



SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK III - Surabaya, 11 Maret 2023

Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2023.3992

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043

Email : snestik@itats.ac.id

Analisa Daya pada Gelombang Laut di Lumajang Jawa Timur dengan Model *Oscillating Water Column (OWC)*

Moh. Hasbi Ash Shiddieq, Misbahul Munir, Novian Putra Uman Putra, Ilmiatul
Masfufiah, Pratama Sandi Alala

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)

e-mail: dhasbi5@gmail.com

ABSTRACT

The need for electrical energy from year to year gets greater along with the human population, but this is inversely proportional to fossil resources, which are increasingly depleted because they continue to be exploited as sources of generation. Therefore, new renewable energy sources are needed to prevent fossil fuel depletion. This research discusses the generation of electrical energy from sea waves. To convert sea waves into electrical energy, an oscillating water column (OWC) is used in two models, namely the cube and the pyramid. The use of the computational fluid dynamics (CFD) approach produced the simulation results for potential energy and electric power. The cube and large pyramid models obtained their minimum potential energy in March at 353,580 joules and 2,332,625 joules, respectively. Meanwhile, the maximum potential energy in September was 11,550,000 joules and 8,057,232 joules, respectively. The minimum electric power for both models was 768,963 KW and 822,149 KW, while the maximum was 1,333,204 KW and 994,869 KW.

Keywords: sea waves, renewable energy, Oscillating Water Column, Computational Fluid Dynamic.

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan naiknya jumlah populasi manusia tetapi hal tersebut berbanding terbalik dengan sumber daya *fossil* yang semakin lama semakin habis karena terus di *exploitasi* untuk sumber pembangkitan. Oleh karena itu diperlukan sumber energi baru terbarukan untuk mencegah habisnya bahan bakar *fossil* tersebut, maka pada penelitian ini membahas

tentang pembangkit energi listrik yang bersumber dari gelombang laut. Untuk mengkonversikan gelombang laut menjadi energi listrik digunakan *Oscillating Water Column* (O.W.C). yang memiliki dua model yaitu Kubus dan *Piramid*. Dengan menggunakan pendekatan *Computational Fluid Dynamic* (C.F.D). didapatkan hasil simulasi energi potensial dan daya listrik. Untuk model kubus dan piramid besar energi potensial minimal di bulan Maret masing-masing 353.580 *joule* dan 2.332.625 *joule*. Dan besar energi potensial maksimal di bulan September masing-masing 11.550.000 *joule* dan 8.057.232 *joule*. Sedangkan daya listrik minimalnya sebesar 768,963 KW dan 822,149 KW, dan maksimalnya 1.333, 204KW dan 994,869 KW.

Kata Kunci : Gelombang laut, Energi baru terbarukan, *Oscillating Water Column*, *Computational Fluid Dynamic*.

PENDAHULUAN

Fosil merupakan bahan baku utama pembangkit listrik konvensional tenaga uap terbesar di Indonesia dan merupakan sebuah sumber daya alam yang semakin lama semakin habis kalau terus *dieksploitasi* secara terus menerus, dengan adanya kekhawatiran akan habisnya sumber daya *fosil* tersebut, maka banyak penelitian untuk membuat atau menciptakan sebuah penemuan yang dapat mengubah sumber daya alternatif menjadi energi listrik sebagai pengganti bahan bakar *fosil* yang semakin lama semakin habis.

Dari ujicoba yang sudah dilakukan beberapa tahun belakangan didapatkan beberapa *inovasi* mulai dari pembangkit listrik tenaga surya, angin, *micro hydro*, dan gelombang laut, sebagai hasil dari jerih payah para peneliti yang diharapkan kelak bisa menggantikan pembangkit tenaga bahan bakar fosil dengan pembangkit tenaga alternatif.

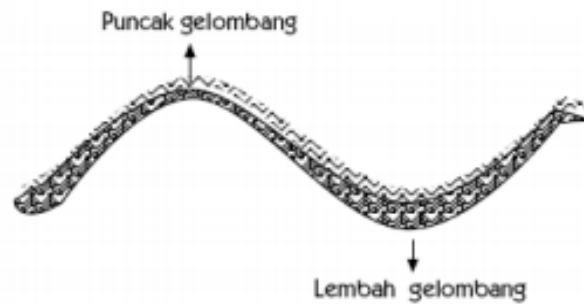
Karena letak geografis Indonesia sebagai negara maritim yang memiliki 2/3 wilayahnya berupa lautan. Dengan luas laut di Indonesia potensi energi kinetik dari gelombang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang dapat diperbarui. Akan tetapi pemanfaatan energi gelombang laut masih belum dilakukan secara *maximal*. Padahal Indonesia memiliki bentangan laut yang sangat luas, dari yang memiliki gelombang kecil, sedang dan besar ada di negara Indonesia. Dibandingkan dengan energi yang dihasilkan oleh surya dan bayu, energi ombak laut ini memberikan ketersediaan energi 90% dengan kawasan yang potensial sehingga tanpa batas, jadi selama ada gelombang ombak maka energi listrik bisa didapatkan dengan terus menerus. [1].

Penelitian yang akan dikembangkan adalah konversi energi gelombang laut menjadi energi listrik menggunakan metode *Oscillating Water Column* (OWC), dengan pendekatan *Computational fluid dynamic* (CFD). Dimana pendekatan ini memiliki spesialisasi dalam melakukan perhitungan *numerik* yang berkaitan dengan *fluida* (benda cair) dan *air* (udara). Yang dimana kedua syarat pendekatan tersebut terpenuhi oleh penelitian ini.

TINJAUAN PUSTAKA

Gelombang Laut

Gelombang laut adalah sebuah proses alami yang terbentuk dari adanya aliran fluida dan angin yang saling bergesekan dan mengakibatkan terbentuknya proses naik turunnya air laut sehingga menghasilkan energi gerak, dalam pengamatan dan pengkajian di alam gelombang laut memiliki beberapa asumsi sehingga memunculkan teori perhitungan untuk mengetahui potensi yang dimiliki oleh gelombang laut tersebut, untuk penelitian kali ini saya ingin menggunakan gelombang laut untuk menghasilkan energi listrik menggunakan *oscillating water column* (OWC) [2]. Gelombang laut ditunjukkan pada gambar 2.1.

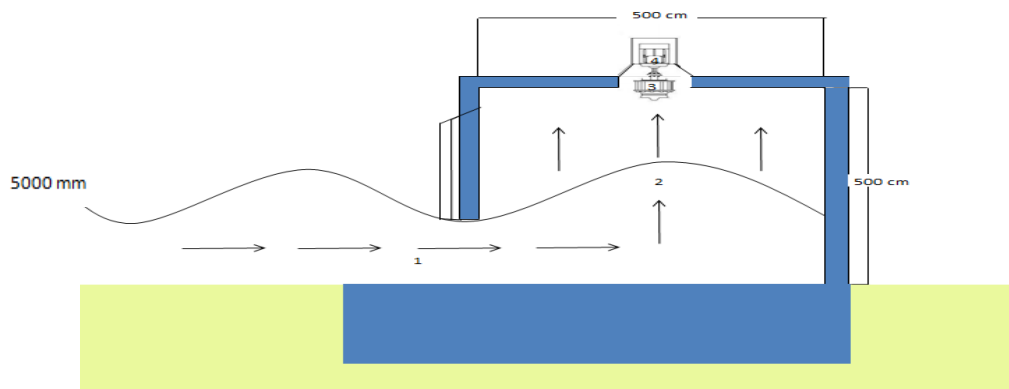


Gambar 1 Gambar Gelombang Laut [1].

Oscillating Water Column (OWC)

Oscillating water column adalah sebuah alat yang dapat mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik dengan cara menangkap gelombang laut dalam *column*, sehingga dalam *kolom* tersebut terjadi proses *oscillating* dimana pada proses ini naik turunnya air laut dalam *column* akan menekan angin dan angin tersebut digunakan untuk menggerakkan *turbin* untuk mengkonversi energi potensial dalam *kolom* tersebut menjadi energi listrik untuk pemasangan *oscillating water column* tipe kubus dan *piramid* terletak 10 sampai 30 meter dari garis pantai [2].

Gambar *Oscillating Water Column* (OWC) ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2 Oscillating Water Column (OWC).

Potensi Perhitungan Daya Energi Dan Daya Gelombang Laut.

Untuk mencari besar daya pembangkitan yang akan dihasilkan oleh gelombang laut, data utamanya berupa ketinggian gelombang yang didapatkan dari Badan Meteorologi Dan Geofisika (BMKG), dari ketinggian gelombang kita dapat menentukan periode datangnya gelombang dengan persamaan 1[3,4].

$$T = 3,55\sqrt{H} \quad (1)$$

Dimana :

T = periode (s)

H = Ketinggian Gelombang (m)

Setelah mengetahui periode datangnya gelombang, maka tahap selanjutnya adalah menentukan panjang gelombang berdasarkan persamaan 2[3,4].

$$\lambda = 5,12 \cdot T^2 \quad (2)$$

Dimana :

λ = Panjang gelombang (m)

Setelah panjang gelombang didapatkan tahap selanjutnya adalah menentukan kecepatan datang gelombang sesuai dengan persamaan 3[3,4].

$$V = \frac{\lambda}{T} \quad (3)$$

Dimana :

V = kecepatan gelombang (m/s)

Setelah memperoleh kecepatan dari gelombang, maka untuk langkah selanjutnya ialah menghitung energi kinetik dan potensial dengan menggunakan persamaan 4 [3]:

$$P.E = mg \frac{y(x,t)}{2} j \quad (4)$$

Dimana:

m = massa gelombang (kg)

p = massa jenis air laut (1 kg/m^3)

$y(x,t) = a \sin(kx - \omega t)$

Untuk memperoleh amplitudo gelombang (a) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5[3]:

$$a = \frac{H}{2} \text{ (m/s)} \quad (5)$$

H = ketinggian gelombang (m)

Untuk memperoleh konstanta gelombang (k) dapat dihitung menggunakan persamaan 6[5]:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ (kg)} \quad (6)$$

λ = panjang gelombang (m)

Untuk memperoleh frekuensi gelombang (ω) dapat dihitung menggunakan persamaan 7 [3]:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ (r/s)} \quad (7)$$

Untuk menghitung besarnya energi potensial yang dihasilkan lebih dari 1 periode pada gelombang laut, dapat di asumsikan kalau gelombang laut ialah suatu fungsi dari x terhadap waktu dan dapat dilihat di persamaan 8[3].

$$x = T \sin(\omega.t) dx \quad (8)$$

ω = Frekuensi gelombang (r/s)

t = waktu (s)

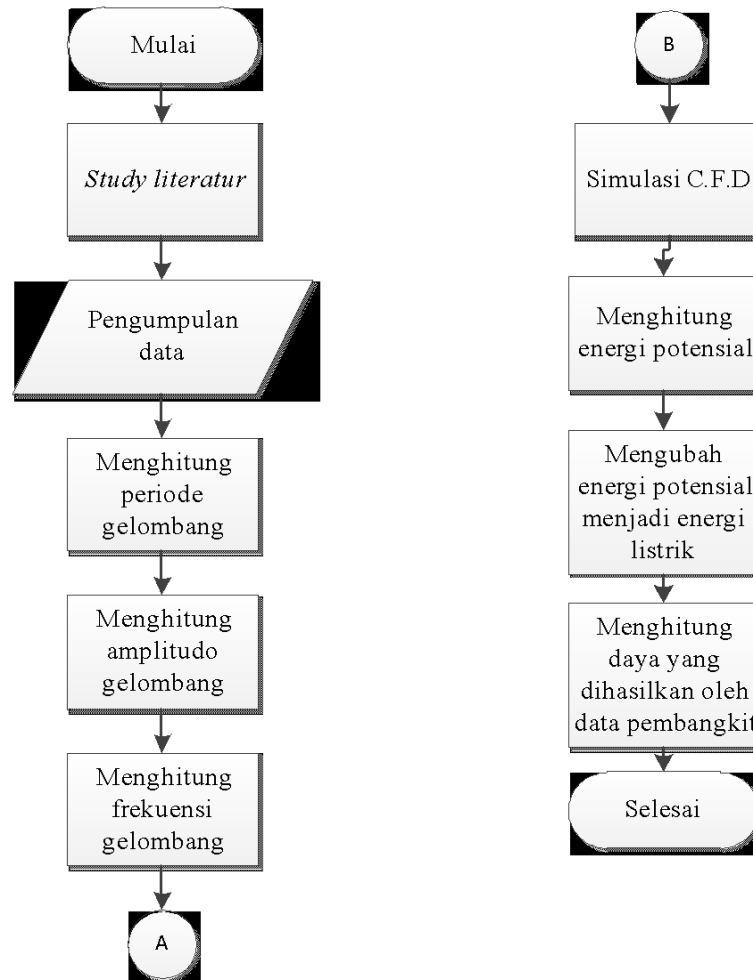
Untuk perhitungan nilai *output* daya yang dibangkitkan dari energi gelombang laut dapat diperoleh dari persamaan 9 [4].

$$P_w = \frac{E_w}{T} \quad (9)$$

P_w = daya (w)

E_w = Total energi potensial (j)

METODE



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Adapun metode-metode yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Study Literature

Study literature ini dimulai dengan mencari berbagai sumber referensi di internet meliputi berbagai macam jurnal, teori, persamaan dan simulasi yang relevan, untuk dijadikan sebagai solusi pemecahan studi kasus yang akan dibahas dalam penelitian ini.

2. Pengumpulan Data

Untuk pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data dari BMKG yang meliputi data ketinggian gelombang laut rata-rata selama setahun pada tahun 2020 yang terletak di pesisir kepanjen, lumajang, jawa timur

Tabel 1. Data rata-rata ketinggian gelombang laut perbulan di pesisir kepanjen, lumajang, jawa timur pada tahun 2020.

NO	BULAN	Ketinggian Gelombang Laut	
		HS (m)	HX (m)

1	JANUARY	1.332157	2.234375
2	FEBUARY	1.542565	2.571929
3	MARET	1.033266	1.720766
4	APRIL	1.923438	3.208594
5	MEI	2.020833	3.373958
6	JUNI	2.160417	3.610938
7	JULI	2.230847	3.724042
8	AGUSTUS	1.860383	3.105595
9	SEPTEMBER	2.501042	4.179688
10	OKTOBER	1.519909	2.549899
11	NOVEMBER	1.436719	2.409375
12	DESEMBER	1.665827	2.784274
13	Rata-Rata	1.76775	2.950833

3.Simulasi *Oscillating Water Column (O.W.C)*.

Pada tahap ini kita membuat permodelan *oscillating water column* secara 2D dengan bentuk kubus dan piramid, dengan pendekatan metode *Computational Fluid Dynamic (C.F.D)*.

4.Analisa Dan Hasil

Setelah membuat pemodelan O.W.C berbentuk kubus dan *piramida* serta melakukan simulasi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pembahasan berupa analisa dan hasil penelitian. Dalam tahapan ini akan diketahui berapa masing-masing besar daya listrik yang bisa dibangkitkan dari model kubus dan *piramid*.

5 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan sudah mendapatkan hasil dari pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan berapa nilai energi potensial dan energi listrik yang dihasilkan oleh masing-masing pemodelan O.W.C

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini hasilnya akan berapa berapa besar daya listrik yang mampu dibangkitkan oleh model kubus dan *piramid*.

A.Menghitung Priode Gelombang

Menghitung periode gelombang menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$\text{Januari } T = 3,55\sqrt{1.332} = 4,097 \text{ second}$$

Tabel 2 Data Hasil Perhitungan Periode Gelombang Setiap Bulan.

Bulan	<i>Minimal (s)</i>	<i>Maximal (s)</i>
January	4,097	5,306
Febuary	4,408	5,692
Maret	3,608	4,655
April	4,922	6,358
Mei	5,045	6,519
Juni	5,217	6,745

Juli	5,301	6,850
Agustus	4,841	6,255
September	5,614	7,257
Oktober	4,375	5,667
November	4,254	5,509
Desember	4,580	5,923
Rata-Rata	4,688	6,061

B. Menghitung Amplitudo Gelombang.

Tahap selanjutnya dari penelitian ini adalah menentukan besaran dari amplitude gelombang, untuk perhitungan amplitudo gelombang dapat digunakanlah persamaan 5 sebagai berikut :

$$\text{Januari } a = \frac{1.332}{2} = 0,666 \text{ meter}$$

Tabel 3 Data Hasil Perhitungan Amplitudo Glombang Setiap Bulan.

Bulan	<i>Minimal</i> (m/s)	<i>Maximal</i> (m/s)
Januari	0,666	1,117
Febuary	0,771	1,285
Maret	0,516	0,860
April	0,961	1,604
Mei	1,01	1,686
Juni	1,08	1,805
July	1,115	1,862
Agustus	0,93	1,552
September	1,250	2,089
Oktober	0,759	1,274
November	0,718	1,204
Desember	0,832	1,392
Rata-Rata	0.197	1,405

C .Menghitung Frekuensi Gelombang

Tahap selanjutnya dari penelitian ini adalah menghitung frekuensi gelombang dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$\text{Januari } \omega = \frac{2\pi}{4,097} = 1,533 \text{ rad}$$

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Frekuensi Gelombang Setiap Bulan.

Bulan	<i>Minimal</i> (rad/s)	<i>Maximal</i> (rad/s)
January	1,533	1,184
Febuary	1,425	1,103
Maret	2,047	1,349
April	1,276	0,988

Mei	1,245	0,963
Juni	1,204	0,931
July	0,917	0,917
Agustus	1,297	1,004
September	1,119	0,865
Oktober	1,442	1,108
November	1,447	1,140
Desember	1,371	1,060
Rata-Rata	1,283	0,662

D .Simulasi Program.

Setelah memperoleh frekuensi dan amplitudo gelombang maka tahap selanjutnya melakukan simulasi ada beberapa tahapan dalam simulasi ini yang pertama adalah mengkonversi waktu dari bulan ke detik untuk dijadikan *time step* simulasi sehingga didapatkanlah hasil energi potensial sebagai berikut:

1. Konversi waktu.

Konversi waktu 1:100.000 digunakan sebagai inputan panjang gelombang pada simulasi.

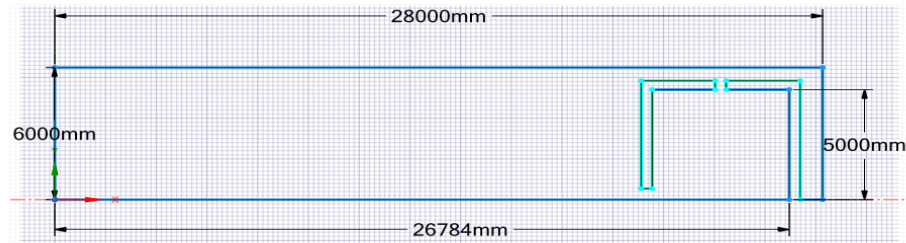
Tabel 5. Hasil Konversi bulan ke detik 1:100.000

Bulan	Konversi bulan ke Detik (s)	1:100.000 (s)
January	2.678.400	26,784
Febuary	2.419.200	24,192
Maret	2.678.400	26,784
April	2.592.000	25,920
Mei	2.678.400	26,784
Juni	2.592.000	25,920
Juli	2.678.400	26,784
Agustus	2.678.400	26,784
September	2.592.000	25,920
Oktober	2.678.400	26,784
November	2.592.000	25,920
Desember	2.678.400	26,784

2.Energi Potensial

A. Pemodelan Kubus.

Pada tahap ini penulis akan mengambil contoh simulasi kubus pada bulan januari.

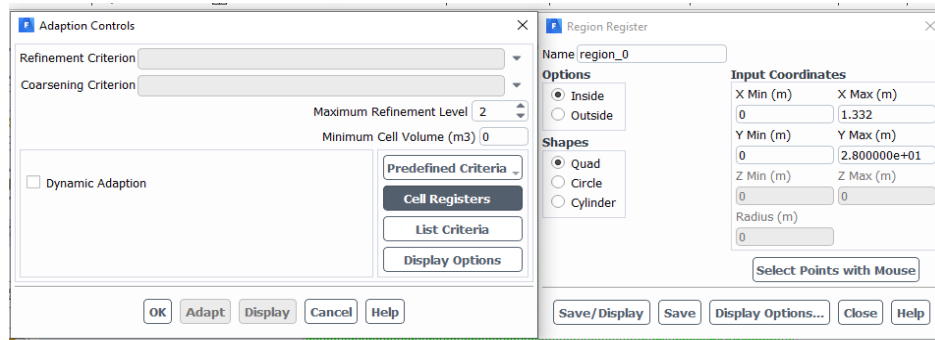


Gambar 4. Pemodelan kubus

Spesifikasi permodelan kubus pada bulan Januari Sebagai Berikut :

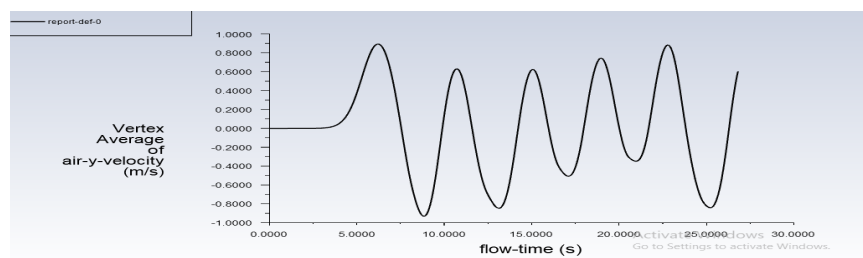
- Sumbu (y) : memiliki ketinggian 6.000 mm.
- Sumbu (x) : memiliki panjang 28.000 mm..
- Sumbu (x) ke *column* : memiliki panjang 26.784 mm.
- *Column osilasi* : memiliki ketinggian 5.000 mm dan panjang 5.000 mm.
- Ketinggian mulut *column*: 0.832 mm.

Setelah permodelan sudah dibuat maka tahap selanjutnya adalah input ketinggian gelombang laut seperti Gambar 5.

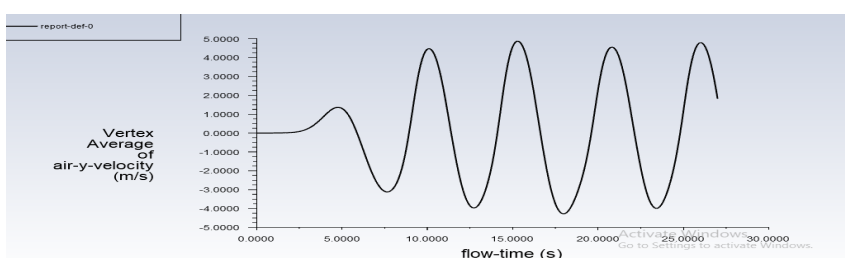


Gambar 5. Input Ketinggian Gelombang Laut.

Setelah itu *running* , dari simulasi ini mendapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Gelombang *Minimal* Januari.



Gambar 7. Grafik Gelombang *Maximal* Januari.

Tabel 6. Energi Potensial Yang Dihasilkan Pada Bulan Januari

Detik	Januari	
	<i>Minimal</i>	<i>Maximal</i>
1	0.37219	0.00128
2	0.86971	0.02351
3	0.55899	0.22904
4	0.4857	0.93748
5	0.9086	1.30704
6	0.13526	0.2704
7	0.55397	2.5581
8	0.4067	2.9461
9	0.838	0.39707
10	0.2908	4.44348
11	0.62019	2.07568
12	0.0303	2.7249
13	0.5016	3.8144
14	0.02091	0.611
15	0.74374	4.57845
16	0.01569	3.3154
17	0.3479	1.9666
18	0.35202	4.2829
19	0.83675	2.5675
20	0.2091	2.29765
21	0.8212	4.44933
22	0.3884	0.68271
23	0.13526	3.5499
24	0.55397	3.2492
25	0.4067	1.17489
26	0.838	4.79138
Jumlah	10.3648	59.2454

Pada tahap ini total energi yang diperoleh akan dikalikan dengan 100.000 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

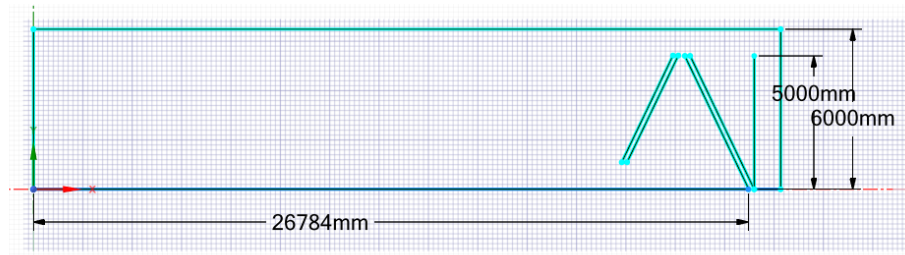
Tabel 7 .Data Total Energi Potensial Pada Simulasi Model Kubus Setiap Bulan.

Bulan	<i>Minimal</i> (j) x 100.000	<i>Maximal</i> (j) x100.000
January	1.036.800	5.924.500
Febuary	2.590.600	6.339.900
Maret	353.580	3.374.400
April	4.916.700	7.983.600
Mei	5.171.400	9.201.700
Juni	6.170.700	10.083.000
Juli	5.837.100	9.997.400
Agustus	4.162.500	9.661.500

September	8.320.000	11.550.000
Oktober	2.663.100	8.227.200
November	2.159.200	7.200.000
Desember	2.392.400	9.042.700

B. Pemodelan *Piramid*.

Simulasi *Piramid* Pada Bulan Januari.

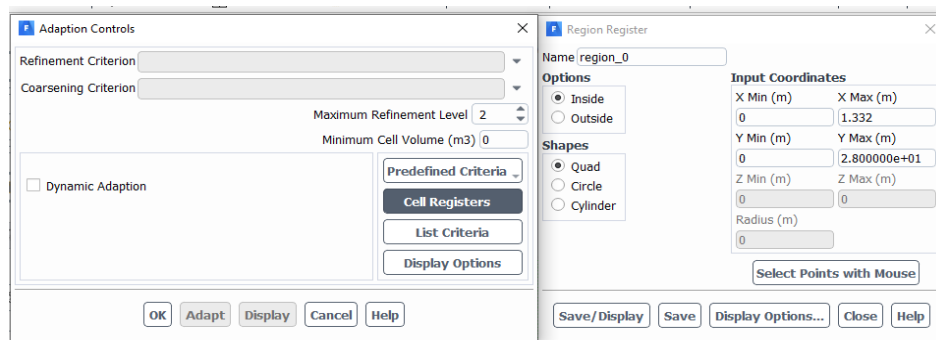


Gambar 8. Pemodelan *piramid* pada bulan Januari

Spesifikasi *Geometry* Januari Sebagai Berikut :

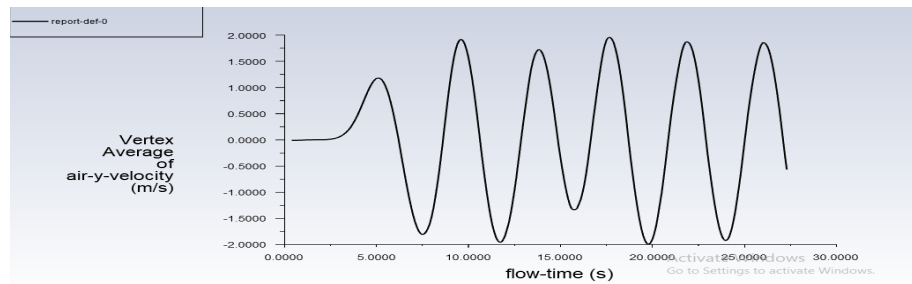
- Sumbu (y) : memiliki ketinggian 6.000 mm.
- Sumbu (x) : memiliki panjang 28.000 mm..
- Sumbu (x) ke *column* : memiliki panjang 26.784 mm.
- *Column osilasi* : memiliki ketinggian 5.000 mm dan panjang 5.000 mm.
- Ketinggian mulut *column*: 0.832 mm

Setelah permodelan sudah dibuat maka tahap selanjutnya adalah input ketinggian gelombang laut seperti Gambar

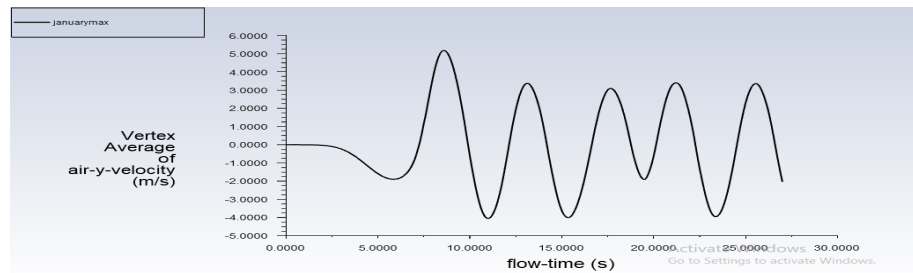


Gambar 9. Input Ketinggian gelombang laut.

Setelah itu *running* , dari simulasi ini mendapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik *Minimal* Januari.



Gambar 11. Grafik *Maximal* Januari

Pada tahap ini total energi yang diperoleh akan dikalikan dengan 100.000 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Energi Potensial Bulan Januari

Detik	Januari	
	<i>Minimal</i>	<i>Maximal</i>
1	0.490101	0.81304
2	1.17182	1.58735
3	0.371534	1.88821
4	1.44533	0.81695
5	1.47268	3.717422
6	1.103884	4.248446
7	1.571843	0.59929
8	1.01493	4.06158
9	1.82408	0.77991
10	0.378181	3.315758
11	1.666604	1.031562
12	0.33665	3.61624
13	1.22936	2.81328
14	0.955243	1.691709
15	1.727622	2.74953
16	0.85808	0.95963
17	1.89746	0.62434
18	0.42183	3.2698
19	1.84904	1.424147
20	0.28185	3.41667
21	1.9255	2.65932
22	0.05014	2.300756

23	1.8565	2.660317
24	0.490101	0.81304
25	1.17182	1.58735
26	0.371534	1.88821
Jumlah	25.96395	43.19887

Pada tahap ini total energi yang diperoleh akan dikalikan dengan 100.000 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Total Energi Potensial Pada Simulasi Model *piramid* Setiap Bulan.

Bulan	Minimal (j) x 100.000	Maximal (j) x100.000
January	2.596.400	4.319.887
Febuary	3.648.147	6.219.737
Maret	2.332.625	4.237.082
April	5.286.298	6.205.149
Mei	4.087.134	6.044.221
Juni	5.869.622	6.331.514
Juli	4.886.452	5.682.859
Agustus	5.246.484	6.188.434
September	6.505.921	8.057.232
Oktober	3.369.411	6.562.795
November	3.010.941	6.560.812
Desember	3.716.325	6.358.268

E .Mengkonversi Energi Potensial Menjadi Energi Listrik.

Ini merupakan tahap terakhir dari perhitungan potensi daya yang dihasilkan oleh gelombang laut melalui persamaan 9 sebagai berikut :

$$\text{Bulan Januari } P_w = \frac{E_w}{T} = \frac{1.036.800}{4,097} = 253,063 \text{ KW}$$

Tabel 10. Data Hasil Konversi Energi Potensial Menjadi Daya Listrik Model Kubus.

Bulan	Minimal (KW)	Maximal (KW)
January	253,063	1.116,566
Febuary	587,704	1.113,826
Maret	117,860	724,897
April	998,923	1.255,677
Mei	1.034,280	1.411,520
Juni	1.182,806	1.494,885
Juli	1.101,339	1.459,474
Agustus	860,020	1.544,604
September	1.482,009	1.591,566
Oktober	608,708	1.451,773

November	507,569	1.306,952
Desember	493,278	1.526,709
Rata-Rata	768,963	1.333,204

Tabel 11. Data Hasil Konversi Energi Potensial Menjadi Daya Listrik Model *Piramid*.

Bulan	<i>Minimal</i> (KW)	<i>Maximal</i> (KW)
Januari	633,731	814.151
Febuari	827,619	1.092.715
Maret	646,514	910.221
April	1.074,014	975.959
Mei	810,135	927.169
Juni	1.125,095	938.697
Juli	921,798	829.614
Agustus	1.083,536	989.357
September	1.161,771	1.119.060
Oktober	770,151	1.158.075
November	707,790	1.109.926
Desember	811,424	1.073.487
Rata-Rata	822,149	994,869

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan didapatkan hasil dari analisa sebagai berikut

1. Untuk model kubus dan piramid besar energi potensial minimal pada bulan Maret masing-masing sebesar 353.580 *joule* dan 2.332.625 *joule*, hal ini dikarenakan pada bulan tersebut merupakan musim kemarau.
2. Untuk model kubus dan piramid besar energi potensial maksimal pada bulan September masing-masing sebesar 11.550.000 *joule* dan 8.057232 *joule*, hal ini dikarenakan pada bulan tersebut merupakan musim penghujan.
3. Untuk model kubus dan piramid besar daya listrik minimal masing-masing sebesar 768,963 KW dan 822,149 KW
4. Untuk model kubus dan piramid besar daya listrik maksimal masing-masing sebesar 1.333,204KW dan 994,869 KW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Buwana, N. Royyana, U. Budiarto, G. Rindho, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Analisa Bentuk Oscillating Water Column Untuk Pemanfaatan Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dengan Metode Computational Fluid Dynamic (Cfd)," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 1, pp. 47–55, 2015
- [2] M. Alfian Rizal Ubaidillah;Soemarwanto,Ir., "studi potensi pembangkit listrik tenaga ombak tipe oscillating eater column di perairan pulau sempu kabupaten malang."
- [3] M. R. Azizie, D. A. Wicaksono, and F. Fitriana, "Analisis Energi Gelombang Air Laut Menggunakan Teknologi Ocillating Water Column," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3148.
- [4] U. Nomor, O. W. Column, W. Penerapan, L. Number, O. Water, and W. The, "Dengan Metode Oscillating Water Column Di Perairan," vol. 4, no. 1, pp. 7–14, 2019.