

**Desain Turbin Pembangkit Listrik Energi Pasang Surut  
Di Wilayah Perairan Desa Bagan Siapi-api Kecamatan  
Rokan Hilir Riau**

**Syaipul Azhar, Nurhalim.**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293

*Email : Syaipul.azhar3360@student.unri.ac.id*

**ABSTRACT**

*Tidal energy is renewable energy. Its working principle uses water flow to turn turbin and produce electrical energy. This energy is obtained from variations in sea level caused by effects of moon's gravity, which is combined with rotation of the earth by capturing energy contained transferly of water mass to tides. Kaplan turbine is a tool that can convert kinetic energy from water velocity, into motion energy. Analysis of Kaplan turbine performance using Compitational Fluid Dynamycs (CFD) simulation method, is the art to replace integral or Partial Derivative Equations, that explains fluid equation in algebraic form. This equation is solved numerically, to get the number of a strems at different points. Aerodynamic simulations on Kaplan turbines are carried out to determine the aerodynamic characteristics of designed Kaplan turbines. Data from Kaplan turbine aerodynamic simulation results are sufficient to meet the actual conditions, where tidal current velocity in this study site is 0.70 m/s to 1.60 m/s with head determined in various variations, namely 5.5m to 0.5m, produce turbine rotation of 7 RPM to 190 RPM with kinetic power of 3.5 kW to 1027 kW, and electrical power of 3.3 kW to 925 kW. With comparison of current speed from simulation results of 1.14 m/s to 4.41 m/s with head variations of 5.5 m to 0.5 m, resulting turbine rotation of 15 RPM to 525 RPM, with kinetic power of 6 kW to 2833 kW, and electrical power generated from 30 kW to 925 kW.*

*Keywords: Aero Dynamycs Simulation, CFD, Energy Generation, Kaplan Turbine Design, Tides.*

**1. PENDAHULUAN**

Saat ini, penggunaan bahan bakar fosil yang terus menerus, seperti minyak bumi, gas

alam, batu bara, akan menyebabkan krisis bahan bakar yang berdampak pada krisis energi, Oleh karena itu, para ilmuwan meneliti

kemungkinan alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil yang banyak digunakan menjadi energi baru terbarukan sebagai prioritas utama. Meskipun penggunaan energi baru terbarukan tidak akan menyelesaikan masalah krisis bahan bakar dan energi secara spontan, namun itu akan menjadi langkah terbaik untuk memecahkan masalah umum dalam jangka panjang.

Menyadari akan pentingnya energi baru terbarukan, pemerintah Indonesia pun mulai berbenah, salah satunya merubah paradigma terhadap energi baru dan terbarukan (EBT) tersebut dengan cara tidak lagi memandang bahwa energi baru dan terbarukan ini sebagai energi alternatif, melainkan memandang EBT sebagai energi yang utama dan penting. Secara konkret, hal ini terlihat pada Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) pemerintah, yang mana dalam RUEN ini pemerintah telah menargetkan EBT dari 11,9% menjadi 23% hingga tahun 2025 mendatang [1].

Dalam keadaan saat ini, sumber energi terbarukan seperti micro hidro, matahari, angin, panas bumi, gelombang dan arus pasang surut telah menjadi fokus utama dari sektor energi global. Tenaga air adalah yang terbesar (pada kondisi saat ini) dalam menghasilkan energi listrik, tenaga air adalah sumber energi terbarukan yang tertua dan paling dapat diandalkan. Sampai dengan

akhir tahun 2017 kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik di Indonesia mencapai 60.789,98 MW yang terdiri dari pembangkit PLN sebesar 41.720,96 MW dan Non PLN sebesar 19.069,02 MW. Dibandingkan dengan tahun 2016 sebesar 59.656,30 MW, maka kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik naik sebesar 1.133,68 MW atau 1,9 % [2].

Pada skripsi ini akan didesain turbin Kaplan dengan menggunakan metode perhitungan dengan persamaan-persamaan dalam mendesain turbin Kaplan. Simulasi dan desain turbin Kaplan menggunakan *software solidworks 19*. Desain turbin Kaplan dirancang untuk memanfaatkan energi pasang surut air laut di perairan Bagan Siapi-api.

## 2. LANDASAN TEORI TURBIN

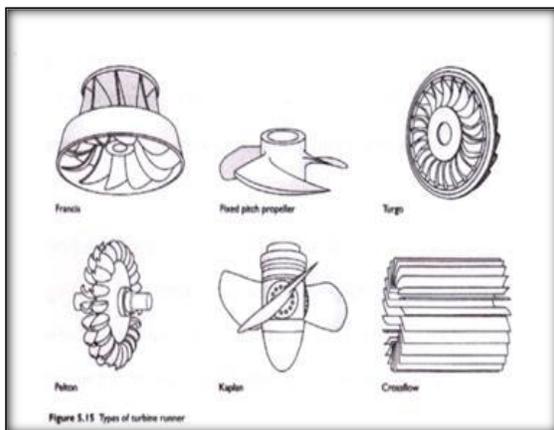
Kata *Turbin* dikemukakan oleh seorang insinyur dari Perancis yang bernama Claude Bourdin pada awal abad ke 19, yang diambil dari terjemahan bahasa latin dari kata *Whirling* (putaran) atau *Vortex* (pusaran air). Perbedaan dasar antara turbin awal dengan kincir air adalah komponen putaran air yang memberikan energi pada poros yang berputar. Komponen tambahan ini memungkinkan turbin dapat memberikan daya yang lebih besar pada komponen yang lebih kecil. Turbin dapat memanfaatkan air

dengan putaran yang lebih cepat dan dapat memanfaatkan *head* yang lebih tinggi [3].

Jenis-jenis turbin yang digunakan hidroelektrik pada saat ini adalah [4]:

1. Turbin Francis (1849)
2. Turbin Pelton (1889)
3. Turbin Baling-baling dan Kaplan (1913)
4. Turbin Deriaz (1945)

Secara umum komponen-komponen yang terdapat pada turbin pada turbin air hampir sama, hanya saja yang membedakan adalah penggerak nya saja. Gambar 1 menunjukkan penggerak pada turbin [4].

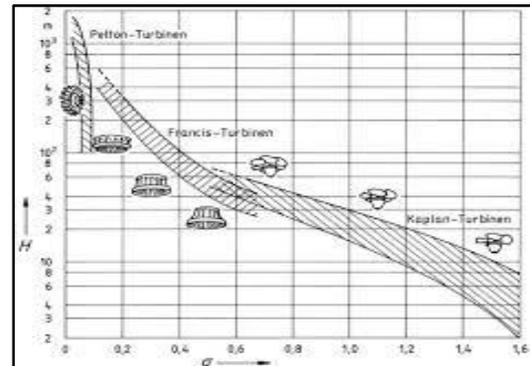


Gambar 1 Penggerak Pada Turbin [4]

### PEMILIHAN JENIS TURBIN

Turbin kaplan adalah turbin yang beroperasi pada head yang rendah dengan kapasitas aliran air yang cepat atau tinggi, bahkan turbin kaplan dapat beroperasi pada kapasitas aliran air yang sangat rendah sekalipun. Hal ini dikarenakan sudu-sudu pada turbin kaplan dapat diatur secara manual

maupun otomatis untuk merespon perubahan kapasitas. Pemilihan jenis turbin kaplan ini dipilih berdasarkan perbandingan karakteristik turbin yang terlihat pada Gambar 2 [5]



Gambar 2 Karakteristik pemilihan turbin berdasarkan *head* [5]

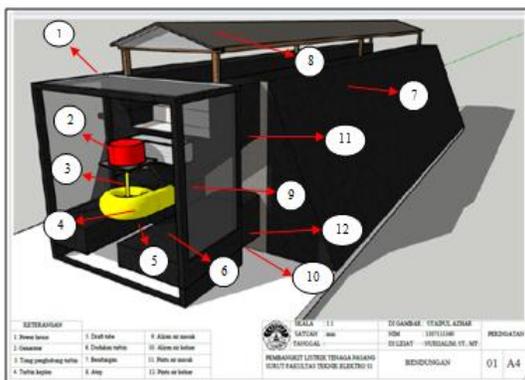
### LOKASI PEMBANGKIT

Pada perencanaan ini, metode konversi energi yang digunakan adalah dengan penggunaan bendungan (*Dam*) untuk memanfaatkan tenaga pasang surut. Lokasi penelitian dilakukan pada perairan Kabupaten Rokan Hilir Bagan Siapi-api. Penelitian PLTPs berlokasi antara Pulau Halang dan Pulau Barkey yang memiliki kedalaman laut antara 5 s/d 15 meter dan luas laut dari ujung pulau halang dan ujung Pulau Barkey adalah 8.17 Ha. Lokasi rencana penempatan PLTPs adalah jalur masuknya air laut ke muara sungai Rokan. Pada Gambar 3 lokasi perencanaan pembangkit.



Gambar3 Lokasi perancangan pembangkit

Desain turbin dan kontruksi fisik yang akan di implementasikan adalah konversi energi gerak laut menjadi energi listrik, pada Gambar 4 dibawah berupa kontruksi fisik pembangkit (*dam*), dimana turbin kaplan yang dipilih, terpasang secara tegak lurus dan terhubung ke generator serta dilengkapi dengan pipa penstock yang dipasang secara horizontal yang berfungsi sebagai pengatur debit air yang masuk untuk memutar turbin [6]. Gambar 4 Kontruksi fisik pembangkit (*dam*) tenaga pasang surut.



Gambar4Kontruksi fisik pembangkit (*dam*) tenaga pasang surut

## METODE DESAIN

Desain turbin pada penelitian ini menggunakan *software Solidworks* versi 2019, setelah mengetahui karakteristik dari pasang surut dan menentukan tipe turbin yang digunakan dalam penelitian, selanjutnya menentukandimensi turbin dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 [6].

$$V = s. \Delta h \quad (1)$$

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

dimana :

V = Volume air masuk waduk (m<sup>3</sup>)

S = Luas waduk (m<sup>2</sup>)

Δh = Ketinggian air (m)

Q = Debit air rata-rata (m<sup>3</sup>/s)

t = Lama waktu produksi (s)

Menentukan gaya keluaran turbin persamaan 3 [6]

$$P = \rho. g. Q. H. \eta_h \quad (3)$$

dimana :

P<sub>t</sub> = Daya yang dihasilkan (Watt)

H = Tinggi head (m)

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

η<sub>h</sub> = Efisiensi Hidrolik

ρ = Berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

g = grafitasi (m/s<sup>2</sup>)

Menentukan gaya elektik persamaan 4 [6].

$$P_e = \frac{\eta_h * P_t}{1000} \quad (4)$$

dimana :

$P_e$  = Besarnya daya elektrik (kW)

$\eta_h$  = Efisiensi Hidrolik

$P_t$  = Daya kinetik turbin (kW)

Menentukan kecepatan spesifik turbin persamaan 5 [6].

$$n_s = \frac{885.5}{H_n^{1/4}} \quad (5)$$

dimana :

$n_s$  = Kecepatan spesifik turbin

$\Delta H$  = Tinggi jatuh air efektif

Menentukan kecepatan putaran turbin persamaan 6 [6].

$$n = \frac{N_s * H_n^{1.25}}{\sqrt{P}} \quad (6)$$

dimana :

$n_s$  = Kecepatan spesifik turbin

$E$  = Energi potensial air

$Q$  = Debit rata-rata air

### 3. METODE PENELITIAN PERALATAN YANG DIGUNAKAN

Adapun peralatan yang digunakan :

1. Komputer Intel®Core™i5, CPU 1,40 GHz, RAM 4 GB. Quad Core.
2. Windows 10.1 Professional 64 bit
3. Gambar dan desain model diperoleh dari desain model yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan *SOFTWARE SOLIDWORKS 19.0*

4. Perangkat lunak *SOFTWARE SOLIDWORKS 19.0* didalamnya. Pengaturan geometri volume kontrol, simulasi dan analisa dilakukan pada perangkat lunak tersebut.

### METODE PENGAMBILAN DATA

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan simulasi pada *software solidworks2019*. Dengan membandingkan data input yang diperoleh dari data Tabel 1 parameter kualitas air kolong laut Bagan Siapi-api [7].

Tabel 1 Parameter kualitas air laut kawasan Bagan Siapi-api [7].

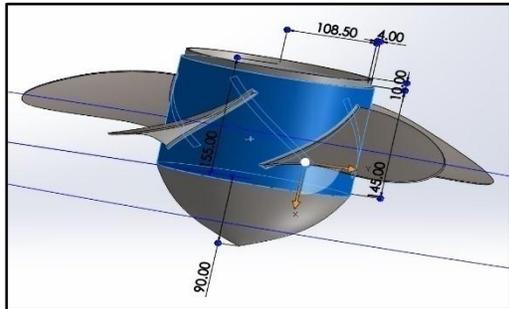
Titik Sampling	Suhu (°C)	pH (mg/L)	Salinitas (mg/L)	DO (mg/L)	Kecerahan (cm)	Kec. Arus (m/s)
I	31.15	5.63	1.48	2.71	10.25	1.11
II	31.16	6.00	0.68	3.08	12.35	1.37
III	31.10	6.15	3.00	2.45	11.83	1.39
IV	31.20	6.00	0.50	3.60	9.23	1.60
V	30.96	6.00	4.33	4.90	13.00	0.70
Rata-rata	31.11	5.96	1.99	3.4	11.34	1.23

Data output yang dihasilkan oleh simulasi adalah data kecepatan (*velocity*), tekanan (*pressure*) yang terjadi pada *blade* dan turbin kaplan. Sehingga dari kecepatan dan tekanan yang diperoleh oleh turbin kaplan dengan pemanfaatan gaya dorong air (daya kinetik) dan daya jatuh air (*Head*), menghasilkan putaran turbin dan daya elektrik putaran.

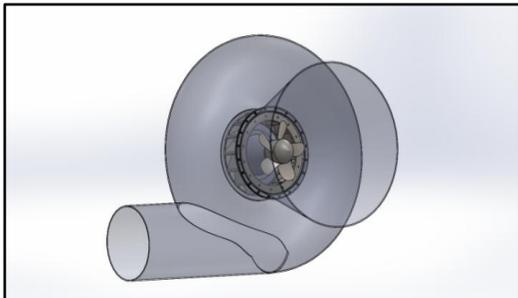
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### HASIL DESAIN TURBIN KAPLAN

Desain turbin kaplan pada penelitian ini menggunakan *software solidworks 2019* berikut adalah hasil dari desain yang telah dilakukan.



Gambar5 Model *runner* dan *blade* turbin kaplan

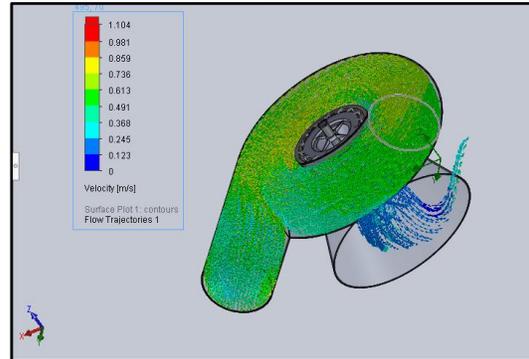


Gambar6 Turbin kaplan

##### Simulasi Turbin Kaplan Kecepatan (*velocity*) 0.70 m/s<sup>2</sup>

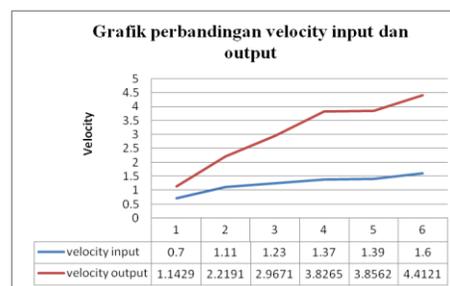
Simulasi kecepatan aliran pada turbin kaplan bertujuan untuk mengetahui nilai dari kecepatan aliran yang terjadi pada turbin kaplan, proses analisa pada menggunakan parameter dengan kecepatan dari aliran air sebesar 0.70 m/s. Gambar 7 adalah hasil simulasi kecepatan aliran air (*velocity*) pada

turbin kaplan dengan kecepatan aliran air (*velocity*) sebesar 0.70 m/s.



Gambar7 Simulasi *velocity* 0.70 m/s<sup>2</sup>

*Velocity*, *pressure* merupakan nilai yang sangat penting untuk melihat performa dari turbin yang di simulasikan. Dari hasil data yang diperoleh dilakukan dengan simulasi menggunakan data masukan kecepatan aliran air yang berbeda-beda yaitu mulai dari 0.70 m/s, 1.11 m/s, 1.23 m/s, 1.37 m/s, 1.39m/s dan 1.60 m/s, maka validasi data dilakukan dengan melihat output *velocity*, *pressure*, *density*, dan *temperatur* yang dihasilkan oleh simulasi dengan menggunakan *softwaresolidworks*. Gambar 8 Grafik perbandingan *velocity input* dan *output*.



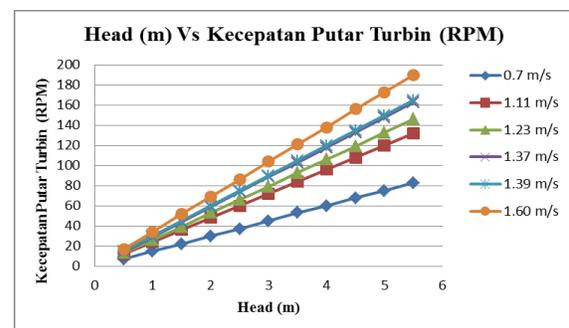
Gambar8 Grafik perbandingan *velocity input* dan *output*

*Input velocity* sebesar 0.70 m/s, simulasi *output velocity* yang dihasilkan sebesar 1.1429 m/s, *input velocity* 1.11 m/s, menghasilkan *output velocity* sebesar 2.2191 m/s, *input velocity* 1.23 m/s, menghasilkan *output velocity* sebesar 2.9671 m/s, *input velocity* 1.37 m/s, menghasilkan *output velocity* sebesar 3.8265 m/s, *input velocity* 1.39 m/s menghasilkan *output velocity* sebesar 3.8562 m/s, dan *input velocity* 1.60 menghasilkan *output velocity* sebesar 4.4121 m/s. nilai yang dihasilkan oleh simulasi menunjukkan bahwa semakin besar nilai *input* kecepatan fluida (*velocity*) maka semakin besar pula nilai *output velocity* yang di hasilkan. menunjukkan bahwa nilai *input* mempengaruhi nilai *output*, semakin besar *input velocity* yang di tententukan maka semakin besar pula *output velocity* yang dihasilkan. Sehingga hasil simulasi yang telah dilakukan cukup sesuai dan dapat menjadi hasil verifikasi yang cukup baik.

### KECEPATAN PUTAR TURBIN

Simulasi kecepatan aliran fluida yang terjadi pada turbin dengan masukan kecepatan fluida sebesar 0.70 m/s, 1.11 m/s 1.23 m/s 1.37 m/s, 1.39 m/s hingga 1.60 m/s. Pada tabel 3 dapat dilihat kecepatan putar turbin (RPM). Berdasarkan hasil perhitungan untuk putaran turbin dilihat dari tabel diatas putaran turbin dipengaruhi oleh *head* dan kecepatan

aliran fluida, semakin besar *head* dan kecepatan aliran fluida maka putaran turbin yang diperoleh semakin besar. Hal ini ditunjukkan pada *head* 5,5 m dengan kecepatan aliran fluida 1,60 m/s dihasilkan putaran turbin sebesar 190 RPM, dan *head* 0,5 m dan kecepatan aliran fluida 0,70 m/s menghasilkan putaran turbin sebesar 7 RPM. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.

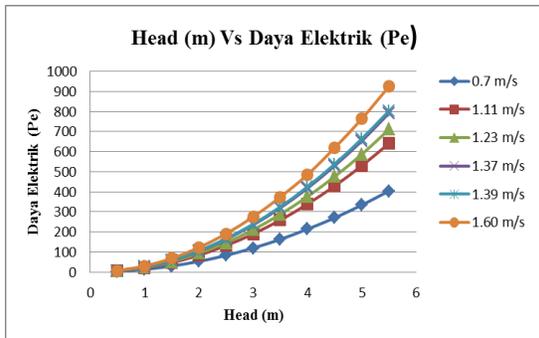


Gambar 9 Hubungan *head* (m), kecepatan aliran fluida (m/s) terhadap putaran turbin (RPM)

### DAYA KELUARAN TURBIN

Daya elektrik turbin adalah daya yang dihasilkan oleh pergerakan turbin melalui gaya kinetik [8], sehingga gaya elektrik dapat digunakan sebagai gaya yang diperoleh pada generator dari putaran turbin. Penelitian ini diberikan enam variasi kecepatan aliran fluida yaitu 0.7 m/s, 1.11 m/s, 1.23 m/s, 1.37 m/s, 1.39 m/s dan 1.60 m/s, dengan sebelas variasi ketinggian air (*head*) yaitu 5.5 m hingga 0.5 m. Dari variasi data masukan tersebut menghasilkan hubungan antara ketinggian air

(*head*) terhadap kecepatan aliran fluida. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Perubahan daya keluaran turbin terhadap *head* dan kecepatan aliran fluida.

*head* 0,5 m dan kecepatan aliran fluida sebesar 0,7 m/s menasilkan daya elektrik sebesar 3,3 kW pada kondisi tersebut merupakan kondisi daya terkecil yang dibangkitkan oleh turbin, adapun daya terbesar yang dibangkitkan oleh turbin berada pada kondisi *head* 5,5 m pada kecepatan aliran 1,60 m/s menghasilkan daya elektrik sebesar 925 kW.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian yang telah dibahas sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Dengan variasi *head* dan kecepatan aliran fluida yang berbeda-beda menghasilkan putaran turbin yang berbeda, semakin besar *head* dan kecepatan aliran fluida

maka semakin cepat pula putaran turbin terjadi, pada kondisi *head* terendah yaitu 0.5 m dan kecepatan aliran fluida terendah sebesar 0.7 m/s menghasilkan putaran turbin sebesar 7 RPM, sedangkan pada *head* 0.5 m dengan kecepatan aliran fluida sebesar 1.14 m/s menghasilkan putaran turbin sebesar 15 RPM. Pada kondisi *head* tertinggi yaitu 5.5 m dengan kecepatan aliran fluida sebesar 1.60 m/s menghasilkan putaran sebesar 190 RPM, sedangkan pada kondisi *head* yang sama yaitu 5.5 m, dengan kecepatan aliran fluida sebesar 4.41 m/s menghasilkan putaran turbin sebesar 525 RPM.

Sama halnya dengan putaran, daya kinetik yang dihasilkan dipengaruhi oleh *head* dan kecepatan aliran fluida, dimana pada kondisi tertinggi yaitu *head* 5.5 m, dengan 1.60 m/s, menghasilkan daya kinetik turbin sebesar 1027 kW, sedangkan pada kondisi *head* yang sama yaitu 5.5 m dengan kecepatan aliran fluida sebesar 4.41 m/s, menghasilkan daya kinetik turbin sebesar 2833 kW. Sedangkan pada kondisi terendah dengan *head* 0.5 m dan kecepatan aliran fluida sebesar 0.7 m/s menghasilkan daya kinetik turbin sebesar 3.7 kW, dan pada kondisi yang sama yaitu pada *head* 0.5 m, dengan kecepatan aliran fluida sebesar 1.14 m/s menghasilkan daya kinetik turbin sebesar 6 kW.

Daya elektrik tertinggi yang dihasilkan, terlihat pada kondisi *head* 5.5 m dengan kecepatan aliran fluida sebesar 1.60 m/s, menghasilkan daya elektrik sebesar 925 kW, dan pada kondisi *head* yang sama yaitu 5.5 m, dengan kecepatan aliran fluida sebesar 4.41 m/s, menghasilkan daya elektrik sebesar 2549 kW. Dan kondisi terendah terdapat pada *head* yang paling rendah yaitu 0.5 m, dengan kecepatan aliran fluida 0.7 m/s, menghasilkan daya kinetik sebesar 3.3 kW, dan pada kondisi *head* yang sama yaitu 0.5 m, dengan kecepatan aliran fluida sebesar 1.14 m/s menghasilkan daya elektrik sebesar 54 kW.

Dari hasil yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar gaya dorong aliran air dan ketinggian dari bendungan (*head*) maka semakin besar gaya putar, tekanan, gaya kinetik dan gaya elektrik yang dihasilkan. Dari hasil data penelitian menunjukkan bahwasanya desain dari model turbin kaplan yang dilakukan telah sesuai dengan yang diharapkan.

## PUSTAKA

[1]. Alfian, Soemarwanto, Hery purnomo, "*Study Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Tipe Oscilating Water Column Di Perairan Pulau Sempu Kabupaten Malang*"( Jurnal

Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang).

[2]. Sustaining Partnership, 2017, "*Media Informasi Kerja Sama Pemerintah Dengan Badan Usaha, Membangun Energi Baru Terbarukan, Waste-to-Energy, Solusi Energi Bersih Berkelanjutan Untuk Kebutuhan Energi*".

[3]. Rudi Saputra, Taff Liichan, 2018. "*Perancangan ulang turbin kaplan poros vertikal di pltm plumbungan*". ( Jurnal Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta Selatan).

[4]. Hartad Budi, 2016, "*Perancangan Penstock, Runner, dan Spiral Casing pada Turbin Air Kaplan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Sungai Sampanahan Desa Magalau Hulu Kabupaten Kotabaru*",(Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan, Banjarmasin).

[5]. Nurhuda Ahmad, 2016, "*Perancangan Turbin Crossflow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Bukit Biobio*",(Jurnal Pendidikan Teknik Mesin,Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat).

[6]. Jaakko Mattila, 2007. *Design of the runner of a Kaplan turbine for small*

*hydroelectric power plants.*(Thesis Environmental Engineering tampere university of applied sciences.Finland).

- [7]. Muhammad maliki, 2016 "*Parameter kualitas air muara sungai kecamatan Bangko dan Kecamatan batu Hampar Rokan Hilir Riau*".
- [8]. Arismunandar W. 2004. Penggerak mula turbin, edisi ketiga. Bandung: ITB