

ANALISA GAYA BATANG *LINKAGE* PADA DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT

Riska Putri, R. Priyoko Prayitnoadi*, dan Budi Santoso Wibowo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Balunijuk, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33172

* email korespondensi: priyokoprayitnoadi@gmail.com

ABSTRAK

Gelombang laut adalah salah satu bentuk energinya yang dapat digunakan sebagai alternatif energi terbarukan dalam desain pembangkit listrik ini. Dalam penelitian ini menggunakan desain pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan tipe *linkage* didesain menggunakan aplikasi *solidworks*. Aliran sistem mekanik yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan gerakan gelombang laut yang diterima oleh pelampung dan diteruskan dengan lengan gelombang yang dihubungkan ke *linkage* dan *rack*, maka *rack* akan maju mundur sehingga pinion akan berputar yang terhubung dengan poros. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui desain pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan *linkage* dan untuk mengetahui berapa besar gaya yang terjadi pada setiap batang *linkage*. Untuk mengetahui berapa besar gaya yang terjadi pada setiap batang *linkage* menggunakan perhitungan analisa struktur. Jenis struktur yang digunakan penelitian ini adalah rangka batang 2 dimensi, pemecahan masalah ini menggunakan hukum Newton 1 yaitu persamaannya: $\sum F = 0$, $\sum M = 0$. Perhitungan untuk menentukan gaya langkah yang pertama adalah menentukan arah gaya yang bekerja pada masing-masing batang lalu menghitung gaya setiap batang dengan menggunakan metode keseimbangan titik hubung. Penelitian ini melakukan analisa struktur dengan menggunakan sudut 25° dan 49° . Hasil analisa menunjukkan besar gaya yang terjadi pada batang *linkage* dengan sudut 25° adalah batang 1, batang 2, batang 3 dan batang 4 memiliki gaya yang sama sebesar 1.143,77 N dan sudut 49° adalah batang 1, batang 2, batang 3 dan batang 4 memiliki gaya yang sama sebesar -130,945 N

Kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang laut, Linkage, *solidworks*, *rack*, pinion

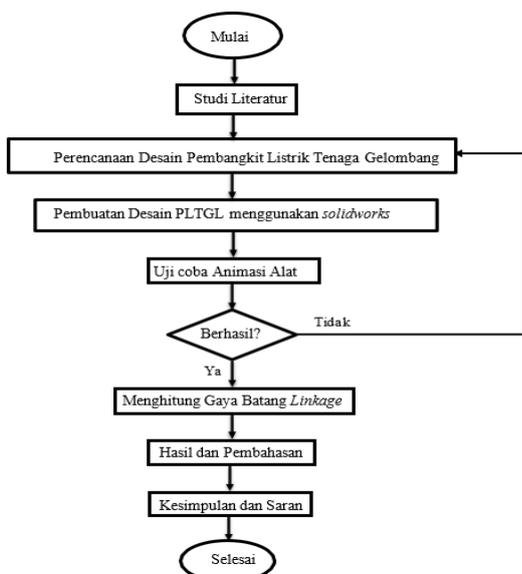
PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan dan kemajuan ekonomi, kebutuhan energi listrik terus meningkat. Saat ini penggunaan pembangkit energi listrik tenaga minyak bumi, batu bara dan gas alam sangat tidak efisien karena akan mengalami degradasi akibat persediaan yang semakin berkurang. Hal ini tentu saja membuat kita mencari alternatif yang dapat memecahkan masalah ini. Salah satu alternatifnya adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut.

Nurhadi (2019) telah melakukan analisa pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan sistem kombinasi *rack gear and pinion* dan *link* menggunakan *solidworks*. Dengan memanfaatkan gerakan gelombang laut yang diterima oleh pelampung, setelah itu diteruskan oleh tuas pelampung yang dihubungkan langsung dengan *link* dan *rack* sehingga *rack* memutar *pinion* yang terhubung dengan poros atau mengubah gerakan vertikal menjadi rotasi, selanjutnya poros dihubungkan dengan *v belt* menuju motor yang akan merubah menjadi energi listrik. Analisa pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan kombinasi *rack gear and pinion* dan *link* tersebut menghasilkan putaran tertinggi 18,516 Rpm dengan kecepatan angular 163 deg/s pada ketinggian gelombang 1,22 meter dan putaran terendah 2,046 Rpm dengan kecepatan angular 61 deg/s terjadi pada ketinggian 0,561 meter, yang terjadi di pantai Briket, Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Kepulauan

Bangka Belitung. Pada Gambar 7 menunjukkan desain pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe *rack gear* dan *link*. Melihat hasil dari penelitian terdahulu, ada asumsi bahwa putaran yang dihasilkan dari desain tersebut masih belum memuaskan untuk dapat menggerakkan motor yang kemudian bisa menghasilkan listrik. Terdapat ide baru untuk merancang sebuah desain pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan desain yang sedikit berbeda dari penelitian terdahulu dengan merancang sebuah desain dengan menggunakan tipe *linkage*, akan tetapi untuk penelitian ini tidak menghitung putaran poros, dalam penelitian ini akan menghitung gaya yang terjadi pada batang *linkage* tersebut. Sebagai gambaran, *linkage* adalah suatu mekanisme yang dapat mengubah gerakan naik turun menjadi gerakan maju mundur. Untuk mendapatkan hasil desain akan didesain menggunakan aplikasi *solidworks*. Dalam menghitung batang *linkage* penelitian ini akan mencari sudut maksimum dan minimum dengan menggunakan aplikasi *solidworks*, dan menggunakan data gelombang laut dengan penelitian sebelumnya yaitu F Rosa dan R P Prayitnoadi (2020) yang berjudul analisis tegangan *rack gear* pada desain pembangkit listrik tenaga gelombang laut di pulau Bangka sebagai referensi untuk perhitungan analisa tersebut.

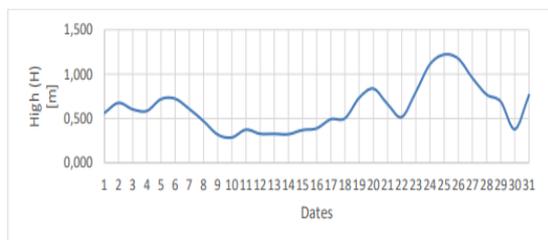
METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian

DATA GELOMBANG LAUT

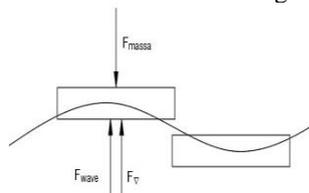
Pendataan didasarkan pada data tinggi gelombang pada Januari 2019 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dengan lokasi pesisir di Berikat, Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan tinggi gelombang pada Januari 2019 berfluktuasi dengan ketinggian gelombang minimum 0,285 m dan tinggi gelombang maksimum 1,22 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik tinggi gelombang Pantai Berikat Kabupaten Bangka tengah pada Januari 2019

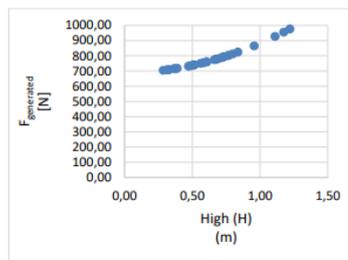
Total kekuatan pada pelampung dipengaruhi oleh gaya gelombang, gaya apung dan gravitasi apung seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.

$$F_{\text{dihasilkan}} = \text{Gelombang } F + F_V + \text{massa } F(7)$$



Gambar 3. Freebody diagram pelampung

Dari hasil grafis pada Gambar 3.17, kekuatan maksimum yang dihasilkan adalah 976,73 N pada tinggi gelombang 1,22 m yang akan digunakan sebagai referensi untuk perhitungan gaya yang terjadi pada batang linkage. $976,73 \text{ N} = 1000 \text{ N}$.



Gambar 4. Grafik gaya yang dihasilkan

DATA YANG AKAN DIHITUNG

Untuk mendapatkan data lainnya bisa dilakukan dengan cara pengujian atau eksperimen. Penelitian kali ini akan melakukan uji coba menggunakan aplikasi *solidworks* sebagai mencari data yang salah satunya adalah sudut pada batang yang sangat diperlukan pada saat menghitung gaya yang terjadi pada batang linkage. Dalam penelitian ini akan menghitung sudut minimum dan maksimum. Sudut minimum didapat pada saat pelampung naik maka rack akan bergerak mundur hingga pada saat posisi seperti gambar 5 sudut yang didapat adalah 25° . Sedangkan sudut maksimum didapat pada saat pelampung turun maka rack akan bergerak maju hingga pada saat posisi seperti gambar 6 sudut yang didapat adalah 49° .



Gambar 5. Posisi sudut 25°



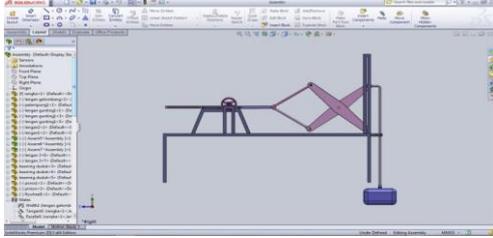
Gambar 6. Posisi sudut 49°

HASIL DAN PEMBAHASAN

RANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT

Rancangan pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan tipe linkage ini menggunakan aplikasi *solidworks* agar lebih mudah pada saat mendesain. Jika adanya kesalahan dalam bentuk dimensi maupun bagian-bagian maka di aplikasi ini juga akan lebih mudah untuk memperbaiki kesalahannya. Perancangan ini meliputi pembuatan bagian-bagian utama kemudian dari semua bagian

tersebut akan di *assembly*. Berikut hasil gambar 3D rancangan pembangkit listrik tenaga gelombang laut.



Gambar 7. 3D Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut

MENGHITUNG GAYA YANG TERJADI PADA BATANG LINKAGE MENGGUNAKAN ANALISA STRUKTUR

Syarat kesetimbangan:

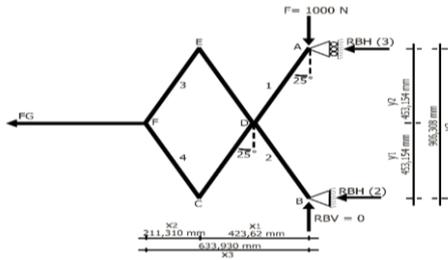
Degree of freedom (DOF) = 3 → Statika tertentu

Degree of freedom (DOF) ≠ 3 → Statika tak tentu

Pemecahan masalah ini menggunakan Hukum Newton 1 “Jika resultan gaya pada suatu benda sama dengan nol, maka benda yang diam akan tetap diam dan benda yang bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan tetap selama tidak ada gaya eksternal yang mengenainya. Persamaannya: $\sum F = 0, \sum M = 0$. Hukum newton 3 “Jika suatu benda mendapatkan sebuah gaya, maka benda tersebut akan mengirimkan gaya yang berlawanan arah dengan kekuatan yang sama besar kepada sumber gaya tersebut. Persamaannya: $F_{aksi} = F_{reaksi}$

Sudut 25°

Diagram Benda Bebas



Gambar 8. DBB sudut 25°

Perhitungan reaksi:

Berdasarkan perhitungan pada batang 1,

$$\sum RH = 0$$

$$-RAH + RDH = 0$$

$$RDH = RAH$$

$$-RAH + 1.000,90 = 0$$

$$RAH = -1.000,90$$

$$\sum MB = 0$$

$$RAH \cdot y_3 + FG \cdot y_1 = 0$$

$$RAH = -FG \cdot \frac{y_1}{y_3}$$

$$RAH = -FG \cdot \frac{\frac{1}{2}y_3}{y_3}$$

$$RAH = \frac{-FG}{2}$$

$$1.000,90 \cdot 906,308 + FG \cdot 453,154 = 0$$

$$1.000,90 = -FG \cdot \frac{453,154}{906,308}$$

$$1.000,90 = -FG \cdot \frac{\frac{1}{2} 906,308}{906,308}$$

$$-FG = \frac{1}{2} \times 1.000,90$$

$$-FG = 500,45$$

$$\sum RH = 0$$

$$-RAH - RBH - FG = 0$$

$$-1.000,90 - RBH - 500,45$$

$$-RBH = -1.000,90 - 500,45$$

$$-RBH = -1.501,35$$

$$\sum RV = 0$$

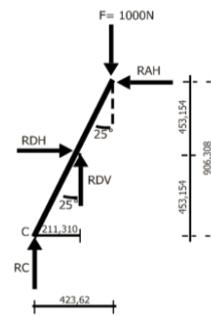
$$-RBV + F = 0$$

$$-RBV = F$$

$$-RBV = 1000$$

Perhitungan gaya:

Batang 1



Gambar 9. Batang 1 sudut 25°

$$\sum MC = 0$$

$$-RDH \cdot y_1 + RDV \cdot \frac{1}{2}X_1 - F \cdot X_1 + RAH \cdot X_1 = 0$$

$$-RDH \cdot y_1 + RDV \cdot \frac{1}{2}X_1 + RDH \cdot X_1 = F \cdot X_1$$

$$-RD \cdot \sin \alpha y_1 + RD \cdot \cos \alpha \cdot \frac{1}{2}X_1 + RD \cdot \sin \alpha \cdot X_1 = F \cdot X_1$$

$$RD (-\sin \alpha \cdot y_1 + \cos \alpha \cdot \frac{1}{2}X_1 + \sin \alpha \cdot X_1) = F \cdot X_1$$

$$RD (-\sin \alpha \cdot y_1 + \cos \alpha \cdot \frac{1}{2}X_1 + \sin \alpha \cdot X_1) = F \cdot X_1$$

$$-RDH \cdot 453,154 + RDV \cdot 211,310 - 1000 \cdot 423,62 + RAH \cdot 423,62 = 0$$

$$-RDH \cdot 453,154 + RDV \cdot 211,310 + RDH \cdot 423,62 = 1000 \cdot 423,62$$

$$-RD \cdot \sin 25 \cdot 453,154 + RD \cdot \cos 25 \cdot 211,310 + RD \cdot \sin 25 \cdot 423,62 = 1000 \cdot 423,62$$

$$-RD (-\sin 25 \cdot 453,154 + \cos 25 \cdot 211,310 + \sin 25 \cdot 423,62) = 1000 \cdot 423,62$$

$$RD (-0,423 \cdot 453,154 + 0,906 \cdot 211,310 + 0,423 \cdot 423,62) = 423.620$$

$$RD (-191,503 + 191,511 + 179,022) = 423.620$$

$$RD = \frac{423.620}{179,03} = 2.366,201$$

$$\sum RV = 0$$

$$RC + RDV - F = 0$$

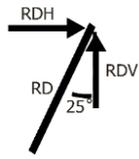
$$RC + RDV = F$$

$$RC + 2.143,77 - 1000 = 0$$

$$RC + 2.143,77 = 1000$$

$$RC = 2.143,77 - 1000 = 1.143,77$$

Hukum Trigonometri



$$\cos 25 = \frac{RDV}{RD}$$

$$RDV = RD \cdot \cos 25$$

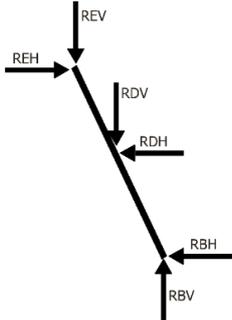
$$RDV = 2.366,201 \cdot 0,906 = 2.143,77$$

$$\sin 25 = \frac{RDH}{RD}$$

$$RDH = RD \cdot \sin 25$$

$$RDH = 2.366,201 \cdot 0,423 = 1.000,90$$

Batang 2



Gambar 10. Batang 2 sudut 25°

$$\sum RH = 0$$

$$REH - RDH - RBH = 0$$

$$REH = -RDH - RBH$$

$$REH = -1000,90 + 1.501,53 = 500,45$$

$$\sum RV = 0$$

$$REV + RDV - RBV = 0$$

$$REV = RDV - RBV$$

$$REV = 2.143,77 - 1000 = 1.143,77$$



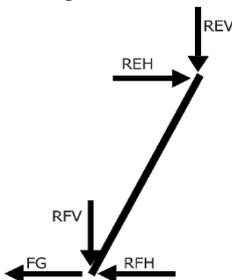
$$RE = \sqrt{REH^2 + REV^2}$$

$$= \sqrt{500,45^2 + 1.143,77^2}$$

$$= \sqrt{250.450 + 1.308.209}$$

$$= 1.558,659$$

Batang 3



Gambar 11. Batang 3 sudut 25°

$$\sum RH = 0$$

$$-RFH + REH - FG = 0$$

$$-RFH = REH - FG$$

$$-RFH = 500,45 - 500,45$$

$$-RFH = 0$$

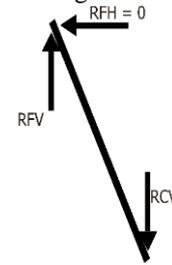
$$\sum RV = 0$$

$$RFV + REV = 0$$

$$RFV = REV$$

$$RFV = 1.143,77$$

Batang 4



Gambar 12. Batang 4 sudut 25°

$$\sum RV = 0$$

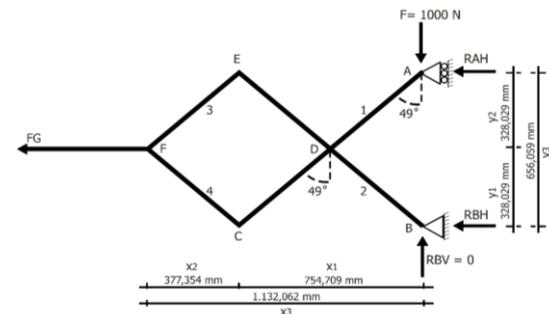
$$-RFV + RCV = 0$$

$$-RFV = -RCV$$

$$-RCV = -1.143,77$$

Sudut 49°

Diagram Benda Bebas



Gambar 13. DBB Sudut 49°

Perhitungan reaksi:

Berdasarkan perhitungan pada batang 1,

$$\sum RH = 0$$

$$-RAH + RDH = 0$$

$$RDH = RAH$$

$$-RAH + 1.000,21 = 0$$

$$RAH = -1.000,21$$

$$\sum MB = 0$$

$$RAH \cdot y_3 + FG \cdot y_1 = 0$$

$$RAH = -FG \cdot \frac{y_1}{y_3}$$

$$RAH = -FG \cdot \frac{1 \cdot y_1}{2 \cdot y_3}$$

$$RAH = \frac{-FG}{2}$$

$$1.000,21 \cdot 656,058 + FG \cdot 328,029 = 0$$

$$1.000,21 = -FG \cdot \frac{328,029}{656,058}$$

$$1.000,21 = -FG \cdot \frac{1}{2}$$

$$-FG = \frac{1}{2} \times 1.000,21$$

$$-FG = 500,105$$

$$\sum RH = 0$$

$$-RAH - RBH - FG = 0$$

$$-1.000,21 - RBH - 500,105 = 0$$

$$-RBH = -1.000,21 - 500,105$$

$$-RBH = -1.500,315$$

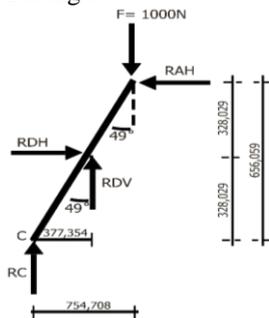
$$\sum RV = 0$$

$$-RBV + F = 0$$

$$-RBV = F$$

$$-RBV = 1000$$

Perhitungan gaya:
Batang 1

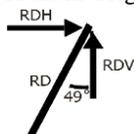


Gambar 14. Batang 1 sudut 49°

$$\begin{aligned}
 & -RDH \cdot 328,029 + RDV \cdot 377,354 - 1000 \cdot 754,708 \\
 & + RAH \cdot 754,708 = 0 \\
 & -RDH \cdot 328,029 + RDV \cdot 377,354 + RDH \cdot 754,708 \\
 & = 1000 \cdot 754,708 \\
 & -RD \cdot \sin 49 \cdot 328,029 + RD \cdot \cos 49 \cdot 377,354 + \\
 & RD \cdot \sin 49 \cdot 754,708 = 1000 \cdot 754,708 \\
 & -RD (-\sin 49 \cdot 328,029 + \cos 49 \cdot 377,354 + \sin 49 \\
 & \cdot 754,708) = 1000 \cdot 754,708 \\
 & RD (-0,755 \cdot 328,029 + 0,656 \cdot 377,354 + 0,755 \cdot \\
 & 754,708) = 754,708 \\
 & RD (-247,662 + 247,544 + 569,804) = 754,708 \\
 & RD = \frac{754,708}{569,686} = 1.324,779
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum RV &= 0 \\
 RC + RDV - F &= 0 \\
 RC + RDV &= F \\
 RC + 869,055 - 1000 &= 0 \\
 RC + 869,055 &= 1000 \\
 RC &= 869,055 - 1000 = -130,945
 \end{aligned}$$

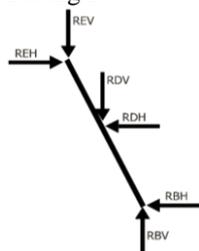
Hukum Trigonometri



$$\begin{aligned}
 \cos 49 &= \frac{RDV}{RD} \\
 RDV &= RD \cdot \cos 49 \\
 RDV &= 1.324,779 \cdot 0,656 = 869,055
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sin 49 &= \frac{RDH}{RD} \\
 RDH &= RD \cdot \sin 49 \\
 RDH &= 1.324,779 \cdot 0,755 = 1.000,921
 \end{aligned}$$

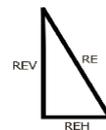
Batang 2



Gambar 15. Batang 2 sudut 49°

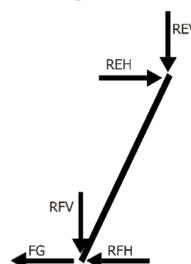
$$\begin{aligned}
 \sum RH &= 0 \\
 REH - RDH - RBH &= 0 \\
 REH &= -RDH - RBH \\
 REH &= -1000,21 + 1.500,315 = 500,105
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum RV &= 0 \\
 REV + RDV - RBV &= 0 \\
 REV &= RDV - RBV \\
 REV &= 869,055 - 1000 = -130,945
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 RE &= \sqrt{REH^2 + REV^2} \\
 &= \sqrt{500,105^2 + (-130,945)^2} \\
 &= \sqrt{250.105 - 17.146,56} \\
 &= 232.958,41
 \end{aligned}$$

Batang 3



Gambar 16. Batang 3 sudut 49°

$$\begin{aligned}
 \sum RH &= 0 \\
 -RFH + REH - FG &= 0 \\
 -RFH &= REH - FG \\
 -RFH &= 500,105 - 500,105 \\
 -RFH &= 0 \\
 \sum RV &= 0 \\
 RFV + REV &= 0 \\
 RFV &= REV \\
 RFV &= -130,945
 \end{aligned}$$

Berikut hasil besar gaya yang terjadi pada batang linkage dengan sudut 25° dan 49°.

Tabel 1. Besar gaya yang terjadi pada batang linkage

Nama batang	Sudut 25°	Sudut 49°
Batang 1	1.143,77	-130,945
Batang 2	1.143,77	-130,945
Batang 3	1.143,77	-130,945
Batang 4	1.143,77	-130,945

PEMBAHASAN

Proses mendesain pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan linkage terdapat beberapa bagian yang telah didesain yaitu lengan gelombang, rangka, lengan gunting, pelampung, lengan 1, lengan 2, lengan 3, fly wheel, block bearing, poros, pinion dan rack. Setelah mendesain bagian-bagian tersebut kemudian meng assembly semua bagian yang telah didesain tersebut dengan menggunakan aplikasi solidworks juga. Setelah dilakukannya proses desain pembangkit listrik tenaga gelombang laut sehingga

mendapatkan data-data berupa sudut 25° dan 49° yang kemudian data-data tersebut akan dihitung berapa besar gaya yang terjadi pada batang *linkage*. Data-data tersebut disusun dalam bentuk Tabel 1 yang menunjukkan bahwa sudut minimum lebih besar gayanya dibandingkan dengan sudut maksimum yang menghasilkan gaya yang lebih kecil. Pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa gaya yang terjadi di sudut 25° itu mempunyai gaya yang sama besar. Pada batang 1, batang 2, batang 3 dan batang 4 di sudut 25° memiliki gaya yang terjadi sebesar 1.143,77 N, sedangkan pada batang 1, batang 2, batang 3 dan batang 4 di sudut 49° memiliki gaya yang terjadi sebesar -130,954 N

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain: (i) Pada saat mendesain pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan tipe *linkage* terdapat beberapa komponen utama yaitu: lengan gelombang, pelampung, rangka, lengan gunting, lengan 1, lengan 2, lengan 3, *fly wheel*, poros, *rack* dan *pinion*. Pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan tipe *linkage* ini sistemnya memanfaatkan gerakan gelombang laut yang diterima oleh pelampung dan setelah itu diteruskan dengan lengan gelombang yang dihubungkan ke lengan gunting atau *linkage* dan *rack* maka nantinya *rack* akan bergerak maju mundur sehingga *gear* akan berputar yang terhubung dengan poros; (ii) Besar gaya yang terjadi pada batang *linkage* dengan sudut 25° adalah batang 1, batang 2, batang 3 dan batang 4 memiliki

gaya yang sama sebesar 1.143,77 N, sedangkan sudut 49° adalah batang 1, batang 2, batang 3 dan batang 4 memiliki gaya yang sama sebesar -130,945 N. Dapat disimpulkan bahwa gaya yang terjadi disudut 25° lebih besar dibandingkan dengan sudut 49° , karena gaya yang terjadi di 49° lebih kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung yang telah mendanai seminar dan prosiding artikel ini.

REFERENSI

- F. Rosa and R.P.Prayitnoadi. 2020. *Stress Analysis Of A Rack Gear On Sea Wave Power Plant Design In Bangka Island*. International Conference On Green Energy And Environment.
- Jatmiko. 2017. *Potensi gelombang laut sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) di perairan sumenep madura dan sekitarnya*. Skripsi. Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Dan Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Nurhadi, M.U. 2019. *Analisa Simulasi Penggerak Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Rack Gear Dan Link Menggunakan Solidworks*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung. Bangka Belitung.