

BAB II

TINJUAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Telah dilakukan rancang bangun pembangkit listrik tenaga gelombang laut oleh Al Mursyid dkk, (2020). Pembuatan alat tersebut bertujuan memanfaatkan gelombang laut sebagai energi kinetik diubah menjadi energi listrik untuk kebutuhan manusia di daerah pesisir pantai yang belum teraliri listrik. Cara kerjanya pelampung akan terseret mengikuti arus gelombang laut, maka secara bersamaan pelampung yang satunya akan terangkat dan waktu tidak ada gelombang posisi pelampung akan kembali seperti semula. Diperoleh kesimpulan putaran mekanik 744 rpm menghasilkan tegangan dari generator sebesar 30 V dan arus 0,25 A, *charger controller* tegangan 28 V arus 0,37 A, baterai tegangan 12,1 V arus 0,6 A, inverter dari DC ke AC tegangan 223 V arus 0,7 A, maka menghasilkan daya sebesar 130 Watt.

Sistem bandul dibuat oleh Zamri dkk, (2015). Pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang berbentuk ponton di tempatkan diatas permukaan air laut, yang dimana gerakan bandul selalu bergerak terombang ambing sesuai alur gelombang. Karena gerakan tersebut maka akan menghasilkan energi kinetik yang diubah menjadi energi listrik melalui generator. Generator yang digunakan jenis putaran rendah 3 phase AC dengan daya 500 Watt pada putaran 1400 rpm.

Telah dilakukan analisis sistem pembangkit listrik gelombang tipe pelampung yang digerakan dua arah oleh Fang dkk, (2018). Analisis sebuah model yang dikembangkan MATLAB pada pembangkit listrik tenaga gelombang tipe pelampung yang digerakan dua arah. Gravitasi, gaya apung dan gaya tarik yang bekerja pada konverter energi gelombang WEC (*Wave Energy Converter*). Pelampung tetap pada fase dengan gelombang maka arus referensi disetel secara dinamis menurut gerakan gelombang pada semua tahap kerja, sehingga menghasilkan yang menunjukkan bahwa WEC dapat menghasilkan torsi yang diinginkan secara

berkala, efisiensi tinggi dan beradaptasi yang baik. Oleh sebab itu, kelayakan SRG (*Switched Reluctance Generator*) dalam WEC telah diverifikasi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Gelombang laut

Energi dalam transisi, artinya energi yang terbawa dari sifat aslinya disebut gelombang laut. Menurut waldopo (2020), apabila ada 2 massa benda yang tidak sama kerapatannya bergesakan satu dengan yang lain, maka bidang gerakannya akan terbentuk gelombang. Gelombang dibagi menjadi beberapa jenis diantaranya adalah gelombang mekanik, gelombang longitudinal, gelombang transversal dan gelombang elektromagnet. Gelombang yang cocok untuk itu adalah gelombang mekanik, karena gelombang ini membutuhkan medium tempat merambatnya untuk berpindah tempat, contohnya gelombang laut. Gelombang laut akan menggerakkan pelampung naik dan turun serta akan menggerakkan serangkaian gear dan generator untuk dikonversikan menjadi energi listrik.

Gelombang laut dipengaruhi oleh panjang *fetch* pembangkitnya mempengaruhi ketinggian dan periode gelombang. Jarak tempuh pembangkitan gelombang, semakin panjang jarak *fetch* maka akan semakin besar ketinggian gelombangnya. Pengaruh penting ketinggian gelombang lainnya yaitu angin. Angin yang lebih kuat pula akan menghasilkan ketinggian gelombang yang lebih besar (Al Mursyid et al., 2020).

Gaya yang dihasilkan oleh gelombang disebut F_{wave} seperti dibawah ini (Dharmawan, 2015).

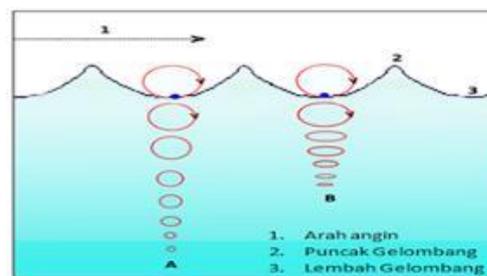
$$F_{wave} = \frac{P_{wave}}{c} \quad (2.1)$$

$$P_{wave} = \frac{\rho \times g^2 \times H^2 \times T}{32\pi} \quad (2.2)$$

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (2.3)$$

Keterangan:

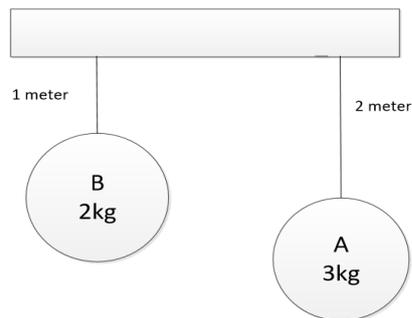
- P_{wave} = Daya gelombang (watt)
 ρ = Massa jenis *fluida* (air laut 1030 kg/m³) (Kasli & Aminullah, 2016)
 g = Percepatan gravitasi (10 m/s²)
 H = Tinggi gelombang (m)
 T = Periode gelombang (s)
 c = Cepat rambatnya gelombang (m/s²)
 λ = Panjang gelombang (m)



Gambar 2. 1 Bentuk dan bagian-bagian gelombang (Al Mursyid et al., 2020)

2.2.2 *Floaters*

Floaters atau pelampung adalah suatu sistem alternatif dari hasil gerakan vertikal akan membangkitkan listrik. *Floaters* ditempatkan pada pemecah gelombang, dermaga, platform terapung. Gerakan *floaters* akan ditransmisikan ke pembangkit listrik yang memutar generator sehingga menghasilkan listrik (Case et al., 2019). *Floaters* yang bergerak pada arah vertikal oleh gelombang laut akan menghasilkan energi kinetik. Energi kinetik lalu ditransmisikan ke sistem transmisi menjadi gerakan rotasi yang akan dikonversikan menjadi energi listrik oleh dinamo. Sistem *floaters* pada pembangkit listrik dapat mengesktrak energi pada saat gelombang laut naik dan turun yang memberikan efisiensi rendah (Fang et al., 2018).



Gambar 2. 2 Konsep *floaters* (Al Mursyid et al., 2020)

Prinsip kerjanya pembeban adalah B dan A adalah *floaters*. Ketika A terkena gelombang laut, maka A akan naik dan B akan turun tetapi tidak terkena gelombang laut. *Floaters* dan pembeban mempunyai perbandingan 7:5. *Floaters* dan pembeban bekerja akan memutar serangkaian gear yang terhubung pada poros.

$$p_b = \frac{M}{V} \quad (2.4)$$

Keterangan:

ρ_b = Massa jenis benda (kg/m^3)

M = Berat benda (kg)

V = Volume benda (m^3)

2.2.3 Hukum archimedes

Sebuah benda dicelupkan ke dalam zat cair dengan sebagian atau seluruh benda, maka benda tersebut akan mendapatkan gaya ke atas sebesar zat cair yang dipindahkan oleh benda itu sendiri (Hansah, 2013).

Rumus hukum archimedes yang harus diketahui, yaitu:

$$F = \rho \times g \times V \quad (2.5)$$

Keterangan:

F = Gaya yang dialami benda (N)

ρ = Massa jenis zat cair (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

V = Volume benda (m^3)

Ada 3 jenis benda yang bisa dikelompokkan hukum archimedes, yaitu:

a. Benda terapung

Gaya tekan keatas disuatu benda mengapung yang beratnya sama dengan air yang dipindahkan. Berat *fluida* yang dipindahkan sama dengan gaya apung (Dharmawan, 2015). Kondisi ini terjadi apabila massa jenis zat cair lebih besar dari massa jenis benda. Benda terapung terdapat 2 gaya yaitu F_a dan W dalam keadaan seimbang maka:

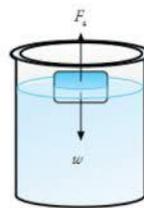
$$W > F_a$$

$$m \times g > \rho \times g \times V$$

$$\rho_b \times g \times V_1 > \rho_f \times g \times V_2$$

$$V_1 < V_2$$

$$\rho_b < \rho_f$$



Benda terapung

$$F_a > W$$

Gambar 2. 3 Benda terapung

b. Benda melayang

Benda dikatakan melayang, apabila benda tercelupkan semua bagian kedalam zat cair tetapi tidak menyentuh dasar dari zat cair. Kondisi ini terjadi apabila massa jenis zat cair sama dengan massa jenis benda. Benda melayang terdapat 2 gaya yaitu F_a dan W dalam keadaan seimbang maka:

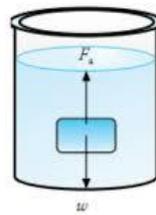
$$W = F_a$$

$$m \times g = \rho \times g \times V$$

$$\rho_b \times g \times V_1 = \rho_f \times g \times V_2$$

$$V_1 = V_2$$

$$\rho_b = \rho_f$$



Benda melayang
 $F_a = W$

Gambar 2. 4 Benda melayang

c. Benda tenggelam

Benda dikatakan tenggelam, apabila benda tercelupkan semua bagian dan benda tersebut menyentuh dasar zat cair. Keadaan benda tenggelam jika massa jenis zat cair lebih kecil dari massa jenis benda. Benda melayang terdapat 2 gaya yaitu F_a dan W dalam keadaan seimbang maka:

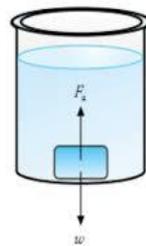
$$W > F_a$$

$$m \times g > \rho \times g \times V$$

$$\rho_b \times g \times V_1 > \rho_f \times g \times V_2$$

$$V_1 > V_2$$

$$\rho_b > \rho_f$$



Benda tenggelam
 $F_a < W$

Gambar 2. 5 Benda tenggelam

Tugas akhir ini hanya membahas benda terapung, dikarenakan *floaters* yang mengapung diatas gelombang laut.

2.2.4 *Fiberglass*

Fiberglass dalam ilmu material termasuk ke dalam kategori *Thermoset Polymer Composites*. *Composites* sendiri merupakan dua atau lebih material yang berbeda sifat fisik dan kimiawinya bersatu secara makroskopik menjadi sebuah material baru yang memiliki sifat fisik dan kimiawi yang baru dan berbeda (Ma'ruf, 2014). Serat ini bisa disatukan dan dicampur dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat. Kelebihan material ini adalah mudah dibentuk menggunakan cetakan. *Fiberglass* material bersifat ringan, tahan lama dan kuat. *Fiberglass* juga tahan benturan, tahan korosi dan memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang sedang.



Gambar 2. 6 Fiberglass

2.2.5 Metode perancangan James H. Earle

Metode perancangan adalah proses perancangan untuk melakukan cara atau tahapan yang akan dilakukan agar mempermudah perancang untuk mengembangkan ide rancangan. Metode perancangan merujuk pada metode menurut James H. Earle. Penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa dari beberapa unsur yang terpisah menjadi satu kesatuan yang utuh disebut perancangan. Perancangan dapat dibentuk dalam diagram alir (*flowchart*), diagram alir adalah alat yang berbentuk grafik yang dapat menunjukkan tahapan-tahapan proses. Berikut tahapan proses metode perancangan menurut James H. Earle:

a. Identifikasi masalah

Memahami atau mencari tahu sebuah kesalahan yang akan dilakukan penelitian. Tahap ini melihat kondisi dan masalah yang dihadapi.

b. Studi literatur

Mengumpulkan sebuah data yang sudah dibuat dan dikaji terdahulu sebagai acuan data yang telah dilakukan. Data yang diambil adalah data dari jurnal atau buku yang sudah ada.

c. Ide awal

Menentukan desain wujud alat atau mesin yang akan dibuat dari hasil identifikasi masalah dan studi literatur yang telah dibuat.

d. Analisis desain

Penjabaran dari bentuk desain wujud dari setiap komponen untuk mendapatkan bentuk desain rinci.

e. Implementasi

Tindakan mewujudkan sebuah tujuan yang akan dibuat. Tindakan tersebut yaitu mewujudkan rancangan yang telah melalui analisis desain.

2.2.6 *Solidworks*

Solidworks adalah aplikasi otomatisasi desain mekanis yang memungkinkan desainer dengan cepat membuat sketsa ide, bereksperimen dengan fitur dan dimensi, serta menghasilkan model dan gambar detail. Perangkat lunak ini sangat efektif untuk mendesain gambar karena sanggup menyediakan fitur 2D dan dapat dibuat menjadi 3D. Kelebihan dari *solidworks* dapat digunakan untuk merancang *part* pemesinan, susunan *part* pemesinan berupa *assembling* dan pengaplikasiannya mudah dipahami. *Solidworks* mempunyai 3 mode untuk merancang desain, yaitu:

- a. *Part*, mode yang digunakan pada awal pembuatan sketsa 2D menjadi 3D.
- b. *Assembly*, mode ini berfungsi untuk menyatukan susunan komponen yang sudah dibuat pada *part* mode.
- c. *Drawing*, mode ini memiliki fungsi membuat gambar kerja atau membuat desain secara detail yang sudah dibuat pada mode *part* ataupun *assembly*.



Gambar 2. 7 Solidworks 2017

2.2.7 Proses produksi

Serangkaian kegiatan yang mengolah bahan baku mentah menjadi setengah jadi atau produk jadi, sehingga dapat menambahkan nilai suatu produk disebut proses produksi. Proses produksi adalah menggabungkan beberapa faktor produksi untuk menciptakan sesuatu yang bisa bermanfaat untuk konsumen. Proses produksi yang dilakukan diantaranya:

a. Proses pengukuran

Pengukuran adalah kegiatan menentukan suatu variabel angka dengan menggunakan alat ukur. Tujuan pengukuran yaitu membandingkan antara suatu ukuran dengan ukuran yang serupa meliputi:

- a. Ukuran yang tepat dan sesuai
- b. Bentuk yang sempurna

b. Proses pemotongan

Suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk dengan cara memotong disebut proses pemotongan. Prinsip pemotongan adalah untuk membuang permukaan benda kerja dalam bentuk geram (Rambey et al., 2018). Mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong benda kerja seperti kayu disebut alat *jig saw*. Penggunaan mesin *jig saw* adalah untuk membelah, memotong, lekukan-lekukan dan membuat alur pada setiap sambungan dengan menggunakan satu mesin (Budianto, 2012). Prinsip kerja alat *jig saw* yaitu gerakan mata gergaji naik dan turun. *Jig saw* digunakan untuk memotong kayu atau sejenisnya. Proses pemotongan yaitu menggunakan gerinda tangan yang dikerjakan untuk memotong besi atau baja.



Gambar 2. 8 *Jig saw*

c. *Assembling*

Suatu produk yang terdiri dari beberapa komponen yang bisa menghasilkan fungsi produk disebut proses perakitan atau *assembling* (Sayuti, 2020). Proses perarakan juga didefinisikan proses yang menyatukan bagian komponen agar menjadi suatu alat/mesin/produk.

Tujuan *assembling* yaitu :

- 1) Menjadi produk/alat jadi ataupun setengah jadi
- 2) Menunjukkan keterkaitan antara komponen
- 3) Mengetahui urutan pada suatu alat/mesin/produk

d. Proses *fiberglass*

Pembuatan *fiberglass* ada 3 tahapan, yaitu:

1) Pengamplasan

Pengamplasan adalah kegiatan menghaluskan dan membersihkan bagian permukaan pada benda agar menjadi halus dengan cara menggosokkan amplas ke benda yg akan dikerjakan. Amplas yang digunakan untuk menghaluskna pada bahan trpilek dapat menggunakan 120-240 grit.

2) Pelapisan resin

Resin merupakan material yang umum digunakan untuk melapisi bahan yang dapat terkena korosi. Sifat resin itu sendiri mudah mengeras dan memiliki bobot yang ringan sehingga disukai oleh setiap orang. Resin jenis poliester mempunyai sifat yang bening, tetapi sedikit buram dan sedikit kekuningan. Resin ini juga dapat mencegah korosi yang cukup lama dan sebagian besar

menggunakannya pada sampan, kapal pesiar dan kapal kerja yang menggunakan komposit resin ini (Davallo et al., 2010). Pelapisan resin dilakukan sebanyak 2-3 kali agar bagian yang akan dilapisi resin menjadi tebal dan kebal terhadap korosi air laut. Pelapisan resin dilakukan pada bagian dalam dan luar benda/material. Cairan yang sering digunakan pada proses pembuatan komposit dan memiliki fungsi untuk mempercepat pengeringan pada suhu ruangan disebut katalis (Kristianto, 2018). Resin juga dicampurnya dengan katalis dengan perbandingan 10:1.

3) Penempelan *mat*

Serat yang berukuran tidak sama atau beraturan yaitu *mat* (tatakan). Penyusunan material tidak memperhatikan orientasi sudut serat (Fajarudin, 2019). *Mat* adalah bahan yang berfungsi untuk menguatkan dan memperkokoh bagian benda yang akan ditempelkan oleh *mat*. *Mat* sebagai pengikatnya antara unsur kimia yang bersenyawa dan mengeras, akibatnya *fiberglass* akan menjadi kuat dan tidak getas

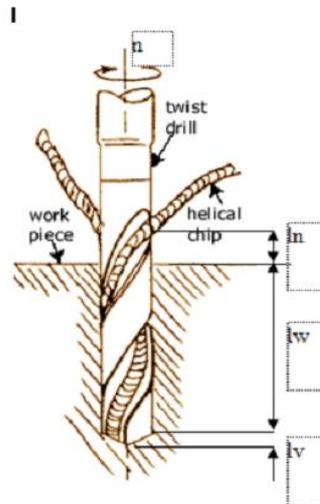
e. Proses pembuatan *clamp* dan pengunci *floaters*

Clamp adalah komponen bantu yang digunakan sebagai penjepit. *Clamp* memiliki fungsi mempertahankan posisi material atau benda saat bekerja. *Clamp* pada yang akan digunakan untuk menjepit *floaters* pada *belt*/penghubung lainnya yang akan meneruskan gaya kinetik dari *floaters* ke sistem transmisi pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Sedangkan pengunci *floaters* adalah komponen untuk mengunci antara badan *floaters* dengan tutup *floaters*.

f. Proses gurdi pada *clamp* dan pengunci *floaters*

Proses gurdi atau *drilling* adalah proses pembuatan lubang bulat pada bahan atau material menggunakan mata bor (*twist drill*) (Hermawan, 2012). Pahat gurdi memiliki dua mata potong dan dapat melakukan gerakan memotong karna diputar oleh poros utama mesin gurdi. Putaran tersebut memiliki beberapa putaran dan putaran tersebut dapat

ditetapkan apabila sistem transmisi mesin gurdi berkesinambungan (Astika & Sukadana, 2009).



Gambar 2. 9 Proses gurdi (Rahdiyanta, 2010)

1) Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.7)$$

Dimana:

v = Kecepatan potong (m/menit)

n = Putaran spindel (rpm)

d = Diameter gurdi (mm)

$$\pi = \frac{22}{7} \text{ atau } 3,14$$

2) Perhitungan gerak per mata potong

$$f = \frac{v_f}{z \cdot n} \quad (2.8)$$

Dimana:

f bisa dicari dengan rumus $f_s = 0,0084 \times \sqrt[3]{d}$

f = Gerak makan per mata potong (mm/putaran)

v_f = Kecepatan makan (mm/menit)

n = Putaran spindel (rpm)

z = Jumlah gigi (mata potong)

3) Perhitungan waktu pemotongan

$$t_c = \frac{lt \cdot i}{v_f}$$

Dimana:

t_c = Waktu pemotongan (menit)

v_f = Kecepatan makan (mm/menit)

l_t = Panjang pemesinan (mm) = $l_v + l_w + l_n$

l_v = Panjang langkah awal pemotongan (mm)

l_w = Panjang pemotongan benda kerja (mm)

l_n = Panjang langkah akhir pemotongan (mm)

i = Banyak pemotongan (lubang).

g. Proses *finishing*

1) Pendempulan

Pendempulan adalah proses mengisi bagian yang tidak rata dan membuat permukaan menjadi halus (Rudi, 2011). Pendempulan bertujuan untuk mendasari permukaan serta menambal bagian yang tergores atau penyok.

2) Pengecatan

Proses pelapisan benda logam atau non logam dengan tujuan memperindah dan menambahkan nilai suatu benda atau material disebut pengecatan. Proses pengecatan bisa dilakukan dengan kuas ataupun kompresor cat.



Gambar 2. 10 Kompresor cat

2.2.8 Metode kualitatif

Proses pengumpulan data sesuai dengan keadaan *natural* (alamiah) dengan maksud memahami kondisi yang ada (Fadli, 2021). Tujuan dari metode kualitatif adalah mendalami tentang kondisi dan data yang telah dikumpulkan serta mendalami hubungan antara kondisi dengan data tersebut (Prasanti, 2018). Tahapan melakukan metode kualitatif, yaitu:

a. Pengumpulan data

Data adalah sekumpulan informasi yang berbentuk kata, kalimat, simbol, angka dan lainnya yang diperoleh dengan pengamatan dari sumber-sumber tertentu. Pengumpulan data yang digunakan adalah teknik dokumen. Dokumen adalah sejumlah data dan fakta yang tersimpan dalam bentuk dokumentasi (Rahmat, 2009).

b. *Testing*

Testing yaitu uji coba atau pengujian. *Testing* ini bertujuan untuk mendapatkan data hasil yang sudah dilakukan. Jenis teknik *testing* yang digunakan yaitu *Depentability*. *Depentability* adalah pengujian yang dilakukan dengan nyata dan mempunyai bukti, serta dapat mereplikasi rangkaian proses tersebut (Mekarisce, 2020).

c. Validasi data

Proses pemeriksaan untuk memastikan bahwa data tersebut sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Tujuan validasi data adalah mencocokkan antara data hasil yang diperoleh dengan data dari sumber yang ditetapkan. Jenis validasi data yang digunakan adalah triangulasi teknik. Triangulasi teknik adalah teknik yang dilakukan dengan teknik yang berbeda, namun pengecekan data pada sumber yang sama (Mekarisce, 2020).