

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang paling dibutuhkan oleh manusia, kebutuhan energi listrik yang terus meningkat menimbulkan kenaikan permintaan daya listrik untuk kebutuhan sehari-hari. Berdasarkan data PT.PLN permintaan akan energi listrik akan terus bertambah dan di prediksi akan meningkat 9% setiap tahun. Sebagian besar sumber listrik di Indonesia menggunakan energi fosil sebagai pembangkit listrik. Energi fosil ini merupakan energi yang akan menipis setiap tahunnya, sehingga perlu pemanfaatan energi terbarukan yang jumlahnya tidak terbatas dan lebih ramah lingkungan.

Dewasa ini, peningkatan akan kebutuhan energi dan peningkatan gas rumah kaca yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil, hal ini menyebabkan penggunaan sumber energi terbarukan tentunya memiliki potensi yang lebih besar dibanding sebelumnya. Salah satu sumber energi terbarukan yang masih minim dimanfaatkan ialah energi gelombang laut.

Sebagai wilayah yang dominan di muka bumi, laut memiliki peranan yang penting bagi keberlangsungan umat manusia. Karena sebagai wilayah yang dominan di muka bumi laut dapat dimanfaatkan sumber energi terbarukan, energi tersebut diantaranya ialah energi gelombang, energi panas laut, dan energi pasang surut. Sebagai energi terbarukan, energi ini mampu digunakan dalam jangka Panjang, tidak menimbulkan polusi suara, emisi karbon dioksida, dan tentunya lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan energi fosil.

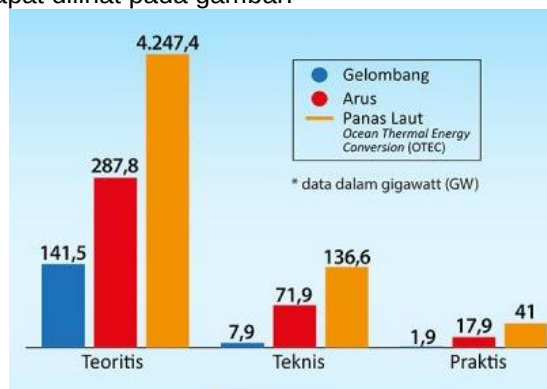
Salah satu energi di laut ialah energi gelombang laut, sebenarnya energi gelombang laut merupakan energi yang cukup besar. Gelombang laut merupakan gerakan air laut yang turun-naik atau bergulung-gulung. Gelombang laut sendiri timbul karena adanya gangguan dari luar terhadap suatu perairan. Gangguan-gangguan tersebut diantara ialah angin, arus, pergerakan lempeng bumi yang berada di dasar laut, dan gerakan kapal.

Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki wilayah laut terbesar, sekitar dua pertiga wilayah Indonesia di dominasi oleh laut. Indonesia memiliki pantai terpanjang kedua di dunia setelah Kanada, hal inilah yang menjadi keuntungan bagi Indonesia dari segi besarnya potensi energi laut yang dimiliki. Secara sederhana energi laut merupakan energi yang bersumber dari energi kinetik pergerakan mekanik air laut, perbedaan temperature air laut dan juga energi potensial dari adanya perbedaan ketinggian air laut. Dengan memanfaatkan teknologi yang berkembang saat ini energi laut dapat diubah menjadi energi listrik, energi tersebut merupakan energi terbarukan karena berasal dari proses alam yang berkelanjutan (Kementerian ESDM, 2012).

Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya mineral (ESDM), secara tren sejak tahun 2015 konsumsi listrik perkapita di Indonesia terus meningkat, peningkatan terbesarnya terjadi pada tahun 2017 yakni sebesar 6,8% sedangkan peningkatan terkecil pada tahun 2020 yakni sebesar 0,4%. Di perkirakan peningkatan akan terus terjadi seiring dengan penggunaan kendaraan listrik dan motor listrik, yang diakselerasi oleh program pemerintah.

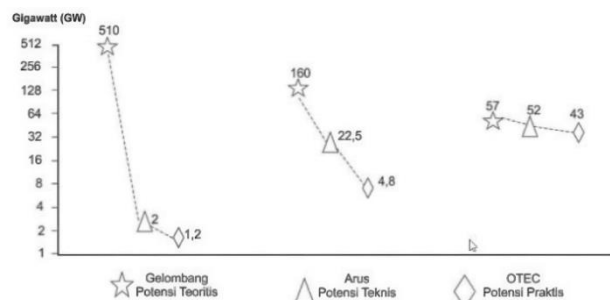
Energi gelombang laut yang merupakan energi terbarukan bersumber dari dinamika alam di laut mempunyai potensi yang sangat berlimpah di Indonesia, dengan laut yang begitu luas dan sangat Panjang, maka Indonesia memiliki potensi yang sangat

besar untuk memanfaatkan energi gelombang laut sebagai energi alternative terbarukan sebagai sumber energi listrik sehingga akan sangat baik apabila dimanfaatkan, akan tetapi pemanfaatan energi gelombang sebagai pembangkit energi terbarukan di Indonesia masih sangat minim, sebab belum adanya teknologi yang cukup terbukti dapat memanfaatkan potensi energi gelombang yang ada. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah mengidentifikasi dan memetakan tiga jenis potensi energi laut sebagai Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang bisa dimanfaatkan yaitu gelombang laut, arus laut dan panas laut. Data potensi lokasi energi laut dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1.1 Data potensi energi laut

Potensi listrik yang dihasilkan dari energi laut di Indonesia telah banyak dikaji dan dihitung oleh berbagai pihak. Asosiasi Energi Laut Indonesia – ASELI menyebutkan potensi energi laut Indonesia berdasarkan tiga jenis teknologi konversi energi laut, yaitu arus pasang surut, gelombang laut dan energi perbedaan suhu air laut yang dikelompokkan menjadi potensi teoritis, potensi teknis, dan potensi praktis yang tersaji pada Gambar 1.2 (Luhur et al., 2013). Penelitian lain yang dilakukan Lubis (2007) menyebutkan bahwa energi laut di sepanjang pantai Indonesia berpotensi menghasilkan lebih dari 2 TW jika dikonversikan secara optimal menjadi listrik. Memiliki wilayah geografis yang diapit oleh dua samudera yaitu Pasifik dan Hindia, Indonesia memiliki potensi energi gelombang laut yang besar.



Gambar 1.2 Potensi Energi Laut Indonesia (Luhur et al., 2013)

Salah satu daerah yang memiliki potensi pemanfaatan gelombang laut sebagai sumber energi listrik terbarukan yaitu Selat Makassar. Selat Makassar yang berada di wilayah Indonesia bagian tengah sangat strategis sebab daerah tersebut

merupakan pertemuan antara massa air laut Jawa, dan laut Flores, serta memiliki pergerakan gelombang yang besar dan stabil sehingga menyebabkan potensi energi laut yang dapat dimanfaatkan sangat besar. Kementerian energi dan sumberdaya mineral (ESDM) Indonesia bekerjasama dengan beberapa lembaga riset Indonesia telah mengidentifikasi dan memetakan potensi energi laut di beberapa lokasi di Indonesia yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya energi terbarukan (EBT) yaitu gelombang laut, arus laut, dan panas laut. Berikut pada Gambar 1.3 peta lokasi potensi energi laut.



Gambar 1.3 Peta lokasi potensi energi laut

Dengan melimpahnya sumber energi laut yang ada di Indonesia maka akan sangat berguna apabila energi alternatif ini di maksimalkan potensinya sebagai energi listrik. Pembangkit listrik tenaga gelombang laut adalah salah satu teknologi yang sangat cocok untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan kondisi perairan di Indonesia.

Penggunaan energi gelombang laut sebagai pembangkit listrik sebenarnya bukan teknologi baru, sebab sudah banyak jenis pembangkit listrik tenaga gelombang laut, misalnya ada pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang menggunakan sistem bendulan yang bentuknya seperti ponton yang memiliki 4 buah bandulan (Zamri et al., 2015), kemudian ada pembangkit tenaga gelombang laut yang menggunakan prinsip PLTGL yang menggabungkannya dengan pelamis, dan OWC yang ditempatkan di permukaan laut dengan diberikan gelombang laut yang besar akan tetapi penelitian ini hanya disimulasikan di software MATLAB. Lalu ada pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan pelampung (*Buoy*) (Pamungkas et al., 2019).



Gambar 1.4 Contoh Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut

Perairan selat Makassar merupakan daerah yang mempunyai potensi energi gelombang yang sangat besar. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut di wilayah laut Jeneponto dengan menggunakan permodelan turbin gorlov dengan menggunakan data kecepatan arus laut pada kedalaman 10 meter, kecepatan rata-rata minimal adalah 13,3 cm/s (0,13 m/s) dan kecepatan rata-rata maksimal adalah 27 cm/s (0,27 m/s), maka didapatkan potensi daya yang dihasilkan minimum 60 Watt dan maksimum sebanyak 537,69 Watt (Khair et al., 2021).

Daya tersebut merupakan batas minimum dan maksimum potensi daya yang diperoleh dari perhitungan kecepatan arus laut. Beberapa daerah dengan ketinggian gelombang lebih dari 2 meter dan periode selama 10 detik adalah gelombang potensial untuk pengembangan energi terbarukan (Brandon et al., 2003).

Berbagai strategi penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi sitem secara keseluruhan, cara meningkatkan efisiensi bangunan apung dengan mengoptimalkan bentuk pelampung sedemikian rupa sehingga dapat beroperasi pada frekuensi resonansinya (Aderinto & Li, 2018). Parameter yang sangat penting dalam menentukan sebuah floating buoy yang optimal sebagai pengonversi daya meliputi massa tambah, gaya eksitasi, redaman, redaman radiasi, gaya eksitasi, kekakuan hidrostatik, *response amplitude operator*, daya serap dan efisiensi penyerapan daya *floating buoy*.

1. Massa tambah

Efek penambahan massa ini di akibatkan karena fluida yang ada di sekitar benda yang tercelup ke dalam air juga melakukan pergerakan. Pergerakan fluida tersebut akan menambah energi kinetik, sehingga memerlukan gaya tambah eksternal. Jika gaya tersebut dibagi dengan percepatan benda akan menghasilkan komponen massa, Massa inilah yang dianggap sebagai massa tambah. Massa tambah bergantung terhadap bentuk suatu benda serta jenis gerak benda tersebut. Persamaan dari gaya massa tambah, ialah merupakan perkalian antara massa tambah dengan percepatan gerak benda terapung, dapat dituliskan pada persamaan 1.1 tersebut.

$$F_a = ai\ddot{\xi}i \quad (1.1)$$

Dimana:

F_a = gaya massa tambah (kg)

i = mode gerak struktur (heave)

a = massa tambah (kg)

$\ddot{\xi}$ = percepatan gerak struktur (m/s^2)

2. Redaman

Redaman adalah efek yang ada karena adanya energi yang dipindahkan keluar suatu sistem karena gaya non-konservatif dari struktur. Redaman mengakibatkan struktur kehilangan energi kinetiknya. Redaman yang dimaksud dalam hal ini ialah, apabila struktur di gerakkan di air yang tenang, menyebabkan energi kinetik struktur (gerakan) semakin lama akan semakin mengecil. Hal ini sejalan dengan massa tambah, yang mana nilai redaman akan bergantung pada bentuk dan juga mode gerak benda. persamaan dari gaya reaksi mempunyai Persamaan 1.2, persamaan ini merupakan perkalian antara redaman benda dengan kecepatan gerak benda.

$$c_{rad} = bi\dot{\xi}i \quad (1.2)$$

Dimana:

c_{rad} = Radiasi Redaman

i = Mode gerak struktur dengan (heave)

b = Redaman struktur (N. s/m)

ξ = Kecepatan gerak struktur (m/s)

3. Gaya Eksitasi

Gaya eksitasi merupakan yang disebabkan adanya gelombang yang menimbulkan gerakan heave (mengapung naik-turun) atau tidak beraturan pada objek. Efek dari tekanan yang tidak merata tersebut disebabkan oleh gaya Froude-Krylov dan gaya massa tambah. Perubahan distribusi tekanan disebabkan oleh bentuk struktur dengan ukuran yang cukup besar. Dampak dari perubahan distribusi tekanan akibat adanya struktur yang besar dinamakan dengan gaya difraksi. Gaya Froude- Krylov dapat ditemukan menggunakan Persamaan 1.3.

$$F_{EX} = \int \rho \cdot n_i \cdot dA \quad (1.3)$$

Dimana:

F_{EX} = Gaya Eksitasi(N/unit amplitudo)

ρ = Tekanan gelombang untuk perairan dalam (N/m²)

n_i = Vektor satuan arah normal

dA = Luasan Struktur (m²)

Persamaan 1.3 menghubungkan antara distribusi tekanan yang diakibatkan medan gelombang dengan luas permukaan dari struktur. Distribusi tekanan gelombang di laut dalam untuk struktur didapat dengan menggabungkan persamaan potensial gelombang dengan persamaan berneoulli sehingga didapat Persamaan 1.4.

$$p = \rho g \zeta a e^{kz} \sin(\omega t - kx) \quad (1.4)$$

Dimana:

ρ = Massa jenis air disekitar struktur (Kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

ζa = Amplitudo gelombang (m)

k = Angka gelombang (rad/m)

z = Posisi di sumbu vertikal, dengan nilai 0 di permukaan air (m)

ω = Frekuensi gelombang (rad/s)

t = Waktu (s)

x = Posisi di sumbu horizontal, searah gelombang (m)

4. Response Amplitude Operator

Response Amplitude Operator (RAO) atau disebut juga dengan *transfer function* merupakan fungsi respon gerakan dinamis struktur yang terjadi karena adanya gelombang dalam jangka frekuensi tertentu. *Response Amplitude Operator* dipergunakan sebagai alat untuk mentransfer beban gelombang dalam bentuk response pada suatu struktur. Adapun bentuk persamaan *Response Amplitude Operator* dalam fungsi frekuensi ialah pada persamaan 1.5.

$$Response(\omega) = (RAO) \cdot \zeta(\omega) \quad (1.5)$$

Dimana:

ζ = Amplitudo gelombang (m)

RAO merupakan fungsi respon dari gerakan dinamis pada struktur yang diakibatkan gelombang dengan rentang frekuensi tertentu. sebagai alat

untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. Menurut (Chakrabarti & Murali, 1987), memiliki persamaan yakni persamaan 1.6.

$$RAO(\omega) = \left(\frac{\zeta_a}{\zeta_w} \right) \quad (1.6)$$

Dimana:

ζ_a = Amplitudo gerakan struktur

ζ_w = Amplitudo gelombang

Persamaan RAO diatas juga pernah dijelaskan oleh Djatmiko (2012). namun menurut bhattacharyya (1978), RAO diartikan sebagai suatu fungsi kuadrat dari perbandingan antara *amplitude* gerakan bangunan apung yang diakibatkan oleh gelombang *regular* disbanding dengan *amplitude* gelombang itu sendiri. Persamaannya dapat ditulis pada persamaan 1.7.

$$RAO(\omega) = \left(\frac{\zeta_a}{\zeta_w} \right)^2 \quad (1.7)$$

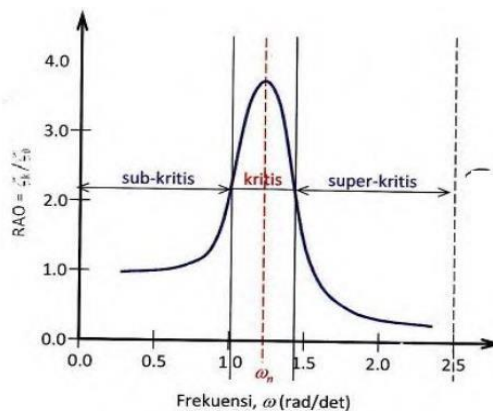
Umumnya RAO merupakan perbandingan antara besaran amplitude gerakan bangunan apung dengan *amplitude* gelombang (unit: m/m untuk amplitude gerakan translasi sedangkan unit: deg/m untuk gerakan rotasional). Sebagai *transfer function*, RAO gerak translasi dengan sendirinya telah merupakan *transfer function* karena unit RAO dapat diasumsikan juga kedalam *non dimensional units*. Sementara RAO gerak rotasional perlu dilakukan transformasi kebentuk *non-dimensional* (rad/rad) dengan cara mentransformasikan amplitude gelombang ke kemiringan gelombang, yakni perkalian antara gelombang (wave number (k_w) di mana $k_w = \omega w^2/g$, dengan amplitudo gelombang (ζ_w). Sehingga, sebagai *transfer function*, RAO gerak rotasi diformulasikan pada persamaan 1.8.

$$RAO = \left(\frac{\zeta_a}{k_w \zeta_w} \right) = \frac{\zeta_a}{(\omega w^2/g) \zeta_w} \quad (1.8)$$

Dimana:

k_w = angka gelombang

ω_w = frekuensi gelombang



Gambar 1.5 Bentuk Umum Grafik Respons Gerakan Bangunan Apung
(sumber : Djatmiko, 2012)

5. Frekuensi Natural

Frekuensi natural merujuk pada frekuensi dimana dimana respon suatu struktur apung terhadap gelombang laut mencapai puncaknya, sesuai dengan karakteristik alami struktur tersebut. Frekuensi natural ditentukan oleh massa benda, massa tambah dan kekakuan hidrostatik yang ditunjukkan pada Persamaan 2.9.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{c}{(M + M_a)}} \quad (2.9)$$

Dimana : ω_n = Frekuensi natural (rad/s)

c = Kekakuan hidrostatik (N/m)

M = Massa struktur (kg)

M_a = Massa tambah struktur (kg)

6. Daya Serap dan Efisiensi Energi

Resonansi *floating buoy* diselidiki lebih lanjut untuk respons dinamis dan kinerja pada gelombang tidak beraturan menggunakan spektrum Jonswap (Kamali & Khojasteh, 2016) yang digunakan untuk memperkirakan gelombang tidak beraturan yang lebih real. Daya serap maksimum pada gelombang tidak beraturan untuk resonansi berorientasi aksisimetris dapat dihitung pada Persamaan 2.10.

$$P_{max_irr} = \frac{\rho g^2 H_s^2 T_e}{64\pi} \quad (2.10)$$

Dimana :

P_{max_irr} = Daya maksimum yang tersedia (kW/m)

ρ = Massa jenis air laut (kg/m³)

H_s = Tinggi gelombang signifikan (m)

T_e = Periode energi (s)

T_e adalah periode energi yang sesuai dengan periode gelombang puncak karena $T_e = \alpha T_p$ dan koefisien $\alpha = 1$ diasumsikan untuk penelitian ini (Shadman et al., 2018; Yaakob et al., 2016). Hubungan berikut memberikan efisiensi penyerapan daya resonansi *floating buoy* pada gelombang tidak beraturan pada Persamaan 2.11.

$$\eta = \frac{P_{abs_irr}}{P_{max_irr}} \quad (2.11)$$

η = Efisiensi (%)

P_{abs_irr} = Daya Serap gelombang tidak beraturan (kW)

P_{max_irr} = Daya maksimum yang tersedia (kW)

Daya serap energi dari masing-masing *floating buoy* dapat diperoleh dengan Persamaan 2.12.

$$P_{abs_irr} = \frac{1}{2} C_{pto} \omega^2 [RAO]^2 \quad (2.12)$$

Dimana:

C_{pto} = Redaman eksternal (Ns/m)

ω = Frekuensi (rad/s)

RAO = *Response Amplitude Operator* (m)

7. Root Mean Square (RMS)

Root Mean Square (RMS) adalah nilai statistik yang digunakan untuk mengukur besaran efektif dari sebuah serangkaian data. RMS memberikan cara untuk menghitung nilai rata-rata kuadrat dari sebuah

variabel, kemudian mengambil akar kuadrat dari rata-rata tersebut. RMS dapat diperoleh menggunakan Persamaan 2.13.

$$RMS = \sqrt{\bar{x^2}} \quad (2.13)$$

Dimana :

RMS = Akar rata-rata akar kuadrat
 $\bar{x}$ = Rata-rata nilai hasil simulasi

Uraian diatas menjadi dasar dalam analisis permodelan *floating buoy* pada gerak *heave* yang menjadi landasan utama dalam pengerjaan tugas akhir ini sehingga peneliti mengangkat judul **“Analisis model Buoy yang paling efektif sebagai pembangkit energi gelombang menggunakan metode numerik”**.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi bentuk buoy terhadap gerak *heave*?
2. Bagaimana *Response Amplitude Operator (RAO)* yang dihasilkan buoy akibat gaya eksitasi gelombang pada gerakan *heave*?
3. Berapa daya total energi yang ditangkap oleh buoy?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui variasi bentuk buoy terhadap yang akan digunakan.
2. Mengetahui *Response Amplitude Operator (RAO)* yang dihasilkan buoy akibat gaya eksitasi gelombang pada gerakan *heave*.
3. Berapa daya total energi yang ditangkap oleh buoy.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah ingin dicapai gerakan buoy dengan frekuensi pergerakan yang optimal. Hasil analisa dimensi buoy dapat digunakan sebagai pertimbangan perancangan pembangkit listrik tenaga gelombang laut terbarukan yang diharapkan mampu beroperasi di perairan dangkal.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah:

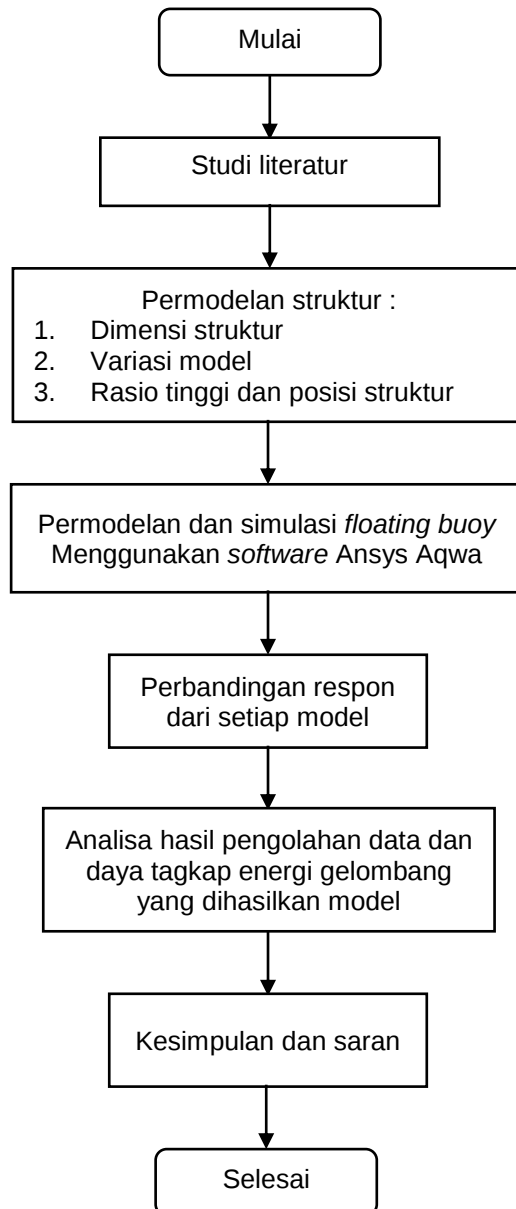
1. Penelitian ini hanya sebatas memodelkan buoy, tidak memodelkan lengan/*supporting rod*.
2. Software yang digunakan adalah dan ANSYS AQWA.
3. Penelitian ini hanya menganalisa gerakan *heave* dari buoy.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Alur Penelitian

Alur penelitian dalam tugas akhir ini dilakukan dengan berbagai tahapan dan prosedur, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir berikut :



Gambar 2. 1 Alur Pengerjaan

2.2 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan penjelasan pada setiap tahapan penelitian pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

2.2.1 Studi Literatur

Dalam tugas akhir ini studi literatur yang digunakan bersumber dari buku, jurnal, artikel, materi perkuliahan, dan penelitian yang berkaitan dengan topik serupa untuk mencari dasar teori yang sekiranya relevan untuk digunakan dalam pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini.

2.2.2 Parameter Permodelan Buoy

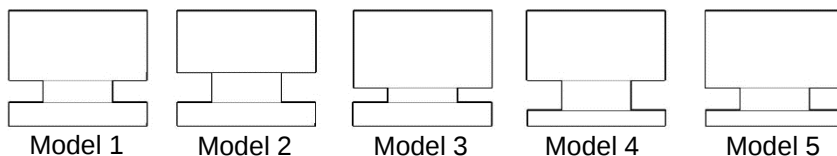
Untuk mencapai tingkat penyerapan dan efisiensi daya yang optimal, geometri pelampung memiliki peranan yang penting maka pengoptimalan geometri perlu dilakukan untuk mencapai daya serap optimum pelampung apung pada kondisi naiknya energi gelombang laut, terkhusus pada gerakan *heave*. Dari penelitian sebelumnya menyarankan 3 kriteria yang harus dipenuhi untuk optimasi yang lebih baik, sebagai berikut :

1. Dalam meningkatkan efisiensi dan mengendalikan pergerakan pelampung apung, diameter pelampung apung harus proporsional dan panjang gelombang-gelombang datang (Chen et al., 2019, 2018; Pastor dan Lio, 2014).
2. Frekuensi alami pelampung harus sejajar dengan frekuensi gelombang datang untuk mnghasilkan daya di wilayah resonansi untuk penyerapan daya maksimum (Berenjkoob et al., 2021; Koh et al; 2015; Shatman et al; 2018).
3. Perancangan pelampung apung harus disesuaikan dengan gelombang-gelombang datang untuk meningkatkan keefesienan (Aderianto dan le, 2019; Azam et al., 2021b; Desa, 2016).

Permodelan buoy menggunakan software AUTODASK AUTOCAD dalam model 3D dengan 5 variasi model, dengan dimensi diberikan pada Table 3.1. variasi bentuknya dari masing-masing model ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Tabel 2.1 Dimensi Model

Deskripsi	Besaran	Satuan
Diameter	15	m
Sarat	11	m
Tinggi	15	m



Gambar 2.2 Variasi model buoy

2.2.3 Pengolahan Data

Pengolahan data simulasi numerik dikerjakan degan menggunakan program yang ada dengan bantuan software ANSYS AQWA. Dari hasil olahan ini akan diperoleh massa tambah, redaman, gaya eksitasi dan juga *Response Amplitude Operator*

(RAO) *Heave*. Lalu berikutnya simulasi juga dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS AQWA untuk mendapatkan respons gerak dari variasi-variasi *buoy*. Tahap berikutnya melakukan input data ke ANSYS AQWA, setelah itu dilakukan meshing dan running. Dalam penentuan meshing digunakan *trial and error* dalam menentukan ukuran *meshing* yang tepat.

2.2.4 Analisis dan Pembahasan

Hasil perbandingan respon variasi-variasi *buoy*, akan dianalisis energi yang ditangkap oleh *buoy*. Dari hasil analisis *Response Amplitude Operator (RAO)*, maka dapat diperoleh *amplitude* dan frekuensi gelombang. Dari hal ini akan didapatkan besar energi yang ditangkap oleh *buoy*.

2.2.5 Perbandingan Respon

Sesudah mendapatkan hasil simulasi, tahap berikutnya ialah melakukan perbandingan hasil simulasi dari variasi-variasi *buoy* tersebut. Dari hasil simulasi maka akan didapatkan perbandingan respon gerak yang dimana didalamnya terdapat massa tambah, redaman, gaya eksitasi, dan juga *Respons Amplitude Operator (RAO) Heavy*, dari kelima variasi model *buoy*.

2.2.6 Kesimpulan

Hasil dari tiap-tiap simulasi yang telah dilakukan akan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh variasi bentuk *buoy* terhadap gerak *heave*, *Respons Amplitude Operator (RAO)* yang dihasilkan *buoy* akibat gaya eksitasi gelombang pada gerak *heave*, dan juga daya total energi yang ditangkap oleh *buoy*. Selain itu, kekurangan dan saran dari penelitian ini dapat dikemukakan untuk saran dan pertimbangan penelitian dan pengembangan perancangan model *buoy* sebagai pembangkit energi gelombang laut berikutnya.