KAJI EKSPERIMENTAL TURBIN AIR *DARRIEUS* TIPE-H MENGGUNAKAN *BLADE HYDROFOIL* STANDAR NACA 0018

Arpan Cesar[1], Iwan Kurniawan[2],
Laboratorium Perawatan, Jurusan teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
[1]Arpan.cesar5450@student.unri.ac.id, [2]iwan.ktm@gmail.com

Abstract

The purpose of this study was to experimental study of the Darrieus type H turbine, using NACA 0018 standard hydrofoil blade, which variations of 3 blades and 6 blades of turbine diameter of 0.44 m x 0.15 m on the outer turbine and 0.18 x 0.14 m on turbine section with additional of 0.10 m chord length and 0º to 360º attack angle variations. The variations of velocity flow in water (V) of 0.3 m/s and 0.65 m/s in the water tunnel dimensions of 6 m x 0.6 m x 1 m. The two types of torques were obtained at rest (static torque) for each angle of the azimuth and moving conditions (dynamic torque) from no load and until it stops spinning by utilizing the braking force on the pulley with variations in loading. In the first test with a variation of 3 blades and the water velocity of 0.3 m/s for the static torque was obtained 0.288 Nm and a variation of 6 blades of 0.336 Nm. Whilst, a speed of 0.65 m/s static torque generated at a variation of 3 blades that was 0.36 Nm and a variation of 6 blades of 0.384 Nm for dynamic torque produced 13 RPM, which a variation of 3 blades speed of 0.3 m/s and a speed of 0.65 m/ s resulted 23 RPM. The experiment revealed a variation of 6 blades with a speed of 0.3 m/s at 16 RPM and a speed of 0.65 m/s of 26 RPM. Based on the results of the study, it can be concluded that the Darrieus hydrokinetic of turbine variation of 6 blades produced more dynamic torque that was compared to the 3 blades variation. It was due to the number of blades greatly influence of the kinetic energy absorption of the water to be converted into dynamic and static torques.

Keywords: *Darrieus turbine, static torque, dynamic torque,NACA 0018*

1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya zaman,tingkat kebutuhan manusia akan minyak bumi akan selalu meningkat,karna semakin banyaknya peningkatan jumlah manusia namun tidak diimbangi dengan ketersediaan minyak bumi, sehingga perlu adanya energi cadangan yaitu energi terbarukan seperti air,angin,tumbuhan, dan panas bumi.

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Salah satu sumber pemasok listrik PLTA, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) memang memegang peran penting terhadap ketersediaan listrik terutama di Jawa, Madura, dan Bali. Rasio elektrifikasi Indonesia sebesar 85% pada tahun 2015 (ESDM, 2012).

Potensi energi air yang digunakan adalah aliran air yang mempunyai beda ketinggian di atas 2 meter. Aliran sungai yang membentang beberapa wilayah Indonesia belum termanfaatkan dengan baik, termasuk anak sungai dan saluran irigasi, karena tidak memiliki beda ketinggian yang cukup. Potensi energy yang dimiliki adalah energy kinetic dari arus air yang mengalir. Penggunaan sudu jenis *Hydrofoil* ini karena bentuknya yang seperti sayap pesawat yaitu memiliki karakteristik berbentuk bulat di bagian ujung *(leading edge)* yang kemudian tajam di bagian belakang *(trailing adge)* dengan kelengkungan yang asimetrik sehingga dapat mengurangi gesekan. Selain itu pemilihan *hydrofoil* ini digunakan sebagai sudu karena efektif dan mudah dalam pembuatanya dan juga cocok untuk aliran datar yang tidak memerlukan air jatuh dengan memanfaatkan energi kinetik.

Turbin *Darrieus* merupakan turbin sumbu vertikal yang dapat beroperasi dengan menggunakan angin atau air sebagai penggerak rotor dan *hydrofoil* nya. Selain menggunakan energi angin atau air sebagai energi penggeraknya, energi hidrokinetik dapat juga dijadikan sebagai energi penggerak *hydrofoil* pada turbin darrieus

Keunggulan dari turbin *darrieus* adalah tidak memerlukan pengarah, kotruksi nya yang mudah, biaya pembuatan lebih murah dibanding dengan turbin sumbu horizontal, memiliki desain rotor yang lebih mudah serta dapat di gunakan pada kecepatan kecepatan aliran air rendah.

Kinerja turbin tergantung dengan kecepatan air, soliditas, dan sudut kemiringan *blade* yang telah ditunjukkan menggunakan *software fluent* untuk studi kinerja turbin *Darrieus* telah diberikan oleh Lain et al. (2010) dan dari hasil *simulation* telah divalidasi secara eksperimental. Dengan model turbin mempunyai tiga *blade* maka batas operasi turbin adalah antara 1,2 – 2,0 dan turbin mempunyai efisiensi maksimum sekitar 30% pada TSR 1,74.

Hantoro (2011) mengatakan melakukan investigasi eksperimen pada *passive pitch* turbin air aliran *vertical* aksis menggunakan 3-*straight bladed* NACA 0018.

Hantoro juga menjelaskan *Lift and Drag Force* yang sangat berpengaruh terhadap performansi dan efisiensi turbin *Darrieus* telah dapat ditingkatkan dengan mekanisme *Passive Pitch*. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Yunika Cahyo (2016) dengan judul "Uji KinerjaTurbin Angin Sumbu Vertikal Tipe *Darrieus*-H NACA 0018 Modifikasi Dengan Variasi Sudut *Pitch 35,40,45,50,55,60*".

Dari latar belakang di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap turbin *darrieus Type Bach single stage* variasi *3 Blade* dan 6 *Blade* dengan menggunakan energi hidrokinetik. Hal ini karena energi hidrokinetik dari air memiliki perbedaan massa jenis yang lebih besar daripada massa jenis udara, sehingga nanti diharapkan dapat menghasilkan energi yang lebih besar.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui torsi statik dan dinamik yang dihasilkan oleh turbin hidrokinetik *Darrieus* tipe H dengan variasi 3 *blade* dan 6 *blade*

Kedua untuk mengetahui kedua torsi tersebut didapatkan dalam kondisi diam (torsi statik) untuk setiap *Blade* t azimutnya dan kondisi bergerak (Torsi dinamik) dari tanpa beban dan hingga berhenti berputar. Dengan memanfaatkan gaya pengereman pada *pulley* dengan variasi pembebanan

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental. Hal ini dilakukan untuk pengujian kinerja dari turbin hidrokinetik *Darrieus type H* .Penelitian ini diakukan untuk mengetahui torsi statik dan torsi dinamik dari turbin hidrokinetik *Darrieus type H* variasi tiga *blade* dan enam *blade* dalam penelitian ini adalah variasi kecepatan aliran air antara 0,3 m/s s.d. 0,65 m/s dan variasi penambahan beban dalam proses pengujian ini,dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Variasi PenelitianVariasi Turbin. .

	Diameter turbin	Tinggi turbin
1	0.44 m	0.15 m
2	0.18 m	0.14 m

2.1 Pembuatan Alat

Dalam pelaksanaan pembuatan alat uji pada penelitian yang berjudul "Kaji Eksperimental Turbin Air *Darrieus* Tipe-H menggunakan *Blade Hydrofoil* Standar NACA 0018" menggunakan diagram alir sebagai acuan dalam pembuatan turbin *Darrieus* ini, dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Turbin Air *Darrieus*

Bentuk blade yang digunakan mengacu kepada bentuk *blade* yang telah dilakukan penelitian oleh Yunika Cahyo (2016) dengan judul "Uji KinerjaTurbin Angin Sumbu Vertikal Tipe *Darrieus*-H NACA 0018". Namun yang membedakannya terletak pada dimensi tinggi turbin dan panjang chord dari blade NACA 0018 ini,dapat dilihat pada tabel 2 .

Tabel 2. Variasi Penelitian

No	Spesifikasi	Nilai
1	Jenis Bilah Hidrofoil	NACA 0018
2	Bahan *Blade*	Aluminium
3	Tebal (m)	0.004 m
4	Jumlah Bilah Luar	3
5	Jumlah Bilah Dalam	3
6	Panjang *Chord*, c (m)	0.1 m
7	Dimeter Rotor, D (m)	0.44 m
8	Tinggi Rotor (m)	0.15 m
9	Diameter Poros (m)	0.12 m

2.2 Parameter-Parameter Perhitungan Turbin *Darrieus*

Pada turbin air faktor yang mempengaruhi daya pada turbin *Darrieus* adalah besarnya torsi dan putaran poros. Perbedaan bentuk, jumlah sudu/*blade*, sudut dari turbin itu sangat berpengaruh terhadap besar nya torsi dan putaran poros. Dengan demikian untuk mengetahui unjuk kerja dari turbin *Darrieus* hidrokinetik diperlukan data-data untuk dilakukan suatu perhitungan dan analisa.

1. Torsi

   Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros turbin atau kemampuan turbin untuk melakukan kerja. Torsi biasanya diberi simbol τ. Pengukuran torsi menggunakan torsimeter statik. Satuan untuk torsi dalam satuan internasional SI yaitu N.m, rumus

torsi dijelaskan melalui persamaan dibawah ini (L.D.Mariska, 2010)

$$T = F.r$$

Dimana :

T = torsi (N.m)

F = Gaya sentrifugal dari poros yang berputar (N)

r = jarak benda ke pusat rotasi (m)

2.3 Prosedur Pengujian Penelitian

1. Pengujian kecepatan air
   Pada metode pengujian ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat yaitu *current meter*, untuk mengetahui kecepatan air yang diukur dalam satu aliran terbuka. Pengukuran dilakukan oleh 3 (tiga) orang yang masing- masing bertugas sebagai operator dari *current meter* tersebut, pembaca nilai yang ada di monitor pada current meter dan pencatat nilai dari hasil pengukuran.
2. Pengujian torsi dinamik
   Pada pengujian Torsi dinamik ini merupakan besar torsi yang dihasilkan sampai poros berhenti berputar. Pada pengujian torsi dinamik ini turbin *Darrieus* ketika berputar akan diberikan variasi pembebanan sampai turbin berhenti bergerak.
3. Pengujian torsi statik
   Pada Pengujian Torsi statik ini adalah torsi minimal yang diperlukan agar poros turbin *Darrieus* mulai berputar dari kondisi diamnya. Pada pengujian torsi statik ini turbin *Darrieus* dalam kondisi diam tidak berputar karena adanya beban yang diberikan, posisi turbin di putar dimulai dengan variasi penambahan sudut putarnya sebesar 10^o dari kondisi awal, setelah itu beban dikurangi sampai turbin mulai berputar, kemudian torsi statik dapat dihitung dengan melihat jumlah beban yang dibutuhkan untuk turbin mulai berputar. Pada pengujian torsi statik ini diberikan variasi sudut-nya dari 10^0 - 360^o satu putaran penuh. Alat-alat yang diperlukan dalam pengujian torsi statik adalah sebagai berikut:

3. Data Hasil Pengujian

Pada hasil pengujian turbin *Darrieus* tipe-H yang telah dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan yaitu variasi kecepatan aliran air dan jumlah putaran poros per menit.

3.1 Perhitungan Dan Pengolahan Data

1 Perhitungan Torsi Dinamik tiga *blade* dan enam *blade* :

Pengujian torsi dinamik turbin *Darrieus* tiga *blade* dengan kecepatan aliran air pertama V= 0,3 m/s, diperoleh beban sentrifugal maksimal dari turbin yang berputar sebesar F = 2,8 N, dan nilai jari-jari *pulley* r = 0.12 m. Maka perhitungan dengan menggunakan persamaan:

Dimana:

F = 2,8 N *v = 0.3 m/s*

r = 0.12 m *N = 0 rpm*

$$T = F.r$$

T = (2,8 N). (0.12 m)

T = 0.336 Nm

Pengujian torsi dinamik turbin *Darrieus* tiga *blade* dengan kecepatan aliran air kedua V= 0,65 m/s, diperoleh beban sentrifugal maksimal dari turbin yang berputar sebesar F = 3,2 N, dan nilai jari-jari *pulley* r = 0.12 m. Maka untuk mendapatkan torsi dinamik pada kecepatan air kedua dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan:

Dimana:

F = 3,2 N *v = 0.65 m/s*

r = 0.12 m *N = 0 rpm*

$$T = F.r$$

T = (3,2 N). (0.12 m)

T = 0.384 Nm

Pada pengujian torsi dinamik turbin *Darrieus* enam *blade* dengan kecepatan aliran air pertama V= 0,3 m/s, diperoleh beban sentrifugal maksimal dari turbin yang berputar sebesar F = 3,2 N, dan nilai jari-jari *pulley* r = 0.12 m. Maka untuk mendapatkan torsi dinamik dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan:

Dimana:

F = 3,6 N *v = 0.3 m/s*

r = 0.12 m *N = 0 rpm*

$$T = F.r$$

T = (3,2 N). (0.12 m)

T = 0.432 Nm

Pada pengujian torsi dinamik turbin *Darrieus* enam *blade* dengan kecepatan aliran air kedua V= 0,65 m/s, diperoleh beban sentrifugal maksimal dari turbin yang berputar sebesar F = 3,6 N, dan nilai jari-jari *pulley* r = 0.12 m. Maka untuk mendapatkan torsi dinamik dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan:

Dimana:

F = 4 N *v = 0.65 m/s*

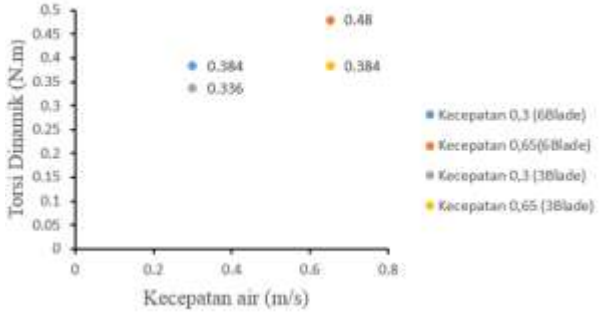
r = 0.12 m *N = 0 rpm*

$$T = F.r$$

T = (3,2 N). (0.12 m)

T = 0.48 Nm

Berikut ini adalah hasil pengujian dan pengolahan data torsi dinamik dan torsi statik dari pengujian yang telah dilakukan. Grafik perbandingan variasi kecepatan aliran air dengan torsi dinamik dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Variasi Kecepatan Aliran Air Dengan Torsi Dinamik

Hasil penelitian eksperimen yang dilakukan penulis terhadap turbin *Darrieus* tipe- H menggunakan tiga *blade* dan enam *blade* kecepatan aliran air sebesar 0,3 m/s menghasilkan torsi dinamik sebesar 0.336 Nm pada turbin tiga *blade* dan 0.384 Nm pada turbin yang menggunakan enam *blade*, sedangkan pada kecepatan aliran air sebesar 0,65 m/s menghasilkan torsi dinamik sebesar 0.432 Nm dan 0.48 Nm. Hal ini disebabkan karena jumlah *blade* sangat berpengaruh terhadap nilai torsi yang di dapat dan juga semakin tinggi kecepatan aliran air maka akan semakin tinggi torsi yang di dapat.

2 Perhitungan Torsi statik tiga *blade* dan enam *blade*

Pada pengujian torsi statik turbin *Darrieus* tiga *blade* dengan kecepatan aliran air pertama V= 0,3 m/s, diperoleh beban sentrifugal maksimal dari turbin yang berputar sebesar F = 2,4 N, dan nilai jari-jari *pulley* r = 0.12 m. Maka untuk mendapatkan torsi statik dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan:

Dimana:

F = 2,4 N *v = 0.3 m/s*

r = 0.12 m *N = 0 rpm*

$$T = F.r$$

T = (2,8 N). (0.12 m)

T = 0,288 Nm

Pada pengujian torsi statik turbin *Darrieus* tiga *blade* dengan kecepatan aliran air kedua V= 0,65 m/s, diperoleh beban sentrifugal maksimal dari turbin yang berputar sebesar F = 3 N, dan nilai jari-jari *pulley* r = 0.12 m. Maka untuk mendapatkan torsi statik dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan:

Dimana:

F = 3 N *v = 0.65 m/s*

r = 0.12 m *N = 0 rpm*

$$T = F.r$$

T = (2,8 N). (0.12 m)

T = 0.36 N.m

Pada pengujian torsi statik turbin *Darrieus* enam *blade* dengan kecepatan aliran air pertama V= 0,3 m/s, diperoleh beban sentrifugal maksimal dari turbin yang berputar sebesar F = 2,5 N, dan nilai jari-jari *pulley* r = 0.12 m. Maka untuk mendapatkan torsi statik dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan:

Dimana:

F = 2,8 N *v = 0.3 m/s*

r = 0.12 m *N = 0 rpm*

$$T = F.r$$

T = (2,8 N). (0.12 m)

T = 0.336 Nm

Sedangkan pada pengujian torsi statik turbin *Darrieus* enam *blade* dengan kecepatan aliran air kedua V= 0,65 m/s, diperoleh beban sentrifugal maksimal dari turbin yang berputar sebesar F = 3.2 N, dan nilai jari-jari *pulley* r = 0.12 m. Maka untuk mendapatkan torsi statik dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan:

Dimana:

F = 3.2 N *v = 0.65 m/s*

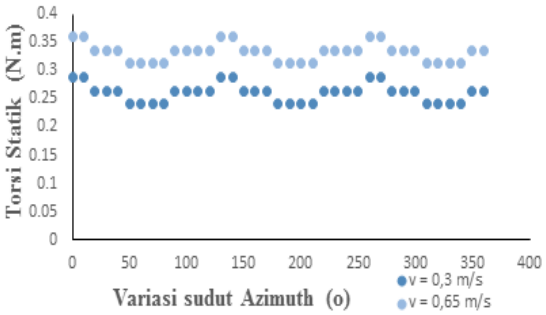
r = 0.12 m *N = 0 rpm*

$$T = F.r$$

T = (3,2 N). (0.12 m)

T = 0.384 Nm

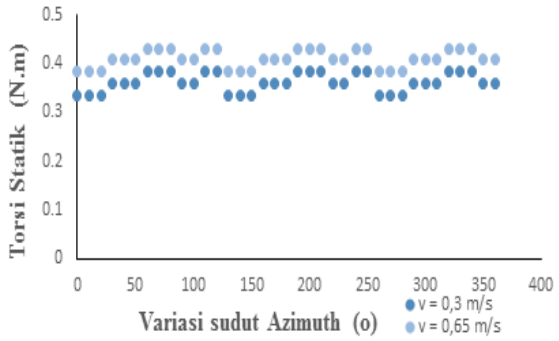
Perbandingan variasi sudut azimut terhadap torsi statik pada kecepatan aliran air 0.3 m/s dan 0.65 m/s dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Penambahan Sudut Azimuth Terhadap Torsi Statik Tiga *Blade*

Hasil pengujian torsi statik dengan kecepatan air 0,3 m/s dengan variasi 3 blade, menghasilkan torsi statik maksimal sebesar 0,288Nm dan untuk kecepatan aliran kedua 0,65m/s dengan variasi 3 blade menghasilkan torsi statik maksimal sebesar 0,336Nm. Dalam hasil pengujian yang terlihat dari grafik, torsi statik maksimal ini akan menurun menjadi 0,264 Nm pada kecepatan aliran air 0,2 m/s pada variasi 3 *blade* dan untuk kecepatan aliran kedua 0,65 m/s menghasilkan torsi statik sebesar 0,36 Nm ketika variasi sudut azimut sebesar 20^o - 40^o, kemudian pada variasi sudut azimut 50^o - 80^o torsi statik akan kembali meningkat menjadi 0,336 Nm pada kecepatan aliran air 0,3 m/s dan untuk kecepatan aliran kedua 0,65 m/s variasi 3 *blade* menghasilkan torsi statik sebesar 0,36 Nm dan pada saat variasi sudut azimut 110^o - 120^o torsi statik akan menurun sebesar 0,336 Nm

Hal ini terjadi dikarenakan pada sisi cekung sudu *blade* turbin pada variasi sudut azimut sebesar 20º - 60º menerima energi dari aliran air untuk memutar turbin lebih sedikit daripada sisi cembung *blade* yang lain menerima aliran air yang arah nya melawan putaran turbin, sisi cekung dari *blade* ini yang akan menerima energi dari aliran air untuk memutar rotor turbin sehingga energi yang diterima dari sisi cekung ini berkurang dan menyebabkan torsi statik yang dihasilkan juga berkurang dan dilihat pada gambar 4.



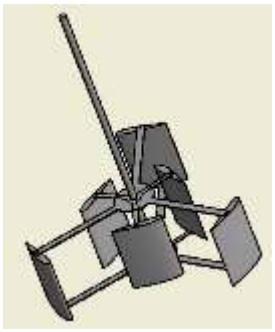
Gambar 4. Perbandingan Penambahan Sudut Azimuth Terhadap Torsi Statik Enam *Blade*

Dari Grafik perbandingan penambahan sudut azimut dengan torsi statik yang dihasilkan diatas dapat dianalisa, bahwa terdapat perbedaan torsi statik yang dihasilkan dari kedua kecepatan yang berbeda. Pengujian torsi statik dengan kecepatan air 0,3 m/s, menghasilkan torsi statik maksimal sebesar 0,336 Nm. Dalam hasil pengujian dan dapat kita lihat digrafik bahwa torsi statik maksimal ini akan menigkat menjadi 0.36 Nm pada saat sudut azimut 30º - 50º. kemudian pada variasi sudut azimuth 60º-80º torsi statik akan kembali meningkat menjadi 0,384Nm

Hal ini terjadi karena pada saat sudut azimut 30º - 80º posisi arah aliran air banyak yang melewati celah-celah dari bagian tengah turbin darrieus yang mengakibatkan kurangnya penyerapan energi air yang bisa diserap oleh *blades* turbin darrieus serta *blade* yang lain menerima aliran air yang arah nya melawan putaran turbin, sisi cembung dari *blade* ini yang akan menerima energi dari aliran air untuk memutar rotor turbin sehingga energi yang diterima dari sisi cekung ini berkurang dan menyebabkan torsi statik yang dihasilkan juga berkurang. Fenomena ini juga berlaku untuk variasi kecepatan 0.65 m/s.

4. Perbandingan Hasil Penelitian

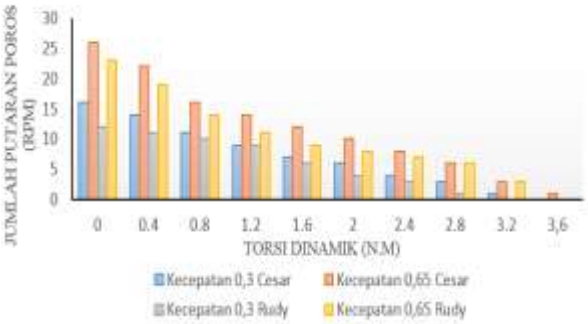
Penelitian ini dilakukan dengan melihat penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Rudi Kusuma. Perbandingan hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rancangan desain blade Turbin *Darrieus NACA 2415*

Grafik perbandingan hasil pengujian dan perhitungan pada penelitian masing-masing akan ditampilkan dibawah ini:

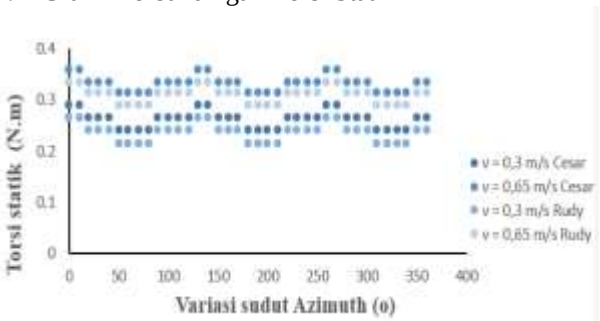
1. Grafik Perbandingan Torsi Dinamik



Gambar 6. Grafik Perbandingan Hasil Penelitian Pengujian Torsi Dinamik Penulis Vs Rudy pada kecepatan 0,3 m/s & 0,65 m/s variasi 6 Blade

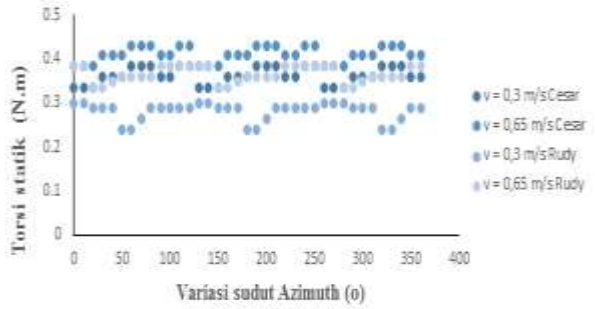
Pada hasil penelitian oleh Rudi Kusuma terhadap turbin hidrokinetik *Darrieus* Type H dengan variasi dan 6 blade dalam kecepatan aliran air sebesar 0,3 m/s dan 0,65 m/s dan menghasilkan torsi dinamik sebesar 0,384 Nm dan 0,432 Nm. Hasil penelitian eksperimen yang dilakukan penulis terhadap turbin hidrokinetik Darrieus Type H dengan variasi 6 blade dalam kecepatan aliran air sebesar 0,3 m/s dan 0,65 m/s menghasilkan torsi dinamik sebesar 0,384 Nm dan 0,48 Nm.Hasil pengujian torsi dinamik penulis pada penelitian yang dilakukan pada eksperimen memiliki nilai torsi dinamik yang lebih besar dengan pengujian tubin pada variasi kecepatan aliran air yang sama yaitu 0,3 m/s dan 0,65 m/s.

2. Grafik Perbandingan Torsi Statik



Gambar 7 Grafik Perbandingan Hasil Penelitian Pengujian Torsi statik Penulis Vs Rudy pada kecepatan 0,3 m/s & 0,65 m/s variasi 3 *blade*

Pengujian torsi statik oleh Rudi Kusuma dengan kecepatan aliran air 0,3 m/s variasi 3blade menghasilkan torsi statik sebesar 0,24 Nm, torsi statik akan menurun ketika variasi sudut azimut sebesar 50^o - 80^o menghasilkan torsi statik sebesar 0,21 Nm sedangkan dengan kecepatan aliran air 0,65 m/s variasi 3 blade menghasilkan torsi statik sebesar 0,336 Nm, torsi statik akan menurun ketika variasi sudut azimut sebesar 50^o - 80^o menghasilkan torsi statik sebesar 0,288 Nm. Kemudian torsi statik oleh penulis dengan kecepatan aliran air 0,3 m/s variasi 3blade menghasilkan torsi statik sebesar 0,288 Nm, torsi statik akan menurun ketika variasi sudut azimut sebesar 50^o - 80^o menghasilkan torsi statik sebesar 0,24 Nm sedagkan dengan kecepatan aliran 0,65 m/s menghasilkan torsi statik 0,36 Nm torsi statik akan menurun ketika variasi sudut azimut sebesar 50^o - 80^o menghasilkan torsi statik sebesar 0,336.Karakteristik aliran pada pengujian torsi statik mengungkapkan kinerja yang lebih baik ketika sudut azimut sebesar 90^o dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Grafik Perbandingan Hasil Penelitian Pengujian Torsi statik Penulis Vs Rudy pada kecepatan 0,3 m/s & 0,65 m/s variasi 6 *blade*

Pengujian torsi statik oleh Rudi Kusuma dengan kecepatan aliran air 0,3 m/s dengan variasi 6 *blade* menghasilkan torsi static 0,3 Nm torsi statik akan menurun ketika variasi sudut azimut sebesar 50^o - 80^o menghasilkan torsi statik sebesar 0,28 Nm sedangkan dengan variasi kecepatan aliran air 0,65 m/s menghasilkan torsi static 0,384 Nm torsi statik akan menurun ketika variasi sudut azimut sebesar 50^o - 80^o menghasilkan torsi statik sebesar 0,348 Nm . Kemudian torsi statik oleh penulis dengan kecepatan aliran air 0,3 m/s variasi 6 *blade* menghasilkan torsi statik sebesar 0,336 Nm, torsi statik akan menurun ketika variasi sudut azimut sebesar 50^o - 80^o menghasilkan torsi statik sebesar 0,31 Nm sedagkan dengan variasi kecepatan aliran air 0,65 m/s menghasilkan torsi statik 0,384 Nm torsi statik akan meningkat ketika variasi sudut azimut sebesar 50^o - 80^o menghasilkan torsi statik sebesar 0,432. Karakteristik aliran pada pengujian torsi statik mengungkapkan kinerja yang lebih baik ketika sudut azimut sebesar 90^o. Hasil pengujian torsi statik pada penelitian yang dilakukan Penulis pada eksperimen memiliki nilai torsi statik yang lebih besar dari penelitian yang dilakukan Rudi Kusuma dengan pengujian tubin pada variasi kecepatan aliran air yang sama namun berbeda NACA.

5. Kesimpulan

Hasil penelitian "Kaji Eksperimental Turbin Hidrokinetik *Darrieus Type H* menggunakan 6 *blade* NACA 0018" yang telah dilakukan pada kecepatan aliran air 0,34 m/s dan 0,65 m/s dengan menggunakan variasi 3 Blade dan 6 Blade dapat disimpulkan bahwa turbin hidrokinetik Darrieus pada variasi 6 *blade* memiliki torsi dinamik dan torsi statik lebih optimal yaitu 16 RPM dan 26 RPM pada kecepatan 0,34 m/s dan 0,65 m/s disbanding dengan variasi 3 blade yaitu 13 RPM dan 23 RPM pada pengujian yang penulis lakukan.

Dari penelitian yang dilakukan oleh penulis menghasilkan torsi statik dan torsi dinamik lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rudi Kusuma . Hal ini disebabkan karena NACA 0018 memiliki bentuk yang lebih simetris sehingga mengakibatkan putaran pada turbin lebih konstan dibandingkan NACA 2415.

Daftar Pustaka

Aris Febrianto & Agoes Santoso. 2016. "Analisa Perbandingan Torsi Dan RPM Tipe *Darrieus* Terhadap Efisiensi Turbin". Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Agung Sitompul (2019) dengan judul penelitian "Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Hidrokinetik Turbin *Savonius Type Bach* Tiga Sudu Dua Tingkat" Teknik Mesin,Universitas Riau,JOM Teknik Mesin vol 6. No 1.

(ESDM, 2012) https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Kepmen-esdm-143-Thn%202019%20RUKN%202019.pdf, diakses 10 Juni 2020.

Farel dan EkawiraK.Napitupulu 2014“Uji Performansi Turbin Angin Tipe *Darrieus*-H dengan Profil Sudu NACA 0012 dan Analisa Perbandingan Efisiensi Menggunakan Bilah Profil NACA 0018 Variasi Jumlah sudu dan Sudut *Pitch”* Teknik Mesin,Universitas Sumatra Utara.

Hantoro, Ridho.2011.”An *Experimental Investigation of Passive Variable Pitch Vertical-Axis Ocean Current Turbine”*, Institut Teknologi Bandung,.

Lain S., Osario C., 2010, “*Simulation and Evaluation of a Sraight Bladed Darrieus Type Cross flow Marine Turbine*”, Journal of Scientific & Research, Vol. 69 p.906-912.

Rudi Kusuma “ Kaji Eksperimental Turbin Air *Darrieus* Tipe H menggunakan *Blade Hydrofoil standar NACA 2415.*Universitas Riau.

Samtoso,Joko.2012.Indonesia Energy Oulook PUSLITBANG ESDM. Jakarta.

Yunika Cahyo (2016) dengan judul “Uji KinerjaTurbin Angin Sumbu Vertikal Tipe *Darrieus*-H NACA 0018 Modifikasi Dengan Variasi Sudut *Pitch 35,40,45,50,55,60*”Universitas Muhammadiyah Surakarta.

.