

**Perancangan Dan Simulasi Performa Prototipe Turbin Air Tidal Tipe Propeler Naca S814 Sebagai Sumber Energi Petani Tambak Garam Daerah Cirebon**

*Design And Performance Simulation Prototype Of Water Tidal Turbine With Propeller Type NACA S814 As Energy Source For Salt Farmers In Cirebon Region*

Sayyid Alkahfi Agit Prakoso<sup>1</sup>, Tri Mulyanto<sup>2</sup>, Sunyoto<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya 100  
16424, Depok, Indonesia

sayyidalkahfi38@gmail.com<sup>1</sup>, tri\_mulyanto@staff.gunadarma.ac.id,  
sunyoto@staff.gunadarma.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak**

Telah dilakukan perancangan dan pengujian performa turbin air tidal untuk penggerak pompa di tambak garam menggunakan *blade hydrofoil* standar NACA S814 untuk menghasilkan desain turbin tidal, optimasi bilah turbin tidal dan juga *coefficient of power* ( $C_p$ ) pada turbin tidal. Perancangan geometri turbin tidal menggunakan rumus yang tersedia dan pengujian turbin tidal menggunakan bantuan *software* Qblade. Variasi kecepatan aliran air yang pertama 1 m/s, Variasi kecepatan aliran air yang kedua 1,536 m/s, Variasi kecepatan aliran air yang ketiga 2,072 m/s, Variasi kecepatan aliran air yang keempat 2,608 m/s, Variasi kecepatan aliran air yang kelima 3,144 m/s, Variasi kecepatan aliran air yang keenam 3,68 m/s. Hasil perancangan yang didapatkan adalah panjang chord 0,02 m, panjang blade 0,4 m, diameter poros 0,16 m, diameter bilah 1,1 m, jumlah blade 3. Hasil dari pengujian performa dari turbin tidal untuk masing-masing varian kecepatan adalah 22,474; 9,136; 4,703; 2,642; 1,539; 0,900. Dari data hasil pengujian tersebut diolah dengan menggunakan metoda ANOVA. Kesimpulan yang didapatkan adalah karena nilai  $F$  (kecepatan) = 2,219512 <  $F_{crit}$  = 2,53355 maka tidak terdapat perbedaan hasil uji pada varian kecepatan dan karena nilai  $F$  (uji) = 25,59739 >  $F_{crit}$  = 2,42052 maka terdapat perbedaan hasil uji pada varian hasil.

**Kata kunci:** ANOVA, *Coefficient of Power*, Turbin Tidal, Qblade

**Abstract**

*The design and performance test of a tidal water turbine for pump driving in salt ponds has been carried out using a standard NACA S814 hydrofoil blade to produce a tidal turbine design, optimization of tidal turbine blades, and also the coefficient of power ( $C_p$ ) on a tidal turbine. Tidal turbine geometry design using the available formulas and tidal turbine testing using the Qblade software. The first variation of airflow velocity is 1 m/s, the variation of the second airflow velocity is 1.536 m/s, the variation of the third airflow velocity is 2.072 m/s, the variation of the fourth airflow velocity is 2.608 m/s, the fifth variation of airflow velocity is 3.144 m/s, Variation of water flow velocity 3.68 m/s. The design results obtained are chord length 0.02 m, blade length 0.4 m, shaft diameter 0.16 m, blade diameter 1.1 m, number of blades 3. The results of testing the performance of the tidal turbine for each speed variant are 22.474; 9.136; 4.703; 2.642; 1.539; 0.900. From the test results, data are processed*

using the ANOVA method. The conclusion obtained is because the value of  $F$  (speed) = 2.219512 <  $F_{crit}$  = 2.53355 then there is no difference in the test results on the speed variant and because the value of  $F$  (test) = 25.59739 >  $F_{crit}$  = 2.42052 then there is the difference in test results on the variance of results.

**Keywords :** ANOVA, Coefficient of Power, Tidal Turbine, Qblade

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim, memiliki wilayah laut lebih luas dibandingkan dengan wilayah daratannya yang hanya sebesar 2,01 juta km<sup>2</sup>. (Patittingi, 2012) Kebutuhan garam nasional semakin meningkat dari tahun ke tahun. Jika merujuk pada neraca garam nasional yang dikeluarkan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) pada tahun 2014 kebutuhan garam nasional mencapai 3,61 juta ton. Konsumsi 1,48 juta ton dan Industri 2,13 juta. Kenaikan rata-rata sebesar 1,4 persen pertahun dan untuk garam industri 5,8 persen pertahun. (Sari & Rani, 2021) Tahun 2016, produksi garam di Indonesia hanya mencapai 4,6% dari target produksi nasional sebanyak 3,9 jta ton. Kegagalan pencapaian target tersebut terutama dikarenakan akibat aktivitas La-nina yang berdampak kemarau basah sepanjang tahun 2016. (Kurniawan, Jaziri, Amin, & Salamah, 2019)

Untuk mendukung usaha peningkatan produksi garam di daerah Cirebon khususnya suplai air dari laut menuju tambak garam yang jaraknya cukup jauh, dibutuhkan teknologi yang tepat dan hemat energi. Salah satu teknologi yang tepat guna adalah pemanfaatan energi arus laut (energi kinetik) untuk menggerakkan pompa dengan turbin tidal yang akan digunakan untuk mensuplai air laut menuju tambak garam.

Pompa tenaga gelombang adalah salah satu cara pemanfaatan energi arus laut untuk memompakan air laut ke suatu tempat yang lebih tinggi. Dengan cara ini diharapkan biaya operasional dan perawatan lebih kecil jika dibandingkan dengan menggunakan pompa air listrik atau tenaga diesel, karena setelah pompa air terpasang air akan mengalir dengan sendirinya atau air berlebih dapat dibuang dengan mudah dan biaya perawatan pada valve pompa dan klep relatif lebih murah. (Ginting & Setiawan, 2018)

Turbin yang digunakan untuk menggerakkan pompa adalah turbin tidal. Turbin tidal dirancang sebagai turbin bertekanan rendah. Sehingga turbin tidal berputar dengan kecepatan tinggi. Selain itu untuk meningkatkan performa turbin tidal dapat dilakukan dengan menggunakan jumlah sudu yang optimum. Berdasarkan eksperimen pada skala kecil yang dilakukan oleh Setoguchi dan Takao pada tahun 2001, geometri sudu yang optimum untuk turbin tidal adalah air foil NACA S814 dengan aliran steady state dan kecepatan aliran rendah. Sehingga memakai turbin tidal pada perencanaan penggerak pompa toral akan lebih optimal. (Priliawan, 2016)

Pada penelitian ini dilakukan studi analisa numerik untuk mengetahui perbedaan tingkat *Coefficient Power* ( $C_p$ ) serta performansi output daya turbin yang semua didapat dari hasil simulasi *software* Qblade, dari permodelan yang sudah dirancang dengan varian kecepatan aliran air. Sehingga akan didapatkan nilai *Coefficient Power* ( $C_p$ ) yang terbaik.

(FE, 2016) Proses pembuatan alat simulasi turbin air cross flow ini dimulai dari analisa masalah yang ditemui di masyarakat, perencanaan konsep dan desain mesin, perhitungan dan perencanaan masing-masing komponen mesin, pembuatan mesin, dan pengujian pada mesin alat simulasi turbin air cross flow. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat mesin industri. Mengingat begitu besar dan pentingnya peranan dan manfaat energi listrik, sedangkan sumber energi pembangkit listrik terutama yang berasal dari sumber daya yang

tak terbaru keberadaannya terbatas. Di rumah instalasi air tersebut akan menumbuk turbin dimana turbin sendiri dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengkonversikannya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin.

(Fridayana, 2018) Dengan kondisi arus pasang surut yang memiliki kecepatan arus berkisar 0,1 sampai 0,7 laut di banyuwangi maka turbin tipe vetikal gorlov cocok diaplikasikan di banyuwangi. Sudut serang 150 akan memberikan gaya dorong optimal sebesar 125,96 N. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan teoritis memiliki kesamaan karakteristik blade digerakkan rotor dengan jumlah blade 4 dan tinggi 3 m menghasilkan energy listrik sebesar 349 watt. Dengan bertambah ketinggian dari turbin 3m akan mengakibatkan torsi dan daya listrik sebesar 62,98 Nm dan 349 watt. Kecepatan Arus laut yang besar 0,29 m/s akan menghasilkan daya listrik yang besar sebesar 349 watt. Sebaliknya dengan kecepatan arus laut yang rendah 0,01 m/s maka daya listrik yang dihasilkan juga rendah 0,015 watt

(Oktavianto, Budiarto, & Kiryanto, 2017) Wilayah Indonesia yang sebagian besar perairan dapat dimanfaatkan, salah satunya berupa potensi energi arus laut. Turbin arus merupakan sumber energi alternatif berbasis pada konversi energi kinetik menjadi energi listrik. Peneliti menganalisa pengaruh dari bentuk geometri sudu dan sudut serang dengan variasi aliran kecepatan arus. Dalam suatu rangkaian hydrokinetic turbine (turbin yang memanfaatkan energi kinetik air), hal yang mempengaruhi daya yang dihasilkan salah satunya adalah bentuk sudu-sudunya. Dimana sudu merupakan bagian turbin yang menerima energi kinetik dari air yang akan diteruskan ke poros turbin melalui runner. Energi Terbarukan Sebagian besar energi yang digunakan rakyat Indonesia saat ini berasal dari bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, gas dan batu bara. Konversi energi terjadi dari kecepatan dan arus laut menjadi putaran turbin yang digunakan untuk memutar turbin. ujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas.

(Sapto & Rumakso, 2021) Salah satu contoh pemanfaatan energi angin adalah dengan turbin angin atau yang lebih kita kenal dengan sebutan kincir angin. Energi angin dapat diubah menjadi energi listrik melalui gerak mekanik dari turbin angin. Penelitian dilakukan menggunakan permodelan dilakukan pada software Qblade dengan membagi bilah dengan 10 elemen pada bilah dan mengoptimasi bilah pada software Qblade. Dengan bantuan software Qblade, lalu dilakukan analisa dari pemodelan turbin angin yang dilakukan dan didapat nilai efisiensi tertinggi Pada penelitian ini dilakukan studi analisa numerik untuk mengetahui perbedaan tingkat *Coefficient Power* ( $C_p$ ) serta performansi *output* daya turbin yang semua didapat dari hasil simulasi *software* Qblade, dari masing-masing pemodelan turbin angin sumbu horizontal dengan variasi perbedaan airfoil.

(Febrianto & Santoso, 2017) Beberapa riset telah dilakukan untuk memanfaatkan mekanisme fixed pitch dan variable pitch dalam mengoptimalkan nilai gaya lift sebagai gaya penggerak turbin untuk setiap pergerakan foil di sepanjang sudut azimuth. Kemudian eksperimen mengenai kombinasi cascade foil antara fixed pitch dan passive pitch telah dilakukan dan diketahui pengaruh dari variasi kecepatan aliran dan jumlah foil pada turbin Darrieus terhadap nilai solidity, torsi, dan rpm. Analisis dilakukan dengan studi eksperimental untuk menganalisis aerodinamika yang terjadi akibat mekanisme active pitch berupa actuator disc yang terpasang pada foil turbin Darrieus dan membandingkan data eksperimen tersebut dengan mekanisme fixed pitch dan passive pitch. Secara umum Turbin hidrokinetik dibagi menjadi tiga jenis yakni *Cross-Flow turbine*, *Horizontal Axis Turbine* (HAT) dan *Vertical Axis Turbine* (VAT). Prinsip Kerja Turbin Darrieus Turbin Darrieus merupakan turbin yang menggunakan foil untuk menghasilkan gaya angkat. Foil pada turbin Darrieus berotasi dan terjadi perubahan aliran relatif.

## 2. METODE

Energi laut adalah salah satu sumber energi terbarukan. Energi ini selanjutnya dibagi menjadi 4 kategori antara lain: Energi gelombang, Energi Pasang Surut, Energi Arus Laut, dan Energi Panas Laut. Energi laut merupakan energi yang dihasilkan dari samudera dan laut, dan tentu saja merupakan sumber energi hijau terbarukan karena mengkonversi gaya mekanik, gaya potensial dan perbedaan temperature air laut menjadi energi listrik. (Lopulalan, 2016)

Arus laut adalah gerakan masa air secara teratur dari suatu tempat ke tempat lain. Sebagian besar arus laut bergerak dengan arah horinzontal dan hanya sebagian kecil bergerak dengan arah vertical. Gerakan masa air laut secara vertical disebut upwelling. Berdasarkan *Device* penangkap arus laut dibagi menjadi 5 jenis: Turbin Sumbu Horizontal, Turbin Sumbu Vertikal, Ocilating hydrofoil, Achimedes Screw, Layang-layang pasang surut. (Lopulalan, 2016)

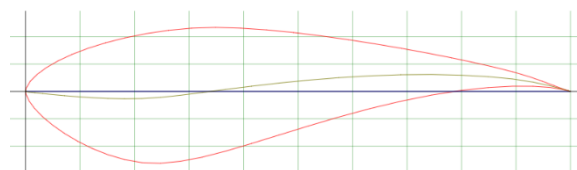
Tidal *turbines* adalah teknologi yang menggunakan turbin individu yang diletakkan di tempat dengan arus laut yang kuat. Tidal turbines menangkap dan mengonversi energi kinetik pada air laut akibat arus laut, sama dengan bagaimana turbin angin menangkap energi angin. Air memiliki densitas 830 kali lebih besar dari udara atau angin sehingga mampu menghasilkan energi pada kecepatan yang lebih rendah dari turbin angin. Saat arus laut bergerak, air laut mendorong turbin dan mengubah turbin menjadi energi yang dapat dimanfaatkan.

Teknologi tidal bekerja seperti pembangkit listrik tenaga angin yang dibenamkan di bawah laut. Tiga buah baling dengan diameter tertentu memutar rotor. Ketiga baling tersebut dipasangkan pada sebuah sayap yang membentang horizontal dari sebuah batang silinder yang di borkan ke dasar laut. Turbin tidal dapat menghasilkan energi yang cukup besar, dan dapat disusun dalam barisan-barisan sehingga pemasangan tersebut dapat dimanfaatkan untuk yang lainnya. (Baihaqiy, 2017)

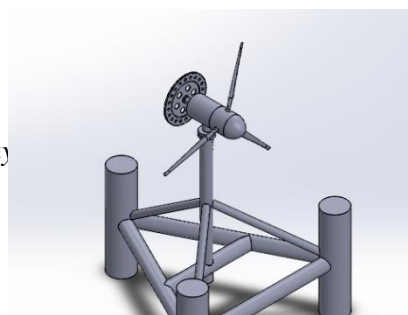
Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mendesain dan melakukan pengujian turbin tidal dengan variasi kecepatan aliran air. Pengujian dilakukan dengan menggunakan software Qblade dan analisis data. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai koefisien power dan menghasilkan geometri turbin air tidal. Variabel bebas yang dimaksud adalah variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain yaitu variasi kecepatan aliran air. Sedangkan yang dimaksud variable terikat adalah variable yang dipengaruhi oleh variable bebas yaitu koefisien power yang dihasilkan oleh turbin air tidal.

Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui geometri dan *Coefficient Power* turbin air tidal menggunakan blafe hydrofoil standar NACA S814. Variasi kecepatan aliran air adalah 1 m/s; 1,536 m/s; 2,072 m/s; 2,608 m/s; 3,68 m/s.

Naca yang digunakan adalah Naca dengan nomor seri S814. Naca tersebut dipilih berdasarkan penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan. Untuk perancangan dari bentuk sudu dari turbin tidal yang dilakukan menggunakan bantuan *software* Qblade.



Gambar 1. NACA S814



Gambar 2. Desain Turbin Tidal

Untuk spesifikasi turbin dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Turbin Tidal

No	Spesifikasi	Nilai
1	Panjang Chord	0,02 m
2	Panjang Blade	0,4 m
3	Diameter Poros	0,16 m
4	Diameter Outer	1,1 m
5	Jumlah Blade	3 Blade

### Parameter-Parameter Perancangan Turbin Air Tidal Luas Rotor Area

Dalam penentuan luas permukaan (*swept area*) turbin air dilakukan perhitungan daya poros turbin dengan menggunakan asumsi efisiensi generator yang direncanakan dengan rumus sebagai berikut.

$$P_{\text{poros turbin}} = P_{\text{output}} \times (100\% + (100\% - \eta_{\text{Rencana}}))$$

Dimana:

$P_{\text{poros turbin}}$  = daya rotor turbin (Watt)

$P_{\text{output}}$  = daya generator (Watt)

$\eta_{\text{Rencana}}$  = efisiensi rencana penggunaan generator (%)

$$P = P_{\text{output}} \times (100\% + (100\% - \eta_{\text{Rencana}}))$$

Berdasarkan teori Betz yang menyatakan bahwa tidak semua energi air dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya pemutar turbin air dan maksimal efisiensi yang diperoleh maksimal 60% (*Betz limit*). Maka dibuat asumsi efisiensi sebesar 55% maka daya yang dibutuhkan poros turbin air yaitu:

Dimana:

$P_{\text{poros turbin}}$  = daya rotor turbin (Watt)

$P_{\text{output}}$  = daya generator (Watt)

$\eta_{\text{Rencana}}$  = efisiensi rencana turbin air (%)

Langkah selanjutnya adalah menghitung luas rotor area dengan menggunakan rumus berikut:

$$A = \frac{P}{0,5 \times \rho \times v^3}$$

Dimana:

$P_{\text{poros turbin}}$	= daya rotor turbin (Watt)
$\rho$	= massa Jenis Air Laut ( $kg/m^3$ )
$v$	= kecepatan arus laut ( $m/s$ )

### Diameter Bilah

Berdasarkan luas area rotor, maka diameter rotor dihitung sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \times 2$$

Dimana:

$A$  = Diameter bilah (m)

### Diameter Poros

Dalam menentukan diameter poros diperlukan perhitungan kekuatan poros yang digunakan, yaitu:

$$Pd = F_c \times P$$

Dimana:

$F_c$  = Faktor koreksi

$P$  = daya rotor turbin (Watt)

Dengan data tegangan bahan poros pilihan ( $kg/mm^2$ ) dan *safety factor* maka selanjutnya dilakukan perhitungan momen puntir:

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n}$$

$$\tau_a = \sigma b / (S_{F_1} \times S_{F_2})$$

Dimana:

$\tau_a$  = Tegangan bahan ( $kg/mm^2$ )

$S_{F_1} / S_{F_2}$  = *Safety factor*

$T$  = Momen puntir ( $kg.mm$ )

Setelah nilai momen puntir didapatkan kemudian dihitung besar diameter poros yang digunakan, sebagai berikut:

$$ds = (5,1 \times Kt \times Cb \times T / \tau_a)^{\frac{1}{3}}$$

Dimana:

$ds$  = Diameter poros (m)

$Kt$  = Faktor koreksi tumbukan (1,5)

$Cb$  = Faktor beban lentur (1,2-2,3)

### Panjang Chord Blade

$$C = \frac{2 \times \sigma \times \pi \times r}{B}$$

Dimana:

$r$  = Jari-jari blade (m)

$B$  = Jumlah bilah



**Panjang Chord Blade**

$$L = \frac{D - ds}{2}$$

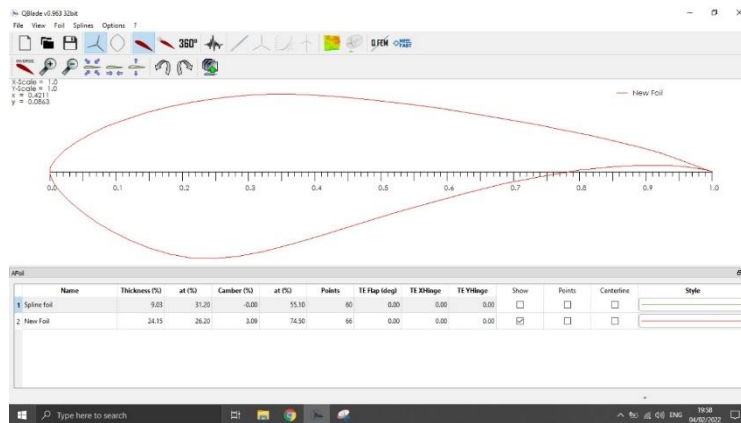
Dimana:

$D$  = Diameter blade (m)

$ds$  = Diameter poros (m)

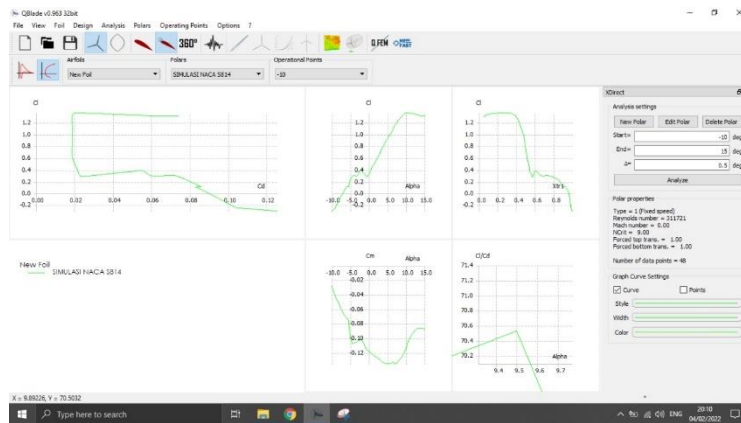
**Pengujian Menggunakan Software Qblade**

Tahap pertama adalah penentuan hydrofoil dan pembuatan hydrofoil yang dipakai pada turbin air. Model *hydrofoil* diinput dari file .dat yang diimport pada *software* Qblade file tersebut terdiri dari koordinat untuk mendapatkan bentuk hydrofoil yang ingin digunakan.



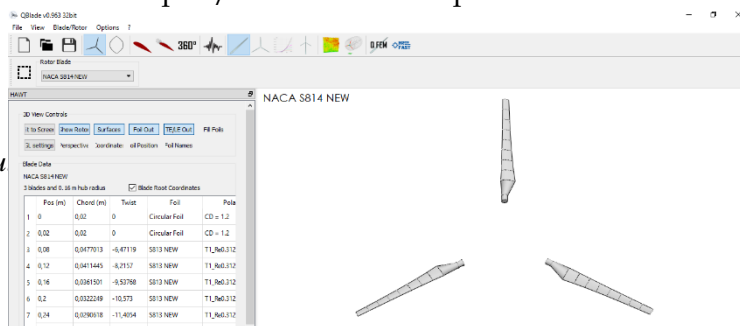
Gambar 3. Hydrofoil Pada Software Qblade

Tahap kedua adalah mengidentifikasi nilai – nilai dan karakteristik hydrofoil tersebut. Pada tampilan Qblade didapatkan grafik – grafik nilai hydrofoil yang sudah kita input sebelumnya. Dengan memasukkan *range angle of attack* terlebih dahulu dan *running* untuk mendapatkan nilai tersebut.



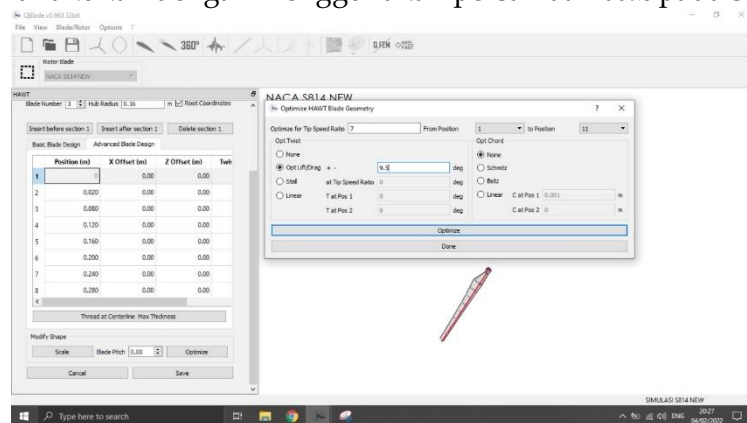
Gambar 4. Tampilan Gradik Nilai Hydrofoil

Tahap ketiga adalah permodelan bilah. Sebelum memasuki tahap ini, perhitungan jari – jari dan pos / elemen dilakukan pada Microsoft excel. Dikarenakan permodelan pada software Qblade dibutuhkan nilai pos / elemen untuk inputan tersebut.



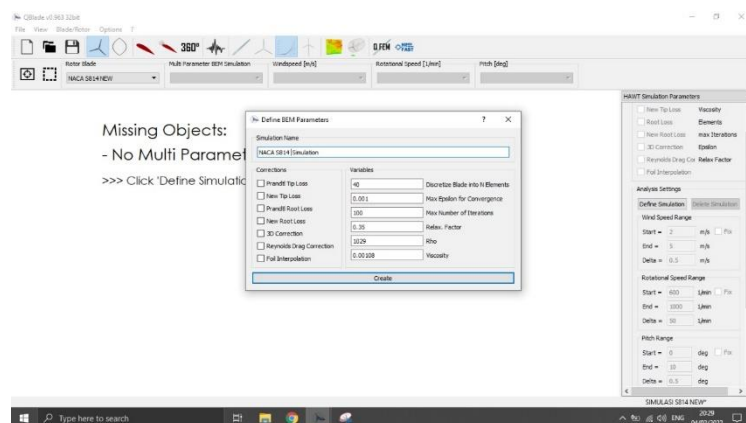
Gambar 4. Permodelan Bilah

Tahap keempat adalah optimasi bilah. Optimasi bilah dilakukan pada *software* Qblade, optimasi *twist* dilakukan dengan input melihat nilai CL/CD maksimal dan merujuk pada nilai sudut. Optimasi chord dilakukan dengan menggunakan persamaan *betz* pada setiap elemen.



Gambar 5. Optimasi Bilah

Tahap kelima adalah setup parameter. Setelah mendapatkan geometri bilah lalu Langkah selanjutnya mensimulasikan bilah tersebut untuk mendapatkan nilai koefisien power dari geometri tersebut.



Gambar 5. Setup Parameter



Tahap keenam adalah *running* untuk mendapatkan nilai koefisien power, kecepatan sudut, torsi, gaya dorong. Disajikan beberapa grafik hasil dari permodelan bilah yang sebelumnya sudah kita buat sebelumnya, inputan pada tahap ini adalah range TSR dan maksimum kecepatan air.



Gambar 5. Grafik Nilai Permodelan Turbin Air

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1.1 Perancangan Turbin Tidal

##### Luas Rotor Area

Untuk memproduksi daya diharapkan turbin dapat menghasilkan daya sebesar 254,739 watt pada kecepatan angin sebesar 1 m/s. Asumsi efisiensi sebesar 85% maka:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{poros turbin}} &= P_{\text{output}} \times (100\% + (100\% - \eta_{\text{Rencana}})) \\
 &= 369,372 \text{ watt} \times 115\% \\
 &= 424,778 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan teori Betz yang menyatakan bahwa tidak semua energi air dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya pemutar turbin air dan maksimal efisiensi yang diperoleh maksimal 60% (Betz limit). Maka dibuat asumsi efisiensi sebesar 55% maka daya yang dibutuhkan poros turbin air yaitu:

$$\begin{aligned}
 P &= P_{\text{output}} \times (100\% + (100\% - \eta_{\text{Rencana}})) \\
 &= 424,778 \text{ watt} \times 115\% \\
 &= 245,738 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung luas rotor area

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{P}{0,5 \times \rho \times v^3} \\
 &= \frac{245,738 \text{ watt}}{0,5 \times 1029 \text{ kg/m}^3 \times 1^3} \\
 &= 0,95 \text{ m}
 \end{aligned}$$

##### Diameter Bilah

$$\begin{aligned}
 D &= \sqrt{\frac{A}{\pi}} \times 2 \\
 &= \sqrt{\frac{0,95 \text{ m}}{\pi}} \times 2 \\
 &= 1,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Diameter Poros**

$$Pd = F_c \times P$$

$$Pd = 2 \times 0,245 \text{ kW}$$

$$= 0,508$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,508}{162,815}$$

$$= 2392,899 \text{ Kg. mm}$$

Bahan St 60 = 60kg/mm<sup>2</sup>; S<sub>F1</sub>=6; S<sub>F2</sub>= 2

$$\tau_a = \sigma b / (S_{F1} \times S_{F2})$$

$$= 60 / (6 \times 2)$$

$$= 5 \text{ kg/mm}^2$$

$$Cb = 2; Kt = 1,5$$

$$ds = (5,1 \times Kt \times Cb \times T / \tau_a)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = (5,1 \times 1,5 \times 2 \times \frac{2392,899 \text{ Kg. mm}}{5 \text{ kg/mm}^2})^{\frac{1}{3}}$$

$$= 0,16 \text{ m}$$

**Panjang Chord Blade**

$$C = \frac{2 \times \sigma \times \pi \times r}{B}$$

$$= \frac{2 \times 0,5 \times \pi \times 0,55}{3}$$

$$= 0,02 \text{ m}$$

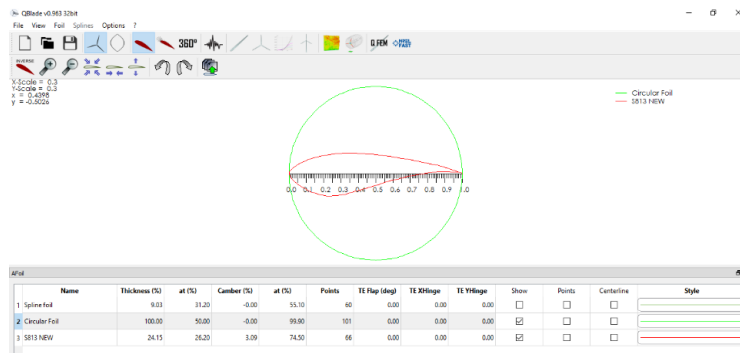
### Panjang Blade

$$L = \frac{D - ds}{2}$$

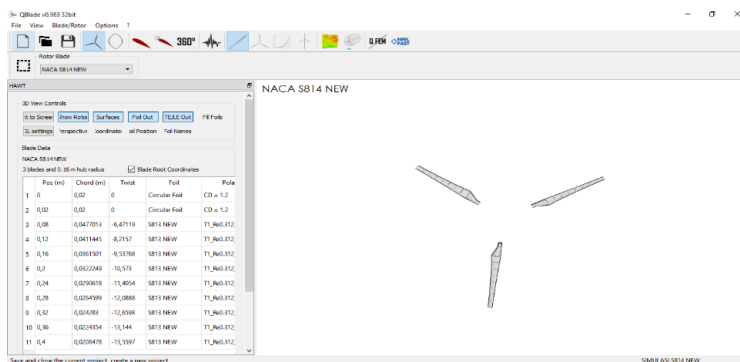
$$= \frac{1,1 \text{ m} - 0,16}{2}$$

$$= 0,4 \text{ m}$$

### Qblade



Gambar 6. Software Qblade

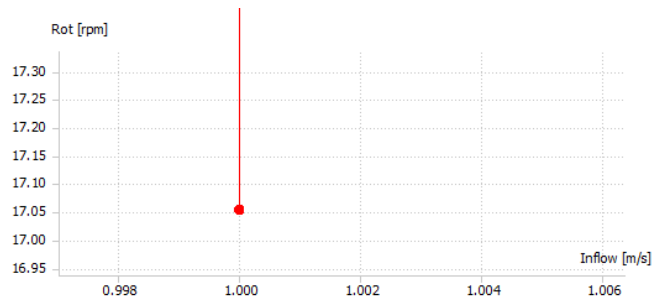


Gambar 7. Perancangan Turbin Tidal Menggunakan Qblade

Perancangan turbin tidal menggunakan bantuan *software* Qblade bertujuan untuk mendapatkan bentuk turbin yang bisa di optimasikan. Selain untuk mendapatkan bentuk turbin yang optimal, penggunaan *software* Qblade juga digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan sudut, torsi dan gaya dorong pada turbin tersebut dengan memasukkan nilai kecepatan aliran air dan spesifikasi air yang digunakan.

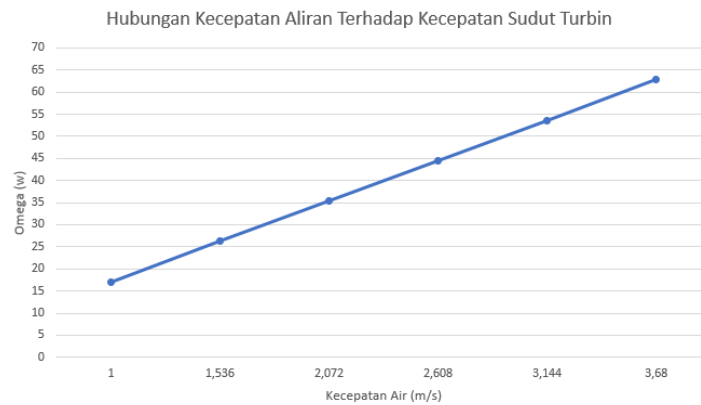
## 1.2 Pengujian Turbin Tidal Menggunakan Software Qblade

### Mencari Nilai Kecepatan Sudut Berdasarkan Kecepatan Aliran



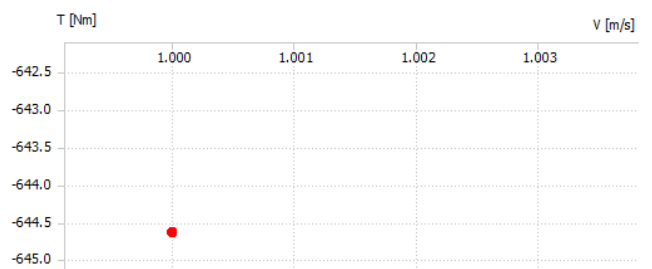
Gambar 8. Data Kecepatan Aliran Terhadap Kecepatan Sudut

Data pengujian kecepatan sudut dari varian kecepatan aliran yang lain dapat disajikan dalam grafik berikut ini:



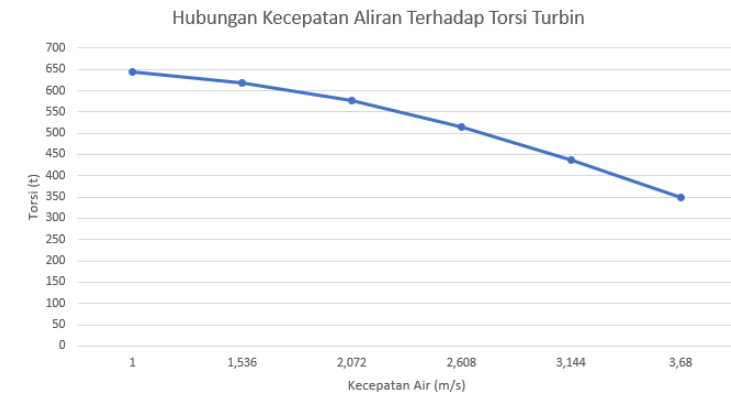
Gambar 9. Grafik Kecepatan Aliran Terhadap Kecepatan Sudut

### Mencari Nilai Torsi Berdasarkan Kecepatan Aliran



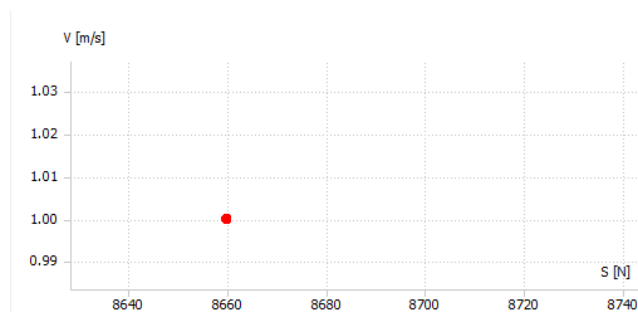
Gambar 10. Data Kecepatan Aliran Terhadap Nilai Torsi

Data pengujian torsi dari varian kecepatan aliran yang lain dapat disajikan dalam grafik berikut ini:



Gambar 11. Grafik Kecepatan Aliran Terhadap Nilai Torsi

### Mencari Nilai Gaya Dorong Berdasarkan Kecepatan Aliran



Gambar 12. Data Kecepatan Aliran Terhadap Gaya Dorong

Data pengujian gaya dorong dari varian kecepatan aliran yang lain dapat disajikan dalam gambar berikut ini:



Gambar 13. Grafik Kecepatan Aliran Terhadap Gaya Dorong

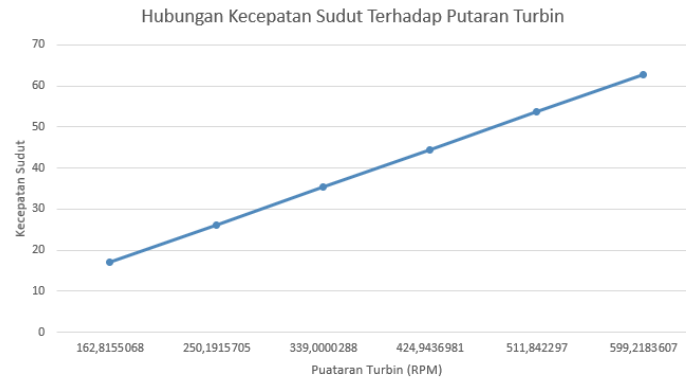
### Mencari Nilai Putaran Turbin Berdasarkan Kecepatan Sudut

Hasil merupakan bagian utama artikel ilmiah, berisi: hasil bersih tanpa proses analisis data, hasil pengujian hipotesis. Hasil dapat disajikan dengan *table* atau grafik, untuk memperjelas hasil secara verbal.

Untuk mencari nilai putaran turbin berdasarkan kecepatan sudut turbin dapat menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} RPM &= \frac{\omega \times 60}{2 \times \pi} \\ &= \frac{17,05 \times 60}{2 \times \pi} \\ &= 162,8155 \text{ RPM} \end{aligned}$$

Data pengujian nilai putaran turbin dari varian kecepatan sudut yang lain dapat disajikan dalam gambar berikut ini:



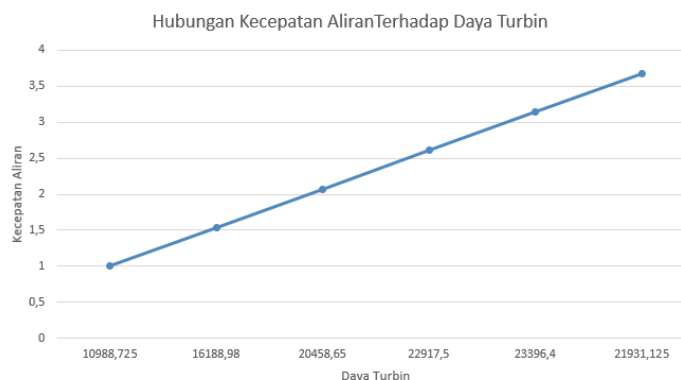
Gambar 14. Grafik Kecepatan Sudut Terhadap Putaran Turbin

### Mencari Nilai Daya Turbin

Untuk mencari nilai daya turbin dapat menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Daya Turbin} &= \omega \times \tau \\ &= 17,05 \times 644,5 \text{ Nm} \\ &= 10988,725 \end{aligned}$$

Data pengujian nilai daya turbin yang lain dapat disajikan dalam gambar berikut ini:



Gambar 14. Grafik Kecepatan Aliran Terhadap Daya Turbin

### Mencari Nilai Daya Air



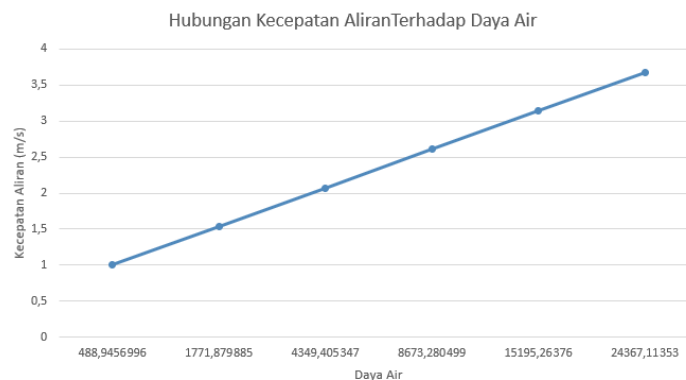
Hal pertama yang dilakukan untuk mendapatkan nilai daya air adalah dengan mencari nilai luas lingkaran dari *blade* turbin.

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \times r^2 \\
 &= \pi \times (0,55m)^2 \\
 &= 0,950 m^2
 \end{aligned}$$

Selanjutnya setelah mendapatkan nilai luas lingkaran dari *blade* turbin maka dapat digunakan rumus untuk mencari nilai daya air dengan varian kecepatan aliran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Air} &= \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \\
 &= \frac{1}{2} \times 1029 \text{ kg/m}^3 \times 0,950 \text{ m}^2 \times (1 \text{ m/s})^3 \\
 &= 488,945
 \end{aligned}$$

Data pengujian nilai daya air yang lain dengan varian kecepatan aliran dapat disajikan dalam gambar berikut ini:



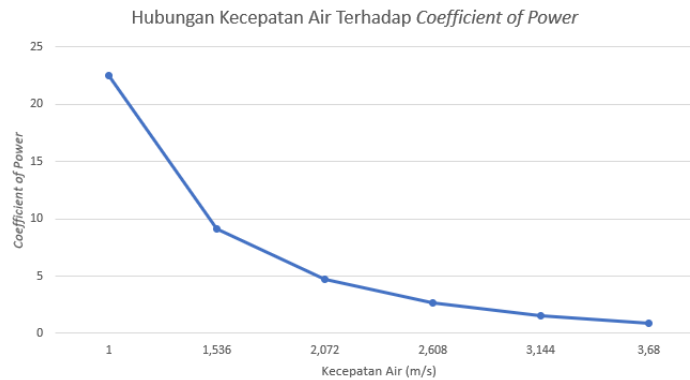
Gambar 15. Grafik Kecepatan Aliran Terhadap Daya Air

### Mencari Nilai *Coefficient of Power*

Setelah mendapatkan nilai daya air dan daya turbin maka nilai tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai *Coefficient of Power*.

$$\begin{aligned}
 CP &= \frac{\text{Daya Turbin}}{\text{Daya Air}} \\
 &= \frac{10988,725}{488,945} \\
 &= 22,474
 \end{aligned}$$

Data pengujian nilai *Coefficient of Power* yang lain dengan varian kecepatan aliran dapat disajikan dalam gambar berikut ini:



Gambar 16. Grafik Kecepatan Aliran Terhadap *Coefficient of Power*

### 1.3 Analisis ANOVA

Tabel 2. ANOVA Dua Faktor Tanpa Pengulangan

SUMMARY	COUNT	SUM	AVERAGE	VARIANCE
1 m/s	7	20984,51	2997,787	22253722
1,536 m/s	7	28366,59	4052,37	40168267
2,072 m/s	7	36128,61	5161,23	59814703
2,608 m/s	7	43727,87	6246,838	75341165
3,144 m/s	7	51360,35	7337,192	90053694
3,68 m/s	7	59471,61	8495,944	1,2E+08
Rpm	6	2288,011	381,3352	26629,73
Omega	6	239,6	39,93333	292,0277
Torsi (Nm)	6	3139,7	523,2833	12851,43
Thrust(N)	6	63603,55	10600,59	1824131
Daya Turbin	6	115881,4	19313,56	23377344
<i>Coefficient of Power</i>	6	41,39678	6,899463	67,04913
Daya Air	6	54845,89	9140,981	84165752

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F Crit
Rows	1,48E+08	5	29543155	2,219512	0,078308	2,533555
Columns	2044307846	6	3,41E+08	25,59739	1,54E-10	2,420523
Error	399319561	30	13310652			
Total	2591343184	41				

Berdasarkan data hasil analisis dengan metode ANOVA (*analysis of variance*) maka dapat disimpulkan bahwa:

a. Karena nilai F (kecepatan) = 2,219512 < F crit = 2,533555 maka H<sub>0</sub> diterima

b. Karena nilai F (uji) = 25,59739 > F crit = 2,420523 maka H<sub>0</sub> ditolak

#### 4.KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang berjudul " Perancangan Dan Simulasi Performa Turbin Air Tidal Dengan *Software* Qblade Untuk Penggerak Pompa Di Tambak Garam" yang telah dilakukan pada berbagai macam variasi kecepatan maka dapat disimpulkan bahwa geometri turbin adalah panjang chord 0,02 m, panjang blade 0,4 m, diameter poros 0,16 m, diameter bilah 1,1 m, jumlah blade 3. Hasil dari pengujian performa dari turbin tidal untuk masing-masing varian kecepatan adalah 22,474; 9,136; 4,703; 2,642; 1,539; 0,900. Dari data hasil pengujian tersebut diolah dengan menggunakan metoda ANOVA. Kesimpulan yang didapatkan adalah karena nilai F (kecepatan) =2,219512 < F crit =2,53355 maka tidak terdapat perbedaan hasil uji pada varian kecepatan dan karena nilai F (uji) =25,59739 > F crit =2,42052 maka terdapat perbedaan hasil uji pada varian hasil.

##### Saran

Perlu dikembangkan penelitian lanjutan mengenai turbin tidal untuk penggerak pompa di tambak garam guna meningkatkan kinerja dari turbin tidal. Perlu diadakannya penelitian lanjutan mengenai simulasi turbin tidal menggunakan software berbasis *computational fluid dinamik* atau sejenisnya secara menyeluruh baik pada turbin dan juga pompa agar dapat membandingkan dengan nilai aktual. penggunaan metode dan material yang digunakan untuk penelitian selanjutnya harus lebih memperhatikan metode yang tepat dan jenis material yang digunakan

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat rahmat Allah SWT. Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada kedua orang tua, Dr. Tri Mulyanto, ST., MT dan Bapak Dr. Sunyoto, ST., MT selaku dosen pembimbing. Tak kalah penting juga rekan seperjuangan yang telah memberikan kerjasama yang baik dalam penelitian ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Baihaqiy, A. R. (2017). Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut Air Laut Di Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Universitas Negri Semarang*.
- FE, M. N. S. (2016). Rancang Bangun Simulasi Turbin Air Cross Flow. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 1(2).
- Febrianto, A., & Santoso, A. (2017). Analisa perbandingan torsi dan rpm turbin tipe darrieus terhadap efisiensi turbin. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Fridayana, E. N. (2018). *Analisis Kinerja Aerodinamik dari Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Darrieus Tipe H-Rotor dengan Pendekatan Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
- Ginting, J. W., & Setiawan, I. K. D. (2018). Kinerja Prototipe Papan Osilasi Pada Pompa Flap Tenaga Gelombang Untuk Pemanfaatan Mata Air Di Pantai Banyu Asri, Kota Singaraja-Bali. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 9(2).
- Kurniawan, A., Jaziri, A. A., Amin, A. A., & Salamah, L. N. m. (2019). Indeks Kesesuaian Garam (IKG) Untuk Menentukan Kesesuaian Lokasi Produksi Garam; Analisis Lokasi

Produksi Garam Di Kabupaten Tuban Dan Kabupaten Probolinggo. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 3(2), 236-244.

- Lopulalan, R. M. (2016). *Desain blade turbin pembangkit listrik tenaga arus laut di Banyuwangi berbasis CFD*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,
- Oktavianto, D., Budiarto, U., & Kiryanto, K. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Sudu, Sudut Serang dan Kecepatan Arus Pada Turbin Arus Tipe Sumbu Vertikal Terhadap Daya yang Dihasilkan Oleh Turbin. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(2).
- Patittingi, F. (2012). *Dimensi hukum pulau-pulau kecil di Indonesia: studi atas penguasaan dan pemilikan tanah*: Rangkang Education.
- Priawan, R. A. (2016). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Wells Dan Variasi Gelombang Laut Terhadap Performa Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC).
- Sapto, A. D., & Rumakso, H. P. (2021). Uji Coba Performa Bentuk Airfoil Menggunakan Software Qblade Terhadap Turbin Angin Tipe Sumbu Horizontal. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1).
- Sari, Y. R., & Rani, M. (2021). Penerapan Logika Fuzzy Metode Mamdani Dalam Menyelesaikan Masalah Produksi Garam Nasional. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 8(1), 341-356.