

## Perancangan Sistem Berbasis Gelombang Laut untuk Tambahkan Energi Angin Pada PLTB

Bayu Rachmat<sup>1</sup>, Iwa Garniwa<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Indonesia

e-mail: bayu.rachmat@ui.ac.id<sup>1</sup>, iwa@ee.ui.ac.id<sup>2</sup>

### Abstrak

Untuk mengurangi ketergantungan yang sangat besar terhadap energi fosil-yang mencapai 95% (Pusdating, KESDM, 2012) perlu pemanfaatan energi yang berasal dari bahan bakar bukan fosil. Pengembangan energi alternatif juga mendukung realisasi tujuan pembangunan berkelanjutan dalam menyediakan energi baru dan terbarukan mengacu kepada PP No. 2 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional/RUEN Indonesia memiliki potensi yang besar dalam pengembangan energi gelombang laut sekitar 17.989 MW dengan kapasitas terpasang sebesar 0,3 MW (0.002%) dan energi angin sekitar 60.647 MW (> 4 m/s) dengan kapasitas terpasang 3,1 MW (0,01%). Penggunaan energi terbarukan sebagai sumber listrik menjadi solusi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Namun energi baru terbarukan ini memiliki kekurangan dikarenakan bergantung pada kondisi alam, maka energi yang diberikan tidak dapat ditebak menyebabkan energi yang dikeluarkan tidak stabil dan memungkinkan tidak ada ketika diperlukan. Makalah ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan alat konversi gelombang laut menjadi solusi lain untuk menghasilkan angin pada PLTB dalam menghasilkan energi listrik, dikarenakan energi angin memiliki potensi ketiga terbesar setelah Surya dan Hydro tapi kapasitas terpasang dan pemanfaatannya masih sangat minim

**Kata kunci:** *Energi Angin, Gelombang Laut, Fosil, PLTB, Potensi.*

### Abstract

To reduce the enormous dependence on fossil energy, which reaches 95% (Pusdating, MEMR, 2012) it is necessary to use energy derived from non-fossil fuels. The development of alternative energy also supports the realization of sustainable development goals in providing new and renewable energy referring to PP no. 2 of 2017 concerning the General National Energy Plan / RUEN Indonesia has great potential in developing ocean wave energy of around 17,989 MW with an installed capacity of 0.3 MW (0.002%) and wind energy of around 60,647 MW (> 4 m/s) with a capacity of installed 3.1 MW (0.01%). The use of renewable energy as a source of electricity is a solution to reduce the use of fossil fuels. However, this new and renewable energy has drawbacks because it depends on natural conditions, so the energy provided is unpredictable, causing the energy released to be unstable and may not be available when needed. This paper aims to determine the ability of ocean wave conversion tools to become other solutions to produce wind in PLTB in producing electrical energy, because wind energy has the third largest potential after Solar and Hydro but its installed capacity and utilization are still very minimal

**Keywords :** wind energy, ocean waves, fossils, PLTB, potential

### PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia sangat bergantung pada bahan bakar fosil. Hal itu mengkhawatirkan karena energi fosil yang terbatas dikarenakan eksploitasi sumber daya fosil yang sangat besar dalam beberapa dekade terakhir dan ketergantungan akan sumber daya fosil yang murah dan mudah didapat yang menjadi faktor utama dalam penggunaan energi ini.

Energi alternatif merupakan sumber energi terbarukan yang akan selalu tersedia, contohnya seperti matahari, angin, air, biomasa, dan panas bumi.

Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki potensi besar di negara yang beriklim tropis, baik di tepian pantai atau bukit – bukit. Pemanfaatan sumber energi angin dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB).

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) adalah suatu sistem yang membutuhkan angin sebagai sumber yang akan dikonversikan menjadi energi listrik. PLTB yang merupakan pembangkit dengan sumber energi intermitten, menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang fluktuatif. Dalam pengoperasiannya, dibutuhkan pembangkit cadangan sebagai pembangkit pendukung untuk mengantisipasi Ketika terjadi penurunan kecepatan angin dibawah batasan desain turbin.

Suplai tenaga listrik secara kontinyu dengan mutu yang baik dan memenuhi standar keselamatan ketenagalistrikan sangat diperlukan guna mewujudkan sistem ketenagalistrikan nasional yang berkelanjutan, andal, aman, dan ramah lingkungan.

Energi air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik.

Pada penelitian ini sistem pembangkit ini berbeda dengan Hybrid dikarenakan tidak memadukan kedua sumber energi listrik yaitu dari gelombang air laut dan angin, tetapi pada sistem ini gelombang laut akan menghasilkan angin tambahan yang disalurkan melalui pompa yang akan diteruskan ke pipa untuk menciptakan kecepatan kincir yang relatif stabil untuk menghasilkan sumber listrik. Penelitian ini sekaligus mendesain pembangkit dari pembangkit gelombang air laut hingga kincir angin.

Energi angin tercipta dari pergerakan udara, perubahan suhu di permukaan daratan ataupun lautan menyebabkan terjadinya pergerakan udara tersebut hingga terbentuk energi angin. Kebanyakannya arah hembusan angin terbentuk secara horizontal, walaupun juga terdapat arah hembusan secara vertikal. Gaya apung yaitu gaya ke atas yang dikerjakan oleh fluida yang melawan berat dari benda yang direndam. Perhitungan gaya apung berpengaruh dengan besarnya gaya berat, antara gaya berat dengan gaya apung harus sama dengan nol.

$$F_a \cdot L_a = W_1 \cdot L_1$$

Gaya tekan pada rancangan ini dihitung pada tabung/piston serta pergerakan naik dan turun torak piston yang membuat tekanan pada tabung/piston berbeda setiap saat.

$$F_e = F_a - W_1$$

Pada saat keadaan naik:

$$F_e = D^2 \frac{\pi}{4} P$$

Pada saat keadaan turun:

$$F_e = (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} P$$

Debit udara dan kecepatan udara sistem pneumatik dihitung dengan persamaan:

$$Q_1 = Q_2 \\ V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

Setelah mendapatkan laju kecepatan angin pada pipa keluaran, maka dapat dihitung daya angin yang dapat dihasilkan dengan persamaan:

$$P_a = 0.5 \cdot \rho \cdot A^3 \cdot v^3$$

Efisiensi kerja turbin tidak dapat melebihi 0,593, hal tersebut dikenal sebagai limit betz. Dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_{eff} = 0.2965 \cdot \rho \cdot A^3 \cdot v^3$$

Penurunan tekanan aliran udara secara mayor dilakukan untuk menganalisis pengaruh gesekan antara dinding pipa terhadap potensi penurunan dari aliran udara yang mengalir di dalam sistem pemipaan bertekanan dengan menggunakan (Bruce & Donald 2008):

$$h_{gs} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

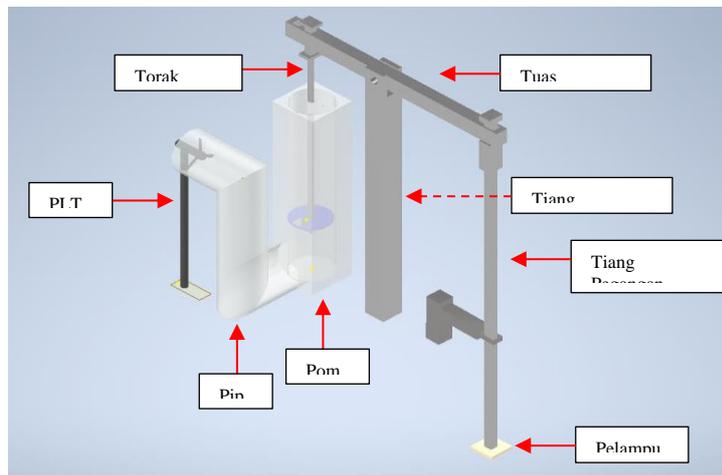
Perhitungan penurunan tekanan minor dilakukan untuk menganalisis pengaruh adanya sambungan terdapat pada system pemipaan terhadap penurunan tekanan aliran udara yang dilakukan dengan menggunakan persamaan 29. (Bruce & Donald, 2008):

$$h_L = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode dengan kuantitatif melalui perancangan model pembangkit menggunakan software AutoDesk Inventor dengan mempertimbangkan penggunaannya di waktu yang akan datang dan rancangan yang lebih sederhana. Serta melakukan simulasi perhitungan dengan beberapa kondisi yang dihitung menggunakan Ms. Excel untuk melihat daya yang dapat dihasilkan dan kecepatan angin yang dihasilkan. Pembangkit yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Bayu yang sumber energinya dibantu dengan gelombang laut agar penyaluran ke beban dapat selalu terjaga dengan kehandalan sistem yang lebih baik.

Pembangkit listrik tenaga bayu dengan metode konversi energi gelombang laut adalah metode pembangkit energi listrik yang memanfaatkan angin dan bantuan gelombang laut yang menghasilkan angin tambahan. Metode pembangkitan ini memanfaatkan prinsip pesawat sederhana yaitu tuas pengungkit. Terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alat Konversi Dalam Keadaan Normal

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dibahas mengenai perhitungan yang dilakukan dalam tiga (3) kondisi dengan memperhatikan dimensi Pompa dan dimensi pipa keluaran angin. Hasil perhitungan dapat mengetahui kemampuan energi angin yang dihasilkan oleh Pompa dapat menghasilkan kecepatan angin yang cukup untuk menghasilkan energi listrik atau tidak.

### 1. Perhitungan dengan diameter piston/tabung 1.3m

Perhitungan daya yang dihasilkan dengan kondisi diameter tabung yang sama serta diasumsikan periode per satu detik dan menggunakan dimensi pipa yang berbeda - beda. Dengan diketahui nilai Tekanan pada tabung saat keadaan naik sebesar 7170.34 Pa dan tekanan pada tabung pada saat turun 7396.17 Pa serta luas alas daripada tabung adalah 1.13 m<sup>2</sup>. Hasil perhitungan dengan kondisi diameter piston/tabung 1.3 m, dicantumkan pada Tabel 1.

**Tabel 1 Hasil perhitungan dengan diameter tabung/pompa 1.3 m**

No	r1 (m)	r1' (m)	r2 (m)	P <sub>pipa</sub> (Pa)	P <sub>pipa</sub> efisien (Pa)	V <sub>2</sub> (m/s)	Pa (W)	Peff (W)	hL (Pa)	hgs (Pa)	Δh (Pa)
1	0.65	0.63	0.65	5547.12	5543.59	6.0	157.12	93.17	3.31	0.23	3.53
2	0.65	0.63	0.7	4782.98	4780.35	5.2	100.72	59.73	2.46	0.17	2.63
3	0.65	0.63	0.75	4166.51	4164.51	4.5	66.58	39.48	1.87	0.13	1.99
4	0.65	0.63	0.8	3661.97	3660.43	4.0	45.20	26.81	1.44	0.10	1.54
5	0.65	0.63	0.85	3243.82	3242.61	3.5	31.42	18.63	1.13	0.08	1.21

2. Perhitungan dengan diameter piston/tabung 1.6m

Perhitungan daya yang dihasilkan dengan kondisi diameter tabung yang sama serta diasumsikan periode per satu detik dan menggunakan dimensi pipa yang berbeda - beda. Hasil perhitungan dengan kondisi diameter piston/tabung 1.6 m, dicantumkan pada Tabel 2.

**Tabel.2 Hasil perhitungan dengan diameter tabung/piston 1.6 m**

No	r1 (m)	r1' (m)	r2 (m)	P <sub>pipa</sub> (Pa)	P <sub>pipa</sub> efisien (Pa)	V <sub>2</sub> (m/s)	Pa (W)	Peff (W)	hL (Pa)	hgs (Pa)	Δh (Pa)
1	0.8	0.68	0.65	5145.16	5136.85	9.1	546.13	323.86	7.59	0.72	8.31
2	0.8	0.68	0.7	4436.39	4430.21	7.8	350.10	207.61	5.64	0.54	6.18
3	0.8	0.68	0.75	3864.59	3859.90	6.8	231.43	137.24	4.28	0.41	4.69
4	0.8	0.68	0.8	3396.61	3392.99	6.0	157.12	93.17	3.31	0.31	3.62
5	0.8	0.68	0.85	3008.76	3005.92	5.3	109.21	64.76	2.59	0.25	2.84

3. Perhitungan dengan diameter pipa 0.4m

Perhitungan daya yang dihasilkan dengan kondisi diameter pipa yang sama serta diasumsikan periode per satu detik. Hasil perhitungan dengan kondisi diameter pipa 1.4 m, dicantumkan pada Tabel 3.

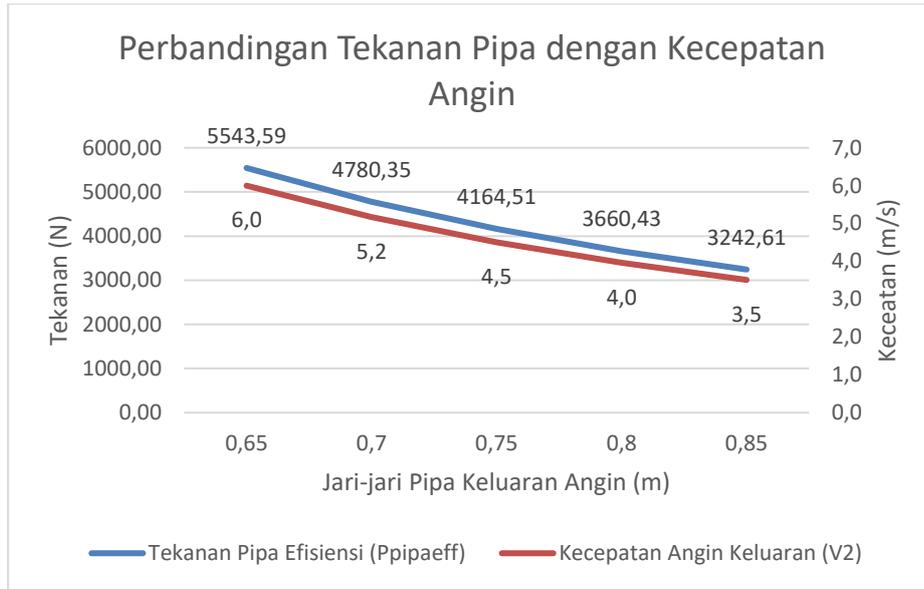
**Tabel 3 Hasil perhitungan dengan diameter pipa 1.4 m**

No	r1 (m)	r1' (m)	A <sub>tabung</sub> (m <sup>2</sup> )	P <sub>tabung</sub> naik (Pa)	P <sub>tabung</sub> turun (Pa)	P <sub>pipa</sub> efisien (Pa)	V <sub>2</sub> (m/s)	Pa (W)	Peff (W)	hL (Pa)	hgs (Pa)
1	0.85	0.83	2.27	4193.0	5635.2	6175.3	8.8	503.7	298.7	7.2	0.06
2	0.8	0.78	2.01	4733.5	5991.8	6176.9	7.8	350.1	207.6	5.6	0.05
3	0.75	0.73	1.77	5385.7	6396.7	6178.2	6.9	237.7	141.0	4.4	0.04
4	0.7	0.68	1.54	6182.5	6860.2	6179.3	6.0	157.1	93.2	3.3	0.03
5	0.65	0.63	1.33	7170.3	7396.2	6180.1	5.2	100.7	59.7	2.5	0.02

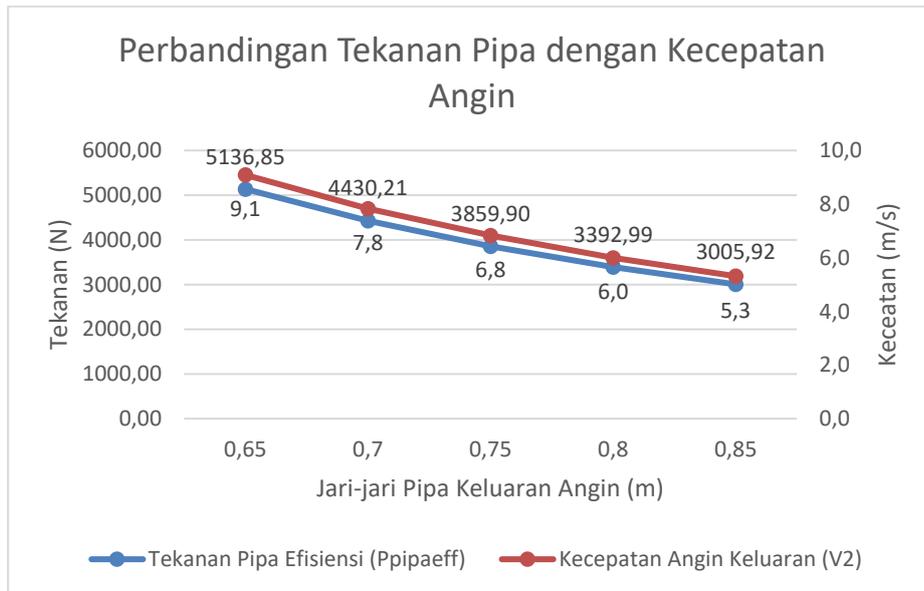
**PEMBAHASAN**

**Grafik Tekanan dengan Kecepatan Angin**

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan pada tabel di atas, terlihat bahwa semakin besar tekanan pada pipa keluaran angin, maka semakin besar kecepatan angin yang dihasilkan. Hal itu dapat dilihat pada grafik 3 dan 4. Serta pada grafik 5 akan terlihat hasil yang berbeda.



**Gambar 1** Grafik perbandingan antara tekanan pada pipa dan kecepatan angin dengan diameter tabung 1.3m



**Gambar.2.** Grafik perbandingan antara tekanan pada pipa dan kecepatan angin dengan diameter tabung 1.6 m

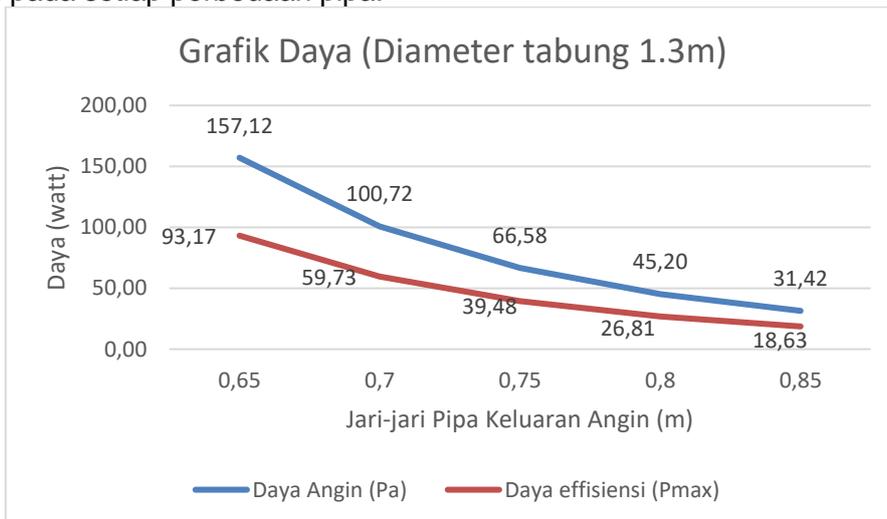


**Gambar.3 Grafik perbandingan antara tekanan pada tabung dan kecepatan angin dengan diameter pipa 1.4 m**

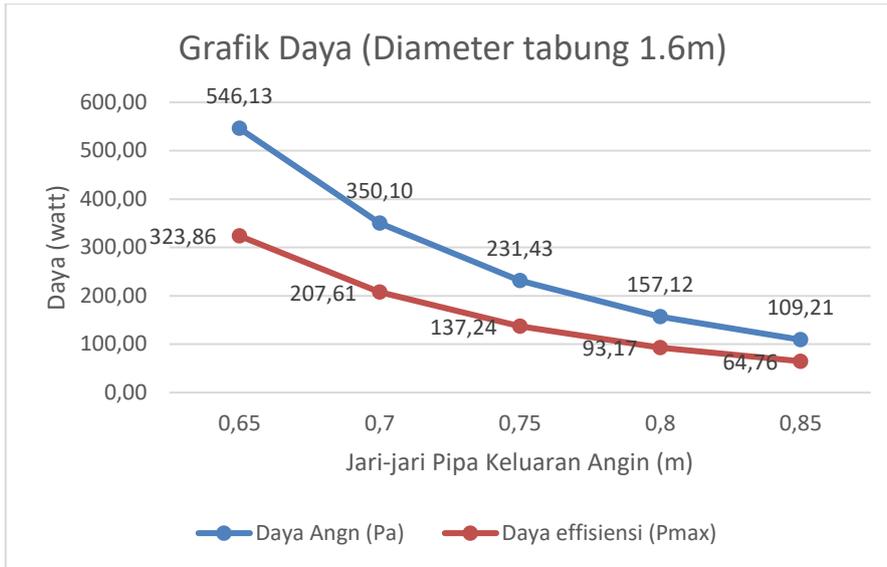
Berdasarkan grafik diatas perbandingan antara tekanan pipa keluaran angin dengan kecepatan angin berbanding lurus, apabila tekanan pipa semakin besar, maka kecepatan pada pipa keluaran angin akan semakin besar, akan tetapi dapat terlihat pada grafik 5 ada perbedaan apabila kondisi tabung/piston pada posisi naik dan posisi turun, maka akan berbanding terbalik dengan kecepatan angin yang dikeluarkan oleh pipa dan hasil yang didapat adalah semakin besar tekanan yang ada pada tabung pada posisi naik ataupun turun, maka semakin kecil keluaran kecepatan angin yang dihasilkan.

**Grafik Daya**

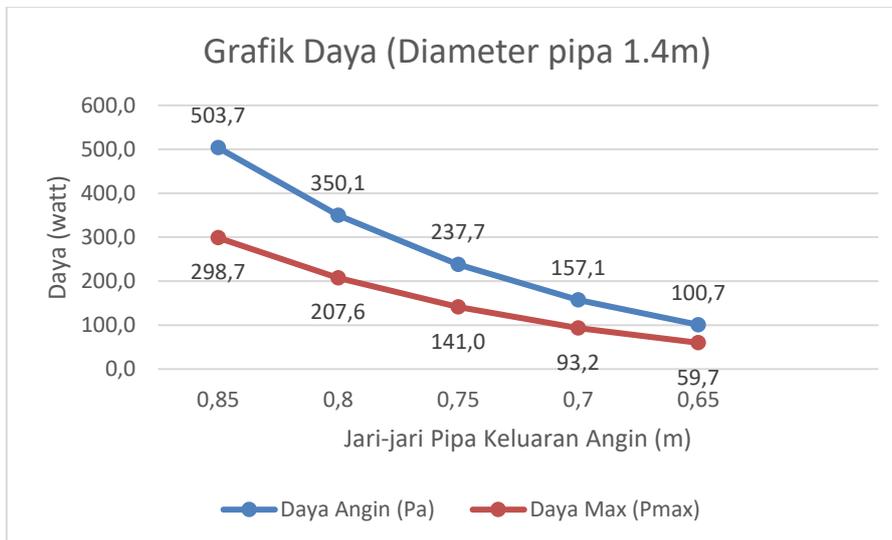
Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan pada tabel di atas, terlihat bahwa setiap perbedaan ukuran pipa keluaran angin memiliki perbedaan nilai yang cukup signifikan, Dari hasil perhitungan tabel – tabel di atas tersebut, maka dibuatlah grafik untuk melihat nilai daya dan tekanan pada setiap perbedaan pipa.



**Gambar .4 Grafik nilai daya angin dan daya effiesien diameter tabung 1.2 m**



**Gambar.5 Grafik nilai daya angin dan daya efisien diameter tabung 1.6 m**



**Gambar .6 Grafik nilai daya angin dan daya efisien diameter pipa 0.4 m**

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa pada grafik 4.4 dan 4.5 terlihat bahwa semakin besar pipa keluaran angin, maka daya yang dihasilkan akan semakin rendah. Berbanding terbalik dengan grafik 4.4 dan 4.5 yang pipa keluaran angin semakin kecil daya yang dihasilkan semakin besar, pada grafik 4.6 hal yang dilakukan adalah menggunakan tabung/piston yang berukuran berbeda hasil yang didapat adalah semakin kecil tabungnya, maka daya yang didapat semakin rendah

**SIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan dan dilakukan analisis pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan alat konversi energi gelombang laut menjadi energi angin memiliki potensi secara perhitungan karena angin yang dihasilkan akan terus menerus tanpa bergantung dengan keadaan sekitar, karena gelombang laut akan terus menerus ada.
2. Secara perhitungan hasil yang paling memungkinkan ada pada Tabel 4.2 dan nomor 4, karena nilai yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi turbin angin pada tabel 3.1. Yaitu kecepatan angin yang dihasilkan adalah 8.46 m/s dan daya efisiensi pada turbin adalah 995.40 Watt mendekati batas maksimum dari daya yang dihasilkan turbin yaitu 1000 Watt.

3. Tekanan pipa dengan kecepatan keluaran angin berbanding lurus, tapi tekanan tabung dengan kecepatan keluaran angin berbanding terbalik.
4. Daya angin dan daya efisiensi berbanding lurus dengan ukuran pipa dan ukuran tabung

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Indriani, Jonianto H, Hendra., (2016). Optimasi Desain Piston Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Sistem Pneumatik untuk Ouput Daya. SNTTM XV Bandung, Universitas Bengkulu.
2. Tamtama Yusuf, Wahyuono Sri, Heri Anriawan., (2020). Rancang bangun pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Gelombang Air Laut Dengan Tenaga Angin untuk Suplay Listrik di Daerah Pantai. Jurnal El Sains Vol 2 No 2. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
3. Al Muhajr Faizur, Sinaga Nazaruddin., Tinjauan Pemanfaatan Energi Bayu Sebagai Pembangkit Listrik di Provinsi Sulawesi Selatan. Jurnal eknika 15 (01): 55-61. Universitas Diponegoro.
4. Yunginger Raghel, Nawir, Sune N., Analisa Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Kota di Gorontalo. Universitas Negeri Gorontalo.
5. PLN, National electricity Supply Business Plan (RUPTL) 2021 – 2030. 2021.
6. Wijaya, Arta, Wayan., Pembangkit listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column di Perairan bali. Volme 3, 2010.
7. Ateh Ahmad, Ahmed Naseer, Al Shariff Samir., (2015). Wind Speed Numerical Simulation Calculation For Novel Wind Tunnel. 6<sup>th</sup> International Renewable Energy Congress (IREC).