

**STUDI POTENSI ENERGI GELOMBANG DI PERAIRAN SELATAN JAWA
BARAT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT
SISTEM OSCILLATING WATER COLUMN (PLTGL-OWC)**

SKRIPSI

Oleh:

**ZULKHAIR APRIANSYAH
NIM. 135080600111017**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2019**



**STUDI POTENSI ENERGI GELOMBANG DI PERAIRAN SELATAN JAWA
BARAT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT
SISTEM OSCILLATING WATER COLUMN (PLTGL-OWC)**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya**

Oleh:

**ZULKHAIR APRIANSYAH
NIM. 135080600111017**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
Desember, 2019**



IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : **STUDI POTENSI ENERGI GELOMBANG LAUT DI PERAIRAN SELATAN JAWA BARAT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT *OSCILLATING WATER COLUMN* (PLTGL-OWC)**

Nama Mahasiswa : ZULKHAIR APRIANSYAH

NIM : 135080600111017

Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING:

Pembimbing 1 : Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D

Pembimbing 2 : Andik Isdianto, ST., MT.

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc.

Dosen Penguji 2 : Dhira Kurniawan, S.Kel., M.Sc.

Tanggal Ujian : 12 Desember 2019



UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselesainya laporan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas bimbingan serta hidayahnya.
2. Bapak dan Emak yang selalu menyayangi.
3. Bapak Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D dan Bapak Andik Isdianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas segala petunjuk dan bimbingan mulai penyusunan laporan skripsi sampai dengan selesainya laporan skripsi.
4. Semua dosen ilmu kelautan yang selama empat tahun lebih tak henti-hentinya memberi ilmu yang manfaat.
5. Seluruh kawan ilmu kelautan 2013 yang selalu memberi semangat dan dukungan.
6. Yang terakhir, yang saya harap menjadi orang yang menemani saya hingga akhir hayat. Terima kasih telah menemani jatuh bangunnya saya dalam menulis skripsi ini, Rachmi Elsagi. Kamu yang terbaik.

Malang, 12 Desember 2019

Zulhair Apriansyah

RINGKASAN

ZULKHAIR APRIANSYAH. Studi Potensi Energi Gelombang Perairan Selatan Jawa Barat Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (PLTGL-OWC) (dibawah bimbingan Ir. **Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D** dan **Andik Isdianto, S.T., M.T.**).

Terbatasnya sumber energi yang berasal dari fosil seperti minyak, batu bara, dan lain sebagainya, menjadi hal yang genting mengingat semakin bertambahnya kebutuhan energi setiap saat. Kondisi ini memaksa kita mencoba mencari energi alternatif yang terbarukan. Indonesia adalah negara dengan wilayah laut yang luas, tetapi hingga saat ini potensi laut sebagai sumber energi terbarukan belum berkembang dengan baik. Potensi yang besar ini padahal bisa menjadi sumberdaya yang sangat besar bagi Indonesia. Potensi energi gelombang yang besar di perairan selatan Jawa, khususnya Jawa Barat, membuat daerah ini harus menjadi salah satu wilayah yang menjadi fokus utama dalam pemanfaatan energi gelombang laut.

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah memetakan sebaran gelombang di kawasan perairan selatan Jawa Barat secara *time series* selama 10 tahun, menghitung besar daya potensi energi dari gelombang laut di kawasan perairan selatan Jawa Barat, memberikan rekomendasi lokasi potensial pemasangan turbin pembangkit listrik.

Penelitian terbagi dalam dua tahap, yaitu perhitungan potensi daya listrik dari gelombang di perairan selatan Jawa Barat, serta penentuan lokasi rekomendasi pemasangan perangkat pembangkit listrik. Pengukuran potensi daya listrik dilakukan dengan metode deskriptif analitik. Penentuan lokasi rekomendasi pemasangan perangkat dilakukan dengan metode analisis multi kriteria, dimana kriteria, parameter, dan pembobotan yang dipilih mengacu pada Flocard (2016). Kriteria-kriteria ini kemudian dianalisis guna menemukan lokasi potensial untuk PLTGL.

Potensial daya yang dapat dibangkitkan dari energi gelombang di perairan selatan Jawa Barat bervariasi. Nilai potensial daya listrik paling tinggi terdapat di stasiun 19, dengan nilai potensial daya listrik sebesar 220,89 kW. Sementara, stasiun 1 memiliki potensial daya listrik terkecil yaitu 176,17 kW. Hasil perhitungan indeks kesesuaian setiap stasiun menunjukkan bahwa lokasi yang sangat potensial untuk PLTGL-OWC berada di stasiun 3, 4, dan 5 dengan indeks kesesuaian mencapai 0,67. Stasiun dengan indeks potensi yang paling rendah adalah stasiun 15 dengan indeks kesesuaian hanya sebesar 0,37.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Usulan skripsi ini merupakan rencana penelitian yang saya lakukan mengenai potensi energi gelombang sebagai pembangkit listrik di kawasan perairan pantai selatan Jawa Barat. Dinamika arus yang dianalisa didalam penelitian ini diharapkan nantinya dapat menjadi rujukan penting dalam upaya menciptakan sumber energi terbarukan dan berkelanjutan di perairan selatan Jawa Barat.

Laporan skripsi ini, dalam hal penulisannya dirasa masih terdapat kekurangan baik pada teknik penulisan maupun isi materi. Kritik dan saran dari semua pihak sangat penulis harapkan demi menyempurnakan pembuatan laporan ini. Akhir kata penulis berharap agar laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita

Malang, 12 Desember 2019

Zulkhair Apriansyah



DAFTAR ISI

Halaman

UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan.....	3
1.5 Tempat dan Jadwal Pelaksanaan.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gelombang.....	4
2.1.1 Pembentukan Gelombang	5
2.1.2 Potensi Gelombang sebagai Sumber Energi.....	7
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTGL).....	7
2.2.1 Kategori PLTGL Berdasarkan Lokasi.....	8
2.2.2 Kategori PLTGL Berdasarkan Tipe	10
2.3 <i>Oscillating Water Column</i> (OWC)	10
2.4 Penghitungan Energi Gelombang Laut PLTGL-OWC.....	12
2.4 Kriteria Kawasan Potensial PLTGL	13
2.5 Analisis Kesesuaian Lokasi	15
3. METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Wilayah Kajian	17
3.2 Alat dan Data	18
3.2.1 Alat dan Fungsi.....	18
3.2.2 Sumber dan Ketersediaan Data.....	18
3.3 Alur Penelitian	18
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	19
3.4.1 Data Primer.....	19
3.4.2 Data Sekunder.....	21
3.5 Pengolahan Data.....	22
3.5.1 Pengolahan Data Gelombang.....	22
3.5.2 Analisis Kesesuaian Lokasi.....	24
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27

4.1 Kondisi Umum Perairan Selatan Jawa Barat 27

4.2 Analisis Data Gelombang 28

 4.2.1 Analisis Data Gelombang Tahunan 28

 4.2.2 Analisis Rata-rata Gelombang Berdasarkan Stasiun 29

 4.2.3 Analisis Sebaran Data Gelombang 30

4.3 Analisis Potensial Daya Listrik 31

 4.3.2 Perhitungan Potensial Daya Listrik 31

 4.3.3 Analisis Sebaran Daya Listrik 32

4.5 Analisis Lokasi Potensial PLTGL-OWC 35

 4.5.1 Analisis Kriteria 35

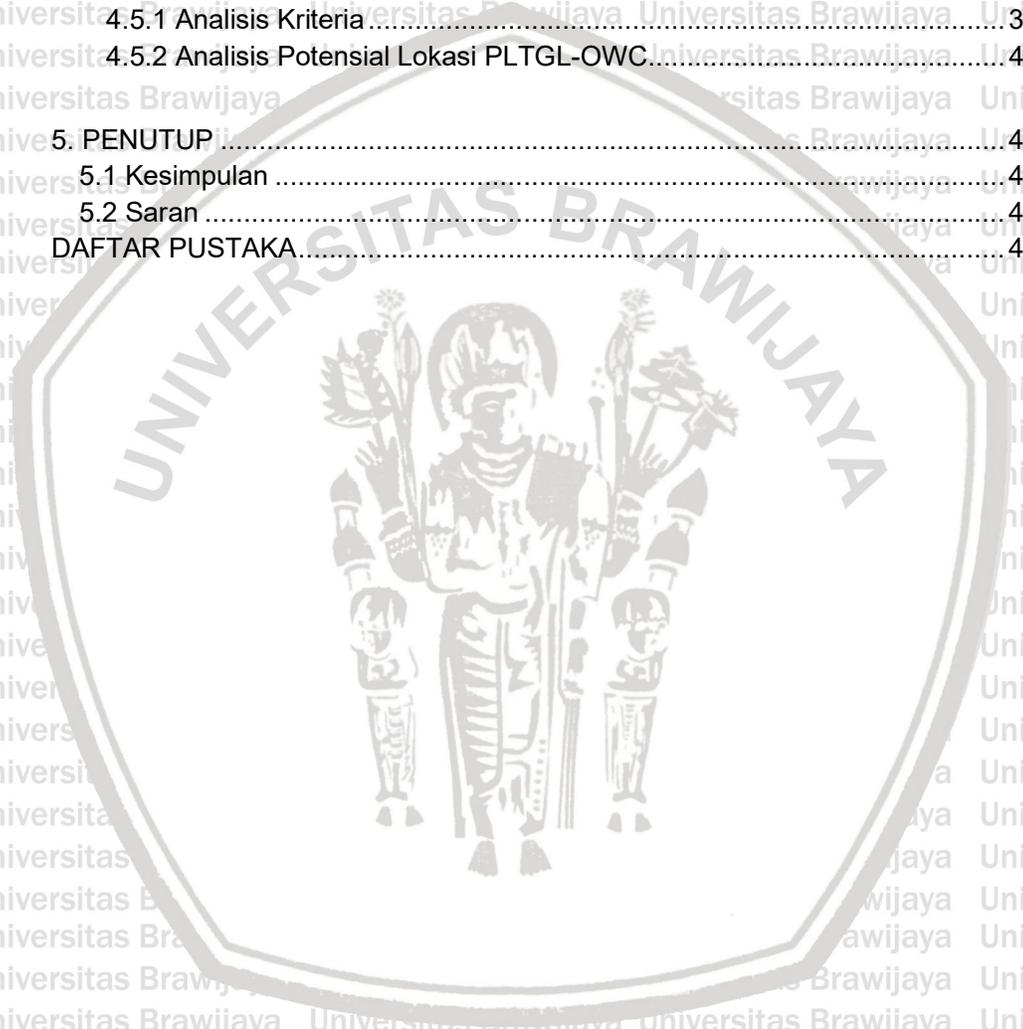
 4.5.2 Analisis Potensial Lokasi PLTGL-OWC 42

5. PENUTUP 46

 5.1 Kesimpulan 46

 5.2 Saran 46

DAFTAR PUSTAKA 47



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Titik koordinat stasiun pengamatan.....	17
2. Alat dan Fungsi.....	18
3. Sumber dan Ketersediaan Data.....	18
4. Matriks Kesesuaian Lokasi PLTGL-OWC.....	25
5. Hasil Pengolahan Data Gelombang.....	28
6. Data Gelombang Berdasarkan Stasiun.....	29
7 Hasil perhitungan potensial daya listrik.....	32
8. Sebaran data potensial daya listrik.....	33
9. Analisis kriteria potensial daya listrik.....	35
10. Analisis kriteria Topografi.....	37
11. Analisis infrastruktur pendukung.....	39
12. Analisis kriteria penggunaan lain.....	41
13. Analisis potensial lokasi PLTGL-OWC berdasarkan stasiun.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Prediksi Tinggi Gelombang Signifikan Perairan Indonesia (BMKG Maritim, 2019).....	10
2. OWC Model Chamber.....	11
3. Oscillating Water Column model Limpet (Drew, <i>et al.</i> , 2009).....	12
4. Matriks Kriteria Lokasi Potensial PLTGL (Flocard, 2016).....	14
5. Peta Wilayah Kajian Penelitian.....	17
6. Skema Alur Penelitian.....	20
7. Prototipe PLTGL OWC dengan Lebar Chamber 2,4 m (Utami, 2010).....	23
8. Skema Kerja Pengolahan Data Gelombang.....	24
9. Grafik Sebaran Rata-rata Periode Gelombang.....	28
10. Grafik rata-rata tinggi signifikan gelombang tahun 2014-2018.....	30
11. Grafik rata-rata periode gelombang tahun 2014-2018.....	30
12. Peta Sebaran Gelombang Perairan Selatan Jawa Barat.....	31
13. Grafik Rata-rata Potensial Daya Listrik.....	32
14. Grafik Rata-rata Potensial Daya Listrik 2014-2018.....	33
15. Peta Sebaran Rata-rata Potensial Daya Listrik (kW) Perairan Selatan Jawa Barat Tahun 2014-2018.....	34
16. Peta Batimetri Perairan Selatan Jawa Barat (DEMNAS BIG).....	37
17. Peta Infrastruktur Jaringan Listrik Jawa Barat.....	39
18. Peta pelabuhan perikanan dan kawasan konservasi perairan selatan Jawa Barat.....	41
19. Peta Potensial Lokasi PLTGL-OWC.....	44

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi merupakan masalah yang sejak beberapa tahun lalu ramai diperbincangkan secara global. Terbatasnya sumber energi yang berasal dari fosil seperti minyak, batu bara, dan lain sebagainya, menjadi hal yang genting mengingat semakin bertambahnya kebutuhan energi setiap saat. Kondisi ini memaksa kita mencoba mencari energi alternatif yang terbarukan. Akan tetapi penggunaan sumber energi terbarukan belum begitu populer di masyarakat global. Brahim (2014), menyatakan bahwa pada tahun 2010, penggunaan sumber energi terbarukan secara global hanya mencapai 16,7% dari seluruh konsumsi energi secara global, sedangkan sumber energi tak terbarukan penggunaannya mencapai 80,6%. Padahal beberapa jenis sumber energi terbarukan ini bila dikelola dengan baik akan membuat kita tidak lagi bergantung pada sumber energi dari sisa fosil yang suatu saat akan habis. Salah satu energi yang potensial bagi energi terbarukan adalah energi dari laut, seperti gelombang, arus, angin, serta pasang surut.

Gelombang laut merupakan salah satu sumber energi terbarukan, dimana energi yang dapat dimanfaatkan dengan mengetahui tinggi gelombang, panjang gelombang dan periodenya. Energi gelombang ini dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi alternatif untuk mengatasi krisis energi saat ini, yaitu sebagai pembangkit listrik tenaga ombak atau energi gelombang (Subagio et al., 2012). Thorpe (1999), sebagaimana dinyatakan Drew, *et al* (2009), menyatakan bahwa potensi energi global yang dapat dihasilkan dari konversi energi gelombang mencapai 2TW. Indonesia sendiri menargetkan untuk pemanfaatan energi gelombang laut hingga 2GW (Purba, *et al.*, 2015). Oleh karena itu, amat

penting untuk mengetahui lokasi mana saja yang potensial sebagai lokasi instalasi pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Indonesia.

Utami (2010), menyatakan bahwa dari 30 titik pengukuran potensi daya listrik yang dikonversikan dari energi gelombang, diketahui bahwa pada kondisi minimum daya terkecil yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 246,0294 W, yaitu di daerah perairan Selat Malaka dan Selat Makasar bagian selatan. Sementara daya terbesar yang dapat dihasilkan yaitu sebesar 12 kW yaitu di wilayah perairan laut Arafuru. Sementara pada kondisi maksimum, daya terkecil yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 15,8 KW di Selat Malaka, Sedangkan daya terbesar yang dapat dihasilkan sebesar 1,9 MW di daerah Perairan selatan Banten hingga Jawa Barat, Perairan selatan Jawa Tengah, Perairan selatan Jatim dan di wilayah perairan Laut Arafuru.

Potensi energi gelombang yang besar di perairan selatan Jawa, khususnya Jawa Barat, membuat daerah ini harus menjadi salah satu wilayah yang menjadi fokus utama dalam pemanfaatan energi gelombang laut. Wilayah Selatan Jawa Barat merupakan daerah pesisir yang langsung berhadapan dengan samudera Hindia dengan karakteristik gelombang dan angin yang berfluktuasi sepanjang tahun. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Purba (2014) menyatakan bahwa potensi energi gelombang di perairan selatan Jawa Barat cukup besar dengan tinggi gelombang signifikan berada di kisaran 1,02 – 3,1 m dengan potensi energi terbesar terdapat diantara bulan Maret dan April.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana sebaran, tinggi, periode dan arah datang gelombang di kawasan perairan selatan Jawa Barat secara *time series* selama 10 tahun. Hal ini dianalisis untuk mengetahui seberapa besar potensi energi dari gelombang laut di kawasan perairan selatan Jawa Barat.

Sebagai sumber daya energi, gelombang harus dimanfaatkan secara efektif.

Sehingga, sangat penting untuk menganalisa seberapa besar potensi energi yang dapat dibangkitkan dari gelombang di kawasan perairan tersebut, serta memetakan lokasi yang potensi energinya besar.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah :

1. Menganalisa potensi daya listrik dari energi gelombang di perairan selatan Jawa Barat.
2. Menganalisa lokasi yang potensial digunakan untuk mengkonversi energi gelombang di perairan tersebut menjadi energi listrik.

1.4 Kegunaan

Skripsi ini ditulis dengan harapan memberi manfaat bagi masyarakat luas untuk mengetahui mengenai potensi energi alternatif yang terbarukan dari gelombang laut di kawasan perairan selatan Jawa Barat, dan nantinya dapat dijadikan referensi selanjutnya bagi para pelaku akademis yang hendak melakukan riset mengenai konversi energi gelombang.

1.5 Tempat dan Jadwal Pelaksanaan

Pengumpulan data dilaksanakan bulan April 2019. Penelitian dilakukan mulai bulan Mei sampai September 2019 di Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Brawijaya dengan lokasi kajian perairan selatan Jawa Barat, khususnya perairan kabupaten Sukabumi, Cianjur, dan Garut dengan data diambil dari data sekunder baik dari instansi, data *open access* yang diunduh via daring, dari instansi, maupun citra satelit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang

Gelombang laut adalah sebuah undulasi atau gerak megombang permukaan laut yang diakibatkan oleh angin (Pinet, 2016). Gerakan gelombang laut (sea wave) ini secara umum terbentuk karena adanya gerakan angin (massa udara yang bergerak, walaupun kadang-kadang gelombang laut ini timbul akibat aktivitas vulkanisme atau tektonisme di dasar laut). Menurut Lanuru (2011), gelombang laut dapat diartikan sebagai deretan pulsa-pulsa yang berurutan yang terlihat sebagai perubahan ketinggian permukaan air laut yaitu dari elevasi maksimum (puncak) ke elevasi minimum. Fenomena gelombang laut menggambarkan trans emisi dari energy dan momentum. Gelombang laut selalu menimbulkan sebuah ayunan air yang bergerak tanpa hentinya pada lapisan permukaan laut dan jarang sekali dalam keadaan sama sekali diam. Dalam keadaan dimana badai besar dapat menimbulkan suatu gelombang yang sangat besar Gelombang laut umumnya timbul karena pengaruh angin, walaupun ada faktor lain seperti aktivitas seismic (gempa) dalam laut, letusan gunung berapi bawah laut, gerakan kapal dan gaya tarik menarik benda angkasa (Bulan dan Matahari). Gelombang juga dapat terjadi di dalam lapisan dalam (memiliki densitas yang berbeda pada lapisan bidang antara dua lapisan air (Azis, 2006).

Susunan gelombang di lautan sangat bervariasi dan kompleks. Untuk itu para ahli mendesain sebuah model gelombang buatan untuk memudahkan dalam mempelajarinya, walaupun bentuk gelombang ini kemungkinan tidak akan dijumpai sama seperti gelombang laut yang sebenarnya (Prastiantomo, 2013).

Azis (2006), menyatakan ada dua istilah untuk menggambarkan gelombang di laut yaitu "Sea wave" dan "Swell". *Sea wave* merupakan gelombang laut yang masih berada di dalam pengaruh angin dan bentuknya sangat tidak teratur

sedangkan *swell* adalah gelombang yang lebih panjang dari *sea wave* dan sudah keluar dari pengaruh angin serta bentuknya sudah teratur. Bagian-bagian gelombang ideal menurut Duxbury, *et al* (2002) adalah:

- *Crest* : merupakan titik tertinggi atau puncak sebuah gelombang.
- *Trough* : merupakan titik terendah atau lembah sebuah gelombang.
- Tinggi gelombang : merupakan jarak vertikal antara *crest* dan *trough*.
- Panjang gelombang : merupakan jarak berturut-turut antara dua buah *crest* atau dua buah *trough*.
- Periode gelombang : waktu yang dibutuhkan *crest* untuk kembali pada titik semula secara berturut-turut.
- Kemiringan gelombang : perbandingan antara panjang gelombang dengan tinggi gelombang.

2.1.1 Pembentukan Gelombang

Gelombang laut pada umumnya timbul oleh pengaruh angin (Duxbury, *et al.*, 2002), walaupun masih ada faktor-faktor lain yang dapat menimbulkan gelombang di laut seperti aktifitas seismik di dasar laut (gempa), letusan gunung api, gerakan kapal, gaya tarik benda angkasa (bulan dan matahari) (Nining, 2002). Thorpe (1999) menjelaskan bahwa Gelombang di laut dalam dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkitnya.

Jenis-jenis gelombang tersebut antara lain gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, serta gelombang tsunami yang terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut.

Gelombang yang dibangkitkan oleh angin berbeda macam dan besarnya tergantung dari beberapa faktor, antara lain kecepatan angin, durasi

angin, *fetch*, serta kondisi alami laut (Triatmodjo, 1999). Perbandingan antara faktor-faktor ini, dan gelombang yang dibentuk adalah berbanding lurus, artinya semakin tinggi kecepatan angin, maka gelombang yang terbentuk juga semakin besar. Gelombang yang dibangkitkan oleh angin biasa disebut sebagai *progressive waves* (Pinet, 2016), karena gelombang ini merambat di sepanjang permukaan laut. Pada kondisi tertentu, gelombang besar, yang disebut oleh Duxbury., *et al* (2002) sebagai gelombang episodik bisa muncul di permukaan laut. Gelombang episodik sendiri adalah gelombang besar yang bisa mencapai tinggi hingga 20-30 m dengan kecepatan hingga 60 m per jam.

Gelombang juga dapat dibedakan berdasarkan kedalaman perairan tempat gelombang tersebut terbentuk. Menurut Nining (2002), gelombang ini ditentukan dengan perbandingan antara kedalaman perairan (d) dan panjang gelombang (L), antara lain:

1. Gelombang perairan dalam (*Deep water waves*) dimana $d/L > 1/2$
2. Gelombang perairan transisi (*Transitional waves*) dimana $1/20 < \frac{d}{L} < 1/2$
3. Gelombang perairan dangkal (*Shallow water waves*) dimana $\frac{d}{L} < 1/20$

Gelombang yang berada di perairan dangkal akan sangat berbeda dengan gelombang di perairan dalam. Hal ini menyebabkan perubahan pada transformasi gelombang, refraksi gelombang, serta pecahnya gelombang akibat *wave breaker* (Pinet, 2016). Transformasi gelombang disebabkan oleh pendangkalan perairan yang membuat kecepatan rambat dan panjang gelombang berkurang. Hanya periode yang tidak berubah (Pinet, 2016). Refraksi adalah peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang. Refraksi terjadi akibat perubahan kecepatan gelombang.

2.1.2 Potensi Gelombang sebagai Sumber Energi

Penelitian mengenai potensi pemanfaatan energi gelombang sudah banyak dilakukan. Negara yang terdepan dalam penelitian ini adalah Inggris (Utami, 2010). Sebuah penelitian oleh Leao (2005), menemukan bahwa perairan di sekitar pantai Selandia Baru dengan rata-rata tinggi gelombang 1 meter dan periode 9 detik mempunyai potensi daya listrik sebesar 4,3 kW per meter panjang ombak. Pada penelitian lain ditemukan bahwa ombak dengan tinggi 2 sampai 3 meter memiliki daya listrik sebesar 39 kW/m.

Pemanfaatan energi gelombang sebagai sumber energi listrik terbarukan bukanlah hal yang baru, utami (2010) menyatakan bahwa penelitian mengenai konversi energi gelombang sudah dilakukan sejak lama. Inggris menjadi negara yang paling konsisten dalam penelitian ini. Indonesia, menurut data dari BPPT, memiliki banyak kawasan yang bergelombang tinggi hingga di atas 5 meter. Hal ini membuat potensi energi gelombangnya dapat diteliti lebih jauh. Lokasi potensial untuk membangun sistem energi ini adalah di laut lepas, daerah lintang sedang dan perairan pantai (Utami, 2010).

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTGL)

Gelombang laut memiliki banyak potensi energi. Salah satu pemanfaatan potensi energi gelombang laut yaitu mengubah energi gelombang laut menjadi energi listrik. Secara umum pemanfaatan konversi energi gelombang laut terbagi tiga yaitu *point absorber*, *linear absorber* atau *attenuator*, dan *terminator*. *Point absorber* yaitu pemanfaatan energi gelombang laut dengan menggunakan pergerakan gelombang laut di kolom perairan, *linear absorber* atau *attenuator* adalah pemanfaatan gelombang laut dengan memanfaatkan pergerakan naik turunnya air laut, dan *terminator* adalah pemanfaatan gelombang laut secara pasif dengan menampung luasan volume air laut

sehingga energi yang dihasilkan terfokus pada satu arah (Hayward dan Osman, 2011).

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) memiliki beberapa keunggulan, antara lain kerapatan energi yang lebih tinggi dibandingkan sumber energi terbarukan lainnya, dampak negatif terhadap lingkungan lebih sedikit, variabilitas musiman yang stabil, perambatan energi yang luas dengan kebutuhan energi yang sedikit, serta persentase total energi yang dapat dikonversi dari energi gelombang dapat mencapai 90%, jauh lebih banyak bila dibandingkan dengan energi angin dan surya yang hanya mencapai 30% total konversi energi (Drew, 2009).

Tantangan terbesar dalam pemanfaatan energi gelombang adalah perubahan dari perambatan energi yang lambat (0,1 Hz), acak, dan berosilasi tinggi untuk menjadi penggerak *generator* dengan kualitas keluaran energi yang layak dimanfaatkan (Drew, 2009). Sementara, di lepas pantai, arah gelombang sangat beragam. Oleh sebab itu, pembangkit harus di letakkan pada tambatan yang sesuai, atau diletakkan simetris, agar dapat menyerap energi gelombang secara optimal. Kondisi ini menyebabkan desain pembangkit cenderung beragam. Clement., *et al*, (2002) menyatakan bahwa konsep konversi energi gelombang sangat beragam. Dilaporkan lebih dari 1000 teknik konversi energi yang telah dipatenkan di Jepang, Amerika Utara, dan Eropa. Secara umum, konversi energi gelombang dikategorikan berdasar lokasi dan tipe.

2.2.1 Kategori PLTGL Berdasarkan Lokasi

Perangkat pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang berada di tepian pantai mempunyai keunggulan dari segi kedekatan jarak dengan pemanfaatan energi. Selain itu, perawatan yang mudah serta mengurangi resiko hilangnya energi akibat perambatan yang terlalu jauh dan lama (Clement, *et al*, 2002).

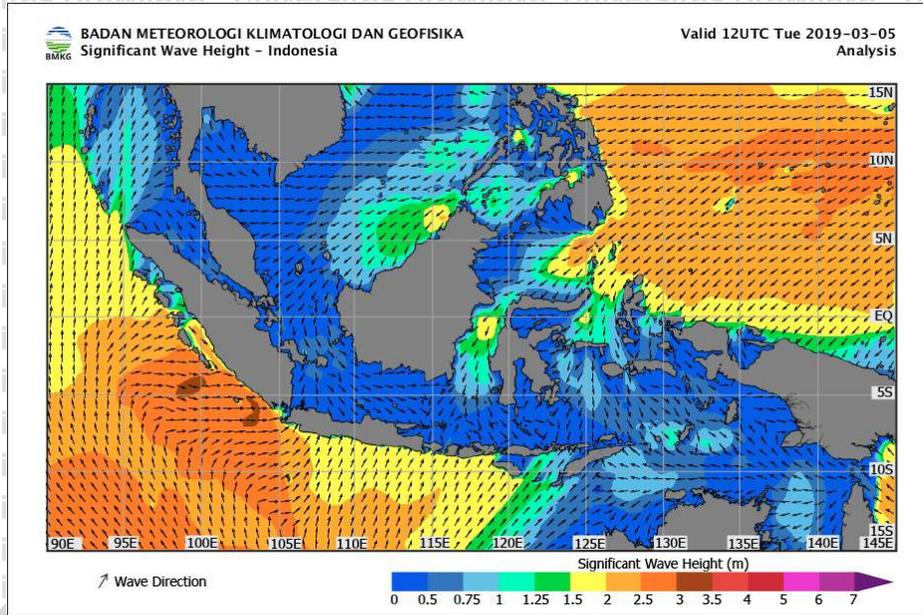
Utami (2010) menyatakan bahwa lokasi potensial untuk PLTGL yaitu lokasi yang memiliki tinggi gelombang signifikan sepanjang tahun minimal 1 sampai dua meter, arah datang gelombang yang tidak pecah oleh pendangkalan, serta topografi dasar perairan yang landai. Perairan selatan Jawa Barat sendiri, berdasarkan peta prediksi tinggi gelombang signifikan yang dipublikasikan oleh BMKG Maritim, memiliki tinggi gelombang signifikan 1,5 sampai 2 meter (lihat gambar 1).

2.2.1.1 Pembangkit di Garis Pantai

Pembangkit yang berlokasi di dekat garis pantai biasanya dipasang relatif di dalam perairan yang dangkal, kebanyakan dipasang di atas substrat, yang mana kondisi ini akan memberi basis stasioner yang efektif agar *oscillating body* dapat bekerja. Memasang pembangkit listrik tenaga gelombang laut di lokasi ini memiliki kekurangan yaitu perairan yang dangkal akan cenderung mendapat energi gelombang yang lebih sedikit dari pada energi gelombang di laut lepas.

2.2.1.2 Pembangkit di Lepas Pantai

Pembangkit listrik tenaga gelombang yang berlokasi di lepas pantai biasanya di pasang di laut dalam. Keuntungan memasang pembangkit di lokasi ini adalah energi yang dihasilkan akan lebih besar, karena gelombang yang merambat pun lebih besar (Duckers, 2004). Akan tetapi, pembangkit di lepas pantai akan memakan biaya konstruksi dan perawatan yang sangat mahal. Pembangkit yang dibuat mengambang di permukaan air akan lebih efektif dalam hal biaya pemasangan dan perawatan. Harus diperhatikan bahwa energi gelombang didapatkan dari pergerakan air di permukaan laut.



Gambar 1. Peta Prediksi Tinggi Gelombang Signifikan Perairan Indonesia (BMKG Maritim, 2019)

2.2.2 Kategori PLTGL Berdasarkan Tipe

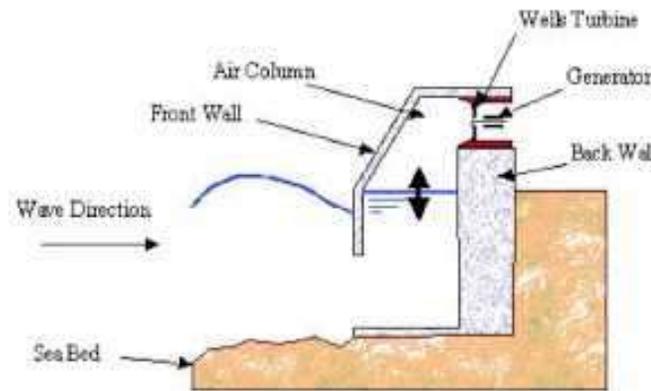
Drew, *et al* (2009) menyatakan bahwa ada tiga tipe konverter energi gelombang laut, antara lain *attenuator*, *point absorber*, dan *terminator*. *Attenuator* adalah tipe konverter yang dipasang paralel terhadap arah gelombang. Contoh pembangkit yang menggunakan konverter *attenuator* adalah pelamis. *Point absorber* biasanya dipasang mengapung dibawah permukaan air. Konsep konverter ini adalah dengan memanfaatkan differensial tekanan gelombang.

Sedangkan *terminator* adalah tipe konverter energi gelombang yang sistemnya memotong arah gelombang. Selain tipe, dikenal juga mode pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Mode yang paling populer digunakan adalah mode *oscillating water column* (Wijaya, 2010).

2.3 Oscillating Water Column (OWC)

Oscillating Water Column (OWC) adalah teknologi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gelombang laut sebagai penggerak turbinnya.

Prinsip kerja alat OWC ini adalah mengubah energi gelombang laut menjadi energi listrik berdasarkan prinsip kerja kolom isolasi (Drew, *et al.*, 2009). Gelombang yang datang dari arah laut akan menabrak bangunan OWC dimana pada bagian bawah bangunan ini terdapat kolom terbuka untuk masuknya air laut, karena tumbukan gelombang air laut ini kemudian air laut yang terdapat pada bagian dalam chamber OWC akan berisolasi naik dan turun sehingga menimbulkan peristiwa sedot dan hisap pada kolom udara di atasnya. Gerakan air yang naik turun serta menimbulkan peristiwa sedot hisap pada kolom udara di atasnya inilah yang akan menggerakkan turbin. Perlu diperhatikan bahwa turbin yang digunakan adalah turbin searah, dimana pada saat terjadi tekanan udara naik turun/sedot hisap, turbin akan tetap memutar searah untuk menghasilkan energi listrik (Drew, *et al.*, 2009). Selain OWC model chamber, ada juga OWC model limpet. Pada prinsipnya memiliki cara kerja yang sama, hanya perbedaannya pada peletakan turbin yang mengarah horizontal.



Gambar 2. OWC Model Chamber



Gambar 3. Oscillating Water Column model Limpet (Drew, et al., 2009)

Teknologi OWC sangat cocok dibangun di daerah dengan topografi dasar laut yang landai dan memiliki ketinggian gelombang laut yang konstan serta tidak memerlukan daerah konstruksi yang luas (Wijaya, 2010). Lokasi potensial pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan sistem OWC ini harus merupakan daerah yang memiliki potensial gelombang cukup tinggi.

2.4 Penghitungan Energi Gelombang Laut PLTGL-OWC

Gelombang secara alamiah memiliki dua energi yaitu energi kinetik dan potensial. Energi potensial pada gelombang laut dihasilkan dari gerakan naik turun permukaannya, sementara energi kinetik dihasilkan dari perambatannya.

Utami (2010), menyatakan bahwa perhitungan energi gelombang laut dihitung berdasarkan total energi yang dihasilkan. Total energi ini bergantung pada jenis prototipe PLTGL yang digunakan. PLTGL dengan sistem OWC hanya menghasilkan pergerakan gelombang yang naik turun. Oleh karena itu, pada PLTGL-OWC ini, energi kinetik sama nilainya dengan energi potensial.

Besarnya energi potensial dan kinetik dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut (Utami, 2010):

$$E_p = \frac{1}{4} \times w \times \rho \times g \times H^2 \times \lambda$$

$$E_k = \frac{1}{4} \times w \times \rho \times g \times H^2 \times \lambda$$

dengan:

E_p = energi Potensial Gelombang (J)

E_k = energi Potensial Gelombang (J)

w = lebar gelombang (m)

ρ = massa jenis air laut (kg/m³)

H_s = Tinggi signifikan gelombang (m)

L = panjang gelombang (m)

g = percepatan gravitasi = 9,8 m s⁻²

Sehingga, total energi gelombang dihitung dengan persamaan berikut:

$$E_w = E_p + E_k = \frac{1}{2} \times w \times \rho \times g \times H^2 \times L$$

Potensial daya listrik yang dapat dibangkitkan dari energi gelombang laut daerah perairan pantai di Indonesia dapat dihitung dengan menjumlahkan total energi potensial dan kinetik, dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P = \frac{E_w}{T} = \frac{\frac{1}{4} \times w \times \rho \times g \times H^2 \times L}{T}$$

dengan:

P = Potensi daya listrik (W)

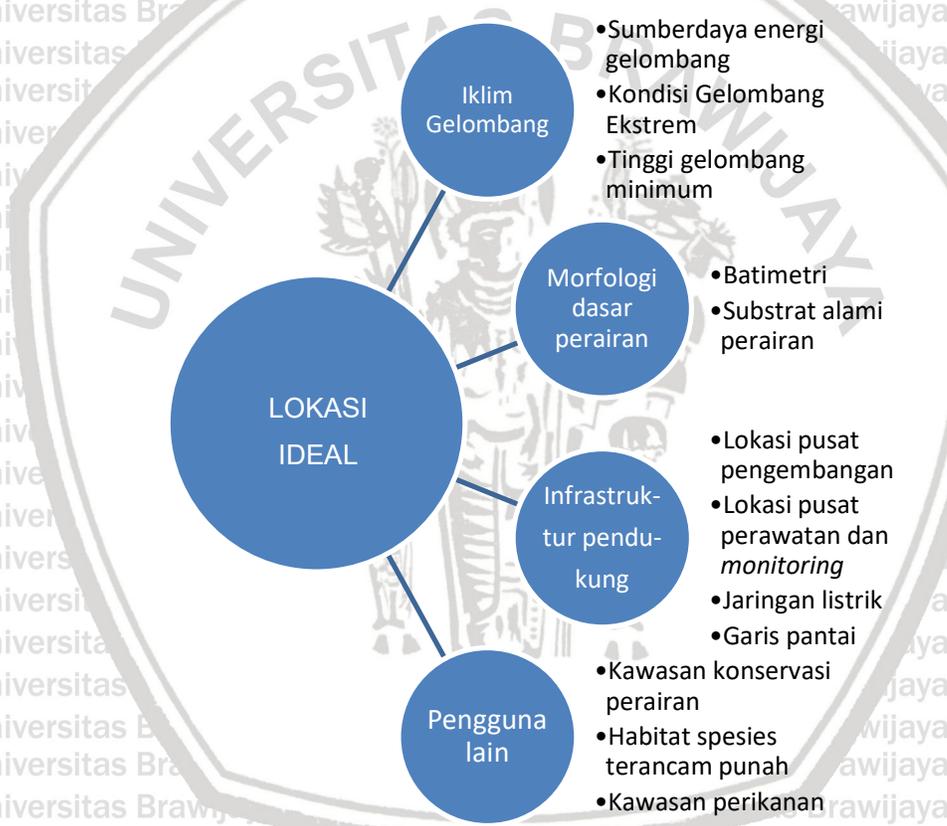
T = Periode gelombang (s)

2.4 Kriteria Kawasan Potensial PLTGL

Proses penentuan lokasi potensial untuk PLTGL tidak hanya mempertimbangkan faktor keluaran energi yang dihasilkan, tetapi juga harus mempertimbangkan faktor ekonomi, sosial, serta lingkungan yang mungkin terpengaruh dengan proyek pemasangan PLTGL di lokasi tersebut. Tidak hanya

di kawasan perairan, termasuk juga di kawasan pesisir dan sepadan pantai.

Menurut Flocard (2016), pendekatan yang paling efektif dalam rencana pemasangan PLTGL adalah dengan metode analisis multi kriteria yang mengaplikasikan evaluasi multi-kriteria geospasial. Kelebihan dari metode ini, juga menurut Flocard (2016), adalah akan mudah diterima oleh para *stakeholder* terkait, dan dengan cepat dapat menampilkan informasi visual melalui peta geografis, yang kemudian akan menjadi bahan diskusi guna mencari skenario alternatif mengenai proyek pembangunan PLTGL yang berlangsung.



Gambar 4. Matriks Kriteria Lokasi Potensial PLTGL (Flocard, 2016)

Menurut Flocard (2016), kriteria-kriteria dalam menentukan lokasi potensial untuk PLTGL antara lain:

1. Penilaian *wave climate*: berkaitan dengan ketersediaan sumber energi dan potensi ekonomi dari pembangkit tersebut.

2. Batimetri: sebagai bahan pertimbangan untuk mengidentifikasi pembangunan infrastruktur pembangkit listrik yang cocok sesuai kondisi topografi dasar perairan di kawasan tersebut.

3. Infrastruktur pendukung: pembangunan pembangkit listrik tenaga gelombang sistem OWC harus mempertimbangkan lokasi infrastruktur pembangkit dengan garis pantai, sistem jaringan listrik, serta gardu induk (Flocard, 2016). Kondisi ini, menurut Flocard (2016) harus dipertimbangkan karena baiknya sebuah pengembangan proyek pembangkit listrik tenaga gelombang laut sangat bergantung pada seberapa jauh aksesnya dari infrastruktur infrastruktur penitng yang akan mendukung kesuksesan, keberlangsungan, serta keberlanjutan proyek pembangkit. Pemilihan tiga insfrastruktur ini berdasarkan pilihan dari seberapa besar pengaruhnya pada instalasi pembangkit yang akan dibangun.

4. Penggunaan lain: sebagai bahan pertimbangan seberapa besar kerusakan yang akan ditimbulkan PLTGL ini bagi kenaekaragaman dan kelestarian lingkungan di sekitar PLTGL serta berpengaruh atau tidaknya terhadap aktivitas lain di sekitar kawasan perairan tersebut.

2.5 Analisis Kesesuaian Lokasi

Analisis multi kriteria adalah suatu metode pengambilan keputusan dimana data geografis dan beberapa kriteria pendukung lainnya menjadi bahan pertimbangan pengambil keputusan (Zulkarnaen, 2012). Metode ini adalah yang paling potensial untuk pengambilan keputusan dengan menggunakan kriteria spasial yang dikombinasikan dan diberi bobot untuk mencapai tujuan secara menyeluruh (Wibowo, 2012). Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya dalam menyatukan perangkat data spasial, serta hasil keputusan diterapkan dalam bentuk perangkat data spasial. Metode tersebut sangat

fleksibel untuk diterapkan, karena perbaikan alur dan model terhadap metode atau data baru dapat dilakukan setelah data dimasukkan (Zulkarnaen, 2012).

Langkah-Langkah dalam analisis multi kriteria menurut Wibowo dan

Semedi (2011), antara lain:

- (1). Menentukan Fokus (*Goals, Aims, Objectives*);
- (2). Identifikasi dan pengelompokkan kriteria (*Factors/Constraint*) (sesuai dengan kebijakan pemda);
- (3). Skoring untuk tiap-tiap kriteria;
- (4). Standarisasi skor untuk kriteria;
- (5). Pembobotan untuk kriteria;
- (6). Peta kesesuaian (*Stakeholder Preferences/Alternatif*);
- (7). Pengambilan keputusan (pilihan)

Kelebihan penggunaan metode ini dalam pemetaan lokasi potensial PLTGL ialah karena metode ini dapat memberikan cara pengambilan keputusan yang seimbang, meskipun parameter yang digunakan beragam (Subarkah, 2009). Sudut pandang pengambilan keputusan berdasarkan Evaluasi Multi-Kriteria Keruangan dapat dinyatakan dalam bentuk matriks. Penerapan matriks berdasarkan *Analytical Hierarcical Process* (AHP) perlu mempertimbangkan aspek dekomposisi, perbandingan dalam keputusan, dan sintesis prioritas (Wibowo, *et al.*, 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Wilayah Kajian

Wilayah kajian penelitian ini membentang di sepanjang km pesisir selatan Jawa Barat dengan 27 stasiun pengamatan (gambar 5). Koordinat setiap stasiun disesuaikan dengan titik-titik pengambilan data gelombang ECMWF di perairan selatan Jawa Barat. Wilayah yang diambil untuk penghitungan potensi daya listrik pada penelitian ini hanya titik-titik stasiun yang berada di garis pantai. Titik koordinat setiap stasiun dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Titik koordinat stasiun pengamatan

Stasiun	Long.	Lat.	Stasiun	Long.	Lat.	Stasiun	Long.	Lat.
1	106,25	-7,5	10	106,25	-7,75	19	106,25	-8
2	106,5	-7,5	11	106,5	-7,75	20	106,5	-8
3	106,75	-7,5	12	106,75	-7,75	21	106,75	-8
4	107	-7,5	13	107	-7,75	22	107	-8
5	107,25	-7,5	14	107,25	-7,75	23	107,25	-8
6	107,5	-7,5	15	107,5	-7,75	24	107,5	-8
7	107,75	-7,5	16	107,75	-7,75	25	107,75	-8
8	108	-7,5	17	108	-7,75	26	108	-8
9	108,25	-7,5	18	108,25	-7,75	27	108,25	-8



Gambar 5. Peta Wilayah Kajian Penelitian

3.2 Alat dan Data

3.2.1 Alat dan Fungsi

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terlampir dalam tabel 2.

Tabel 2. Alat dan Fungsi

No.	Alat	Kegunaan
1	Perangkat Lunak Ocean Data View 4.7.6	Mengekstrak data ECMWF
2	Perangkat Lunak Surfer 10	Memodelkan arah gelombang permukaan dan Batimetri
3	Perangkat Lunak ArcGIS 9.3	Pembuatan layout peta
4	Microsoft Office Excel 365	Pengolahan data numerik
5	Microsoft Office Word 365	Penyusunan usulan dan laporan penelitian

3.2.2 Sumber dan Ketersediaan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terlampir dalam tabel 3.

Tabel 3. Sumber dan Ketersediaan Data

NO	Data	Sumber	Ketersediaan
1	Gelombang	ECMWF	Mengunduh di laman resmi ECMWF
2	Batimetri	DEMNAS	Mengunduh di laman resmi DEMNAS BIG
3	Kawasan Konservasi dan Habitat Spesies Dilindungi	Dirjen Pengelolaan Ruang Laut KKP	Mengunduh di laman resmi Dirjen PRL KKP
4	Peta Pelabuhan	KKP	Mengunduh di laman resmi KKP
5	Peta Kelistrikan Jawa Barat	PLN	Mengutip dari RUPTL PLN 2018-2027

3.3 Alur Penelitian

Penelitian terbagi dalam dua tahap, yaitu perhitungan potensi daya listrik dari gelombang di perairan selatan Jawa Barat, serta penentuan lokasi potensial pembangunan perangkat pembangkit listrik. Pengukuran potensi daya listrik dilakukan dengan metode deskriptif analitik. Dimana hasil yang disajikan berupa data-data hasil pengolahan yang dilakukan secara

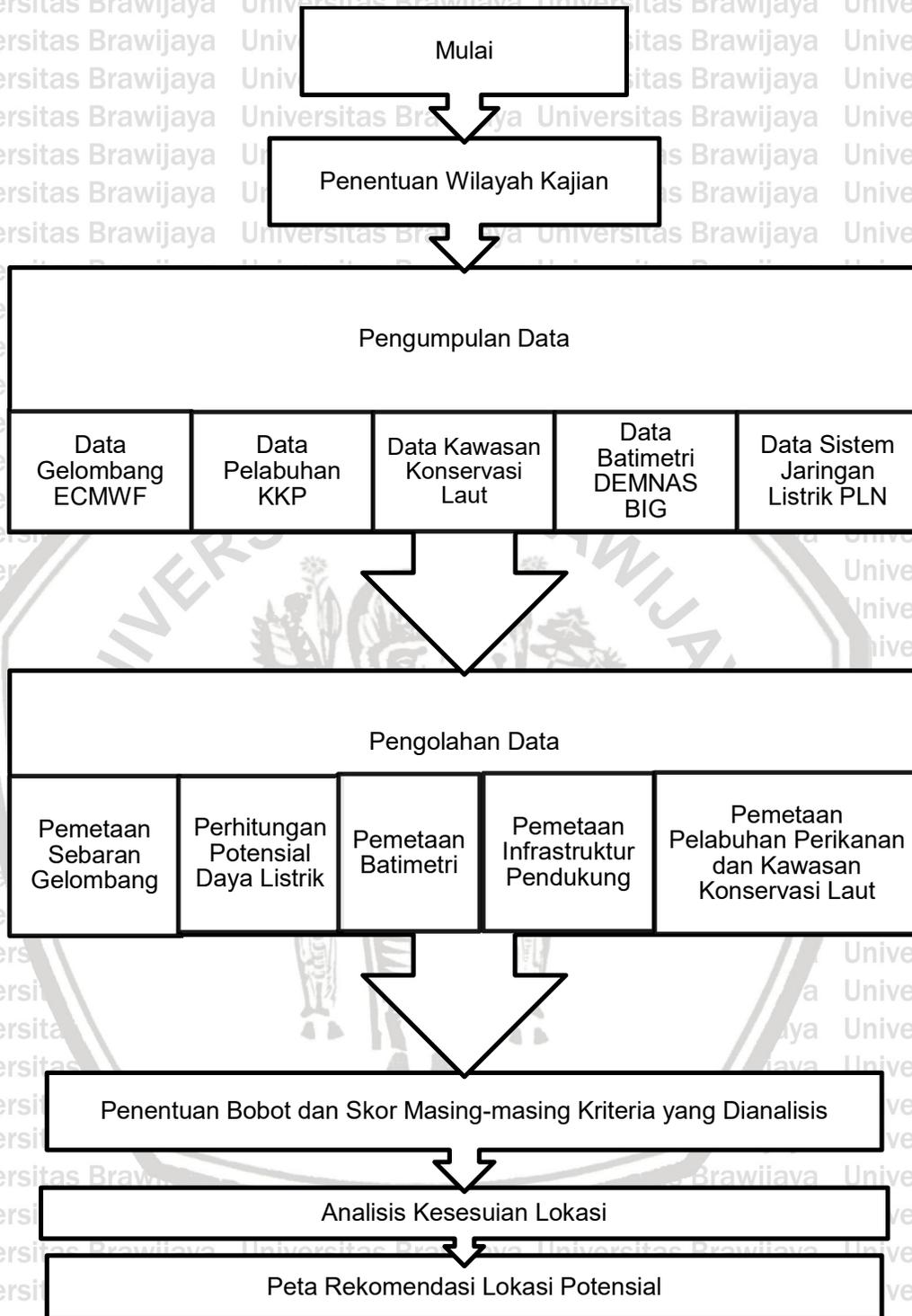
sistematis, aktual, dan tepat. Materi dari penelitian ini adalah bersumber dari data sekunder. Dimana data gelombang tahun 2014-2018 diperoleh dari ECMWF. Mengingat penelitian ini membutuhkan data *time series* sepanjang 5 tahun berturut-turut, maka sangat tidak memungkinkan untuk mengambil data primer di lapangan.

Penentuan lokasi rekomendasi pemasangan perangkat dilakukan dengan metode analisis multi kriteria, dimana kriteria, parameter, dan pembobotan yang dipilih mengacu pada Flocard (2016). Kriteria-kriteria ini kemudian dianalisis menggunakan metode ini guna menemukan lokasi potensial untuk PLTGL. Secara lebih jelas, alur penelitian ditunjukkan dalam gambar 6.

3.4 Metode Pengumpulan Data

3.4.1 Data Primer

Pengukuran potensial daya gelombang membutuhkan data *time series* untuk mengukur seberapa stabil gelombang di kawasan perairan tersebut. Khusus untuk penelitian ini, karena data yang dibutuhkan adalah arah, tinggi, dan periode gelombang selama 10 tahun berturut-turut, sangat tidak memungkinkan untuk mengambil data secara langsung di lapangan karena keterbatasan waktu yang ada. Oleh karena itu, data gelombang di penelitian ini menggunakan data sekunder.



Gambar 6. Skema Alur Penelitian

3.4.2 Data Sekunder

3.4.2.1 Gelombang

Data sekunder untuk parameter gelombang dalam penelitian ini diperoleh dari laman ECMWF. Data gelombang yang disediakan oleh ECMWF berupa data tinggi, arah, dan periode gelombang. Data yang didownload berupa data *time series* selama 5 tahun dari 2014 hingga 2018 dengan grid 0,25 sebagai pemisah antar stasiun.

3.2.4.2 Batimetri

Pengukuran data batimetri menggunakan data sekunder dari data DEMNAS Badan Informasi Geospasial. Data batimetri kemudian dimodelkan dengan perangkat lunak Surfer 10 untuk mendapatkan peta batimetri. Data ini diperlukan untuk mengetahui topografi dasar laut sehingga didapat lokasi yang representatif untuk menempatkan alat pembangkit listrik tenaga gelombang laut, karena berdasarkan penelitian Wijaya (2010), alat pembangkit harus dipasang pada daerah dengan topografi landai agar kuat menanam penyangga sistem OWC. Data ini nantinya akan menghasilkan keluaran berupa peta topografi dasar perairan di selatan Jawa Barat.

3.4.2.3 Infrastruktur Pendukung

Jarak pembangkit terhadap infrastruktur pendukung yakni garis pantai, gardu induk, serta sistem jaringan listrik. Data gardu induk dan jaringan listrik provinsi Jawa Barat diperoleh dari PLN dalam rencana usaha penyediaan tenaga listrik (RUPTL) tahun 2018-2027. Data yang berupa peta jaringan listrik kemudian didigitasi secara manual dengan perangkat lunak ArcGIS 10.3 untuk kemudian menjadi peta infrastruktur pendukung.

3.4.2.4 Penggunaan Lain

Terdapat dua parameter pengguna lain, yakni perikanan dan lingkungan.

Data lokasi pelabuhan perikanan diperoleh dari laman resmi kementerian perikanan dan kelautan. Parameter ini nantinya akan diberi bobot dan skala kesesuaian sesuai dengan FLocard (2016). Untuk parameter kawasan konservasi dan/atau habitat spesies terancam punah dan/atau dilindungi, digunakan data kawasan konservasi perairan yang dipublikasikan Direktorat Jenderal Konservasi dan Keaneekaragaman Hayati Laut Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), sedangkan untuk data kawasan cagar alam laut serta kawasan konservasi perairan daerah diperoleh dari publikasi Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut KKP.

3.5 Pengolahan Data

3.5.1 Pengolahan Data Gelombang

Data gelombang ECMWF yang telah diunduh terlebih dahulu diolah dalam perangkat lunak ODV untuk diekstrak dari format *.nc menjadi *.txt, kemudian kelompokkan data yang telah diekstrak tadi berdasarkan koordinat setiap stasiun. Nilai rata-rata tinggi signifikan dan periode gelombang digunakan untuk menghitung nilai potensial daya listrik, menggunakan persamaan yang disarankan oleh Utami (2010) sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{4} \times w \times \rho \times g \times H_s^2 \times L$$

dimana:

P = Potensi daya listrik (W)

w = lebar *chamber* (m)

ρ = kerapatan air = 1028 kgm⁻³

H_s = Tinggi signifikan gelombang (m)

T = Periode gelombang (s)

L = panjang gelombang (m)



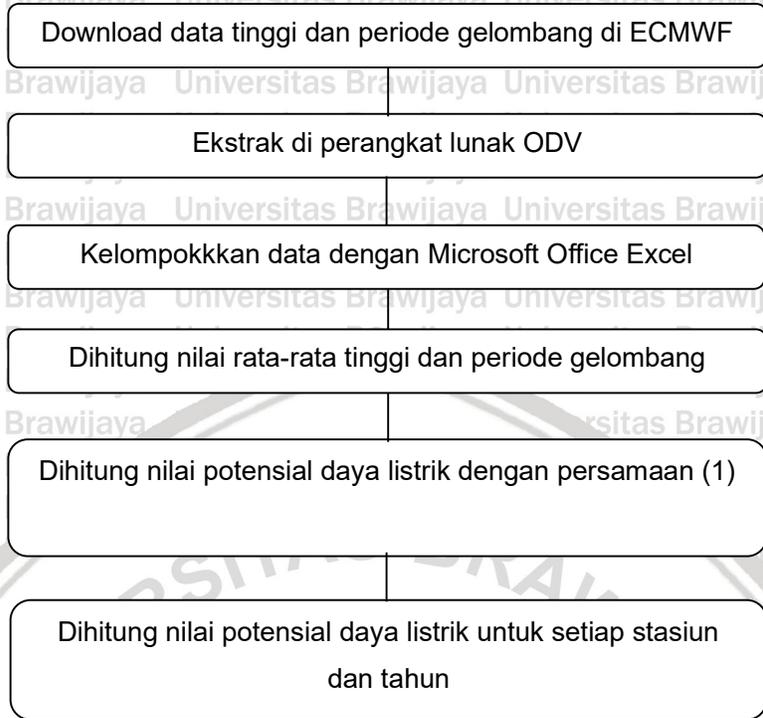
Gambar 7. Prototipe PLTGL OWC dengan Lebar Chamber 2,4 m (Utami, 2010)

Nilai panjang gelombang dihitung dengan persamaan yang diusulkan oleh Triatmodjo (2006), yaitu:

$$L = 1,56T^2$$

Lebar *chamber*, disesuaikan dengan prototipe yang digunakan oleh Utami (2010), yaitu 2,4 m. Prototipe ini diasumsikan efektif dalam pembangkitan energi gelombang. Prototipe OWC yang digunakan dapat dilihat di gambar 7.

Nilai potensial daya listrik ini dikelompokkan berdasar tahun dan stasiun pengamatannya. Secara rinci, pengolahan data gelombang ditunjukkan oleh gambar 8.



Gambar 8. Skema Kerja Pengolahan Data Gelombang

3.5.2 Analisis Kesesuaian Lokasi

Langkah Pertama dalam metode ini adalah membuat seleksi dari beberapa alternatif dalam bentuk peta dari suatu wilayah yang nantinya disebut sebagai kriteria. Kemudian kriteria yang berisi informasi dibuatkan standarisasi kriteria dan bobot untuk masing-masing kriteria. Hasil dari metode ini yang menjadi luaran adalah peta. Peta ini menampilkan wilayah kesesuaian (beberapa alternatif wilayah) yang sangat membantu dalam pengambilan kebijakan atau keputusan. (Raaijmakers, 2006). Penggunaan metode ini dalam perencanaan pembangunan menjadi penting agar memudahkan simulasi dalam perencanaan wilayah. Hasil dari metode ini berupa wilayah dengan beberapa pilihan lokasi atau luasan yang berbeda (Wibowo, et al, 2009). Setelah kriteria dan parameternya ditentukan, selanjutnya adalah menentukan nilai dan bobot dari masing-masing parameter.

3.5.2.1 Pembobotan

Penetapan bobot bertujuan untuk memberikan prioritas pilihan sesuai dengan tingkat kepentingan pemangku kebijakan (Listantari, *et al.*, 2016). Pada studi ini pembobotan dilakukan dengan menggunakan nilai pembobotan yang disarankan oleh Flocard (2016). Kesesuaian kawasan perairan sebagai lokasi PLTGL-OWC, dianalisa berdasarkan parameter dan kondisinya dengan menggunakan skala penilaian 0 sampai 1 dimana semakin mendekati 1 maka semakin sesuai, sedangkan apabila mendekati 0 semakin tidak sesuai.

Tabel 4. Matriks Kesesuaian Lokasi PLTGL-OWC (Flocard, 2016)

Parameter	Bobot	Kategori	Skor	Kategori	Skor	Kategori	Skor
		S1		S2		N	
Potensial daya listrik (kW)	0,5	>1000	3	600-1000	2	<600	1
Topografi	0,3	Landai	3	-	-	Curam	1
Jarak dari infrastruktur pendukung (km)	0,1	<20	3	20-30	2	>30	1
Penggunaan lain (kawasan konservasi dan pelabuhan Perikanan)	0,1	Tidak ada	3	-	-	Ada	1

3.5.2.2 Indeks Kesesuaian (IK)

Indeks kesesuaian adalah sebuah indeks untuk menghitung kesesuaian sebuah lokasi untuk difungsikan menjadi fungsi tertentu. Indeks kesesuaian dapat dihitung dengan persamaan yang diusulkan Flocaard (2016), sebagai berikut:

$$IK = \sum_{i=1}^n W_i X_i \times \prod_{j=1}^m C_j$$

dengan: IK = Indeks Kesesuaian Lokasi

W_i = Bobot kriteria ke- i

X_i = Skor kriteria ke- i
 C_j = Skala (0-1)

Menurut Flocard (2016), indeks kesesuaian diukur dalam skala 0 sampai 1, dimana semakin mendekati 1 maka lokasi semakin semakin sesuai.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Perairan Selatan Jawa Barat

Provinsi Jawa Barat secara astronomis terletak diantara $104^{\circ} 48'$ sampai $108^{\circ} 48'$ BT dan $5^{\circ} 50'$ sampai $7^{\circ} 50'$ LS. Sedangkan secara geografis berbatasan dengan Samudera Hindia di selatan, DKI Jakarta dan Laut Jawa di utara, provinsi Jawa Tengah di timur dan provinsi Banten di barat. Tipe pantai di wilayah pesisir selatan Jawa Barat sebelah barat umumnya adalah pantai karang, pantai berbatu, dan pantai berpasir dengan panjang pantai 130,860 km (Wahyudin, 2011). Perbukitan merupakan ciri utama pantai selatan dengan pantai terjal dan perbukitan bergelombang dengan kemiringan mencapai 40% dan disusun oleh sedimen tua. Wilayah pantai mulai dari Tegal Buleud hingga Ujung Genteng batuan geologinya merupakan endapan permukaan berupa aluvium seperti lempung, lanau, kerikil dan kerakal. Sedangkan proses sedimentasi akibat erosi di lahan atas terjadi di sekitar muara sungai besar seperti Cimandiri. Proses sedimentasi yang besar terjadi selama musim penghujan (Wahyudin, 2011).

Wilayah perairan selatan Jawa Barat merupakan daerah pesisir yang langsung berhadapan dengan Samudera Hindia. Karakteristik gelombang dan angin di perairan ini berfluktuasi sepanjang tahun dengan kekuatan angin dan gelombang yang tinggi. Kondisi ini disebabkan oleh pengaruh angin monsun yang berhembus baik dari Australia ke Asia (monsun barat) maupun sebaliknya (monsun timur). Keberadaannya yang langsung berhadapan dengan Samudera Hindia juga merupakan faktor lain yang membentuk karakter angin dan gelombang di wilayah selatan Jawa Barat (Purba, 2014).

Karakteristik umum oseanografi pantai selatan Jawa Barat sangat dipengaruhi oleh Samudera Hindia, dengan ciri berombak besar, batimetri laut

dalam dan tinggi gelombang dapat mencapai lebih dari tiga meter. Keadaan arus pada perairan dipengaruhi oleh pasang surut, angin, densitas serta pengaruh masukan air dari muara sungai. Arus pantai selatan Jawa pada bulan Pebruari sampai Juni bergerak ke arah timur dan bulan Juli hingga Januari bergerak ke arah barat (Hidayat, 2005)

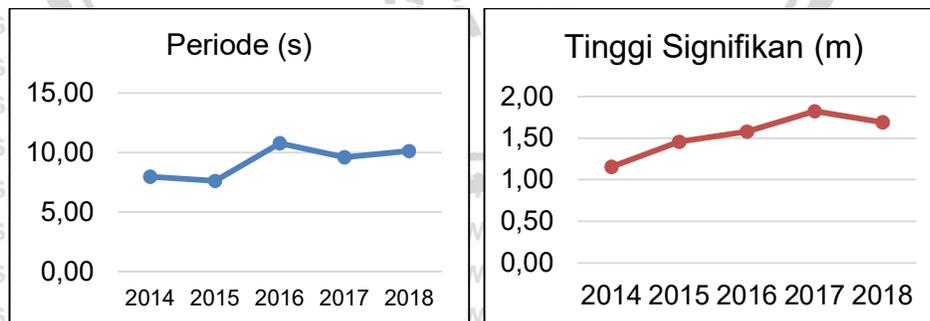
4.2 Analisis Data Gelombang

4.2.1 Analisis Data Gelombang Tahunan

Hasil pengolahan data gelombang tahunan yang diunduh dari laman ECMWF dapat dilihat pada tabel 5. Nilai rata-rata tinggi signifikan dan periode gelombang berada di kisaran 1,15 sampai 1,82 m untuk tinggi signifikan dan 7,61 sampai 10,78 s untuk periode gelombang (gambar 9).

Tabel 5. Hasil Pengolahan Data Gelombang

Tahun	Rata-rata Arah Gelombang (°)	Rata-rata Peiode Gelombang (s)	Rerata Tinggi Signifikan Gelombang (m)
2014	2,35	7,96	1,15
2015	2,94	7,61	1,46
2016	4,28	10,78	1,58
2017	4,65	9,61	1,82
2018	4,56	10,12	1,69



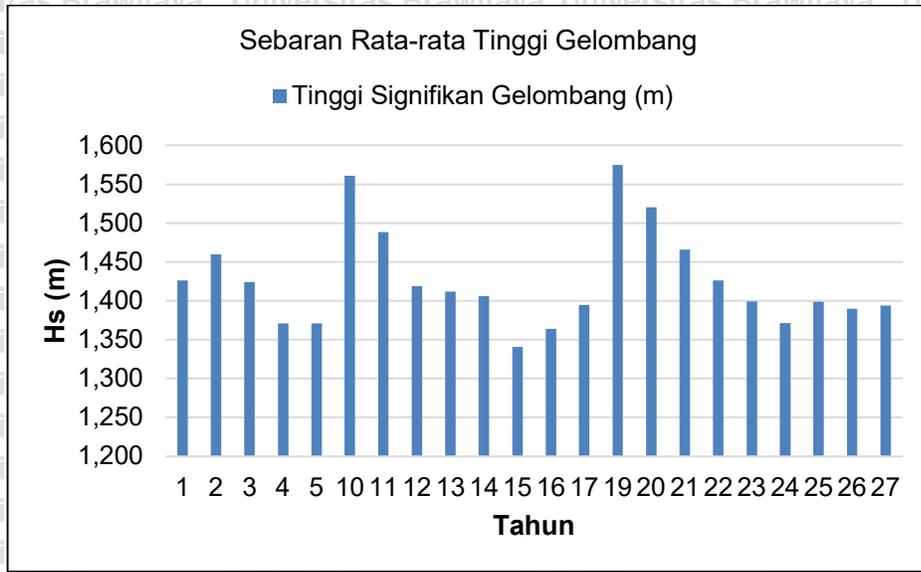
Gambar 9. Grafik Sebaran Rata-rata Periode Gelombang

4.2.2 Analisis Rata-rata Gelombang Berdasarkan Stasiun

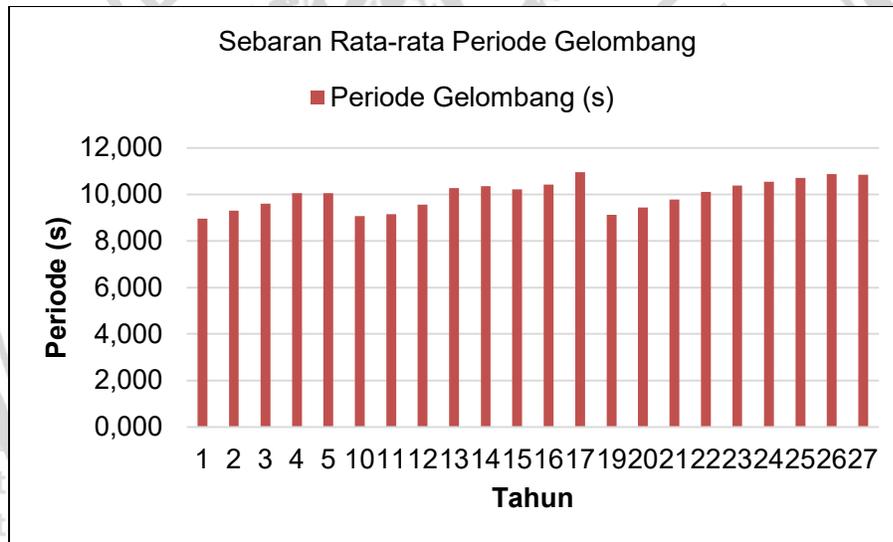
Hasil pengolahan data gelombang setiap stasiun, dapat dilihat pada tabel 6. Nilai rata-rata tinggi signifikan dan periode gelombang berada di kisaran 1,340 sampai 1,575 m untuk tinggi signifikan dan 8,962 sampai 10,967 s untuk periode gelombang. Data gelombang di ECMWF untuk stasiun 2 dan 3 tidak tercatat di ECMWF, sedangkan stasiun 6, 7, 8, 9, dan 18 nilainya tidak dihitung karena lokasinya berada di daratan (gambar 10 dan 11).

Tabel 6. Data Gelombang Berdasarkan Stasiun

Stasiun	Rata-rata Arah Gelombang (°)	Rata-rata Peiode Gelombang (s)	Rerata Tinggi Signifikan Gelombang (m)
1	3,079	8,962	1,426
2	3,126	9,308	1,460
3	3,172	9,608	1,424
4	3,229	10,058	1,371
5	3,229	10,058	1,371
10	3,148	9,072	1,561
11	3,120	9,149	1,488
12	3,138	9,565	1,419
13	3,247	10,287	1,412
14	3,264	10,357	1,406
15	3,263	10,220	1,340
16	3,316	10,424	1,364
17	3,428	10,967	1,395
19	3,151	9,121	1,575
20	3,139	9,445	1,520
21	3,159	9,776	1,466
22	3,207	10,111	1,426
23	3,271	10,391	1,399
24	3,306	10,549	1,371
25	3,349	10,713	1,399
26	3,401	10,880	1,390
27	3,418	10,843	1,394



Gambar 10. Grafik rata-rata tinggi signifikan gelombang tahun 2014-2018

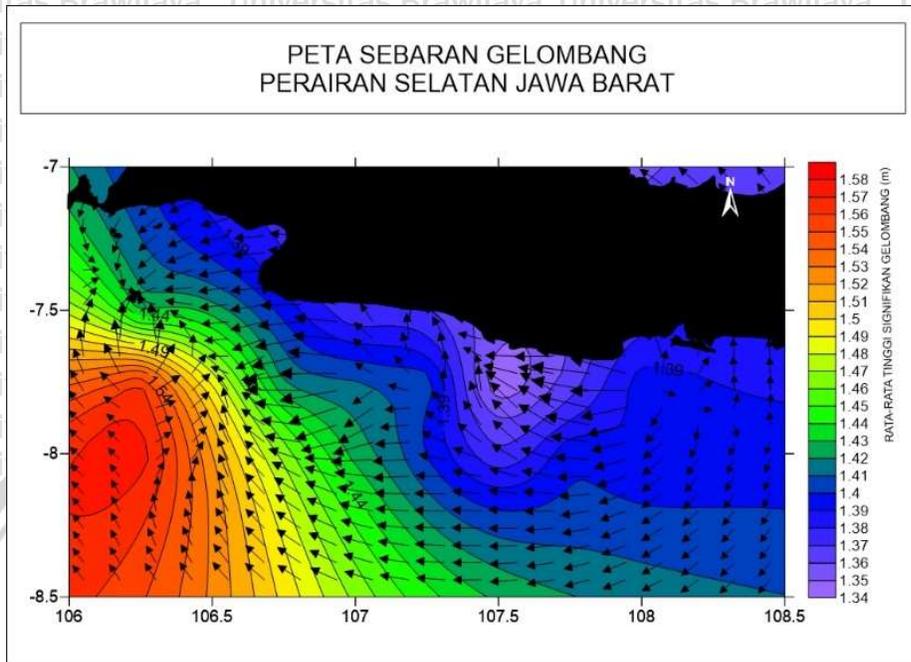


Gambar 11. Grafik rata-rata periode gelombang tahun 2014-2018

4.2.3 Analisis Sebaran Data Gelombang

Pergerakan gelombang di sepanjang pesisir selatan Jawa Barat didominasi oleh gelombang yang datang dari arah timur. Gelombang ini adalah gelombang yang terbentuk akibat pergerakan angin monsun timur yang berhembus dari Australia. Sementara dari sebelah barat Jawa Barat dan sebagian besar pesisir selatan Banten, pergerakan gelombang didominasi oleh

gelombang yang datang dari arah barat laut. Gelombang datang dari samudera Hindia (gambar 12).



Gambar 12. Peta Sebaran Gelombang Perairan Selatan Jawa Barat

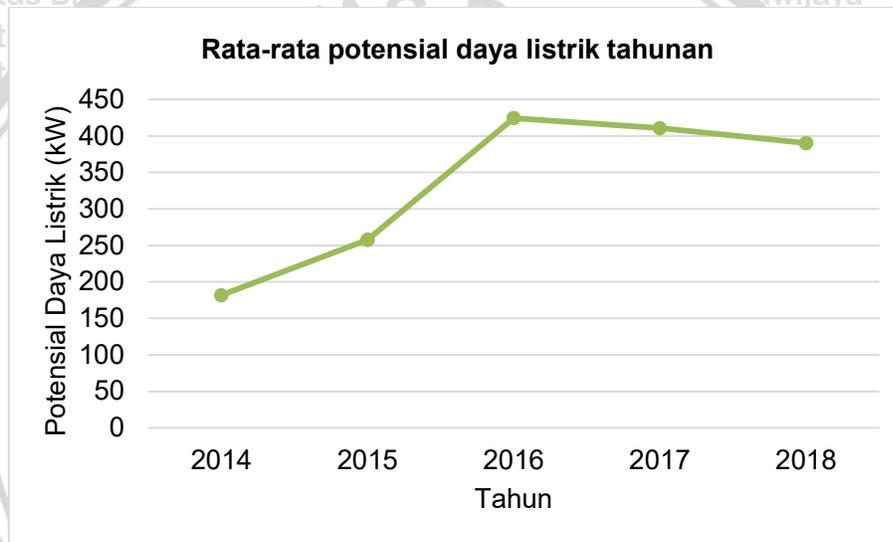
4.3 Analisis Potensial Daya Listrik

4.3.2 Perhitungan Potensial Daya Listrik

Perhitungan potensial daya listrik yang dapat dibangkitkan dari energi gelombang perairan selatan Jawa Barat dilakukan dengan persamaan (1). Hasil perhitungan potensial daya listrik dapat dilihat di tabel 7. Nilai potensial daya listrik paling tinggi tercatat pada tahun 2016, dengan nilai potensial daya listrik sebesar 424,54 kW. Potensial daya paling kecil tercatat pada tahun 2014 dengan nilai 181,66 kW. Sebaran nilai rata-rata potensial daya listrik tahunan dapat dilihat di gambar 13.

Tabel 7 Hasil perhitungan potensial daya listrik

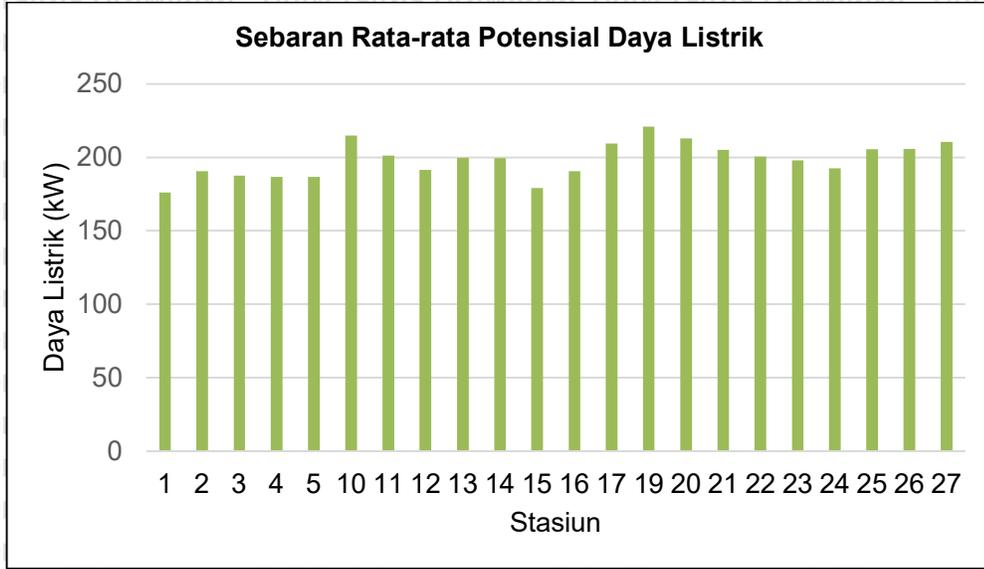
Tahun	Rata-rata Peiode Gelombang (s)	Rerata Tinggi Signifikan Gelombang (m)	Potensial Daya Listrik (kW)
2014	7,96	1,15	181,66
2015	7,61	1,46	257,92
2016	10,78	1,58	424,54
2017	9,61	1,82	410,54
2018	10,12	1,69	390,06



Gambar 13. Grafik Rata-rata Potensial Daya Listrik

4.3.3 Analisis Sebaran Daya Listrik

Hasil perhitungan potensial daya listrik setiap stasiun, dapat dilihat pada tabel 8. Nilai potensial daya listrik paling tinggi terdapat di stasiun 19, dengan nilai potensial daya listrik sebesar 220,8996 kW. Potensial daya paling kecil terdapat di stasiun 1 dengan nilai 176,1701 kW. Sebaran besaran nilai rata-rata potensial daya listrik untuk setiap stasiun dapat dilihat di gambar 14.



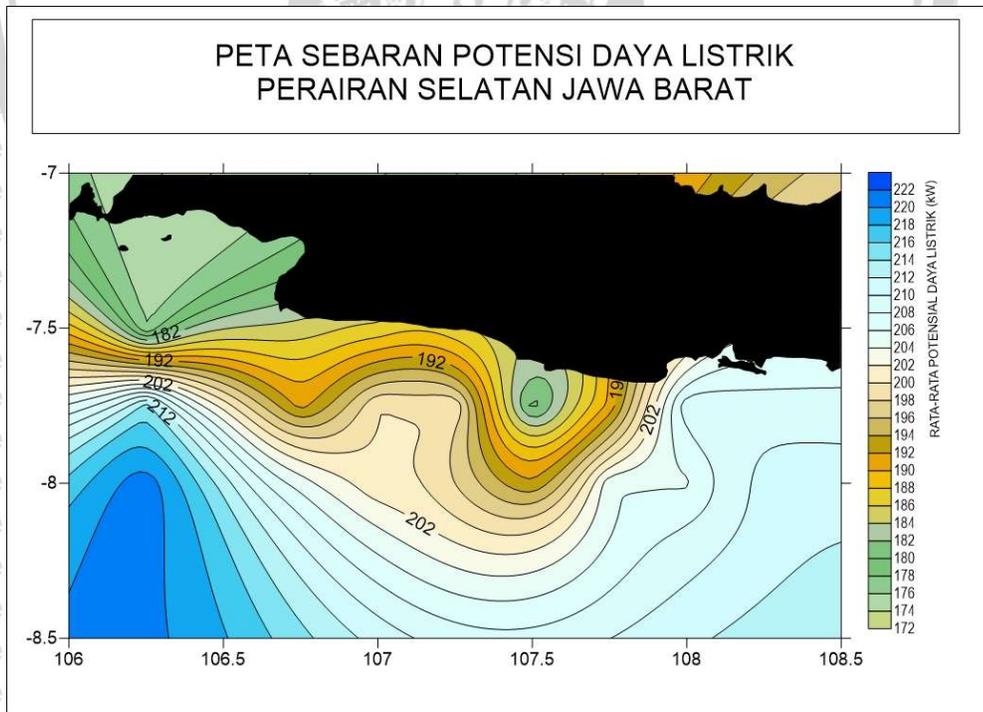
Gambar 14. Grafik Rata-rata Potensial Daya Listrik 2014-2018

Persebaran potensial daya listrik di perairan selatan Jawa Barat amat dipengaruhi oleh tingginya gelombang yang datang. Berdasarkan gambar 14 diketahui bahwa potensial daya yang paling besar terdapat di perairan paling timur Jawa Barat. Hal ini disebabkan gelombang yang datang dari timur belum terlalu banyak yang pecah hingga gelombang masih cukup tinggi. Semakin ke barat, potensial daya listrik semakin kecil karena tinggi gelombang yang datang juga semakin kecil. Kondisi berbeda terjadi di lepas pantai samudera Hindia, dimana potensial daya listrik tercatat sangat tinggi. Hal ini karena dilaut lepas gelombang gelombang tidak pecah oleh pendangkalan.

Tabel 8. Sebaran data potensial daya listrik

Stasiun	Rata-rata Peiode Gelombang (s)	Rerata Tinggi Signifikan Gelombang (m)	Potensial Daya Listrik (kW)
1	8,962	1,426	176,1701
2	9,308	1,460	190,5458
3	9,608	1,424	187,5751
4	10,058	1,371	186,6073
5	10,058	1,371	186,6073
10	9,072	1,561	214,8029

Stasiun	Rata-rata Peiode Gelombang (s)	Rerata Tinggi Signifikan Gelombang (m)	Potensial Daya Listrik (kW)
11	9,149	1,488	201,2046
12	9,565	1,419	191,3601
13	10,287	1,412	199,8203
14	10,357	1,406	199,6102
15	10,220	1,340	179,2184
16	10,424	1,364	190,661
17	10,967	1,395	209,3024
19	9,121	1,575	220,8996
20	9,445	1,520	213,0126
21	9,776	1,466	205,0249
22	10,111	1,426	200,5799
23	10,391	1,399	197,9715
24	10,549	1,371	192,3648
25	10,713	1,399	205,3648
26	10,880	1,390	205,7261
27	10,843	1,394	210,4863



Gambar 15. Peta Sebaran Rata-rata Potensial Daya Listrik (kW) Perairan Selatan Jawa Barat Tahun 2014-2018

4.5 Analisis Lokasi Potensial PLTGL-OWC

4.5.1 Analisis Kriteria

4.5.1.1 Potensial Daya Listrik

Analisis kriteria potensial daya listrik untuk setiap stasiun dapat dilihat di tabel 9. Berdasarkan matriks kesesuaian untuk kriteria potensial daya listrik di

perairan selatan Jawa Barat, semua stasiun termasuk pada kategori tidak sesuai

(N) hal ini karena potensial daya listrik di semua stasiun kurang dari 600.000 W.

Kecilnya potensial daya listrik diakibatkan tinggi gelombang yang tidak sesuai,

dimana tinggi rata-rata maksimum gelombang hanya 1,575 m, sementara tinggi

gelombang minimum yang sesuai untuk pembangkitan energi listrik adalah 1,6 m

(Cruz *et al.*, 2011).

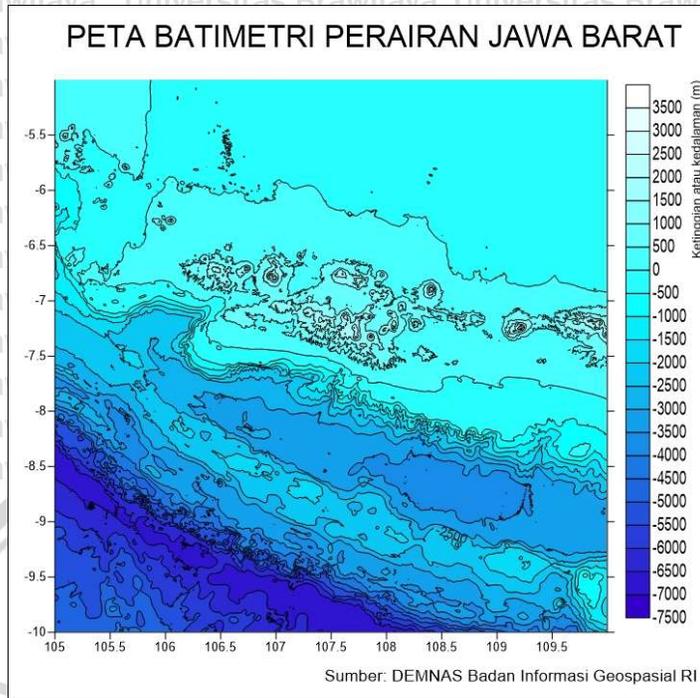
Tabel 9. Analisis kriteria potensial daya listrik

Stasiun	Potensial Daya Listrik (kW)	Kategori Kesesuaian
1	176,17	N
2	190,54	N
3	187,57	N
4	186,60	N
5	186,60	N
10	214,80	N
11	201,20	N
12	191,36	N
13	199,82	N
14	199,61	N
15	179,21	N
16	190,66	N
17	209,30	N
19	220,89	N
20	213,01	N
21	205,02	N
22	200,57	N

Stasiun	Potensial Daya Listrik (kW)	Kategori Kesesuaian
23	197,97	N
24	192,36	N
25	205,36	N
26	205,72	N
27	210,48	N

4.5.1.2 Topografi

Topografi dasar perairan diketahui dengan cara menganalisa peta batimetri. Peta batimetri perairan selatan Jawa Barat diperoleh dari peta DEMNAS BIG (gambar 15). Berdasarkan peta batimetri tersebut, diketahui bahwa topografi di stasiun 1 sampai 5 cenderung landai dengan kedalaman 0-500 m, sedangkan stasiun 10 sampai 19 cenderung curam dengan kedalaman 2500-3000 m. Topografi yang paling rendah terdapat di stasiun 20 sampai 27 dengan kedalaman 4000-4500 m. Muchitawati *et al* (2017) menyatakan bahwa formasi pantai pada pesisir selatan jawa barat berada pada elevasi 0 – 250 m diatas permukaan air laut.



Gambar 16. Peta Batimetri Perairan Selatan Jawa Barat (DEMNAS BIG)

Stasiun yang potensial untuk lokasi PLTGL-OWC berdasarkan topografinya adalah stasiun yang mempunyai topografi landai (Wijaya, 2010).

Berasarkan topografinya maka lokasi yang sesuai berada di stasiun 1 sampai 5, sedangkan stasiun lain tidak sesuai karena topografinya yang curam. Analisis kriteria topografi setiap stasiun dapat dilihat di tabel 10.

Tabel 10. Analisis kriteria Topografi

Stasiun	Topografi	Kategori Kesesuaian
1	Landai	S1
2	Landai	S1
3	Landai	S1
4	Landai	S1
5	Landai	S1
10	Curam	N
11	Curam	N
12	Curam	N

Stasiun	Topografi	Kategori Kesesuaian
13	Curam	N
14	Curam	N
15	Curam	N
16	Curam	N
17	Curam	N
19	Curam	N
20	Curam	N
21	Curam	N
22	Curam	N
23	Curam	N
24	Curam	N
25	Curam	N
26	Curam	N
27	Curam	N

4.5.1.3 Infrastruktur Pendukung

Parameter infrastruktur pendukung dihitung adalah jarak stasiun pengamatan dari garis pantai, gardu induk serta jaringan listrik. Peta infrastruktur listrik dapat dilihat di gambar 16. Jarak dari stasiun ke infrastruktur pendukung dihitung dengan menggunakan fitur *calculate geometry* dari ArcGIS. Kategori kesesuaian lokasi PLTGL-OWC berdasarkan jarak dari infrastruktur pendukung, didapat hasil bahwa stasiun yang sesuai terdapat di stasiun 2, 3, 4, 5, 16, dan 17 sedangkan untuk stasiun lain tidak sesuai. Analisis kriteria penggunaan infrastruktur setiap stasiun dapat dilihat di tabel 11.



Gambar 17. Peta Infrastruktur Jaringan Listrik Jawa Barat

Tabel 11. Analisis infrastruktur pendukung

Stasiun	jarak dari infrastruktur pendukung (m)	Kategori Kesesuaian
1	22,75843	S2
2	12,27222	S1
3	7,391959	S1
4	5,300098	S1
5	5,530176	S1
10	53,34903	N
11	43,62585	N
12	37,16272	N
13	36,25022	N
14	29,82817	S2
15	25,35181	S2
16	7,568125	S1
17	6,006383	S1
19	86,17759	N
20	76,56851	N
21	69,76493	N

Stasiun	jarak dari infrastruktur pendukung (m)	Kategori Kesesuaian
22	67,99275	N
23	61,99099	N
24	56,6503	N
25	38,52508	N
26	29,79953	S2
27	23,54612	S2

4.5.1.4 Penggunaan Lain

Data yang tersedia di laman resmi KKP menunjukkan bahwa terdapat 8 pelabuhan perikanan dan 3 kawasan konservasi perairan (gambar 17). Lokasi yang sesuai untuk menjadi PLTGL-OWC adalah lokasi yang tidak terdampak dan/atau berdampak oleh aktivitas perikanan dan konservasi perikanan sekitar 1 km (Flocard, 2016). Berdasarkan lokasi kawasan perikanan dan konservasi, maka lokasi yang tidak sesuai berada di stasiun 1, 2, 6, 15, 16, dan 17, sedangkan stasiun lain sesuai karena lokasinya jauh dari kawasan konservasi maupun pelabuhan perikanan. Analisis kriteria pengguna lain setiap stasiun dapat dilihat di tabel 12.



Gambar 18. Peta pelabuhan perikanan dan kawasan konservasi perairan selatan Jawa Barat

Tabel 12. Analisis kriteria penggunaan lain

Stasiun	Penggunaan Lain (Pelabuhan perikanan dan kawasan konservasi)	Kategori Kesesuaian
1	Ada	N
2	Ada	N
3	Tidak ada	S1
4	Tidak ada	S1
5	Tidak ada	S1
10	Tidak ada	S1
11	Tidak ada	S1
12	Tidak ada	S1
13	Tidak ada	S1
14	Tidak ada	S1
15	Ada	N
16	Ada	N
17	Ada	N
19	Tidak ada	S1
20	Tidak ada	S1

Stasiun	Penggunaan Lain (Pelabuhan perikanan dan kawasan konservasi)	Kategori Kesesuaian
21	Tidak ada	S1
22	Tidak ada	S1
23	Tidak ada	S1
24	Tidak ada	S1
25	Tidak ada	S1
26	Tidak ada	S1
27	Tidak ada	S1

4.5.2 Analisis Potensial Lokasi PLTGL-OWC

Lokasi potensial untuk PLTGL-OWC ditentukan dengan menghitung indeks kesesuaian di setiap stasiun pengamatan. Indeks kesesuaian (IK) dihitung dengan cara membagi nilai total dibagi nilai maksimal satu kategori. Hasil indeks kesesuaian setiap stasiun dapat dilihat di tabel 13.

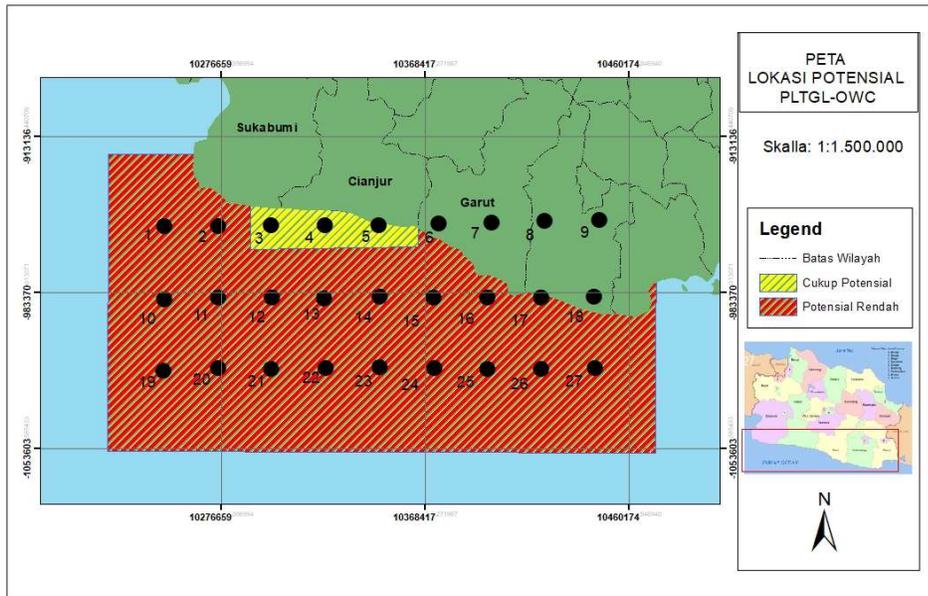
Tabel 13. Analisis potensial lokasi PLTGL-OWC berdasarkan stasiun

Stasiun	Kriteria	Bobot	Hasil	Skor	NI	Total Skor	Total NI	IK
1	1	0,5	176,17	1	0,5	7	1,7	0,57
	2	0,3	Landai	3	0,9			
	3	0,1	22,7584	2	0,2			
	4	0,1	Ada	1	0,1			
2	1	0,5	190,546	1	0,5	8	1,8	0,6
	2	0,3	Landai	3	0,9			
	3	0,1	12,2722	3	0,3			
3	4	0,1	Ada	1	0,1	10	1,2	0,67
	1	0,5	187,575	1	0,5			
	2	0,3	Landai	3	0,9			
	3	0,1	7,39196	3	0,3			
4	4	0,1	Tidak Ada	3	0,3	10	1,2	0,67
	1	0,5	186,607	1	0,5			
	2	0,3	Landai	3	0,9			
	3	0,1	5,3001	3	0,3			
5	4	0,1	Tidak Ada	3	0,3	10	1,2	0,67
	1	0,5	186,607	1	0,5			
	2	0,3	Landai	3	0,9			
	3	0,1	5,53018	3	0,3			

Stasiun	Kriteria	Bobot	Hasil	Skor	NI	Total Skor	Total NI	IK
10	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
	1	0,5	214,803	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	53,349	1	0,1			
11	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
	1	0,5	201,205	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	43,6258	1	0,1			
12	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
	1	0,5	191,36	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	37,1627	1	0,1			
13	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
	1	0,5	199,82	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	36,2502	1	0,1			
14	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	7	1,3	0,43
	1	0,5	199,61	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	29,8282	2	0,2			
15	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	5	1,1	0,37
	1	0,5	179,218	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	25,3518	2	0,2			
16	4	0,1	Ada	1	0,1	6	1,2	0,4
	1	0,5	190,661	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	7,56813	3	0,3			
17	4	0,1	Ada	1	0,1	6	1,2	0,4
	1	0,5	209,302	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	6,00638	3	0,3			
19	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
	1	0,5	220,9	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	86,1776	1	0,1			
20	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
	1	0,5	213,013	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	76,5685	1	0,1			
21	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
	1	0,5	205,025	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	69,7649	1	0,1			
22	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
1	0,5	200,58	1	0,5				



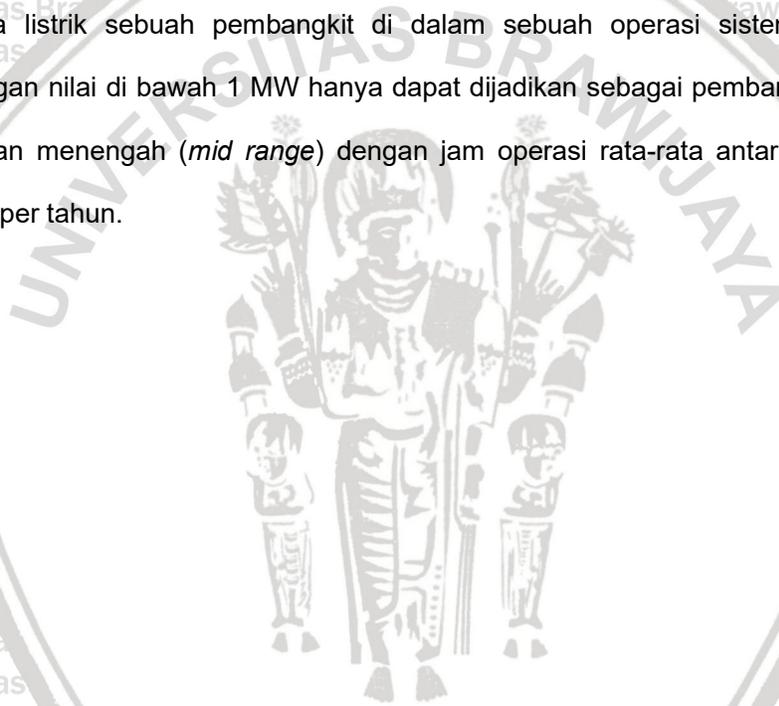
Stasiun	Kriteria	Bobot	Hasil	Skor	NI	Total Skor	Total NI	IK
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	67,9928	1	0,1			
	4	0,1	Tidak ada	3	0,3			
23	1	0,5	197,971	1	0,5	6	1,2	0,4
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	61,991	1	0,1			
24	4	0,1	Tidak ada	3	0,3	6	1,2	0,4
	1	0,5	192,365	1	0,5			
	2	0,3	Curam	1	0,3			
25	3	0,1	56,6503	1	0,1	6	1,2	0,4
	4	0,1	Tidak ada	3	0,3			
	1	0,5	205,365	1	0,5			
26	2	0,3	Curam	1	0,3	7	1,3	0,43
	3	0,1	29,7995	2	0,2			
	4	0,1	Tidak ada	3	0,3			
27	1	0,5	210,486	1	0,5	7	1,3	0,43
	2	0,3	Curam	1	0,3			
	3	0,1	23,5461	2	0,2			
	4	0,1	Tidak ada	3	0,3			



Gambar 19. Peta Potensial Lokasi PLTGL-OWC

Hasil perhitungan indeks kesesuaian setiap stasiun menunjukkan bahwa lokasi yang cukup potensial untuk PLTGL-OWC berada di stasiun 3, 4, dan 5 dengan indeks kesesuaian mencapai 0,67. Sementara stasiun yang lain indeks kesesuaiannya sangat kecil. Hal ini berarti potensinya sangat rendah untuk menjadi lokasi PLTGL-OWC

Potensi daya listrik rata-rata yang di perairan selatan Jawa Barat berada dibawah 1 MW. Keluaran daya dibawah 1MW tidak cukup untuk menjadi pembangkit pemikul beban dasar (*base load*). Menurut Wikarsa (2010), potensi daya listrik sebuah pembangkit di dalam sebuah operasi sistem kelistrikan dengan nilai di bawah 1 MW hanya dapat dijadikan sebagai pembangkit pemikul beban menengah (*mid range*) dengan jam operasi rata-rata antara 2000-5000 jam per tahun.



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Potensial daya yang dapat dibangkitkan dari energi gelombang di perairan selatan Jawa Barat bervariasi. Nilai potensial daya listrik paling tinggi terdapat di stasiun 19, dengan nilai potensial daya listrik sebesar 726,4 kW. Sementara, stasiun 1 memiliki potensial daya listrik terkecil yaitu 579,3 kW.
2. Hasil perhitungan indeks kesesuaian setiap stasiun menunjukkan bahwa lokasi yang sangat potensial untuk PLTGL-OWC berada di stasiun 3, 4, dan 5 dengan indeks kesesuaian mencapai 0,67. Stasiun dengan indeks potensi yang paling rendah adalah stasiun 15 dengan indeks kesesuaian hanya sebesar 0,37.

5.2 Saran

Kriteria-kriteria yang digunakan untuk *Spatial Multi-Criteria Evaluation* dalam penelitian ini hanya mengadaptasi secara mentah dari penelitian sebelumnya, yang mana kriteria dan pembobotan itu ditentukan berdasarkan kondisi sosial ekonomi di daerah tersebut. Karenanya, harus dianalisa kembali kriteria-kriteria yang perlu diukur dalam perencanaan PLTGL-OWC di Indonesia, khususnya di Jawa Barat, yang sesuai dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, M.F. 2006. Gerak air di laut. *Oseana*. **31**: 9–21.
- Brahim, S.P., 2014. Renewable energy and energy security in the philippines. *Energy Procedia*. **52**: 480–486.
- Clément, A., *et al.* 2002. Wave energy in Europe: current status and perspectives. *Renew. Sust. Energy Rev.*, 2002, 6(5), 405–431.
- Cruz J. 2011. Ocean Wave Energy: Current Status and Future Perspectives. *Heidelberg: Springer*. **1**: 220-241.
- Drew, B., *et al.* 2009. A review of wave energy converter. *J. Power and Energy*. **223**: Part A
- Duckers, L. 2004. Wave energy. *Renewable energy*. **2**: 8-13
- Duxbury, A. dan Svedrup, K., 2002. *Fundamentals of Oceanography*. McGraw Hill.
- Flocard, Francois., Daniel Ierodionou., and Ian R. Colghan. 2016. Multi-Criteria Evaluation of Wave Energy Projects on The South-East Australian Coast. *Renewable Energy*. **99**: 88-94.
- Hayward J, Osman P. 2011. *The Potential of Wave Energy*. New York.
- Hidayat, Nur. 2005. Kajian Hidro-Oseanografi untuk Deteksi Proses-Proses Fisik di Pantai. *Jurnal SMARTek*. **3**: 73–85.
- Lanuru dan Suwarni. 2011. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Hasanudin: Makassar.
- Muchtiawati, Grutitno Saftiri., *et al.* 2017. Studi Karakteristik Geologi Pantai Selatan Jawa untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan 2017*.
- Nining, S. N. 2002. *Oseanografi Fisis*. Kumpulan Transparansi Kuliah Oseanografi Fisika, Program Studi Oseanografi, ITB.
- Prastiantomo, Arief. 2014. *Rancang Bangun Miniatur Pembangkit Gelombang Laut*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- Purba, Noir P., 2014. Variabilitas Angin dan Gelombang Laut sebagai Energi Terbarukan di Pantai Selatan Jawa Barat. *Jurnal Akuatika*. **5**: 8-15.
- Purba, Noir P., *et al.*, 2015. Suitable Locations of Ocean Renewable Energy (ORE) in Indonesia Region – GIS Approached. *Energy Procedia*. **1**: 230-238.

Pinet, P.R., 2016. *Invitation of Oceanography : Seventh Edition, 7th ed.* Jones and Bartlett Learning, Burlington, MA.

Subagio, M.B., Fitri, S.P., Soemartojo, 2012. Analisa Teknis Sistem Konversi Pneumatis Energi Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Listrik. *Jurnal Teknologi POMITS*. **1**: 1–6.

Thorpe, T.W., 1999. A Brief Review of Wave Energy. *A Report Produced for The UK Department of Trade and Industry*.

Subarkah, P. 2009. *Spatial Multi Criteria Evaluation for Tsunamis Vulnerability Case Study of Coastal Area Parangtritis, Yogyakarta, Indonesia*, Tesis. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.

Triatmodjo, B., 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset.

Utami, S. R. (2010). *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Menggunakan Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia*. Depok: Universitas Indonesia.

Wahyudin, Yudi. 2011. Karakteristik sumberdaya pesisir dan laut kawasan Teluk Palabuhanratu, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Bonorowo Wetlands*. **1 (1)**: 19-32.

Wibowo, Totok W., et al. 2015. *Evaluasi Multi-Kriteria Keruangan untuk Pemetaan Kerentanan Terhadap Bahaya Tsunami di Pesisir Kabupaten Bantul*. Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2015. ISSN: 2460-0474.

Wibowo, Totok W., 2012, *Analisis Risiko Tsunami terhadap Bangunan dan Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Transfer Risiko: Studi Kasus di Kelurahan Ploso, Pacitan*. Tesis, Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.

Wibowo, Adi., dan Jarot M. Semedi. 2011. Model Spasial dengan Smce Untuk Kesesuaian Kawasan Industri (Studi Kasus Di Kota Serang). *Globé*. **13**: 50 - 59.

Wijaya, I Wayan Arta. 2010. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column di Perairan Bali. *Teknologi Elektro*. **IX**: 165-174.

Wikarsa, Muhammad Tresna. 2010. Studi Analisis Program Percepatan 10.000 MW Tahap I pada Operasi Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali. Tesis. Universitas Indonesia.

Zulkarnaen, M.W.D. 2012. *Evaluasi Multi-Kriteria Keruangan untuk Penilaian Risiko Total Tsunami di Pacitan*, Tesis. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.

