

# INOVASI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI ALTERNATIF MELALUI GELOMBANG LAUT

Chelseara Avrielinnisa Rahmania Putri<sup>1</sup> , Annisa Latifah Siwi<sup>2</sup>

Yulianto

SMAN 90 Jakarta

[chelseara1404@gmail.com](mailto:chelseara1404@gmail.com)

## Abstrak

Pada tahun 2012, Kementerian ESDM memperkirakan bahwa 10 tahun lagi cadangan minyak akan habis. Oleh karena itu, kita harus memanfaatkan sumber energi lain seperti energi gelombang laut yang dapat diperbarui, yang bertujuan untuk menjadikan penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan, sehingga dapat berpotensi dalam *Sustainable Development Goals (SDGs)* 2030. Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pembangkit listrik kondisi gelombang laut terhadap daya listrik yang dihasilkan pada gelombang laut dengan sistem bandul untuk memutar generator, dengan menggunakan metode *Onshore* dan *Offshore*. Hasil pada metode *Onshore* berupa daya listrik sebesar 11,45 watt yang bekerja pada sudut simpangan sebesar 90 derajat dan menghasilkan persamaan garis  $y = 0,1465x - 1,1472$ . Sedangkan hasil pada metode *Offshore*, prototipe generator listrik yang dirancang mulai bekerja pada sudut simpangan 17 derajat pada kondisi gelombang eksitasi dengan amplitudo 3 cm dan periode 0,9s untuk menghasilkan daya listrik sebesar 1,3 watt. Pada daerah samudera Indonesia sepanjang pantai selatan Jawa sampai Nusa Tenggara adalah lokasi yang memiliki potensi energi gelombang cukup besar berkisar antara 10 - 20 kW per meter gelombang. Hasil mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik dengan daya listrik maksimum sebesar 3,7 watt dapat mengakumulasi energi gelombang laut dengan bandul untuk memutar generator. Dengan demikian, listrik yang dihasilkan oleh bandul tersebut dapat digunakan untuk keperluan hidup sehari-hari, sehingga dapat terwujudnya *SDGs* 2030.

***Kata kunci: bandul, energi listrik, gelombang laut, generator***

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan energi listrik adalah kunci untuk pertumbuhan ekonomi dan peningkatan standar hidup masyarakat, terutama di negara-negara berkembang. Meningkatnya permintaan energi listrik dan dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar fosil merupakan topik utama yang mendorong kita menuju teknologi terbarukan (Behrouzi et al., 2016). Pemakaian energi listrik dapat dilihat secara langsung baik di lingkungan rumah tangga, di sekolah, rumah sakit dan industri. Berdasarkan Hukum Kekekalan Energi yang berbunyi “ energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan tapi hanya dapat berubah bentuk” (Young, 2002), hal ini dapat dilihat dalam memenuhi kebutuhan manusia dimana beberapa bentuk energi listrik yang diubah menjadi bentuk energi lainnya antara lain: energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya (misalnya lampu), energi panas (misalnya setrika, kompor dan ketel), energi bunyi (misalnya telepon dan radio) dan gesekan (misalnya kipas angin) (Suryatmo, 2014).

Sumber pembangkit energi listrik menurut sumbernya dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu sumber energi dapat diperbaharui (Renewable energy) (misalnya air laut, angin, sinar matahari dan lain-lain) dan yang kedua adalah sumber energi tidak dapat diperbaharui (Non-Renewable Energy) (misalnya energi fosil). Keuntungan utama dari energi terbarukan (Renewable energy) adalah bahwa energi ini bebas dari polusi dan karbon langsung emisi. Dimana, perhatian dunia saat ini yaitu pada isu pemanasan global yang disebabkan oleh emisi karbon, oleh sebab itu ada upaya kebijakan substansial untuk meningkatkan penetrasi terbarukan (Stram, 2016).

Secara umum, energi dari laut dapat dibagi menjadi enam jenis berdasarkan lokasi dan karakteristiknya yaitu gelombang laut, pasang surut, arus pasang surut, arus air laut, energi termal lautan, dan salinitas gradien (Uihlein dan Magagna, 2016). Indonesia memiliki beberapa sumber energi alternatif potensial termasuk energi gelombang laut, yang disebabkan oleh perbedaan suhu antara permukaan air dan dasar laut (Adinurani et al., 2014). Menggunakan energi gelombang laut dapat dikatakan selain dapat diperoleh secara gratis sehingga biaya operasinya cenderung lebih rendah daripada pembangkit lainnya, bersifat kontinu dan ramah lingkungan.

Beberapa penelitian yang dilakukan mengenai pemanfaatan energi gelombang laut bukan lagi hal yang baru dan telah banyak dikembangkan misalnya; (Adinurani et al., 2014) dengan jurnal yang berjudul Study on Wave Energy into Electricity in the South Coast of Yogyakarta, Indonesia. Dalam penelitian yang dilakukan, penulis melakukan studi mengenai potensi energi gelombang air laut di Pantai Selatan Yogyakarta sebagai energi alternatif, dimana hasil yang diperoleh yaitu adanya potensi energi gelombang laut yang besar dengan rata-rata ketinggian

gelombang berkisar 2 - 3,5 m , sehingga adapun beberapa instrumen penting seperti instalasi pipa, desain sistem turbin, sistem roda gigi, dan sistem generator untuk memaksimalkan konversi energi gelombang menjadi energi listrik sebesar 3,9 kW. (Isnaini R, 2016) dengan judul penelitian yang dilakukan adalah analisis karakteristik osilasi pendulum pada PLTGL-SB menggunakan metode eksperimen, dimana dirancang bangun sebuah prototipe ponton 1:10 berbentuk silinder dengan cadik simetri di kedua sisinya dengan beberapa variasi yang dilakukan untuk menghasilkan simpangan pendulum yang besar sehingga diperoleh daya keluaran yang besar. (Enferad et al., 2009) dengan judul jurnal New method for converting sea wave energy. Dalam tulisannya dibahas mengenai desain, simulasi dan perhitungan jumlah energi gelombang laut yang diserap wave energy converter (WEC) dengan optimal. Begitu pula, (Rudianto, 2013) dengan judul penelitian yaitu Analisa Gerakan Pendulum dengan Bentuk Juring Lingkaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut - Sistem Bandulan pada Pengujian Off-Shore, dalam penelitian ini dirancang bangun dan dianalisa pengaruh bentuk ponton segi delapan terhadap gerakan bandul dengan bentuk juring lingkaran arah horizontal yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai PLTGL.

Kajian literatur diatas memberikan ide untuk merancang sebuah prototipe pembangkit listrik yang mampu untuk menyerap energi dari gelombang laut, dimana beberapa instrumen penting yang mempengaruhi adalah design ponton, bandul dan sistem generator yang digunakan untuk memaksimalkan konversi energi gelombang menjadi energi listrik. Didalam penelitian ini dirancang bangun sebuah prototipe generator listrik tenaga gelombang permukaan air laut yang dapat menghasilkan daya listrik sebesar 1 watt untuk menyuplai komponen elektrik pada alat detektor tsunami YONOHAPE di laut. Prototipe detektor tsunami “YONOHAPE” merupakan sistem pelampung di atas permukaan air laut yang dilengkapi dengan perangkat komunikasi optik maupun WIFI ke daratan. Detektor ini bisa mengukur amplitudo gelombang tsunami sampai pada ketinggian 150 meter (Manuhutu, 2015).

Ponton yang menggunakan sistem bandul adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengkonversi dari energi laut menjadi energi listrik (Anarki and Arief, 2016) dimana, memanfaatkan fenomena fisika yang dikenal dengan sebutan Gerak Harmonik Sederhana (GHS) pada sebuah bandul. Fungsi bandul dalam prototipe ini sebagai motor penggerak untuk memutar flywheel yang terhubung pada generator sehingga menghasilkan energi listrik, sedangkan daya osilasi bandul berasal dari daya gelombang permukaan air laut.

Agar prototipe generator listrik yang dirancang menghasilkan daya listrik yang optimal yaitu memiliki daya guna atau efisiensi yang besar, maka dilakukan variasi berupa sudut simpangan bandul dan variasi kondisi gelombang eksitasi berupa amplitudo dan periode gelombang sebagai parameter yang mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan.

Energi gelombang laut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan gelombang laut menuju daratan dan sebaliknya. Pada dasarnya pergerakan laut yang menghasilkan gelombang laut terjadi akibat dorongan pergerakan angin. Angin timbul akibat perbedaan tekanan pada 2 titik yang diakibatkan oleh respons pemanasan udara oleh matahari yang berbeda di kedua titik

tersebut. Mengingat sifat tersebut maka energi gelombang laut dapat dikategorikan sebagai energi terbarukan. Gelombang laut secara ideal dapat dipandang berbentuk gelombang yang memiliki ketinggian puncak maksimum dan lembah minimum. Pada selang waktu tertentu, ketinggian puncak yang dicapai serangkaian gelombang laut berbeda-beda. Meskipun demikian secara statistik dapat ditentukan ketinggian signifikan gelombang laut pada satu titik lokasi tertentu.

Secara global laut mempunyai sumber energi yang sangat besar yaitu mencapai  $2,8 \times 10^{14}$  (280 Triliun) Watt-jam. Pengembangan teknologi ekstraksi energi arus laut dilakukan dengan cara mengubah energi kinetik arus laut menjadi energi rotasi dan energi listrik. Daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut jauh lebih besar dari pada daya yang dihasilkan oleh turbin angin, karena rapat massa air laut hampir 800 kali rapat massa udara. Kapasitas daya yang dihasilkan dihitung dengan pendekatan matematis yang memformulasikan daya yang dihasilkan dari suatu aliran fluida yang menembus suatu permukaan A dalam arah yang tegak lurus permukaan. Rumus umum yang digunakan adalah formulasi Fraenkel (1999):  $P = \frac{1}{2} \rho A V^3$ , dimana P= daya (watt);  $\rho$ = rapat massa air ( $\text{kg/m}^3$ ); A= luas penampang ( $\text{m}^2$ ); dan V= kecepatan arus (m/s). Pada dasarnya prinsip kerja teknologi yang mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik adalah mengakumulasi energi gelombang laut untuk memutar turbin generator. Karena itu sangat penting memilih lokasi yang secara topografi memungkinkan akumulasi energi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana agar memanfaatkan sumber energi lain yang lebih mudah diperbarui?
2. Bagaimana cara kerja metode *Onshore* dan metode *Offshore*?
3. Bagaimana pengaruh perubahan periode dan amplitudo gelombang permukaan air laut terhadap daya listrik yang dihasilkan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian yang hendak dicapai adalah :

1. Untuk mengetahui sumber energi yang lebih mudah diperbarui, yaitu energi gelombang laut.
2. Untuk mengetahui cara kerja metode *Onshore* dan metode *Offshore*.
3. Untuk mengetahui efisiensi dari prototipe generator listrik tenaga gelombang permukaan air laut sistem bandul.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat :

1. Dapat mengetahui data daerah yang sudah berpotensi dalam pembangunan sumber daya energi listrik tenaga gelombang laut.

2. Dalam skala besar, dapat memberikan sumbangan teknologi *renewable energy* pemanfaatan gelombang permukaan air laut agar lebih ramah lingkungan.

# BAB II

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sejarah Perkembangan Energi Gelombang Laut

Sejauh ini perkembangan teknologi pemanfaatan energi gelombang laut menghasilkan daya listrik sebesar 10 MW, hal ini menjadi batu lompatan di setiap sektor komersial untuk melakukan penelitian selanjutnya untuk menemukan komponen dasar untuk mengurangi biaya dan meningkatkan kinerja dari teknologi gelombang laut. Teknologi energi gelombang laut terdiri dari sejumlah komponen: 1) struktur dan penggerak utama yang menangkap energi gelombang, 2) foundation atau mooring menjaga struktur dan penggerak utama di lokasi, 3) sistem Power Take-off (PTO) dimana energi mekanik diubah menjadi energi listrik, dan 4) sistem kontrol untuk menjaga dan mengoptimalkan kinerja pada kondisi gelombang tertentu. Secara singkat perkembangan teknologi energi gelombang laut ditunjukkan berturut-turut sebagai berikut :



(a) Gambar 2.1



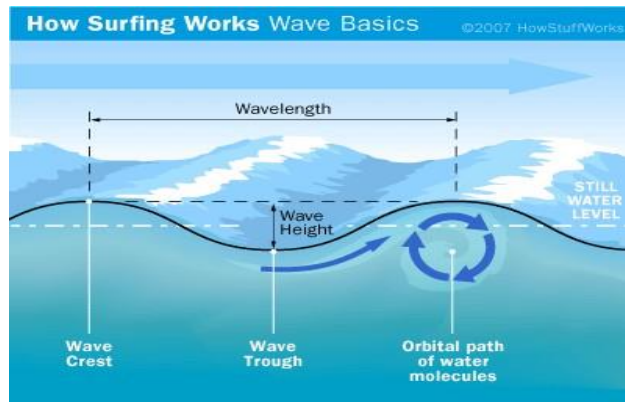
(b) Gambar 2.2



(c) Gambar 2.3

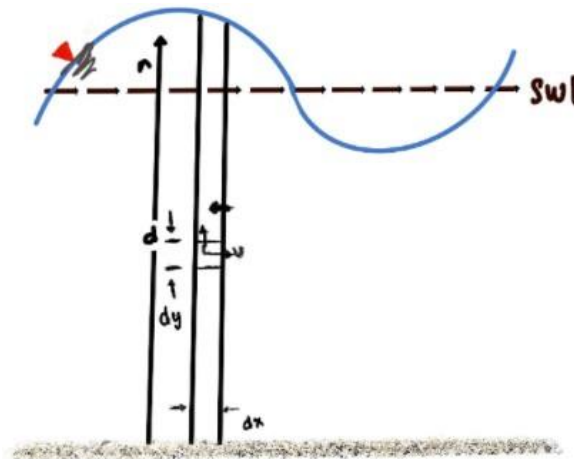
- a) Shoreline OWC, 1991 di Pulau Skotlandia, Islay (75 kW).
- b) Bottom-standing OWC 1990 di Trivandrum, India Selatan. (125 kW).
- c) Pembangkit OWC diintegrasikan pemecah gelombang di Sakata harbour, Jepang, 1990. (69 kW)

## 2.2 Energi dan Daya Gelombang Laut



Gambar 2.4

Energi gelombang laut disebabkan oleh perbedaan suhu antara permukaan air dan dasar laut (Adinurani et al., 2014). Energi total gelombang merupakan jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang. Untuk teori gelombang Airy, jika energi potensial ditetapkan relatif terhadap muka air diam, dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama, maka komponen energi potensial dan kinetik adalah sama. Untuk menurunkan persamaan energi gelombang, dipandang suatu elemen berukuran  $dx$ ,  $dy$  seperti terlihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Penurunan Energi Gelombang

$$dE_k = \frac{1}{2} dm V^2 = \frac{1}{2} 2 \rho (u^2 + v^2) dx dy \quad (2.1)$$

Energi kinetik dari gelombang adalah :

$$E_k = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (2.2)$$

Apabila energi potensial dari gelombang dikurangi oleh energi potensial dari massa air seperti ditunjukkan pada gambar, akan diperoleh energi potensial yang disebabkan oleh gerak gelombang. Dengan menggunakan dasar laut sebagai referensi, energi potensial yang ditimbulkan oleh satu panjang gelombang tiap satu satuan lebar puncak gelombang  $E_p$  adalah:

$$E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (2.3)$$

Jadi, energi kinetik dan potensial adalah sama, dan energi total tiap satu satuan lebar adalah :

$$E = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (2.4)$$

Energi gelombang adalah berubah dari satu titik ke titik yang lain sepanjang satu panjang gelombang, dan energi rerata satu satuan luas adalah :

$$\bar{E} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (2.5)$$

Daya gelombang adalah energi gelombang tiap satu satuan waktu yang menjalar dalam arah penjalaran gelombang. Daya gelombang dapat ditulis sebagai hasil kali gaya yang bekerja pada bidang vertikal yang tegak lurus penjalaran gelombang dengan kecepatan partikel melintasi bidang tersebut (Triatmodjo, 1999). Untuk satu satuan lebar, daya gelombang rerata adalah :

$$P = \frac{\rho g H^2}{8} v \quad (2.6)$$

Menurut Kim Nielsen, hubungan antara panjang gelombang dan kecepatan dapat didekati dengan sebuah nilai, yaitu :

$$L = 1,56 T^2 \quad (2.7)$$

Dimana,  $L$  adalah panjang gelombang (m) dan  $T$  adalah periode (s). Adapun kecepatan gelombang datang ( $C$ ) :

$$C = \frac{L}{T} \quad (2.8)$$



Sehingga persamaan (2.6) menjadi :

$$P = \frac{\rho g H^2}{8} \cdot \frac{L}{T} \quad (2.9)$$

Dengan P adalah daya gelombang (J/s),  $\rho$  adalah masa jenis medium, L adalah panjang gelombang, C adalah kecepatan gelombang dan T adalah periode gelombang (Winawang, 2014).

### 2.3 Gerak Harmonik Sederhana

Setiap gerak yang berulang dalam selang waktu yang sama disebut gerak periodik. Bila suatu benda bergerak bolak balik terhadap suatu titik tertentu, maka benda tersebut dinamakan bergetar, atau benda tersebut bergetar (vibrasi). Dalam ilmu fisika dasar, terdapat beberapa kasus bergetar, diantaranya adalah gerak harmonik sederhana. Gerak Harmonik Sederhana (GHS) adalah gerak periodik dengan lintasan yang selalu sama panjang (Sarojo,A.G, 2002). GHS terjadi karena adanya gaya pemulih (restoring force), dinamakan gaya pemulih karena gaya ini selalu melawan perubahan posisi benda agar kembali ke titik setimbang. Gerak harmonik sederhana (GHS) dapat merupakan gerak yang tergantung pada bentuk lintasan, dibawah pengaruh gaya atau berputar dibawah pengaruh momen gaya atau kopel yaitu gerak linier dan angular.

Parameter-parameter dalam getaran :

1. Amplitudo

Amplitudo adalah besarnya simpangan maksimum dari gerakan. Amplitudo juga dapat didefinisikan sebagai jarak terjauh dari garis kesetimbangan dalam gelombang sinusoide dihitung dari kedudukan seimbang (Gambar 2.7). Massa pendulum yang bergerak bolak balik dari titik A menuju titik B melalui titik kesetimbangannya (rest position). Titik A dan titik B adalah simpangan maksimum dari getaran pendulum, maka jarak A menuju B adalah amplitude getaran bandul.

2. Periode (T)

Periode suatu sistem yang bergetar adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran lengkap. Waktu ini adalah waktu total untuk melakukan gerak bolak-balik. Satuan SI untuk Periode (T) adalah detik (s).

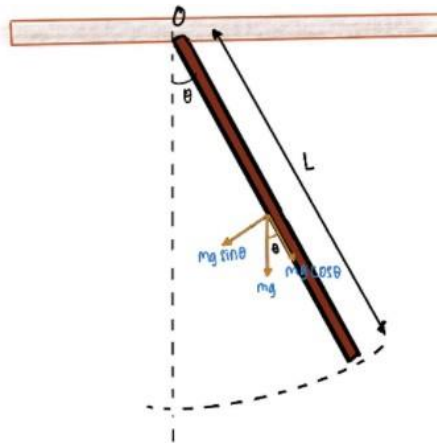
3. Frekuensi (f)

Frekuensi adalah jumlah getaran yang dilakukan dalam waktu satu detik. Karena t adalah waktu untuk melakukan satu getaran, maka  $f = 1/T$ . Satuan SI untuk frekuensi adalah putaran (cycle) per detik, atau hertz (Hz).

### 2.4 Bandul

Contoh gerak osilasi yang terkenal ialah gerak osilasi bandul. Osilasi terjadi bila sebuah sistem diganggu dari posisi kesetimbangan stabilnya. Karakteristik gerak osilasi yang paling

dikenal adalah gerak tersebut bersifat periodik, yaitu berulang-ulang (Young, 2002). Gerak bandul merupakan gerak harmonik sederhana hanya jika amplitudo geraknya kecil (Tipler, 1991). Sembarang benda tegar yang digantungkan sehingga benda dapat berayun dalam bidang vertikal terhadap sumbu yang melalui benda tersebut disebut bandul fisis (Halliday, 1996). Bandul fisis ini berupa sebuah benda tegar yang diayunkan pada suatu sumbu ayun tertentu lihat Gambar 2.6 titik sumbu ayun pada benda sering dinamakan Pivot (titik O pada Gambar 2.6)



Gambar 2.6 Skema Bandul Fisis

Dimana Titik O adalah sumbu bandul, C adalah pusat massa, L adalah panjang benda, yang menyebabkan bandul berayun adalah torsi atau momen gaya, yaitu:

$$\Gamma = m g l \sin\theta \quad (2.10)$$

Dengan;

- m : adalah massa benda tegar
- g : percepatan gravitasi
- I : jarak sumbu putar terhadap pusat masa benda tegar.

Seperti pada kasus bandul sederhana, bila simpangan bandul kecil, maka  $\sin \theta \approx \theta$ .

Periode getaran bandul tersebut adalah :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2.11)$$

Dan frekuensi adalah :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (2.12)$$

Selanjutnya, untuk menghitung kecepatan sudut yaitu :

$$\omega = 2\pi f \quad (2.13)$$

Dengan  $\omega$  merupakan kecepatan sudut putar bandul (rad/s).

Menurut persamaan 2.11 makin panjang tali, makin besar periode dimana periode tidak bergantung pada massa. Hal ini berlaku karena gaya pemulih berbanding lurus dengan massa. Perhatikan bahwa periode dan frekuensi tidak bergantung pada amplitudo osilasi, segi umum gerak harmonik sederhana (Tripler, 1991). Percepatan gravitasi dengan mudah dapat diukur dengan menggunakan bandul. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$g = 4 \pi^2 \frac{L}{T^2} \quad (2.14)$$

Berdasarkan Persamaan 2.14 bila amplitudo getaran tidak kecil, gerak bandul bersifat periodik, namun tidak harmonik sederhana. Periode sedikit memiliki ketergantungan pada amplitudo (Tripler, 1991)

# BAB III

## METODE PENULISAN / PENELITIAN

### 3.1 Gagasan tertulis :

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, Perancis dan Jepang. Di balik ganasnya gelombang samudera tersimpan potensi energi baru/terbarukan yang sangat besar, energi yang dihasilkan pun ramah lingkungan. Energi gelombang laut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan gelombang laut menuju daratan dan sebaliknya.

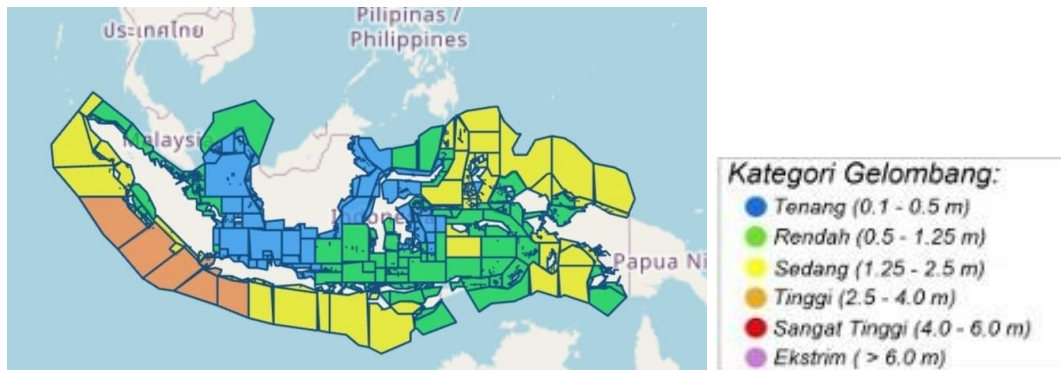
Gelombang laut secara ideal dapat dipandang berbentuk gelombang yang memiliki ketinggian puncak maksimum dan lembah minimum . Pada selang waktu tertentu, ketinggian puncak yang dicapai serangkaian gelombang laut berbeda-beda, bahkan ketinggian puncak ini berbeda-beda untuk lokasi yang sama jika diukur pada hari yang berbeda. Meskipun demikian secara statistik dapat ditentukan ketinggian signifikan gelombang laut pada satu titik lokasi tertentu. Berdasarkan data angin dari tahun 1994-2004 diperoleh bahwa pada bulan Januari s.d Maret mempunyai gelombang yang relatif lebih tinggi dan stabil dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya, hal ini disebabkan karena tidak adanya angin yang tercatat pada selain periode tersebut yang mempunyai kecepatan lebih dari 10 Knot.

Berdasarkan data yang ada, daerah yang potensial untuk dikembangkan adalah, sepanjang pesisir Barat Sumatera, Selatan Jawa, Nusa Tenggara Timur dan Nusa Tenggara Barat. Selanjutnya, mengetahui metode yang digunakan energi gelombang laut, yaitu metode *Onshore* dan metode *Offshore*. Hasil pada metode *Onshore* berupa daya listrik sebesar 11,45 watt yang bekerja pada sudut simpangan sebesar 90 derajat dan menghasilkan persamaan garis  $y = 0,1465 \times -1,1472$ . Sedangkan hasil pada metode *Offshore*, prototipe generator listrik yang dirancang mulai bekerja pada sudut simpangan 17 derajat pada kondisi gelombang eksitasi dengan amplitudo 3 cm dan periode 0,9s untuk menghasilkan daya listrik sebesar 1,3 watt.

Berdasarkan perhitungan ini dapat diprediksikan berbagai potensi energi dari gelombang laut di berbagai tempat di dunia. Dari data tersebut, diketahui bahwa pantai barat Pulau Sumatera bagian selatan dan pantai selatan Pulau Jawa bagian barat berpotensi memiliki energi gelombang laut sekitar 40 kw per m. Kecepatan arus pasang-surut di pantai-pantai perairan Indonesia umumnya kurang dari 1,5 m per detik, kecuali di selat-selat diantara pulau-pulau Bali, Lombok, dan Nusa Tenggara Timur, kecepatannya bisa mencapai 2,5 - 3,4 m per detik. Arus pasang-surut terkuat yang tercatat di Indonesia adalah di Selat antara Pulau Taliabu dan Pulau Mangole di Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara, dengan kecepatan 5,0 m per detik.

### 3.2 Penelitian :

#### 3.2.1 Kondisi gelombang di Indonesia



Gambar 3.1 Prakiraan Cuaca Maritim Indonesia

a) Area Perairan Dengan Gelombang Sedang (1.25 - 2.50 m) di Indonesia

1. Perairan Sabang - Banda Aceh
2. Perairan P.Simeulue – Meulaboh
3. Perairan Barat
4. Kep.Nias dan Kep.Mentawai
5. Perairan Bengkulu
6. Samudera Hindia Barat Aceh hingga Barat Mentawai
7. Perairan Selatan Jawa Timur hingga Selatan NTB
8. Samudera Hindia Selatan Jawa Timur hingga Selatan NTB
9. Laut Sawu
10. Perairan P.Sabu dan P.Rote
11. Perairan Kep.Sangihe Talaud
12. Laut Maluku bagian Utara
13. Perairan Utara Halmahera
14. Laut Halmahera
15. Perairan Sorong dan Kep.Raja Ampat
16. Perairan Manokwari
17. Perairan Utara Biak
18. Perairan Sarmi – Jayapura
19. Samudera Pasifik Utara
20. Halmahera hingga Utara Papua
21. Perairan Fakfak – Kaimana
22. Perairan Kep.Kai – Aru
23. Laut Aru
24. Laut Arafura

b) Area Perairan Dengan Gelombang Tinggi (2.50 - 4.0 m)

1. Perairan P.Enggano
2. Perairan Barat Lampung
3. Samudera Hindia Barat Bengkulu hingga Barat Lampung
4. Selat Sunda bagian Selatan
5. Perairan Selatan Banten hingga Selatan Jawa Tengah
6. Samudera Hindia Selatan Banten hingga Selatan Jawa Tengah

### **3.2.2 Kondisi Sinoptik**

#### **c) Kondisi sinoptik pada wilayah Selat Sunda bagian Utara**

1. Angin di wilayah Selat Sunda bagian Utara umumnya bertiup dari Barat Daya - Barat dengan kecepatan 1 - 15 knot.
2. Angin di wilayah Selat Sunda bagian Selatan umumnya bertiup dari Barat Daya - Barat dengan kecepatan 1 - 15 knot.
3. Angin di wilayah Perairan Selatan Banten umumnya bertiup dari Barat - Utara dengan kecepatan 1 - 10 knot.
4. Angin di wilayah Samudera Hindia Selatan Banten umumnya bertiup dari Barat Daya - Barat Laut dengan kecepatan 1 - 10 knot.

#### **d) Kondisi sinoptik bagian Bali**

1. Cuaca umumnya berawan dan hujan ringan. Angin umumnya bertiup dari arah Tenggara - Selatan dengan kecepatan 4 - 10 knot.
2. Tinggi gelombang di Perairan Utara Bali - NTB berkisar antara 0.25 - 1 meter dan di Perairan Selatan Bali - NTB berkisar antara 0.5 - 2 meter

# BAB IV

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diakumulasi data hasil pengukuran masing-masing parameter yang dihasilkan dari bandul untuk memutar generator tenaga gelombang laut dengan menggunakan eksitasi metode *Onshore* dan *Offshore*.

### 4.1 Metode *Onshore*

*Onshore* berarti daratan yang mendekati laut atau berada di daratan dan bukan di laut, merujuk ke pekerjaan yang terkait dengan bangunan/struktur yang berada di daratan hingga daerah garis pantai untuk kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi. Contoh dari pekerjaan *onshore* adalah kilang dan sumur bor yang berada di daratan.

#### 4.1.1 Pengaruh Metode *Onshore* terhadap Warga Sekitar

Pemilihan alternatif lokasi kilang petrokimia penting bagi perusahaan karena 3 hal. Pertama adalah perusahaan tidak dapat memindahkan dengan mudah pabrik setelah dibangun. Kedua adalah pembangunan ini melibatkan investasi perusahaan yang cukup besar. Ketiga adalah pembangunan kilang ini diharapkan dapat menghasilkan dampak yang positif bagi perusahaan dan masyarakat di sekitarnya. Pilihan alternatif yang tersedia bagi perusahaan adalah dengan membebaskan lahan (*onshore*). Pada alternatif *onshore*, perusahaan terkendala pada pengambil alihan lahan karena lahan yang direncanakan untuk dibangun telah ditempati oleh warga. Tetapi alternatif *onshore* lebih mudah dijangkau karena lokasi dari kilang itu sendiri dapat berada di tengah hutan, puncak gunung, tengah gurun, bahkan di pinggir sebuah kota atau desa.



Gambar 4.1 Metode *Onshore*

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa metode *onshore* adalah pekerjaan yang terletak di daratan hingga daerah pesisir pantai.

## 4.2 Metode *Offshore*

*Offshore* berarti jauh dari atau berjarak dari daratan, merupakan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi yang dilakukan di lepas pantai atau jauh dari daratan. Dalam kegiatan *offshore*, eksplorasi dan eksploitasi dilaksanakan dengan menggunakan Platform Lepas Pantai terpancang (*Jacket*, *Jack up* dan lain-lain) maupun terapung (*Spar*, TLP, FPSO dan lain-lain).

### 4.2.1 Pengaruh Metode *Offshore* terhadap Warga Sekitar

Pada alternatif *offshore*, perusahaan terkendala pada penolakan yang berpotensi muncul dari para nelayan sekitar. Kemudian perusahaan juga terkendala pada potensi rusaknya ekosistem laut tempat direncanakannya pabrik akan dibangun. Pengambil keputusan perlu untuk dapat melihat keputusan dengan banyak pertimbangan (multi kriteria) secara menyeluruh. Selain itu, tantangan untuk eksplorasi minyak dan gas pada *offshore* lebih besar daripada *onshore* karena, letaknya yang di tengah laut atau jauh dari daratan. Terlebih lagi, biaya operasional yang diperlukan untuk eksplorasi *offshore* lebih mahal dibandingkan *onshore*. Dari segi pembangunan, bahan struktur yang digunakan dalam proyek *offshore* tidak bisa sembarangan, perlu ada pertimbangan terkait faktor lingkungan laut seperti korosi dan kegagalan yang disebabkan pertumbuhan biota laut. Namun, kelebihan dari *offshore* rig adalah strukturnya dapat dipindahkan karena menggunakan platform terapung seperti *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO) dan *Tension Leg Platform* (TLP), sehingga dapat digunakan kembali untuk eksplorasi di lokasi lain setelah selesai mengekstrak minyak dan gas dari lokasi sebelumnya.



Gambar 4.2 Metode *Offshore*



Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa metode *offshore* adalah pekerjaan yang terletak jauh dari daratan atau di tengah laut.

Dari gambar 4.1 dan 4.2 sudah dijelaskan bahwa metode *onshore* dan metode *offshore* berbeda, tetapi mereka mempunyai keunggulannya masing-masing dalam melakukan pekerjaan di daratan maupun di tengah laut.

# BAB V

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Umumnya energi yang bersumber dari gelombang laut terbilang lebih ramah lingkungan. Pembangkit listrik tenaga gelombang laut menghasilkan lebih sedikit polutan daripada pembangkit listrik lain seperti pembangkit listrik dari fosil. Daerah yang berpotensi untuk dikembangkannya pembangkit listrik tenaga gelombang laut adalah, sepanjang pesisir Barat Sumatera, Selatan Jawa, Nusa Tenggara Timur dan Nusa Tenggara Barat. Untuk mengetahui metode yang digunakan dalam pengembangan energi gelombang laut yaitu, metode *onshore* dan metode *offshore*.

### 5.2 Saran

Pada pemanfaatan energi listrik tenaga gelombang laut perlu terus dimanfaatkan karena, selain mudah diperbarui dan lebih ramah lingkungan. Di Indonesia mempunyai potensi dalam pembuatan energi listrik tenaga gelombang laut sehingga tidak bergantung pada energi yang sulit diperbarui, contohnya pada energi yang berasal dari fosil.

# DAFTAR PUSTAKA

Disabella, D (2016). Prototipe Generator Listrik Tenaga Gelombang Permukaan Air Laut 1 Watt Untuk Menyuplai Sistem Detektor Tsunami “Yonohape” Di Laut. Masters thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Fahmi Ivannuri and Anggara Trisna Nugraha, “Implementation Of Fuzzy Logic On Turbine Ventilators As Renewable Energy,” *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 4, no. 3, pp. 178–182, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i3.236>.

Reza Fardiyan As'ad and Anggara Trisna Nugraha, “Rancang Bangun Penstabil Kinerja Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah,” *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*, vol. 3, no. 1, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v2i1.187>.

Moh. G. P. A. Sugianto and A. T. Nugraha, “Implementasi sensor cahaya sebagai level bahan bakar pada tangki harian kapal,” *Journal of Computer Electronic and Telecommunication*, vol. 2, no. 1, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v2i1.191>.

Anggara Trisna Nugraha and Rachma Prilian Eviningsih, “ZETA Converter as a Voltage Stabilizer with Fuzzy Logic Controller Method in The Pico Hydro Power Plant,” *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 4, no. 3, Aug. 2022, doi: <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i3.237>.

Anggara Trisna Nugraha, Moch Fadhil Ramadhan, and Muhammad Jafar Shiddiq, “Efficiency of the Position Tracking Photovoltaics using Microcontroller Atmega,” *JEEMECS (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science)*, vol. 5, no. 2, pp. 77–90, Sep. 2022, doi: <https://doi.org/10.26905/jeemecs.v5i2.6031>.

Anggara Trisna Nugraha, “Design and Build a Distance and Heart Rate Monitoring System on a Dynamic Bike Integrated with Power Generating System,” *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 4, no. 4, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i4.260>.

Siti Zaibah, A. T. Nugraha, and F. H. Ainudin, “Planning a Protection Coordination System Against Over Current Relays and Ground Fault Relays Using the NN Method,” *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 4, no. 4, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i4.239>.

Awang Dharmawan, Lilik Subiyanto, and Anggara Trisna Nugraha, “Implementasi Sistem Monitoring pada Panel Listrik,” *Elektrise Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 02, pp. 82–91, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektrise.v12i02.1852>.

Ayu Bintari, Urip Mudjiono, and Anggara Trisna Nugraha, “Analisa Pentahanan Netral dengan Tahan Menggunakan Sistem TN-C,” vol. 12, no. 02, pp. 92–108, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektrise.v12i02.1853>.

A. Dzul, Urip Mudjiono, and Anggara Trisna Nugraha, “Rancang Bangun Prototipe Sistem

- Kontrol Suhu dan Ketinggian Air pada Mesin Extruder,” vol. 12, no. 02, pp. 117–125, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriase.v12i02.1872>.
- Dwi Ananda Ramadhani, Edy Prasetyo Hidayat, and Anggara Trisna Nugraha, “Pemanfaatan Sensor Ultrasonik sebagai Purwarupa Pengukur Ketinggian Air pada Tangki Pembuangan Air Kotor di Kapal,” vol. 12, no. 02, pp. 109–116, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriase.v12i02.1871>.
- Sindy Yurisma Sheila, Nur Wakhidatur Rochamwati, Faris Riyadi, Reza Fardiyan As’ad, and Anggara Trisna Nugraha, “Desain and Build a Medium Voltage Cubicel Temperature and Humidity Optimization Tool to Minimize the Occurrence of Corona Disease with the PLC-Based Fuzzy Method,” Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics, vol. 4, no. 4, pp. 192–198, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.35882/ijeemi.v4i4.251>.
- Mohammd Syafri Hidayat, Dwi Sasmita Aji Pambudi, and Anggara Trisna Nugraha, “Sistem Monitoring Air Compressor pada Sistem Pendistribusian Udara Berbasis IoT,” Elektrise Jurnal Sains dan Teknologi Elektro, vol. 12, no. 02, pp. 126–140, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriase.v12i02.1944>.
- Anggara Trisna Nugraha, D. Rinaldi, Muhammad Syahid Messiah, Muhammad Shiddiq, Moch Ramadhan, and Fortunaviaza Ainudin, “Implementation of Line of Sight Algorithm Design Using Quadcopter on Square Tracking,” JPSE (Journal of Physical Science and Engineering), vol. 7, no. 2, pp. 99–107, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.17977/um024v7i22022p099>.
- Fahmi Ivannuri, A. T. Nugraha, and L. Subiyanto, “Prototype Turbin Ventilator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin,” Journal of Computer Electronic and Telecommunications, vol. 3, no. 2, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.189>.
- Chusnia Febrianti and Anggara Trisna Nugraha, “Implementasi Sensor Flowmeter pada Auxiliary Engine Kapal Berbasis Outseal PLC,” Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication, vol. 3, no. 2, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.188>.
- Muhammad Jafar Shiddiq and Anggara Trisna Nugraha, “Sistem Monitoring Detak Jantung pada Sepeda Treadmill,” Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication, vol. 3, no. 2, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.200>.
- Irgi Achmad and Anggara Trisna Nugraha, “Implementasi Buck-Boost Converter pada Hybrid Turbin Angin Savonius dan Panel Surya,” Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication, vol. 3, no. 2, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.192>.
- Mochammad Sofyan, Syaifudin Syaifudin, Andjar Pudji, Anggara Trisna Nugraha, and Bedjo Utomo, “Comparative Analysis of Water and Oil Media on Temperature Stability in PID Control-Based Digital Thermometer Calibrator,” Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics, vol. 5, no. 2, pp. 73–78, May 2023, doi: <https://doi.org/10.35882/ijeemi.v5i2.274>.
- Anggara Trisna Nugraha, Moch Fadhil Ramadhan, and Muhammad Jafar Shiddiq, “Quadcopter Movement Analysis Using Output Feedback Control Based on Line of Sight,” JEEMECS (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science), vol. 6, no. 1, pp. 1–10,

- Feb. 2023, doi: <https://doi.org/10.26905/jeemecs.v6i1.6033>.
- Anggara Trisna Nugraha, Leonardi Agus Wahyudi, D. Ilham, and Novsyafantri Novsyafantri, "Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor DC Seri dengan Menggunakan Penyearah Terkendali," vol. 13, no. 01, pp. 9–20, May 2023, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriase.v13i01.2348>.
- Anggara Trisna Nugraha, Rachmat Marjuki, D. Ilham, and Fahmi Ivannuri, "Sistem Kontrol Tegangan pada Generator Induksi 3 Fasa dengan PLC Voltage," *Elektriase Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 21–33, May 2023, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriase.v13i01.2347>.
- Anggara Trisna Nugraha, Mochamad Dhani Inwanul Farikh, D. Ilham, and Reza Fardiyani As'ad, "Penyearah Terkontrol Satu Fasa Gelombang Penuh terhadap Motor DC 3 HP," vol. 13, no. 01, pp. 42–49, May 2023, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriase.v13i01.2352>.
- Ramadhan Aditya Supiyadi, Purwidi Asri, and Anggara Trisna Nugraha, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol UV Conveyor dan Monitoring Kadar Air Cacahan Plastik Berbasis Mikrokontroler," *Elektriase Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 34–41, May 2023, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriase.v13i01.2349>.
- Enferad, E. (2009). New method for converting sea wave energy. In *International Conference on Electrical and Electronics Engineering, 2009. ELECO 2009*, p. I-44-I-48.
- Farihal (2011). *Pengembangan Energi Arus Laut*. Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE).
- Ferdian, M (2022). *Potensi Tinggi Gelombang di Indonesia*. Pusat Meteorologi Maritim. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- Junianto, S, (2013). "Analisis Gerakan Bandul akibat Gerakan Ponton pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut sistem Bandulan", *Jurnal Teknik, POMITS 2*, Surabaya.
- Kurniawan, L. (2014). *Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck*. *J. Tek. POMITS 3*, 76–79.
- Rahayu, S (2014). *Repository Study on Wave Energy into Electricity in the South Coast of Yogyakarta*.
- Rudianto (2013). *Analisa Gerakan Pendulum Dengan Bentuk Juring Lingkaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut- Sistem Bandulan Pada Pengujian Offshore*. *Pap. Present. Mar. Eng. RSSP 531324 Rud 2014*.
- Stram, B.N. Key challenges to expanding renewable energy. *Energy Policy*.
- Winawang, G. (2014). *Pemanfaatan Gelombang Laut di Selatan Jawa sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik dengan Sistem Bandul*.

Suryaningsih, R. (2014). Study on Wave Energy into Electricity in the South Coast of Yogyakarta, Indonesia. *Energy Procedia* 47, 149–155.