

## BAB IV

### ANALISIS POTENSI PLTO

#### 4.1 Perhitungan Daya Ombak

Untuk menghitung besarnya daya ombak yang masuk ke pembangkit maka diperlukan data ketinggian dan periode gelombang. Mengacu pada Tabel 2.1, dengan data-data perhitungan yang dijadikan variabel meliputi :

H (tinggi ombak) : 5,1 meter

T (Periode ombak) : 4,7 detik

W (lebar ombak) : 3x4 meter

Mengacu pada persamaan (2-10), perhitungan daya ombak yang masuk pembangkit adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_w &= \frac{1}{2T} \rho g a^2 (W) \\ &= \frac{1}{2 \times 4,7} 12 \times 1030 \times 9,81 \times 2,55^2 \\ &= 1.852.830 \text{ W} \end{aligned}$$

Jadi nilai daya ombak yang masuk ke pembangkit dengan ketinggian ombak 5 meter dan periode ombak 4,7 detik dengan lebar kolom kolektor 12 meter adalah sebesar 1.852.830 kW .

Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui daya masukan ke pembangkit sehingga dapat didapatkan efisiensi dari pembangkit jika daya keluaran pembangkit sudah diketahui.

Pada penelitian ini dimensi kolom PLTO divariasikan menjadi tiga ukuran yaitu 4 meter, 6 meter, dan 8 meter. Hasil perhitungan daya ombak yang masuk pada kolektor dengan variabel lebar kolom 4 meter, 6 meter dan 8 meter terlihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Daya Ombak Pada Kolom 3x4 meter

Bulan	H (meter)	T (detik)	a (meter)	Lebar Ombak (m)	Pw (W)
Januari	5,1	4,7	2,55	12	1.852.830
Februari	3,4	4,6	1,7	12	805.959
Maret	2,7	4,9	1,35	12	541.401
April	1,7	4,5	0,85	12	197.109
Mei	1,6	5,5	0,8	12	213.402
Juni	1,6	5,5	0,8	12	213.402
Juli	2,8	5,7	1,4	12	677.310
Agustus	2,2	6,0	1,1	12	440.142
September	2,1	5,4	1,05	12	360.933
Oktober	1,9	4,7	0,95	12	257.157
November	1,3	4,7	0,65	12	120.387
Desember	3,1	4,6	1,55	12	670.005

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya Ombak Pada Kolom 3x6 meter

Bulan	H (meter)	T (detik)	a (meter)	Lebar Ombak (m)	Pw (W)
Januari	5,1	4,7	2,55	18	2.779.245
Februari	3,4	4,6	1,7	18	1.208.937
Maret	2,7	4,9	1,35	18	812.105
April	1,7	4,5	0,85	18	295.662
Mei	1,6	5,5	0,8	18	320.103
Juni	1,6	5,5	0,8	18	320.103
Juli	2,8	5,7	1,4	18	1.015.995
Agustus	2,2	6,0	1,1	18	660.213
September	2,1	5,4	1,05	18	541.401
Oktober	1,9	4,7	0,95	18	385.737
November	1,3	4,7	0,65	18	180.579
Desember	3,1	4,6	1,55	18	1.005.009

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Daya Ombak Pada Kolom 3x8 meter

Bulan	H (meter)	T (detik)	a (meter)	Lebar Ombak (m)	Pw (W)
Januari	5,1	4,7	2,55	24	3.705.660
Februari	3,4	4,6	1,7	24	1.611.918
Maret	2,7	4,9	1,35	24	1.082.805
April	1,7	4,5	0,85	24	394.218
Mei	1,6	5,5	0,8	24	426.804
Juni	1,6	5,5	0,8	24	426.804
Juli	2,8	5,7	1,4	24	1.354.620
Agustus	2,2	6,0	1,1	24	880.284
September	2,1	5,4	1,05	24	721.869
Oktober	1,9	4,7	0,95	24	514.317
November	1,3	4,7	0,65	24	240.774
Desember	3,1	4,6	1,55	24	1.340.010

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 dapat diketahui daya ombak maksimum untuk ukuran kolom kolektor yang berbeda, dengan ketinggian ombak sebesar 5,1 meter dan periode ombak 4,7 detik untuk kolom kolektor 3x4 meter daya ombak maksimum yang masuk ke pembangkit adalah sebesar 1.852.830 W, untuk kolom kolektor 3x6 meter daya ombak maksimum yang masuk ke pembangkit adalah sebesar 2.779.245 W, untuk kolom kolektor 3x8 meter daya ombak maksimum yang masuk ke pembangkit adalah sebesar 3.705.660 W

Dengan tinggi ombak dan periode yang sama namun dimensi lebar kolektor yang berbeda akan mengakibatkan perbedaan nilai daya ombak yang masuk pembangkit. Semakin lebar kolom kolektor maka semakin banyak ombak yang ditangkap oleh PLTO sehingga daya ombak yang didapat juga semakin besar.



## 4.2 Perhitungan Gaya dan Tekanan Angin Pada Oriface

Oriface adalah lubang pada kolektor yang menghubungkan kolektor dengan turbin angin dan generator, tekanan angin yang terjadi pada kolektor adalah akibat fluktuasi air laut pada kolom kolektor yang menyebabkan udara di dalam kolektor terkompresi keluar melalui *oriface*, pada saat air didalam kolektor naik (ombak datang) maka udara didalam kolektor akan berhembus keluar PLTO melewati turbin angin, sebaliknya pada saat air didalam kolektor turun (ombak pergi) maka udara di luar PLTO akan terhisap kedalam kolom kolektor melewati turbin angin. Berdasarkan pergerakan udara tiup dan hisap ini maka diperlukan turbin yang dapat berputar searah dengan arah angin berlawanan.

Untuk memudahkan analisa perhitungan tekanan angin, maka pada penelitian ini dilakukan beberapa asumsi sebagai berikut :

1. Kecepatan angin di dalam kolektor adalah sama dengan kecepatan rambat ombak yang masuk ke pembangkit.
2. Tekanan angin pada oriface saat ombak datang adalah sama dengan pada saat ombak pergi.
3. Data masukan yang digunakan sebagai masukan adalah data dimensi PLTO Limpet dan data ombak di perairan Pulau Sempu.

Tujuan perhitungan gaya dan tekanan angin adalah untuk mengetahui besarnya gaya dan tekanan angin yang memutar turbin angin, dari data gaya dan tekanan angin dapat di ketahui besarnya daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin.

Pada penelitian ini, perhitungan tekanan angin menggunakan bantuan simulasi *computational fluid dynamics* dengan aplikasi AutoCAD dan Ansys.

Mengacu pada Tabel 2.1, dengan data-data perhitungan yang dijadikan variabel yaitu periode ombak 4,7 detik, mengacu pada persamaan (2-12) sehingga perhitungan kecepatan rambat ombak adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{gT}{2\pi} = \frac{9,81 \times 4,7}{2 \times 3,14} = 72,3 \text{ m/s}$$

Tujuan dari perhitungan kecepatan rambat ombak adalah untuk mengetahui kecepatan angin yang melewati oriface, data kecepatan angin tersebut digunakan

sebagai masukan untuk melakukan perhitungan tekanan angin yang dihasilkan oleh kolom kolektor dengan bantuan simulasi *Computational Fluid Dynamics*.

1. Perancangan Desain PLTO Menggunakan Software AutoCAD Inventor

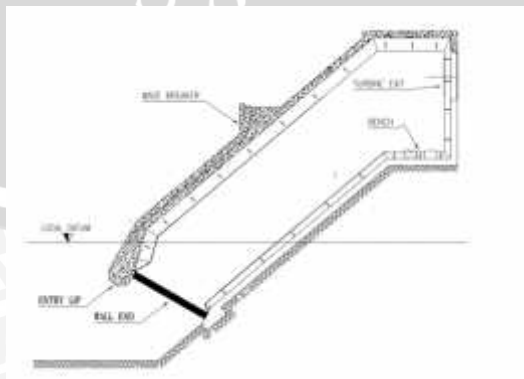
Pada penelitian ini desain yang digunakan sebagai referensi adalah desain PLTO Limpet-Irlandia. Perancangan desain berupa gambar 3 dimensi yang diproses menggunakan software AutoCAD Inventor. Software ini sudah mendukung hasil olahan grafis yang dapat langsung diproses sebagai input Computational Fluid Dynamics.

Pada proses ini data masukan yang berupa ukuran PLTO menggunakan data dimensi PLTO Limpet-Irlandia. Adapun spesifikasi dimensi PLTO tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Referensi Tinggi Kolektor

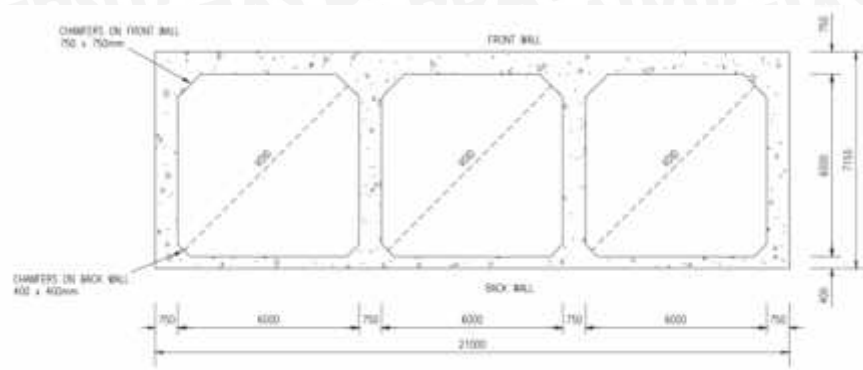
Collector Roof	12.50
Turbine Axis	9.84
Top of Turbine Slab	8.30
Bench Level Inside Collector	4.94
Top of Wave Breaker on Front Wall	8.30
Start of 60 <sup>0</sup> Slope on Front wall	2.40
Local Datumn	0.00
Underside of Entry Lip	-2.63
Bottom of Diaphragm Walls	-4.52
Sea Bed under Lip	-7.00

Sumber : Publishable Report of Islay LIMPET Wave Power Plant



Gambar 4.1 Kolektor Tampak Samping

Sumber : Publishable Report of Islay LIMPET Wave Power Plant

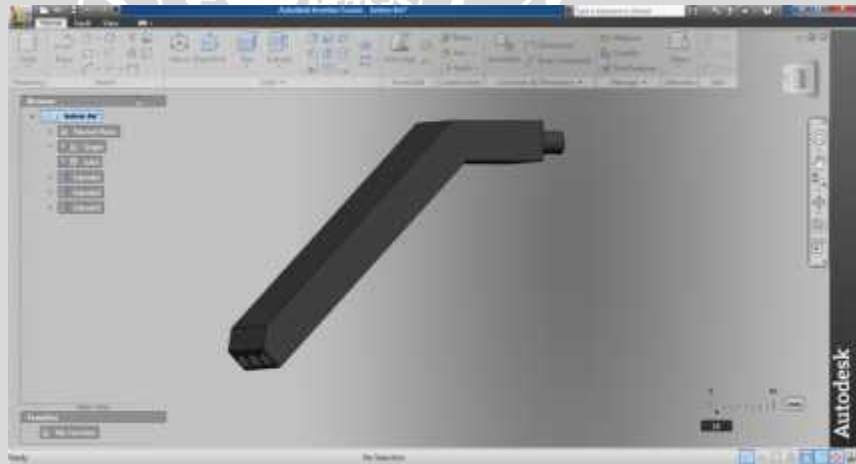


Gambar 4.2 Dimensi Kolom Pada Kolektor

*Sumber : Publishable Report of Islay LIMPET Wave Power Plant*

Setelah data dimensi PLTO diketahui, selanjutnya adalah perancangan model PLTO tersebut. Jika merujuk pada dimensi yang sebenarnya pada PLTO Limpet, maka luas kolom kolektor adalah 6x6 meter, akan tetapi pada penelitian ini penulis menggunakan 3 variabel luas kolom yang berbeda yaitu ukuran 4x4 meter, 6x6 meter dan 8x8 meter.

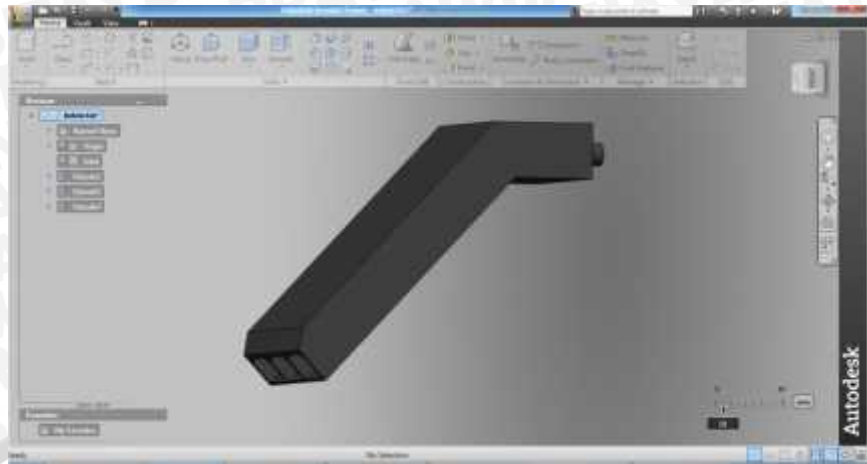
Di bawah ini adalah gambar hasil perancangan model PLTO menggunakan aplikasi AutoCAD Inventor untuk 3 variabel luas kolom yang berbeda yaitu 4x4 meter, 6x6 meter dan 8x8 meter :



Gambar 4.3 Desain PLTO Dengan Lebar Kolom 4x4m

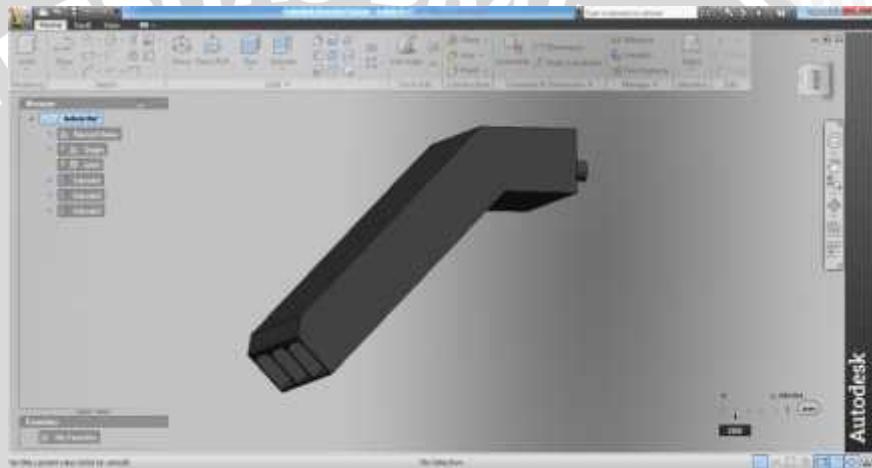
*Sumber : Hasil Simulasi*





Gambar 4.4 Desain PLTO Dengan Lebar Kolom 6x6m

Sumber : Hasil Simulasi



Gambar 4.5 Desain PLTO Dengan Lebar Kolom 8x8m

Sumber : Hasil Simulasi

Setelah proses desain selesai, langkah selanjutnya adalah mensimulasikan desain 3 dimensi tersebut untuk mengetahui nilai tekanan angin yang terjadi pada keluaran kolom kolektor menggunakan computational fluid dynamics.

## 2. Computational Fluid Dynamics

CFD atau *Computational Fluid Dynamics* merupakan metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan penghitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsip nya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian. Bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah control penghitungan yang akan dilakukan oleh aplikasi atau software. Pada setiap titik kontrol penghitungan

akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan domain yang telah ditentukan.

Secara umum proses penghitungan CFD terdiri atas 3 bagian utama :

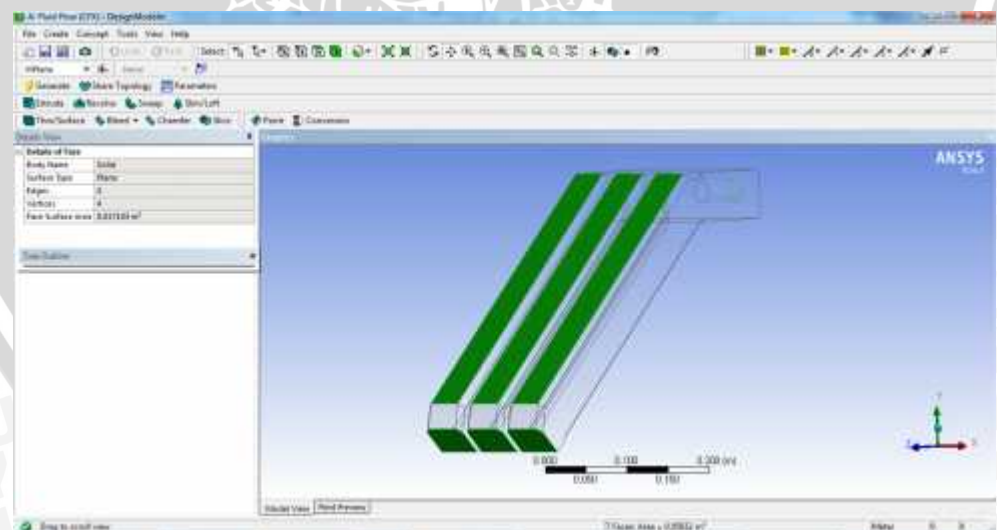
1. Pre-processor
2. Processor
3. Post-processor

#### 4.2.1 Pre-Processor

Pre-processor adalah tahap dimana data di input mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. Di tahap ini juga sebuah benda atau ruangan yang akan dianalisa dibagi-bagi dengan jumlah grid tertentu atau sering disebut juga dengan *meshing*.

Adapun langkah-langkah dalam proses ini adalah sebagai berikut :

1. Membuka Workbench aplikasi AnsysCFD,
2. Mengimpor file desain yang telah dibuat di AutoCAD Inventor kedalam workbench Ansys.
3. Proses pengolahan geometri, proses ini adalah menentukan domain yaitu inlet, outlet dan wall pada desain. Bagian-bagian tersebut adalah batasan yang akan dianalisa oleh computer. Proses penentuan domain dan batasan terlihat pada Gambar 4.6.

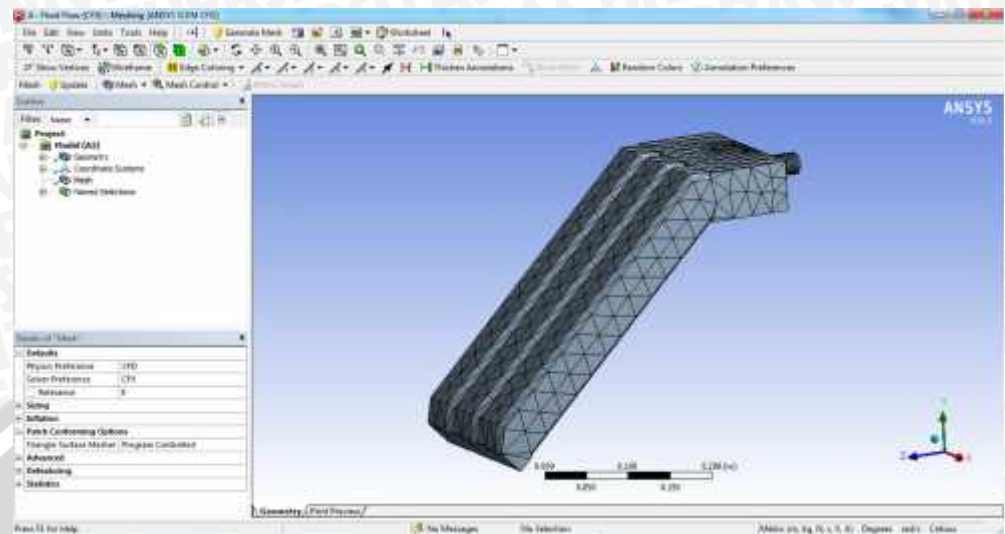


Gambar 4.6 Proses Penentuan Domain dan Batasan  
Sumber : Hasil Simulasi

4. Setelah bagian-bagian pada desain sudah diberi batasan, langkah selanjutnya adalah proses *meshing*. Pada tahap ini benda atau ruangan



yang akan dianalisa dibagi-bagi dengan jumlah grid tertentu. Proses meshing pada desain terlihat pada Gambar 4.7.



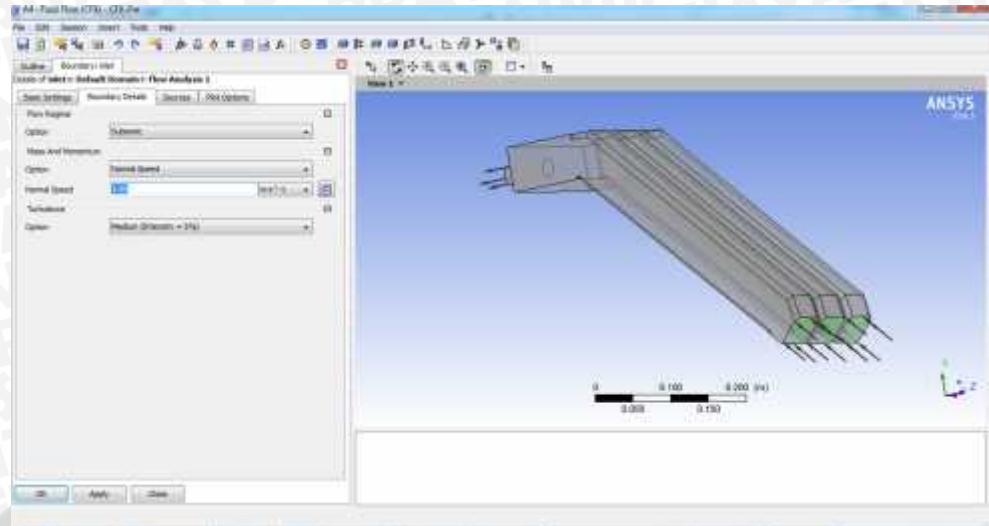
Gambar 4.7 Proses Meshing Desain

Sumber : Hasil Simulasi

#### 4.2.2 Processor

Pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya perhitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.

Langkah yang pertama adalah memasukkan nilai input yang diinginkan, pada simulasi ini nilai input adalah variabel kecepatan rambat gelombang. Diasumsikan nilai kecepatan angin pada kolektor sama dengan nilai kecepatan rambat gelombang. Sedangkan nilai output adalah nilai tekanan angin yang terjadi pada oriface. Proses memasukkan data input terlihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Proses Memasukkan Nilai Input  
 Sumber : Hasil Simulasi

Setelah memasukkan nilai input dan output yang diinginkan, langkah selanjutnya adalah menjalankan penghitungan. Proses running dan solving terlihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Proses Running dan Solving  
 Sumber : Hasil Simulasi

Pada proses running dan solving, komputer melakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya perhitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.

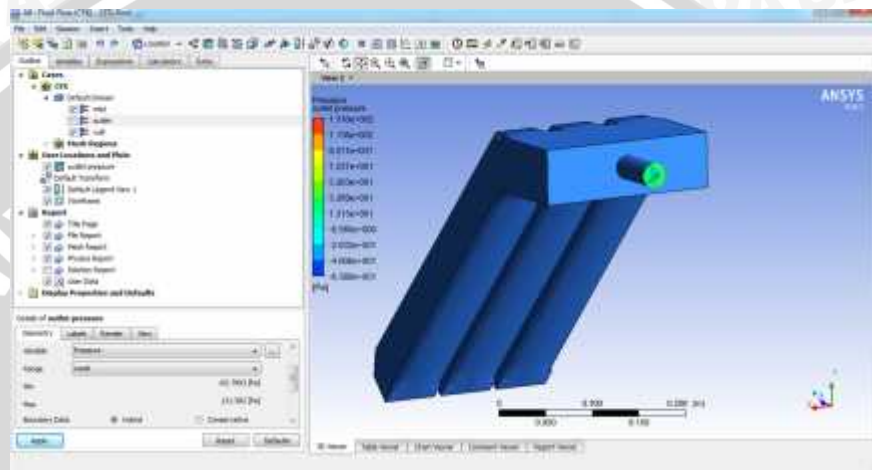




### 4.2.3 Post-Processor

Tahap akhir merupakan tahap post-processor dimana hasil perhitungan diinterpretasikan kedalam gambar dengan pola-pola warna tertentu. Pada tahap ini agar didapatkan interpretasi hasil perhitungan yang jelas yaitu dengan memasukkan kontur yang ingin diamati. Untuk mengetahui nilai tekanan angin yang terdapat pada converter maka kontur yang dipilih adalah outlet. Interpretasi hasil simulasi terlihat pada Gambar 4.10.

o



Gambar 4.10 Interpretasi Hasil Simulasi

Sumber : Hasil Simulasi

Setelah proses pada computational fluid dynamics selesai, maka didapatkan nilai tekanan angin yang terdapat pada lubang orifice. Data tekanan angin ini selanjutnya di hitung untuk mendapatkan nilai gaya (F) yang akan dijadikan input untuk mendapatkan nilai torsi turbin. Untuk mencari nilai gaya (F) maka di hitung sesuai persamaan (2-16) yaitu :

$$\text{Gaya (N)} = \text{Tekanan (Pa)} \times \text{luas penampang turbin (m}^2\text{)}$$

Hasil perhitungan gaya dan tekanan angin pada orifice untuk lebar kolom 4 meter, 6 meter dan 8 meter terlihat pada Tabel 4.5, Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.



Tabel 4.5 Hasil Simulasi Ukuran Kolom 4x4 Meter

Bulan	Hmax (m)	Tmax (s)	Kecepatan (m/s)	Tekanan (Pa)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Gaya (N)
Januari	5,1	4,7	7,31	40,92	5,3	216,87
Februari	3,4	4,6	7,17	39,51	5,3	209,40
Maret	2,7	4,9	7,63	44,5	5,3	235,85
April	1,7	4,5	7,02	37,76	5,3	200,12
Mei	1,6	5,5	8,58	56,25	5,3	298,12
Juni	1,6	5,5	8,58	56,25	5,3	298,12
Juli	2,8	5,7	8,89	60,04	5,3	318,21
Agustus	2,2	6,0	9,35	66,47	5,3	352,29
September	2,1	5,4	8,42	54,14	5,3	286,94
Oktober	1,9	4,7	7,31	40,92	5,3	216,87
November	1,3	4,7	7,31	40,92	5,3	216,87
Desember	3,1	4,6	7,17	39,51	5,3	209,40

Sumber : Hasil Simulasi dan Perhitungan

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Ukuran Kolom 6x6 Meter

Bulan	Hmax (m)	Tmax (s)	Kecepatan (m/s)	Tekanan (Pa)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Gaya (N)
Januari	5,1	4,7	7,31	179,11	5,3	949,28
Februari	3,4	4,6	7,17	178,26	5,3	944,77
Maret	2,7	4,9	7,63	197,48	5,3	1046,64
April	1,7	4,5	7,02	153,36	5,3	812,80
Mei	1,6	5,5	8,58	267,13	5,3	1415,78
Juni	1,6	5,5	8,58	267,13	5,3	1415,78
Juli	2,8	5,7	8,89	267,04	5,3	1415,31
Agustus	2,2	6,0	9,35	295,77	5,3	1567,62
September	2,1	5,4	8,42	232,42	5,3	1231,82
Oktober	1,9	4,7	7,31	179,11	5,3	949,28
November	1,3	4,7	7,31	179,11	5,3	949,28
Desember	3,1	4,6	7,17	178,26	5,3	944,77

Sumber : Hasil Simulasi dan Perhitungan

Tabel 4.7 Hasil Simulasi Ukuran Kolom 8x8 Meter

Bulan	Hmax (m)	Tmax (s)	Kecepatan (m/s)	Tekanan (Pa)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Gaya (N)
Januari	5,1	4,7	7,31	164,91	5,3	874,02
Februari	3,4	4,6	7,17	154,52	5,3	818,95
Maret	2,7	4,9	7,63	190,75	5,3	1010,97
April	1,7	4,5	7,02	150,49	5,3	797,59
Mei	1,6	5,5	8,58	265,15	5,3	1405,29
Juni	1,6	5,5	8,58	265,15	5,3	1405,29
Juli	2,8	5,7	8,89	265,08	5,3	1404,92
Agustus	2,2	6,0	9,35	303,28	5,3	1607,40
September	2,1	5,4	8,42	231,65	5,3	1227,74
Oktober	1,9	4,7	7,31	164,91	5,3	874,02
November	1,3	4,7	7,31	164,91	5,3	874,02
Desember	3,1	4,6	7,17	154,52	5,3	818,95

Sumber : Hasil Simulasi dan Perhitungan

#### 4.3 Perhitungan Daya mekanik yang dihasilkan turbin angin

Untuk perhitungan daya yang dihasilkan turbin, dibutuhkan nilai gaya angin yang menggerakkan turbin. nilai gaya tersebut adalah nilai gaya yang diakibatkan oleh tekanan udara pada *oriface*. Untuk mendapatkan nilai gaya tersebut data yang dibutuhkan adalah nilai tekanan angin pada *oriface*. pada penelitian ini nilai tekanan angin pada *oriface* didapatkan melalui simulasi menggunakan CFD (*computational fluid dynamics*)

Setelah nilai gaya angin yang terdapat pada *oriface* diketahui, selanjutnya adalah proses perhitungan torsi turbin.. Mengacu pada Tabel 4.5, dengan data-data perhitungan yang dijadikan variabel meliputi :

F (gaya angin) : 216,87 N

Jari-jari turbin : 1,3 meter

Lebar kolom : 4 meter

H (tinggi ombak) : 5,1 meter

Untuk mengetahui besarnya torsi yang dihasilkan oleh turbin maka dihitung sesuai persamaan (2-17) yaitu :

$$\begin{aligned}
 Q &= F \times l \\
 &= 216,87 \times 1,3 \\
 &= 281,93 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui besarnya torsi yang dihasilkan turbin diketahui dan putaran nominal turbin sebesar 1050 rpm, kita dapat menghitung besarnya daya yang dihasilkan turbin sesuai dengan persamaan (2-18):

$$\begin{aligned}
 Pt &= \omega Q = 2\pi nQ \\
 &= 2 \times 3,14 \times 1050 \times 281,93 \\
 &= 1.859 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin terlihat pada Tabel 4.8, Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Daya Turbin Untuk Lebar Kolom 4 meter

Bulan	H (meter)	T (detik)	Jari-jari turbin (meter)	Gaya (N)	n Turbin (rpm)	Torsi (Nm)	Pt (kW)
Januari	5,1	4,7	1,3	216,87	1050	281,93	1.859
Februari	3,4	4,6	1,3	209,40	1050	272,22	1.795
Maret	2,7	4,9	1,3	235,85	1050	306,60	2.021
April	1,7	4,5	1,3	200,12	1050	260,15	1.715
Mei	1,6	5,5	1,3	298,12	1050	387,55	2.555
Juni	1,6	5,5	1,3	298,12	1050	387,55	2.555
Juli	2,8	5,7	1,3	318,21	1050	413,67	2.727
Agustus	2,2	6,0	1,3	352,29	1050	457,97	3.019
September	2,1	5,4	1,3	286,94	1050	373,02	2.459
Oktober	1,9	4,7	1,3	216,87	1050	281,93	1.859
November	1,3	4,7	1,3	216,87	1050	281,93	1.859
Desember	3,1	4,6	1,3	209,40	1050	272,22	1.795

Sumber : Hasil Perhitungan



Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Daya Turbin Untuk Lebar Kolom 6 meter

Bulan	H (meter)	T (detik)	Jari-jari turbin (meter)	Gaya (N)	n Turbin (rpm)	Torsi (Nm)	Pt (kW)
Januari	5,1	4,7	1,3	949,28	1050	1234,06	8.137
Februari	3,4	4,6	1,3	944,77	1050	1228,20	8.098
Maret	2,7	4,9	1,3	1046,64	1050	1360,63	8.971
April	1,7	4,5	1,3	812,80	1050	1056,64	6.967
Mei	1,6	5,5	1,3	1415,78	1050	1840,51	12.136
Juni	1,6	5,5	1,3	1415,78	1050	1840,51	12.136
Juli	2,8	5,7	1,3	1415,31	1050	1839,90	12.132
Agustus	2,2	6,0	1,3	1567,62	1050	2037,91	13.438
September	2,1	5,4	1,3	1231,82	1050	1601,36	10.559
Oktober	1,9	4,7	1,3	949,28	1050	1234,06	8.137
November	1,3	4,7	1,3	949,28	1050	1234,06	8.137
Desember	3,1	4,6	1,3	944,77	1050	1228,20	8.098

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Daya Turbin Untuk Lebar Kolom 8 meter

Bulan	H (meter)	T (detik)	Jari-jari turbin (meter)	Gaya (N)	n Turbin (rpm)	Torsi (Nm)	Pt (kW)
Januari	5,1	4,7	1,3	874,02	1050	1136,22	7.492
Februari	3,4	4,6	1,3	818,95	1050	1051,63	6.934
Maret	2,7	4,9	1,3	1010,97	1050	1314,26	8.666
April	1,7	4,5	1,3	797,59	1050	1036,86	6.837
Mei	1,6	5,5	1,3	1405,29	1050	1826,87	12.046
Juni	1,6	5,5	1,3	1405,29	1050	1826,87	12.046
Juli	2,8	5,7	1,3	1404,92	1050	1826,39	12.043
Agustus	2,2	6,0	1,3	1607,4	1050	2089,50	13.779
September	2,1	5,4	1,3	1227,74	1050	1596,06	10.524
Oktober	1,9	4,7	1,3	874,02	1050	1136,22	7.492
November	1,3	4,7	1,3	874,02	1050	1136,22	7.492
Desember	3,1	4,6	1,3	818,95	1050	1051,63	6.934

Sumber : Hasil Perhitungan

dapat diketahui daya maksimum dan daya minimum yang dapat dibangkitkan oleh turbin angin pada PLTO tipe OWC (*Oscillating Water Column*) di Perairan Pulau Sempu untuk luas kolom yang berbeda. Terlihat bahwa daya mekanik maksimum yang dihasilkan turbin terdapat pada Tabel 4.10 yang artinya menggunakan kolom ukuran 8 meter. Semakin lebar kolom maka daya mekanik yang dihasilkan turbin juga akan semakin besar. Akan tetapi pada kenyataannya daya efektif yang dapat dipanen dari turbin angin hanya sekitar 20-30% dari daya total.

daya maksimum yang dihasilkan turbin angin adalah sebesar 13.779 kW dengan lebar kolom 8 meter, sedangkan daya minimum untuk lebar kolom 8 meter adalah sebesar 6.837 kW, sehingga daya efektif yang dihasilkan turbin angin dengan lebar kolom 8 meter maksimum adalah sebesar 4133,7 kW dan daya minimum sebesar 2051,1 kW.

#### 4.4 Potensi daya listrik yang dapat dihasilkan PLTO

Setelah daya mekanik yang dihasilkan turbin angin diketahui, maka selanjutnya adalah menentukan spesifikasi generator yang sesuai dengan daya mekanik yang dapat disalurkan ke generator, generator sebagai alat yang mengkonversi energi mekanis menjadi energi listrik membutuhkan *prime mover* sebagai penggerak rotor generator dalam hal ini adalah turbin angin.

Berdasarkan Tabel 2.2, data spesifikasi turbin angin yang digunakan, turbin tersebut beroperasi pada putaran nominal 1050 rpm dengan lebar kolom PLTO sebesar 8 meter dapat menghasilkan daya maksimum 4.133,7 kW dan daya minimum sebesar 2051,1 kW, berdasarkan hal tersebut maka spesifikasi generator yang sesuai untuk PLTO tipe OWC di Pulau Sempu dengan lebar kolom 8 meter adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11 Spesifikasi generator sinkron

Alternator brand	AVK
Alternator type	DIG 150 m/6
Rated power (kW/kVA)	4160/5200
Power factor (Cos Phi)	0.8
Speed (rpm)	1000
Number of pole	6



Frequency (Hz)	50
Rated current (A)	909.8
Efficiencies 4/4 load (%)	97

Sumber : [www.cumminsgeneratortechnologies.com](http://www.cumminsgeneratortechnologies.com)

Dari spesifikasi pada Tabel 4.11 diketahui bahwa generator tersebut mempunyai efisiensi sebesar 97% pada beban penuh. Dari nilai efisiensi inilah dapat diketahui besarnya perkiraan daya listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTO.

dari perhitungan daya mekanik yang dihasilkan turbin dengan lebar kolom 8 meter diketahui bahwa daya maksimum yang dapat dihasilkan turbin angin adalah sebesar 4.311,3 kW dan daya minimum sebesar 2051,1 kW, mengacu pada Tabel 4.11 diketahui efisiensi generator pada beban penuh adalah sebesar 97%, sesuai dengan persamaan (2-20) daya listrik maksimum yang dapat dihasilkan dari PLTO tipe OWC di Pulau Sempu adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 P_{g \max} &= P_{t \max} \times \eta_{\text{generator}} \\
 &= 4133,7 \times 97\% \\
 &= 4009,68 \text{ kW} \\
 &= 5012 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Sedangkan daya listrik minimum yang dihasilkan oleh PLTO tipe OWC di Pulau Sempu adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 P_{g \min} &= P_{t \min} \times \eta_{\text{generator}} \\
 &= 2051,1 \times 97\% \\
 &= 1989,56 \text{ kW} \\
 &= 2486,95 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan daya listrik maksimum dan daya listrik minimum yang dihasilkan oleh generator, maka dapat diketahui potensi PLTO tipe OWC di Pulau Sempu dapat menghasilkan daya listrik maksimum sebesar 4009,6 kW dan daya minimum sebesar 1989,56 kW dengan lebar kolom PLTO 3 x 8 meter.