

Pemanfaatan Arus Laut di Pantai Ampenan Provinsi NTB sebagai Energi Alternatif menggunakan Oscillating Water Column

Akbar Mauladani, Mufidah Hanun Bunga Salsabila, Nova Anwalia Irrizqi
Vichi Cahyo Eko Saputro
Madrasah Aliyah Jabal Noer Sidoarjo
vichipeduli@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan listrik merupakan kebutuhan utama masyarakat dalam aktivitas sehari-hari. Bahan bakar yang digunakan sebagai pembangkit listrik di Indonesia saat ini bersumber dari BBM dan batu bara yang merupakan sumber energi tidak berkelanjutan. Sehingga diperlukan energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik yang semakin meningkat. Energi arus laut menjadi salah satu alternatif dalam upaya mereduksi penggunaan sumber BBM dan batu bara. Salah satu konversi arus laut menjadi energi listrik yakni dapat menggunakan Oscillating Water Column (OWC). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis besar konversi energi dan kelayakan dari OWC di pantai Ampenan sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pengumpulan data sekunder. Untuk mengetahui potensi daya listrik yang dihasilkan OWC di Pantai Ampenan menggunakan data sekunder dari Perairan Sempu. Hal tersebut dikarenakan karakteristik gelombang laut di Perairan Sempu sama dengan di Pantai Ampenan. Berdasarkan data yang diperoleh tinggi gelombang laut di Perairan Sempu mencapai 1,3 – 5,1 meter dengan periode 4,7 – 5,5 detik. Didapatkan nilai daya listrik yang dihasilkan oleh OWC sebesar 2.051,1 – 4.009,68 kW dengan efisiensi generator 97%. Karakteristik ombak di Pantai Ampenan dengan tinggi gelombang mencapai 1,1 – 5,0 meter dengan periode 4,5 – 5,4 detik. Berdasarkan karakteristik gelombang laut kedua tempat sama, maka OWC dapat diterapkan di Pantai Ampenan sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Kelayakan OWC ditinjau dari faktor teknis dan geografis. Secara teknis OWC dinyatakan layak berdasarkan listrik yang dihasilkan memenuhi kebutuhan warga. Secara geografis OWC dinyatakan layak dikarenakan Pantai Ampenan yang dekat dengan pemukiman penduduk sehingga memiliki aksesibilitas yang tinggi.

Kata Kunci : Energi alternatif, Pembangkit listrik tenaga arus laut, OWC, Perairan Sempu, Pantai Ampenan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kondisi bahan bakar fosil yang meliputi minyak, dan batu bara saat ini di Indonesia semakin habis. Kebutuhan Indonesia akan energi cenderung naik rata-rata 6,5% dari periode 2003 sampai dengan 2020 yang sejalan dengan pertumbuhan PDB yang meningkat sekitar 3,2%-6% pada periode yang sama (Muchlis, 2020). Sedangkan bahan bakar fosil sebagai sumber energi tidak berkelanjutan (*unsustainable*), akibatnya Indonesia menjadi pengimpor BBM. Data dari Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas) menunjukkan terjadi penurunan produksi minyak bumi dalam tujuh tahun terakhir sejak 2016. Tercatat produksi minyak bumi sebanyak 831.000 barel per hari dan menurun sampai 660.000 barel per hari pada tahun 2023. Target pemerintah dalam produksi minyak di tahun 2023 sebanyak 703.000 barel per hari. Sedangkan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) nasional mencapai 1,4 – 1,5 juta barel per hari. Sehingga Indonesia masih memerlukan impor minyak mentah dan bahan bakar minyak (BBM) sekitar 800.000 barel per hari untuk memenuhi kebutuhan BBM nasional (Migas, 2023). Sehingga menjadikan beban Indonesia dengan naiknya harga BBM dalam pemasaran dunia yang lebih dari 79 dollar AS per barrel. Sementara itu, energi yang terjangkau merupakan akses masyarakat untuk meningkatkan standart hidup (Kementrian ESDM, 2023). Hal tersebut mendorong pemerintah untuk melakukan penghematan dan mencari energi berkelanjutan seperti pada Instruksi Presiden Nomor 10 Tahun 2005.

Energi baru dan terbarukan (EBT) merupakan energi yang memanfaatkan sumber daya yang dapat diperbarui seperti tenaga angin, tenaga surya, tenaga air laut, dan sumber nabati. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) Indonesia menargetkan pemanfaatan energi terbarukan sebagai energi nasional sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Namun hal ini masih jauh dari kata terlaksana, menggunakan bahan bakar fosil atau minyak sebagai tenaga kelistrikan masih menjadi prioritas utama. Hal ini didasari oleh pernyataan Kementrian ESDM yang menyatakan bahwa Indonesia memiliki potensi energi terbarukan sebesar 3.600 GW, sedangkan pemanfaatannya hanya sebesar 11,15 GW atau 3% dari total potensi energi terbarukan.

Indonesia merupakan kepulauan terbesar di dunia yang 70% terdiri atas perairan dan merupakan sumberdaya terbarukan. Indonesia berusaha meningkatkan inventarisasi sumberdaya non hayati salah satunya berpotensi menjadi energi arus laut. Dari penelitian pemetaan potensi arus laut sebagai eksplorasi sumber non konvensional menyatakan energi

yang cukup potensial terdapat di wilayah pesisir terutama pulau-pulau kecil dikawasan timur (Erwandi 2006). Selat Lombok merupakan salah satu perlintasan arus penting di bagian selatan Arus Lintas Indonesia (Arlindo) juga bagian dari Lesser Sunda Islands. Di selat ini juga memiliki kecepatan arus yang relatif kuat bukan hanya adanya Arlindo saja tetapi akibat geometrik dan pasang surut musiman.

Pengukuran arus laut ini dilakukan oleh Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, menggunakan sepasang *Acoustic Doppler Current Profiler* (ACDP). Yang menyatakan rata-rata kecepatan arus laut lebih dari 7,2 m/detik dengan durasi aliran 8 – 12 jam per hari, atau kecepatan maksimum mencapai 7,4 m/detik, dan tinggi rata – rata arus laut mencapai 1,1m – 5,5m (Lubis, 2010). Namun sampai saat ini sumberdaya arus laut di Indonesia belum digunakan, tetapi telah membuktikan bahwa arus laut berpotensi sebagai pengembangan energi alternatif.

Pasokan listrik di Pulau Lombok sebesar 150kW yang dilayani melalui sistem interkoneksi. Sistem ini dioperasikan sebagai pemasok beban listrik di Mataram. Sistem interkoneksi ini memiliki gardu induk di Ampenan, Jerajang, Mantang, Sengkol, Kuta, Pakamontong / Selong dan Pringbaya. Sistem interkoneksi di Lombok ini akan terus dikembangkan mengingat kebutuhan listrik akan terus meningkat dan Ampenan memasok kebutuhan listrik 150/20kW (Yusuf, 2019). Kebutuhan listrik ini akan menjadi sebuah perhatian mengingat Ampenan memiliki karakteristik arus laut yang berpotensi sebagai sumber energi alternatif.

Dengan keadaan seperti ini, arus laut dikawasan Ampenan menjadi sebuah potensi yang mudah dimanfaatkan sebagai energi alternatif dengan menggunakan *Oscillating Water Column*. Penerapan *Oscillating Water Column* merupakan bentuk implementasi teknologi dalam optimalisasi energi. *Oscillating Water Column* bekerja dengan adanya tekanan udara yang diberikan oleh gelombang. Tekanan udara tersebut akan menggerakkan turbin yang terletak pada permukaan kolom udara yang akan menghasilkan energi listrik.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana energi yang dihasilkan *oscillating water column* sebagai energi alternatif tenaga arus laut di pantai Ampenan ?
2. Bagaimana kelayakan *oscillating water column* sebagai energi alternatif tenaga arus laut di pantai Ampenan ?

C. Tujuan

1. Mengetahui besar energi yang dihasilkan *oscillating water column* sebagai energi alternatif tenaga arus laut di pantai Ampenan.

2. Mengetahui kelayakan *oscillating water column* sebagai energi alternatif tenaga arus laut di pantai Ampenan.

D. Manfaat

1. Bagi masyarakat NTB

Sebagai penghematan biaya pengganti menggunakan energi fosil

2. Bagi Indonesia

Meminimalisir penggunaan bahan bakar fosil sebagai energi tidak berkelanjutan

3. Bagi penulis

Sebagai pengembangan diri dan memotivasi diri untuk memunculkan inovasi-inovasi yang lainnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Arus Laut

Arus laut merupakan perpindahan massa air yang terjadi secara vertikal dan horizontal menuju titik setimbangnya. Pergerakan massa air ini terjadi akibat adanya pergerakan angin laut, perbedaan massa jenis air yang dipengaruhi oleh kadar garam, dan panjang gelombang air laut. Gelombang laut merupakan naik turunnya air di laut. Pergerakan naik turunnya air searah tegak lurus pada permukaan air laut dan membentuk kurva/grafik sinusoidal.

Menurut Purba (2014), tinggi gelombang air laut yang dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) yaitu antara 0,54 m sampai 3,1 m. Menurut teori Sverdrup, munk, dan Bretchneider (SMB) kecepatan angin minimum yang dapat membangkitkan gelombang adalah sekitar 10 knot atau setara dengan 5 m/s. Selain itu menurut Azizie (2020) tinggi gelombang laut yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTGL berkisar 1,55 m – 6,36 m. Ketinggian gelombang laut dan kecepatan angin di Indonesia dapat berubah bergantung pada perubahan musim yang terjadi. Pola perubahan musim ini memiliki pengaruh terhadap ketinggian ombak.

B. Karakteristik Arus di Pantai Ampenan

Penelitian tentang teknologi konversi arus laut menjadi energi listrik sedang berlangsung sangat gencar. Inggris sudah memasang prototipe skala penuh dengan kapasitas 300 MW di Foreland Point, Nort Devon pada mei 2003. Norwegia juga sudah menerapkan instalasi energi arus laut di Kvalsundet Hammerfest dengan kapasitas 700 MW. Dan Jepang menggunakan MEC-Model dengan melakukan studi kelayakan di selat Kammon. Sedangkan di Indonesia masih berusaha mengembangkan potensi energi arus laut. Salah satu daerah yang memiliki potensi arus laut yang dapat dikonversi menjadi energi adalah di daerah Lombok.

Selat lombok memiliki kedalaman laut lebih dari 5.000 meter dengan kondisi tinggi gelombang mencapai 1,1 – 5,0 meter dan periode gelombang bernilai 4,5 – 5,4 detik (Proyek PSAPB, DPU Prov. NTB, 2018). Pada bulan Agustus arus permukaan berasal dari arah utara menuju selatan dengan kecepatan rata-rata 6,8 m/s. Pada bulan februari arus dari baratdaya menuju timur pada pantai utara lombok dengan kecepatan rata-rata 7,4 m/s. Berapa penelitian dilakukan di selat Lombok yang menunjukkan kecepatan arus rata-rata mencapai 6,8 – 7,4 m/s. Hal inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut.

Tabel 2.1. Data Gelombang di Pantai Ampenan

Parameter	Nilai Rata-rata
T (periode)	4,6-5,4 detik
U (kec.angin terkoreksi)	27,7 m/detik
H (tinggi ombak)	1,1 – 5,0 m
L (Panjang gelombang)	156,05 m
Vt (kecepatan gelombang)	7,2 m/detik

Sumber : pengukuran primer 2018

C. Karakteristik Ombak di Pulau Sempu

Pulau Sempu merupakan Pulau kecil yang terletak di daerah Malang Jawa Timur. Saat ini Sempu menjadi kawasan cagar alam yang dilindungi oleh pemerintah. Secara geografis Pulau Sempu terletak diantara $112^{\circ} 40' 45''$ bujur timur dan $8^{\circ} 27' 24'' - 8^{\circ} 24' 54''$ lintang selatan. Pulau Sempu memiliki luas sebesar 877 hektar yang berbatasan dengan selat Sempu dan Samudera Hindia. Pulau sempu dijadikan penelitian tentang pemanfaatan arus laut sebagai sumber energi alternatif (Ubaidillah dkk, 2014). Ketinggian ombak maksimum mencapai 5,1 meter di pesisir dengan periode ombak 4,7 – 5,5 detik. Karakteristik gelombang di perairan sempu dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Data Gelombang di Perairan Sempu

Parameter	Nilai Rata-rata
T (periode)	4,6 - 6,0 detik
H (tinggi ombak)	1,3 – 5,1 m
L (Panjang gelombang)	24 m
Vt (kecepatan gelombang)	7,89 m/detik

Sumber : Ubaidillah 2014

D. Energi Terbarukan

Energi terbarukan merupakan energi yang sangat melimpah tersedia di alam ketersediaan energi tersebut hanya dapat habis secara alamiah. Bukan karena digunakan oleh manusia, tapi energi tersebut bisa hilang proses alamiah tersebut berhenti dengan sendirinya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa energi terbarukan tidak akan habis apabila proses alam ini terus berlangsung. Jenis-jenis energi terbarukan yaitu: tenaga surya, energi angin, energi pasang surut, energi ombak, dan energi panas bumi. Energi tersebut tergolong energi terbarukan karena ketersediaanya melalui proses alam dengan jumlah banyak dan berlangsung secara terus – menerus.

Adanya energi terbarukan ini penting bagi kehidupan manusia, karena energi terbarukan dapat mengurangi dampak dari perubahan iklim dan lebih ramah lingkungan. Energi terbarukan juga dapat digunakan untuk menggantikan energi fosil yang nantinya bisa habis ketika terus digunakan. Penggunaan energi yang semakin meningkat membuat manusia membutuhkan energi yang lain yang ada saat ini untuk melakukan aktivitas sehari-hari.

E. Konversi Arus Laut menjadi Sumber Energi Listrik

Pemanfaatan arus laut menjadi sumber energi listrik belum terlalu banyak kajiannya. Negara yang sudah menerapkan sistem konversi arus laut menjadi energi listrik adalah Inggris, Prancis, dan Jepang. Energi berasal dari arus laut ini memanfaatkan pergerakan gelombang laut menuju daratan dan sebaliknya. Energi arus laut ini tergolong dalam energi terbarukan, secara alamiah arus laut terjadi akibat dorongan angin. Pergerakan angin terjadi apabila terdapat perbedaan tekanan udara, hal ini akan terus berlangsung apabila dua titik tersebut tidak terjadi perubahan tekanan udara. Hal tersebut menjadikan proses arus laut akan terus berlangsung secara alamiah sehingga arus laut dapat dikatakan sebagai energi terbarukan.

Indonesia merupakan Negara secara geografis terdiri dari 70% lautan dan 30% daratan dengan 17.000 pulau dan 99.000 km bibir pantai. Selain itu juga, Indonesia adalah tempat pertemuan arus laut yang diakibatkan oleh konstanta pasang surut yang dominan di Samudera Hindia dengan periode sekitar 12 jam dan konstanta pasang surut yang dominan di Samudera Pasifik dengan periode kurang lebih 24 jam (Erwandi, 2006). Berdasarkan letak geografis tersebut Indonesia memiliki potensi dalam pemanfaatan arus laut sebagai sumber energi alternatif.

Pemanfaatan arus laut menjadi energi listrik dilakukan dengan cara menangkap ombak ke dalam bilik atau kolom dan memaksa udara untuk keluar melalui turbin. Udara yang keluar akan menggerakkan turbin yang terhubung pada generator untuk menghasilkan listrik. Energi arus laut juga dapat dimanfaatkan dengan cara memanfaatkan gerakan naik turunnya ombak dengan piston yang dapat menggerakkan generator. Bentuk lain pemanfaatan arus laut dapat dilakukan pada saat kondisi pasang dan surut di bibir pantai. Arus laut ketika pasang akan ditampung pada reservoir, dan akan dialirkan ketika surut. Prinsip kerja pemanfaatan arus laut dengan bentuk ini seperti PLTA.

F. Prinsip Kerja Oscillating Water Column (OWC)

Implementasi OWC sebagai PLTG memanfaatkan gelombang laut. Efisiensi listrik yang dihasilkan oleh OWC secara teoritis mencapai 70% – 80%. Persentase tersebut menunjukkan OWC merupakan teknologi yang efektif dalam menunjang kebutuhan energi. Namun dalam praktiknya kemungkinan efisiensi tersebut tidak akan sama dikarenakan pengaruh aliran udara

yang masuk pada kolom dan pengaruh kondisi gelombang (Ubaidillah, 2014). Sistem kerja teknologi ini yaitu memasukkan gelombang laut kedalam sebuah bilik/kolom osisali. Gelombang laut bergerak naik turun akan mengakibatkan udara yang mengalir masuk dan keluar pada kolom. Aliran udara pada kolom akan memberikan tekanan sehingga mampu menggerakkan turbin yang terhubung dengan generator. Pada generator akan merubah energi gerak menjadi energi listrik. Adapun komponen utama dalam OWC sebagai berikut :

1. Kolektor

Kolektor merupakan sebuah bangunan yang digunakan untuk mengumpulkan ombak sebanyak-banyaknya. Selanjutnya memfokuskan pada converter. Jika dilihat dari fungsinya, maka bentuk dari kolektor adalah menjorok ke lautan lepas. Besarnya daya yang masuk ke dalam kolektor dapat diketahui dari ketinggian ombak, periode ombak, dan lebar kolom kolektor yaitu dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$P_w = \frac{1}{2T} \rho w g a^2 \dots (2.1)$$

Dimana : P_w = Daya yang dihasilkan ombak (W)

T = Periode ombak (s)

w = Lebar ombak (m)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

a = Amplitudo ombak (H/2)

Pada kolektor terdapat lubang *oriface* yang digunakan untuk menghubungkan kolektor dengan turbin angin. Turbin angin dapat bergerak dengan adanya gaya dan tekanan angin yang dimiliki oleh *oriface*.

2. Turbin angin

Turbin angin pada OWC digunakan untuk merubah tekanan udara yang dihasilkan oleh kolektor menjadi energi gerak. Prinsip kerja dari turbin angin yaitu mengubah energi mekanis dari tekanan udara menjadi energi putar pada turbin, lalu putaran turbin tersebut digunakan sebagai pemutar generator yang pada akhirnya akan menghasilkan energi listrik. Umumnya daya efektif yang dapat dihasilkan oleh turbin angin hanya sebesar 20%-30% Parameter turbin angin yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Parameter turbin angin

Turbine Diameter	2.6 m
Nominal Operating Speed	1050 rpm
Arrangement	In Line Contra-rotating
Number of Blades	7

Blade Chord	320 mm
Hub toTip Ratio	0.62

Sumber : Publishable Report of Islay LIMPET Wave Power Plant

Untuk menghitung daya pada turbin pembangkit memenuhi nilai gaya dan tekanan angin pada orifice kolektor serta torsi dari turbin. Gaya dan tekanan angin yang berada pada orifice didapatkan dari hasil uji coba model menggunakan software *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Untuk menghitung torsi tersebut digunakan persamaan 2.2.

$$Q = F \times l \dots (2.2)$$

Dimana Q = torsi turbin (Nm)

F = Gaya pada orifice (N)

l = Jari-jari turbin (m)

untuk menghitung besarnya daya yang dihasilkan oleh turbin digunakan persamaan 2.3

$$Pt = \omega Q = 2\pi n Q \dots (2.3)$$

Dengan : Pt = daya yang dihasilkan turbin (W)

Q = torsi turbin (Nm)

n = putaran turbin (rpm)

3. Generator

Konversi energi elektromagnetik merupakan perubahan energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik maupun dari bentuk listrik ke bentuk mekanik. Generator sinkron(alternator) ini merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi sebagai penghasil tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis ini didapatkan dari pergerakan atau putaran rotor oleh penggerak mula (*prime mover*), dan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan strator dan rotornya. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator bergantung pada efisiensi gerator dan daya turbin sebagai penggerak generator. Perhitungan daya listrik yang dihasilkan generator dapat dilihat pada persamaan 2.4.

$$P_g = P_t \times \eta_{generator}$$

Dengan : Pg = daya listrik yang dihasilkan generator (W)

η = efisiensi generator (%)

BAB III

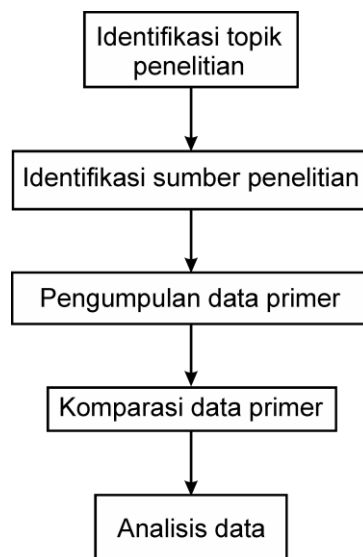
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini berupa penelitian sekunder, yakni menggunakan data yang sudah tersedia. Pengumpulan data melalui studi literasi dari buku, lembaga pemerintahan, dan jurnal ilmiah. Penelitian sekunder ini dilakukan karena keterbatasan peneliti untuk melakukan studi lapangan secara langsung. Sehingga peneliti melakukan studi literasi terkait data oceanografi dari berbagai wilayah Indonesia agar memperoleh data arus laut yang memiliki karakteristik arus laut di pantai Ampenan.

B. Kerangka Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan lima tahapan antaranya identifikasi topik penelitian, identifikasi sumber penelitian, pengumpulan data primer, komparasi data primer, dan analisis data. Kerangka penelitian yang digunakan dalam penulisan karya ilmiah ini seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

1. Identifikasi Topik Penelitian

Identifikasi topik penelitian merupakan langkah awal yang dilakukan oleh penulis untuk melakukan penelitian. Identifikasi topik ini bertujuan untuk menemukan permasalahan dan mencari solusi dalam penyelesaiannya. Berdasarkan hasil identifikasi maka ditemukan topik yang akan menjadi kajian dalam penelitian.

2. Identifikasi Sumber Penelitian

Sumber penelitian merupakan subjek dalam memperoleh data penelitian. Identifikasi sumber penelitian dilakukan untuk mencari data. Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder diperoleh dengan melakukan pengumpulan data

primer. Data primer yang menjadi sumber penelitian berasal dari jurnal ilmiah, buku, dan instansi pemerintah atau swasta.

3. Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dengan melakukan penelitian secara langsung di lapangan melalui wawancara, survei, eksperimen, dan sebagainya. Pengumpulan data primer diperlukan penulis dalam mengkaji tentang kondisi geografis, karakteristik gelombang laut, karakteristik OWC yang digunakan, dan besar daya listrik yang dihasilkan.

4. Komparasi Data Primer

Data primer terkait karakteristik gelombang air laut akan dikomparasikan. Metode komparasi ini dilakukan untuk membandingkan data – data gelombang air laut yang diperoleh. Data gelombang air laut yang memiliki karakteristik sama dengan Pantai Ampenan akan menjadi subjek dari penulisan ini.

5. Analisis Data

Analisis data merupakan proses pengolahan data untuk menemukan informasi sebagai dasar dalam pengambilan keputusan. Pengambilan keputusan didasari dari data analitik energi yang dihasilkan oleh OWC dan kelayakan OWC menggunakan analisis *Strength, Weakness, Opportunity, Threat* (SWOT).

C. Pengolahan Data

Dari data studi literasi yang diperoleh dari ketinggian dan periode ombak di perairan Ampena dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui besar daya yang masuk dalam pembangkit. Dengan menggunakan bantuan *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dapat diketahui gaya dan tekanan angin dari ombak yang masuk. Dari data gaya dan tekanan angin digunakan sebagai perhitungan daya mekanik yang dihasilkan turbin. Spesifikasi dan efisiensi generator dapat ditentukan dengan daya turbin hingga diketahui listrik yang dihasilkan generator.

D. Teknik Analisis

Teknik analisis merupakan suatu cara atau metode dalam melakukan analisis untuk memberikan keputusan terhadap permasalahan yang diangkat. Dalam penulisan ini, permasalahan yang diangkat adalah sebagai berikut.

1. Energi yang Dihasilkan OWC

Energi yang dihasilkan oleh OWC merupakan output dari pemanfaatan arus laut di Pantai Ampenan sebagai sumber energi terbarukan. Hasil ini diperoleh dengan cara membandingkan kajian teoritis karakteristik arus laut Pantai Ampenan dengan penelitian

yang sudah ada sebelumnya. Sehingga penulisan ini menggunakan data sekunder sebagai bahan kajian untuk menjawab tujuan penelitian.

2. Kelayakan OWC

Kelayakan OWC ditinjau menggunakan analisis SWOT. Analisis SWOT digunakan untuk mengetahui kelebihan, kelemahan, peluang, dan ancaman OWC apabila diterapkan di Pantai Ampenan. Analisis ini dilakukan berdasarkan kajian literasi yang diperoleh yang meliputi kajian teknis berupa daya listrik yang dihasilkan dan kajian geografis berupa karakteristik arus laut dan kondisi geografis di Pantai Ampenan. Kajian tersebut akan menjadi acuan dalam melakukan analisis SWOT.

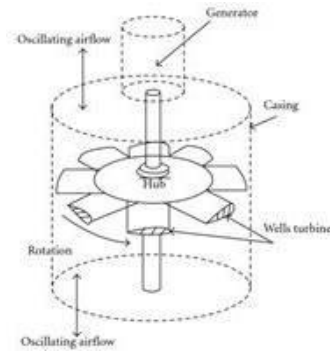
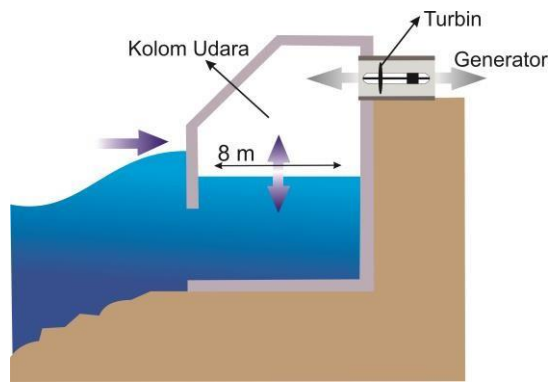
BAB IV

ANALISIS HASIL PENELITIAN

A. Perancangan Oscillating Water Column

Berdasarkan hasil studi literasi dari penelitian sebelumnya (Ubaidillah dkk., 2014) tentang OWC sebagai potensi energi tenaga arus laut di perairan Pulau Sempu, Malang didapatkan data-data mengenai grafik hubungan kecepatan udara dalam osilator terhadap waktu hingga daya mekanik dalam variasi gelombang. Hubungan kecepatan udara dalam osilator air terhadap waktu untuk variasi tinggi gelombang berbanding lurus dan membentuk fungsi sinus terhadap waktu. Dimana semakin tinggi gelombang maka kecepatan udara yang dihasilkan dalam osilator akan bertambah, namun waktu yang dibutuhkan untuk satu periode lebih singkat. Hal ini dikarenakan energi potensial yang meningkat karena semakin tingginya gelombang, sehingga kecepatan udara akan meningkat dan waktu yang dibutuhkan dalam satu periode lebih singkat. Hubungan kecepatan udara yang masuk dalam turbin terhadap waktu dalam variasi gelombang yang berbeda memiliki kecepatan yang lebih besar daripada kecepatan udara dalam osilator. Hal ini dikarenakan luas penampang udara pada saluran turbin lebih kecil dibandingkan saluran udara pada osilator. Hubungan daya mekanik terhadap waktu dalam variasi tinggi gelombang yang berbeda memiliki pengaruh terhadap daya angin, dimana semakin tinggi gelombang maka daya angin dan daya mekanik yang dihasilkan juga semakin besar. Selain itu daya angin dan daya mekanik juga dipengaruhi oleh saluran udara, semakin kecil luas penampang udara maka aliran udara yang akan mengalir pada turbin cepat dan daya yang dihasilkan semakin cepat. Dari studi literasi tersebut dapat dikembangkan OWC sebagai energi alternatif tenaga arus laut di Pantai Ampenan.

Dengan rancangan diatas, turbin dibuat dengan diameter 2,6 m dan lebar kolom 8 meter. Dari studi literasi turbin dibuat dengan luas 5,2 m² agar gaya yang diterima sesuai dengan tekanan udara yang masuk pada kolom. Sehingga air yang masuk kedalam kolom akan akan memberi tekanan pada turbin dan daya mekanik yang dihasilkan turbin sebesar $Pt = 2\pi nQ$. Nilai n merupakan banyaknya putaran yang dihasilkan turbin dalam rpm, sedangkan Q adalah torsi dari turbin.



Gambar 4.2 Rancangan Oscillating Water Column

B. Energi Yang Dihasilkan

Berdasarkan data karakteristik ombak di perairan Sempu dengan pantai Ampenan memiliki karakteristik hampir sama, maka dapat dijadikan sebagai studi literasi pada penelitian ini. Tinggi ombak di perairan Sempu mencapai 1,3 – 5,1 m dengan periode 4,7 - 5,5 s. Sedangkan tinggi ombak di pantai Ampenan mencapai 1,1 – 5,0 m dengan periode 4,6,- 5,4, sehingga dapat dikatakan hampir sama. Dari data perairan Sempu diperoleh data daya ombak seperti tabel 4.1

Tabel 4.1 Perhitungan daya yang dihasilkan ombak (Pw)

H (m)	T (s)	Amplitudo (m)	Lebar kolom (m)	Pw (W)
5,1	4,7	2,55	8	3.705.660
3,4	4,6	1,70		1.611.918
2,7	4,9	1,35		1.082.805
1,7	4,5	0,85		394.218
1,6	5,5	0,80		426.804
1,6	5,5	0,80		426.804
2,8	5,7	1,40		1.354.620
2,2	6,0	1,10		880.284
2,1	5,4	1,05		721.869
1,9	4,7	0,95		514.317
1,3	4,7	0,65		240.774
3,1	4,6	1,55		1.340.010

Sumber : perhitungngan Ubaidillah

Pada titik tertinggi gelombang mencapai 5 meter daya maksimum yang akan daya ombak yang dihasilkan 3.705.660 Watt. Dan pada titik terendah gelombang mencapai 1,1 meter daya ombak yang akan dihasilkan sebesar 240.744 Watt. Dan daya listrik diperoleh dengan menghitung gaya yang terjadi di *oriface* dengan $F = \text{tekanan} \times \text{luas}$. Sehingga dapat ditentukan torsi pada

turbin sebesar $Q = \text{gaya} \times \text{jari} - \text{jari turbin}$. Dan didapat nilai daya mekanik yang terjadi pada turbin dari ketinggian ombak 1,3 - 5,1 meter seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan daya yang dihasilkan turbin (Pt)

H (m)	T(s)	v (m/s)	P (Pa)	F (N)	Q (Nm)	n (rpm)	Pt (W)
5,1	4,7	7,31	164,91	874,02	1136,22	1050	7.497
3,4	4,6	7,17	154,52	818,95	1.051,63		6.934
2,7	4,9	7,63	190,75	1.010,97	1.314,26		8.666
1,7	4,5	7,02	150,49	797,59	1.036,86		6.837
1,6	5,5	8,58	265,15	1.405,29	1.826,87		12.046
1,6	5,5	8,58	265,15	1.405,29	1.826,87		12.046
2,8	5,7	8,89	265,08	1.404,92	1.826,39		12.043
2,2	6,0	9,35	303,28	1.607,40	2.089,50		13.779
2,1	5,4	8,42	231,65	1.227,74	1.596,06		10.524
1,9	4,7	7,31	164,91	874,02	1.136,22		7.492
1,3	4,7	7,31	164,91	874,02	1.136,22		7.492
3,1	4,6	7,17	154,52	828,95	1.051,63		6.934

Dari data tersebut diperoleh daya mekanik maksimum yang dihasilkan oleh turbin sebesar 13.779 kW dan daya minimum 6.837 kW. Namun daya yang diperoleh hanya berkisar 20% - 30% dari daya total. Sehingga daya efektif maksimum angin adalah 30% dari daya maksimum yaitu sebesar 4.133,7 kW dan daya minimum 2.051,1 kW. Berdasarkan hasil kajian literasi spesifikasi generator yang sesuai untuk PLTGL OWC ini seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Spesifikasi Generator

Alternator Brand	AVK
Alternator type	DIG 150 m/6
Rated power (kW/kVA)	4.160/5.200
Power factor (cos phi)	0,8
Speed (rpm)	1000
Number of pole	6
Frequency (Hz)	50
Rated current (A)	909,8
Efficiencies (%)	97

Pemilihan spesifikasi generator tipe DIG 150 m/6 diperoleh berdasarkan pertimbangan kecepatan turbin sebagai daya gerak generator dengan kecepatan 1.050 rpm. Generator tipe ini

juga memiliki efisiensi sebesar 97%, sehingga daya listrik yang dihasilkan juga akan lebih besar. Daya listrik yang akan dihasilkan oleh generator ditentukan oleh putaran turbin dan efisiensi generator. Daya listrik dapat diperoleh melalui persamaan 2.4, sehingga dapat diperoleh daya listrik maksimum yang dihasilkan dari daya turbin 4.133,7 kW sebesar 4.009,68 kW dan daya listrik minimum dari turbin daya 2.051,1 kW sebesar 1.989,56 kW.

C. Kelayakan OWC

Kelayakan OWC menggunakan analisis SWOT dapat ditinjau dari faktor - faktor yang terjadi secara teknis dan geografis.

1. *Strenght* (Kelebihan)

Sebagian besar sistem OWC berada di daratan atau bagian bibir pantai sehingga lebih fleksibel untuk menghubungkan daya listrik yang dihasilkan. Berdasarkan studi literasi dari Ubaidillah (2014) diperoleh kelayakan teknis dari studi literasi OWC dengan diameter tubin 2,6 m dan lebar kolom 8 m menghasilkan daya listrik maksimum 4.009,68 kW dan minimum 1.989,56 kW. Data ini merupakan data primer yang diperoleh di pulau Sempu yang mana karakteristiknya sama dengan di Pantai Ampenan.

Kelayakan OWC secara geografis dapat dilihat dari keadaan lokasi pengembangan. Pengembangan dilakukan di pantai Ampenan yang dekat dengan pemukiman penduduk sehingga memiliki aksesibilitas yang tinggi. Selain itu dapat dijadikan sebagai pusat studi dan penelitian mengenai energi dan oseanografi, juga sebagai tempat wisata mengingat lombok yang merupakan daerah objek wisata. OWC merupakan alat yang ramah lingkungan, sehingga dapat meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan dan *green technology*.

2. *Weakness* (Kekurangan)

Sistem OWC ini memiliki beberapa kelemahan seperti pembangkit listrik pada umumnya. Salah satu kelemahannya adalah pembangunan sistem OWC terdapat banyak masalah apalagi jika kondisi iklim yang buruk akan mempengaruhi struktur pembangunan dan membutuhkan modal investasi yang besar. Ada juga kelemahan lainnya, karena rata-rata sistem OWC ini diterapkan di pantai yang dimana pantai adalah wilayah perairan dangkal dan rawan menyebabkan abrasi yang dapat merusak OWC. OWC memanfaatkan gelombang laut sebagai konversi energinya, sehingga pada kondisi gelombang laut pendek di bulan tertentu menyebabkan sistem ini tidak menghasilkan energi yang maksimal.

3. *Opportunity* (Peluang)

Peluang didirikannya OWC di Pantai Ampenan yaitu karakteristik gelombang dengan ketinggian 1,1 - 5,0 meter dan periode gelombang bernilai 4,5 - 5,4 detik yang mana

gelombang tersebut dapat digunakan sebagai PLTGL. Pasokan listrik di Ampenan sebesar 150 kW, sedangkan OWC mampu menghasilkan 1.989,56 – 4.009,68 kW. Hal ini tentunya dapat dijadikan pemasok kebutuhan listrik di Ampenan.

Dengan demikian OWC memiliki peluang untuk mereduksi penggunaan BBM dan batu bara yang selama ini sebagai bahan bakar pembangkit listrik yang utama di Indonesia. OWC dengan potensi energi arus laut juga lebih efektif dibanding pembangkit tenaga angin. Daya yang dihasilkan turbin oleh arus lebih besar dibandingkan turbin angin, karena rapat massa air laut hampir 800 kali rapat massa udara. Kapasitas daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan pendekatan secara matematis yang memformulasikan daya yang dihasilkan dari aliran fluida yang menembus bidang dalam arah tegak lurus (Lubis, 2010).

4. *Threat* (Ancaman)

Dari berbagai faktor geografis yang mendukung ada pula faktor geografis yang perlu menjadi pertimbangan dalam melakukan pengembangan OWC di pantai Ampenan, sehingga dapat dijadikanantisipasi sejak dini. Abrasi laut cukup kuat sepanjang pantai Ampenan. Hal ini terlihat setiap tahun tiang bekas pelabuhan yang dahulu dipinggir pantai sekarang berada di tengah laut. Selain itu pantai Ampenan juga rawan dengan terjadinya arus sedimentasi yang berasal dari fluktuasi aliran dari sungai DAS Putih di utara, DAS Jongkok di tengah, dan Dodokan di selatan. Debit yang dihasilkan sungai Dodokan pada musim hujan mencapai 113,63 m³/detik yang dapat berkontribusi terhadap transport sedimen di pantai Ampenan (Satriya, 2012). Sehingga dari faktor tersebut dapat diantisipasi dengan melakukan rancang bangun yang tepat. Kondisi geografis penduduk yang merupakan mata pencaharian nelayan juga dapat menjadi ancaman akan pengembangan OWC, karena merupakan lokasi batasan meluncurkan perahu sehingga diperlukan tenaga yang lebih untuk melaut. Sehingga diperlukan sosialisasi sebagai SDM pendukung pembangunan OWC mengingat mampu menunjang kesejahteraan masyarakat dari segi ekonomis.

Berdasarkan kajian analisis di atas maka sistem pembangkit listrik menggunakan OWC di Pantai Ampenan dinilai layak untuk diterapkan. Kelayakan ini ditinjau berdasarkan hasil studi literasi sebagai dasar pengambilan keputusan. OWC memiliki kelebihan dan peluang yang besar untuk menunjang kebutuhan listrik di Ampenan. Kelemahan dan ancaman OWC dapat direduksi dengan memperbaiki sistem OWC secara teknis.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari studi literasi secara umum dapat disimpulkan bahwa kawasan di Pantai Ampenan memiliki potensi sebagai pemanfaatan energi alternatif tenaga arus laut. Energi arus laut akan dikonversi menjadi pembangkit listrik menggunakan *Oscillating Water Column* (OWC). Berdasarkan data skunder sistem kerja OWC diperoleh hubungan semakin tinggi ombak dan lebar kolom maka daya ombak yang masuk kedalam pembangkit semakin besar. Berdasarkan hasil studi literasi dari penelitian sebelumnya (Ubaidillah dkk, 2014) dengan menggunakan lebar kolom sebesar 8 m dan tinggi ombak mencapai 1,3 - 5,1 meter menghasilkan daya efektif turbin maksimum 4,133,7 Kw dan daya turbin minimum 2.051,1 kW. Sehingga berdasarkan analisis dan perhitungan dari studi literasi perairan di Pantai Ampenan dapat menghasilkan daya listrik maksimum sebesar 4.009,68 kW dan daya listrik minimum 2.051,1 kW dari daya mekanik turbin dengan efisiensi generator 97%. Berdasarkan data karakteristik ombak di perairan Sempu dengan pantai Ampenan memiliki karakteristik hampir sama maka dapat digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan listrik masyarakat setempat. Kelayakan OWC ditinjau berdasarkan faktor teknis dan geografis. Secara teknis OWC dinilai mampu memenuhi kebutuhan listrik di daerah Ampenan sehingga dapat mereduksi penggunaan BBM. Secara geografis Pantai Ampenan memiliki karakteristik gelombang laut yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTGL dan Pantai Ampenan dekat dengan pemukiman penduduk sehingga memiliki aksesibilitas yang tinggi.

B. Saran

Dari hasil penelitian dengan studi literasi atau studi pustaka, peneliti masih membutuhkan studi yang lebih lanjut lagi mengenai daya listrik yang dihasilkan menggunakan OWC di perairan Pantai Ampenan. Dan dapat meneliti lebih lanjut lagi mengenai energi terbarukan khususnya energi kelautan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Data Perairan Pulau Sempu 2013.
- Erwandi. (2006). *Sumber Energi Arus: Alternatif Pengganti BBM, Ramah Lingkungan, dan Terbarukan*. Laboratorium Hidrodinamika Indonesia, BPP Teknologi.
- Lubis, S. (2010). *Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut di Dunia*. Portal PPPLG. Kementerian ESDM. Jakarta.
- Migas, S. K. K. (2023). *Pengelolaan Proyek Fasilitas Produksi Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi Revisi 01 (Vol. 9)*. PTK-069/SKKIA0000/2023.
- Muchlis, M., & Permana, A. D. (2020). *Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 sd 2020. Pengembangan Sistem Kelistrikan Dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang*. Jakarta. Retrieved from.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2017). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional. Peraturan Presiden
- Purba, N. P., Firman, S., Wijaya, R. (2014). *Energi baru dari Arus Lintas Indonesia (Arlindo), Study about New Energi from Indonesian Thoughtflow*. Laporan Penelitian. Departemen Ilmu dan Bandung.
- Safitri, & Lelly, E., dkk. (2016). *Studi Potensi Energi Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Perairan Pesisir Kalimantan Barat*. Laporan Penelitian. FMIPA Universitas Tanjungpura
- Satriya, I. N. B. (2012). *Tinjauan Ilmiah Mataram*. Diakses di : <http://pancornas.blogspot.com/2013/08/tinjauan-ilmiah-pengelolaan-garis.html>. [7 Juni 2015]
- SKK MIGAS. 2021. *Laporan Tahun 2020. Laporan Tahunan 2021 SKK Migas*, April, 5–24
- Ubaidillah, Alfian, R., dkk. (2014). *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Tipe Oscillating Water Column di Perairan Pulau Sempu Kabupaten Malang*. Laporan Akhir. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Malang.
- Widiyanti, B. L. (2003). "Analisis Morfodinamika Pantai Ampenan, Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat". Laporan Akhir. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Wijaya, I. W. A. (2010). *Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscillating Water Column di Perairan Bali*. Laporan Akhir. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana. Bali.
- Yusuf, E., & Mulyadi, A. D. (2019). Kajian interkoneksi PLTM Sungai Kumbi 1.300 kW pada sistem Lombok. *Jurnal Teknik Energi*, 9(1), 93-101.