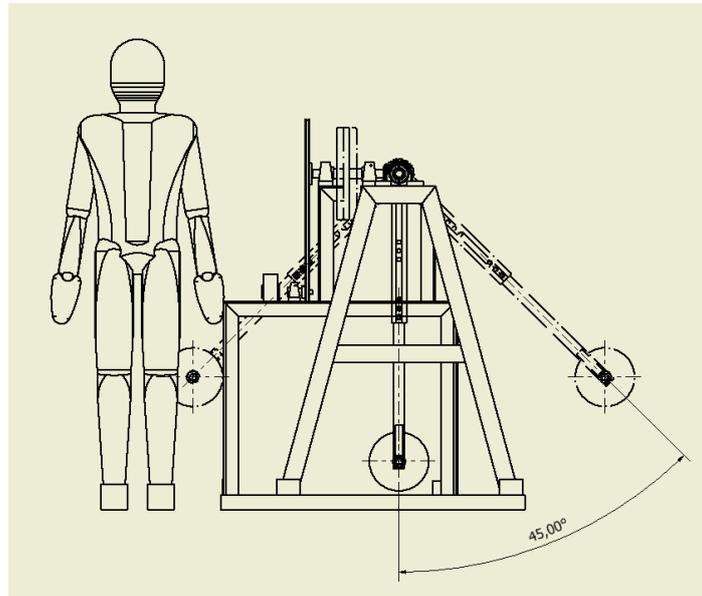
Ide dasar Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Metode Sistem Bandulan (PLGTL –SB) adalah mengubah energi potensial menjadi energi kinetik yang di teruskan menjadi energi listrik seperti yang di harapkan. Dari ide dasar ini maka dikembangkan model PLTGL-SB dengan arah gerak bandul secara vertikal, yang uji coba pertamanya dilaksanakan oleh Zamrisyaf (2002). Beberapa permasalahan dalam PLTGL-SB adalah:

1. Arah gelombang berubah-ubah. Untuk bandul vertikal, apabila arah gelombang tidak sejajar dengan arah gerak bandul maka bandul tidak akan bergerak.
2. Gerakan bandul terbatas maksimum 1/2 putaran (maksimum sudut  $90^\circ$ ), sehingga tenaga kurang maksimum.

Dengan melihat keterbatasan tersebut maka pada penelitian ini akan di kembangkan sistem 2 Bandul yang paralel. Kedua Bandul bergerak bersama-sama dengan arah yang saling berlawanan sehingga di harapkan di dapat tenaga yang maksimum. Tenaga tersebut ditransmisikan dengan roda 3 gigi bevel. Adapun batasan masalah pada pemilihan bahan yang digunakan pada penelitian Rancang Bangun Alat Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul Ganda (PLTGL-SBG) Skala Laboratorium adalah sebagai berikut:

1. Bandul dengan berat + 5 Kg
2. Dinamo sepeda (sebagai alat indikator potensi energi listrik).
3. Lengan bandul jari-jari 100 mm dan panjang 100 cm, 80 cm, 60 cm
4. Konstruksi dari besi L ukuran tebal 5 mm.
5. Bevel gear dengan  $Z_1 = 10$ ,  $Z_2 = 16$
6. Diameter As ukuran 40 mm

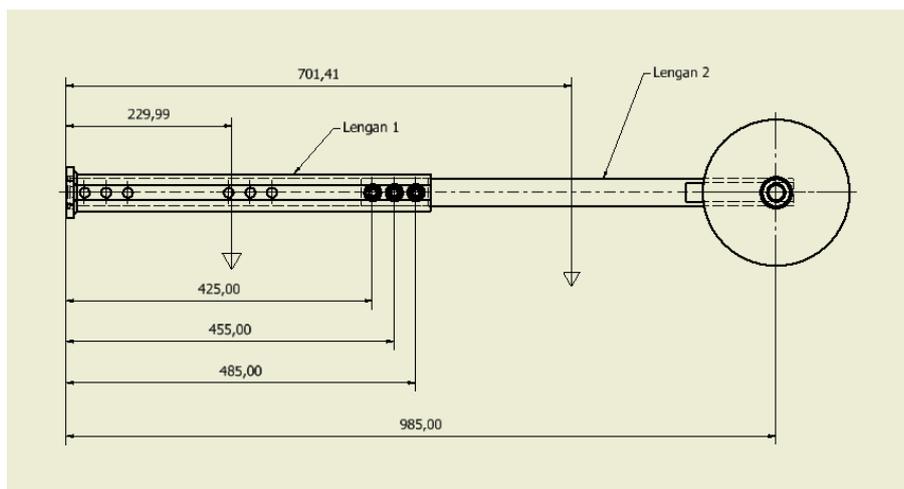
**Hasil dan Pembahasan  
Perencanaan desain awal**



Gambar 2. Gerakan Bandul

Data perhitungan titik massa bandul

- |                          |            |
|--------------------------|------------|
| 1. Massa Lengan Bandul 1 | = 3.95 kg  |
| 2. Massa Lengan Bandul 2 | = 4.898 kg |
| 3. Massa Baut M12        | = 0.077 kg |
| 4. Massa Nut M12         | = 0.017 kg |
| 5. Massa Ring Kecil      | = 0.006 kg |
| 6. Massa Bandul          | = 40 kg    |
| 7. Massa Stud 1"-8 UNC   | = 0.396 kg |
| 8. Massa Nut 1"-8 UNC    | = 0.109 kg |
| 9. Massa Ring Besar      | = 0.031 kg |



Gambar 3. Bandul

Total massa baut kecil;

Massa baut kecil total = Massa Baut M12 + Massa Nut M12 + Massa Ring Kecil

Massa baut kecil total = 0.077 + 0.017 + 0.006 = 0.1 kg

Total massa stud besar;

Massa stud besar total = Massa Stud 1"-8 UNC + (2 x Massa Nut 1"-8 UNC) + (2 x Massa Ring Besar)

Massa stud besar total =  $0.396 + (2 \times 0.109) + (2 \times 0.031) = 0.676 \text{ kg}$

$$x = \frac{(M_{lb1} \cdot x_1) + (M_{lb2} \cdot x_2) + (M_{bk} \cdot (x_3 + x_4 + x_5)) + (M_b \cdot x_6) + (M_{sb} \cdot x_6)}{M_{lb1} + M_{lb2} + M_{bk} + M_b + M_{sb}} \quad (1)$$

$$x = \frac{(3.985 \times 229.99) + (4.898 \times 701.41) + ((0.1 \times (425 + 455 + 485))) + (40 \times 985) + (0.676 \times 985)}{(3.95 + 4.898 + (3 \times 0.1) + 40 + 0.676)}$$

$$x = \frac{908.46 + 3435.506 + 136.5 + 39400 + 665.86}{49.824} = 894.0736 \text{ mm} = 0.89407 \text{ m}$$

### Titik massa lengan bandul

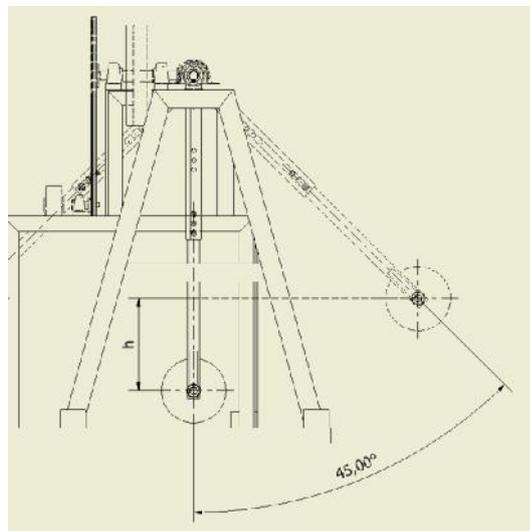
Data Perhitungan awal:

Massa bandul = 40 kg

Sudut elevasi ( $\alpha$ ) =  $45^\circ$

Lengan =  $0.894 \text{ m} + 0.012$  (di hitung dari titik tengah shaft)

= 0.906 m



Gambar 4. Sudut Bandul dan "h"

$$h = L - (L \cdot \cos \alpha) \quad (2)$$

$$h = 0.906 - (0.894 \cdot \cos 45)$$

$$h = 0.265 \text{ m}$$

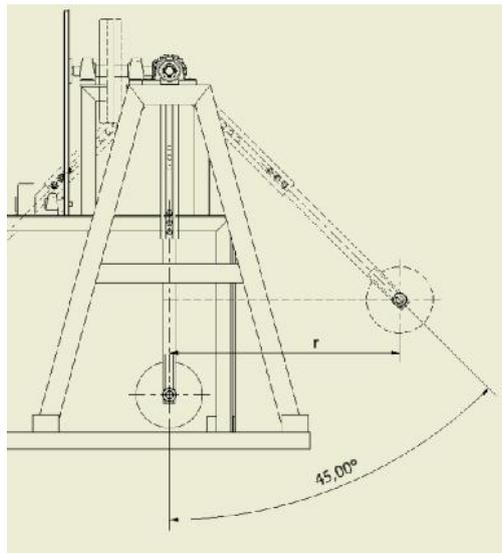
$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (3)$$

$$v = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.265} = 2.28 \text{ m/s}$$

Kecepatan sudut;

$$\omega = \frac{v}{L} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{2.266}{0.894} = 2.516 \text{ rad/s}$$



Gambar 5. Sudut Bandul dan “r”

Torsi;

$$r = L \sin 45 \tag{5}$$

$$r = 0.906 \sin 45 = 0.6406 \text{ m}$$

$$\tau = m \cdot g \cdot r \tag{6}$$

$$\tau = 40 \times 9.81 \times 0.6406 = 251.37 \text{ Nm}$$

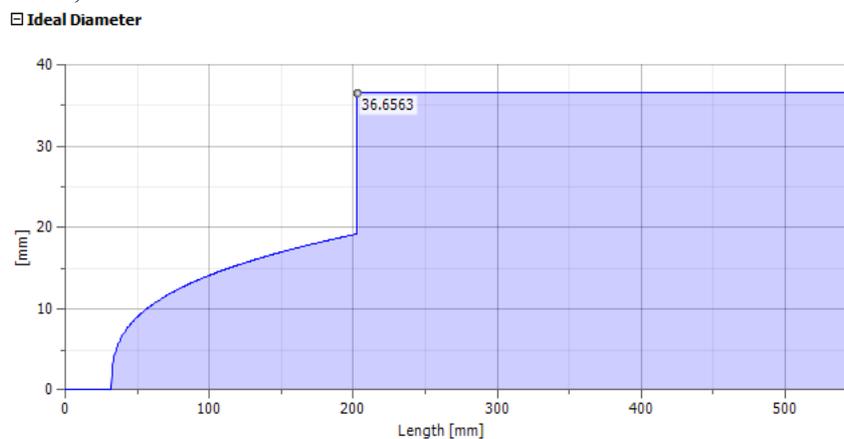
Daya;

$$P = \tau \cdot \omega = 251.37 \times 2.516 = 632.45 \text{ watt}$$

Daya yang diharapkan pada alat Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul Ganda (PLTGL-SBG) skala laboratorium adalah 632.45 watt.

Adapun hasil dari perancangan mekanisme pada desain alat Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul Ganda (PLTGL-SBG) skala laboratorium adalah sebagai berikut:

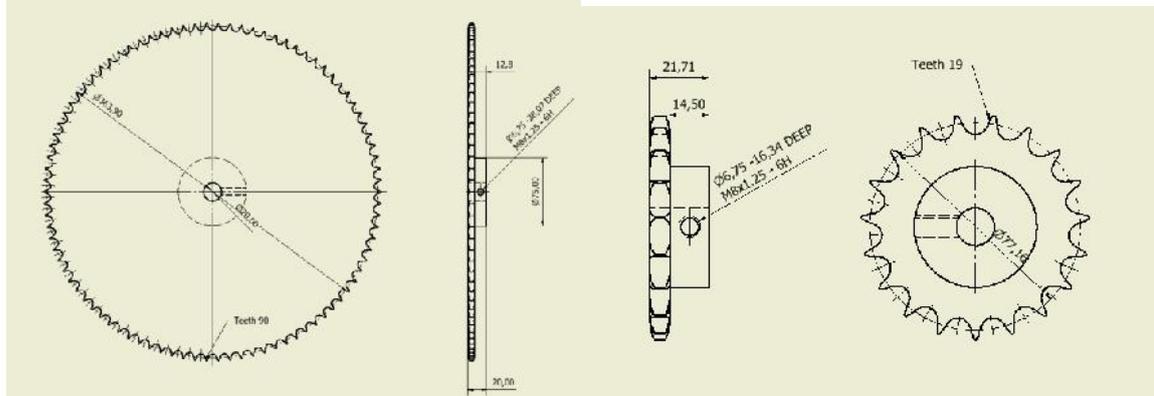
- Poros pengikat bandul;



Gambar 6. Grafik diameter ideal

Dari gambar 6 menunjukkan bahwa diameter yang di-ijikan adalah di atas 36.65 mm sehingga pada desain ini menggunakan poros dengan diameter 40 mm, sesuai dengan standar yang ada dan tersedia di pasaran.

- Rantai Transmisi;

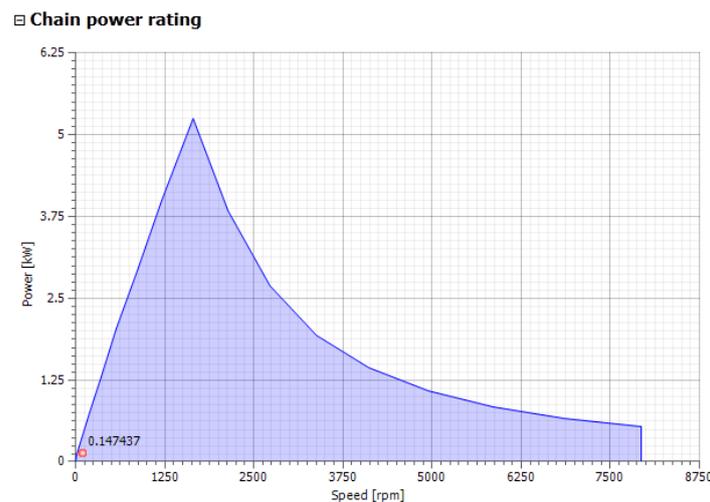


Gambar 7. Sproket penggerak utama (gear) dan sproket yang digerakkan (pinion)

Jenis rantai yang digunakan adalah berdasarkan standar ISO 606:2004, dan dari gambar 7, diperoleh dimensi dari rantai transmisi sebagai berikut:

Jumlah gigi sproket penggerak utama (gear): 45 mm; Diameter pitch gear: 363,9 mm

Jumlah gigi sproket yang akan digerakkan (pinion): 19 mm; Diameter pitch pinion: 77,16 mm



Gambar 8. Grafik kemampuan daya untuk rantai

Gambar 8 menjelaskan cakupan dari rantai yang digunakan. Daya maksimum yang bisa ditransmisikan 5,005 kW dengan kecepatan putaran 1625 rpm. Daya minimum 0,5625 kW dengan kecepatan yang maksimum 7937,5 rpm. Gambar 8 juga menunjukan bahwasanya desain hanya membawa daya sebesar  $< 0.125$  kw (0.147 kW) dengan kecepatan putaran  $< 125$  rpm. Hasil perhitungan faktor keamanan statis pada rantai yang didesain adalah 191 atau jauh lebih besar dari faktor keamanan statis minimum yaitu 7, sehingga ditinjau dari faktor keamanan statis-nya rantai yang di desain masih sangat aman untuk digunakan.

#### Daftar Pustaka

Beer, Ferdinand P. E. Russell Johnston, Jr., (1985), *"Mechanics of Materials"*, Second Edition. Singapore: McGraw-Hill Book Co.

Brown, T.H, Jr., (2005), *"Calculations for Machine Design"*, McGraw-Hill Companies, New York.

Ghali. A. M. Neville, (1989), *"Structural Analysis. An Unified Classical and Matrix Approach"*, Third Edition, Chapman and Hall, New York.

Khurmi, R.S., and Gupta, J.K., (2004), "*A Textbook of Machine Design. S.I. Units*", New Delhi: Eurasia Publishing House (Pvt) Ltd

Khurmi, R.S., (2001), "*Strength Of Materials*", New Delhi: S. Chand & Company Ltd.,

Shigley, J.E., and Mischke, C.R., (1996), "*Standard Handbook of Machine Design*", New York: McGraw-Hill Companies.

Spotts, M.F., (1981), *Design of machine elements. Fifth Edition.* New Delhi : Prentice-Hall of India Private Limited.