

Analisis Sudut Jumping Water Otomatis Pada Kincir Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro

Syafriyudin, Mujiman, Ari Dwi Atmoko
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak No. 28, Balapan, Yogyakarta, Indonesia
dien@akprind.ac.id

Abstrak

Disebabkan Masalah kerusakan lingkungan dan ketersediaan energy fosil yang semakin kritis, Pembangkit listrik tenaga air bersekala kecil banyak menarik perhatian sebagai salah satu alternatif energi. Penggunaan kincir air cukup banyak diminati untuk aplikasi pada saluran air terbuka. Untuk meningkatkan kinerja kincir air telah dilakukan berbagai penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rancangan papan pelesat model geser terhadap kinerja dan daya kincir air untuk pendekatan penerapan sistem jumping water otomatis. Penelitian ini melakukan perubahan sudut papan pelesat 5 tahap yaitu 10° , 20° , 30° , 40° , dan 50° dengan debit air input pada saluran sama. Hasil yang diperoleh dalam penelitian adalah daya kincir air paling tinggi dicapai pada sudut papan pelesat 30° . Kecepatan putar poros kincir air pada saat papan pelesat pada sudut 30° adalah 20 rpm, torsi pada poros 0,031 Nm, daya kincir air 0,068 W, dan daya generator DC saat berbeban 0,043 W. Dari hasil analisis yang dilakukan ditemukan bahwa karakteristik desain papan pelesat model geser berbeda dengan desain papan pelesat yang sebelumnya dengan model slot.

Kata Kunci: Kincir air, jumping water, sudut, daya.

1. Pendahuluan

Dalam skala global berdasarkan data dari *International Energy Agency* (IEA) pola konsumsi energi dunia mengalami perubahan. Penggunaan energi primer konservatif seperti bahan bakar minyak, gas dan batubara tetap meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan aktifitas ekonomi namun ke depan diperkirakan pertumbuhan konsumsi energi fosil tersebut akan melambat. Disisi lain kenaikan luar biasa dari pemakaian energi terbarukan yang akan meningkat dua kali lipat dalam kurun waktu 10-15 tahun yang akan datang [4]. Perkiraan ini sangat mungkin terjadi dengan semakin sadarnya manusia untuk penggunaan *Green energy*. Perkembangan teknologi saat ini juga turut mendukung pertumbuhan penggunaan berbagai potensi energi terbarukan.

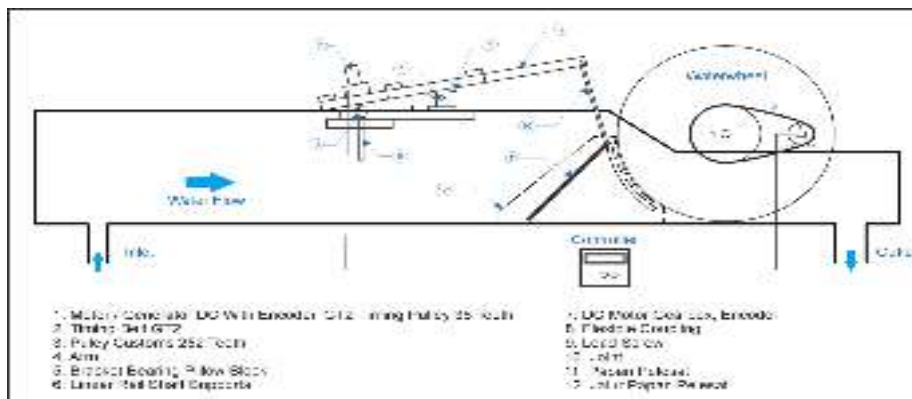
Indonesia menargetkan peningkatan penggunaan energi terbarukan sebagaimana tertulis pada Peraturan Pemerintah nomor 79 tahun 2014. Pemerintah menargetkan porsi energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 guna menuju ketahanan energi di masa depan. Mengksplorasi berbagai potensi energi terbarukan pada setiap wilayah di Indonesia merupakan cara yang tepat untuk mencapai target tersebut. Indonesia memiliki potensi tenaga air yang cukup besar. Potensi tenaga air yang dapat dikembangkan menjadi Pembangkit Listrik Mikro/Mini Hidro sebesar 19.385 MW yang tersebar di seluruh Indonesia [3]. Meningkatkan sudut jumping water dapat meningkatkan kecepatan rotasi kincir air dan meningkatkan output daya secara teoritis. Peningkatan sudut jumping water juga meningkatkan jarak dan sudut air jatuh. Untuk pekerjaan di masa depan, investigasi variasi jarak antara water jumping dan waterwheel harus dilakukan. [7]. Kincir air breathshot adalah mesin hidrolik gravitasi yang digunakan untuk ketinggian yang rendah. Pengujian kinerja kincir breathshot dengan dua konfigurasi aliran geometrik: Pintu air pada bukaan yang berbeda dengan dua sayap sisi vertikal di atas aliran efisiensi maksimum adalah 75%. Karena itu, kincir air dengan bendungan bisa memanfaatkan volume air yang lebih tinggi, dan juga kinerjanya lebih baik pada input daya tinggi. Dalam aplikasi praktis, konfigurasi arus dapat dikendalikan secara efektif untuk mengoptimalkan kondisi kerja operasi roda air dada, tergantung pada hidrolik eksternal [5] Kincir air merupakan alat yang berfungsi untuk mengkonversi energi pada air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir, pengaruh besar sudut kelengkungan sudu terhadap unjuk kerja kincir air pada

sistem aliran Undershot, besar variasi sudut yang digunakan adalah 10° , 15° , serta 20° pada debit 20; 22; 24; 26; 28; dan $30 \text{ m}^3/\text{jam}$. Dari hasil pengujian akan didapatkan daya air (WHP), daya poros (BHP), Rasio U/Vs, dan efisiensi. Pada pengujian ini dapat diketahui bahwa unjuk kerja kincir air dapat dipengaruhi oleh besar sudut kelengkungan suatu sudu, dan dari data hasil pengujian didapatkan bahwa efisiensi tertinggi pada besar sudut kelengkungan 20° pada debit air $30 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan efisiensi sebesar 62,34%. [6], Kinerja waterwheel breastshot dipengaruhi oleh jumlah ember karena cuplikan waterwheel menggunakan energi bobot dan energi kinetik. Untuk memaksimalkan penyerapan energi, desain bucket bucket dengan nilai minimum β adalah 112,50. Hal ini karena bila sudut β terlalu tinggi maka akan menghalangi akses air masuk ke dalam ember sehingga menyebabkan energi kinetik tidak dimanfaatkan secara maksimal [8], Kincir air dapat menjadi konverter daya air yang efisien pada ketinggian dan kecepatan rendah, studi tentang kincir breastshot di saluran eksperimental laboratorium menunjukkan bahwa kincir air breastshot dapat mencapai efisiensi maksimum sekitar 75%, dengan kecepatan putaran sekitar 60% dari kecepatan.[2]. Pada penelitian sebelumnya telah diterapkan *jumping water* untuk mengatasi masalah tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan putaran dan output daya meningkat dengan bertambahnya sudut jumping water. *Jumping water* saat ini masih manual untuk pengaturan gerakanya.

2. Metodologi

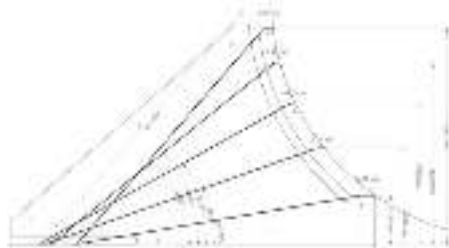
A. Skema Penelitian

Penelitian ini mengembangkan prototipe kincir air yang dibuat sebelum nya. Prototipe yang sudah ada dirubah beberapa bagian antara lain penggantian jumping water model slot ke model jumping water geser, penambahan bagian mekanik penggerak dan kontrol jumping water.



Gambar 1. Skema Penelitian

Pengukuran kecepatan air, output generator, kecepatan putaran poros kincir dan generator, dibutuhkan untuk melengkapi data yang akan di analisis. Pengukuran kecepatan aliran air menggunakan metode manual dengan cara menghanyutkan pelampung ke aliran air dalam saluran dengan jarak tertentu kemudian dibagi dengan waktu benda menempuh jarak yang dihitung dengan stopwatch. Debit air (Q) diperoleh melalui perkalian luas penampang basah (A) dengan kecepatan aliran air (v). Pengujian dilakukan beberapa kali dengan sudut jumping water antara 10° , 20° , 30° , 40° , dan 50° .



Gambar 2. Desain jumping water otomatis

Debit air adalah jumlah volume air yang mengalir persatuan waktu, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut [1]

$$Q = Av \quad (1)$$

Torsi pada poros roda air, dinyatakan dengan persamaan,

$$T = Fr \quad (2)$$

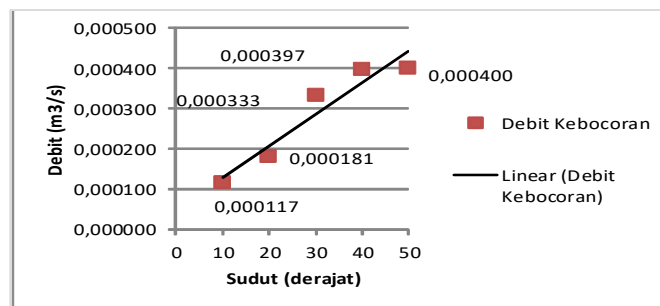
Daya roda air dapat dicari dengan persamaan,

$$P_{Ra} = T\omega \quad (3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

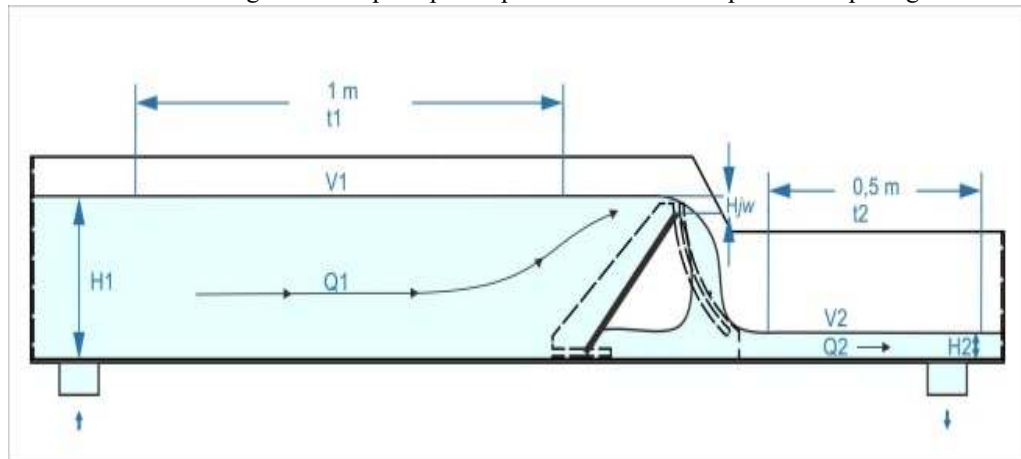
Uji Kebocoran

Hasil rancangan papan pelesat masih mengalami rembesan air pada bagian bawah dan samping. Rembesan air terjadi karena jumping water tidak rapat sempurna dengan dinding kanal. Debit kebocoran ini dapat dicari dengan mengamati tinggi air dan waktu tempuh pelampung di sisi hilir (H2) sebelum air melewati puncak papan pelesaat. Dari pengamatan dan perhitungan didapatl debit kebocoran yang terjadi pada jumping water



Gambar 3. Grafik Debit Kebocoran Pada jumping water

Debit kebocoran terbesar terjadi antara sudut 40⁰ sebesar 0,000397 m3/s dan pada sudut 50⁰ sebesar 0,000400 m3/s. Detail keterangan ukuran pada prototipe saluran terbuka dapat dilihat pada gambar 3.

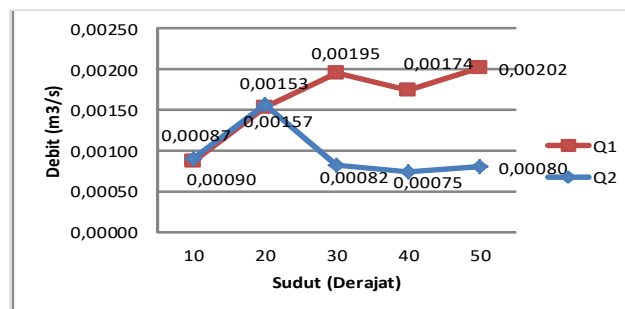


Gambar 4 Prototipe Saluran Terbuka

Dari data pengamatan di atas dapat dilakukan perhitungan kecepatan dan debit air. Data hasil perhitungan tersebut sebagai berikut,

Tabel 1. Debit Pada Prototipe Saluran Terbuka

Sudut	V1 (m/s)	V2 (m/s)	A1 (m ²)	A2 (m ²)	Q1 (m ³ /s)	Q2 (m ³ /s)
10	0.088	0.202	0.00992	0.00448	0.00087	0.00090
20	0.069	0.350	0.02208	0.00448	0.00153	0.00157
30	0.064	0.198	0.0304	0.00416	0.00195	0.00082
40	0.048	0.179	0.03648	0.00416	0.00174	0.00075
50	0.050	0.200	0.04048	0.004	0.00202	0.00080



Gambar 5. Grafik Debit Q1 dan Q2

Debit air pada sisi hulu mengalami peningkatan setiap penambahan ketinggian jumping water. Seperti terlihat pada gambar 4. grafik debit Q1 dan Q2, debit bagian hulu (Q1) dan hilir (Q2) saat papan pelesat pada sudut 10° dan 20° hampir sama. Perubahan terjadi pada sudut 30° hingga 50°, saat sudut 30° debit pada sisi hulu mengalami kenaikan sedangkan pada sisi hilir semakin turun. Hal tersebut terjadi pada perubahan sudut papan pelesat hingga 50°.

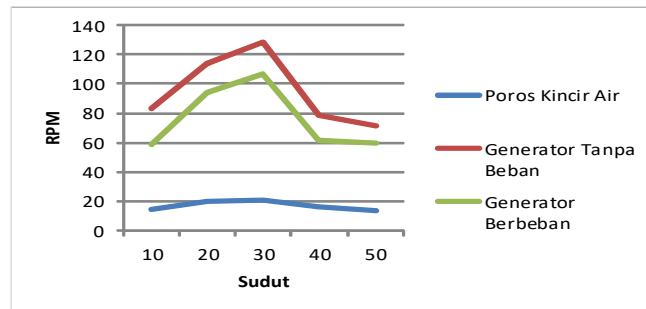
Perbedaan debit pada sisi hulu dan hilir terjadi diperkirakan karena pengaruh jatuhnya air setelah melewati papan pelesat. Pada posisi jumping water rendah laju air cepat di bagian hulu maupun hilir prototipe saluran terbuka. Sedangkan pada posisi jumping water di atas 30°, air yang jatuh melewati jumping water sebagian membentuk pusaran air di bawah jumping water. Pusaran air tersebut mengakibatkan laju air pada bagian hilir sedikit turun jika di bandingkan dengan kondisi saat sudut jumping water di bawah 30°.

Kecepatan Kincir Air dan Tegangan Generator

Penelitian dilakukan untuk mengetahui kecepatan putar poros kincir air dan tegangan yang dihasilkan generator DC setelah dilakukan perubahan konstruksi jumping water. Proses untuk mengetahui daya kincir air dilakukan dengan mengamati kecepatan putar pada poros kincir air maupun kecepatan putaran pada generator.

Tabel 2. Kecepatan Tanpa Beban dan Berbeban

Sudut	Kecepatan (RPM)			
	Tanpa Beban			Berbeban
	Kincir	Generator	Pembacaan alat kontrol	Generator
10	14,5	83,3	83	58,8
20	20	113,9	114	94,4
30	20,8	128,2	128	106,5
40	15,9	78,5	79	61,2
50	13,8	71,1	70	59,6



Gambar 6. Grafik Kecepatan Kincir dan Generator

Pada gambar 5. di atas kecepatan putaran tertinggi kincir air dan generator adalah pada saat posisi jumping water pada sudut 30° . Kecepatan mengalami penurunan saat sudut jumping water pada posisi 40° dan 50° . Karena penghubung antara poros kincir air dengan generator menggunakan perbandingan pulley maka putaran generator menjadi lebih tinggi.

Tabel 3. Kecepatan dan Tegangan Generator

Sudut	Kecepatan Generator (RPM)		Tegangan Generator (Volt)	
	Tanpa Beban	Berbeban	Tanpa Beban	Berbeban
10	83.3	58.8	2.2	0.315
20	113.9	94.4	1.1	0.6
30	128.2	106.5	1.3	0.7
40	78.5	61.2	2	0.333
50	71.1	59.6	0.6	0.272

Daya Kincir Air

Daya kincir air dapat di cari dengan rumus (10). Data pendukung yang harus diperoleh dari pengamatan antara lain adalah putaran poros kincir air, waktu tempuh pelampung untuk mencari kecepatan aliran air dan luas penampang terbasahi untuk mencari debit air.

Tabel 4. Perhitungan Daya Kincir Air

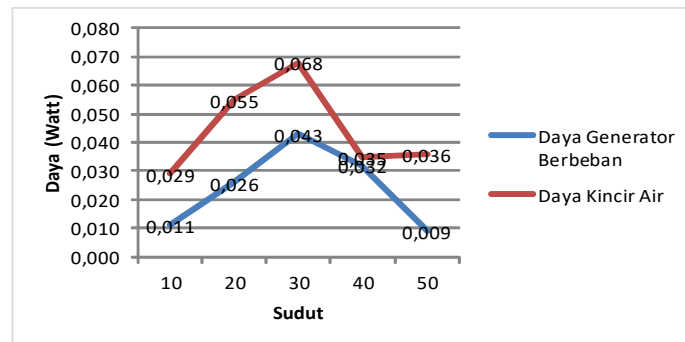
Sudut	Tanpa beban			U (m/s)	ω (rad/s)	m (kg/s)	F (N)	T (Nm)	P (Watt)
	np (RPM)	V1 (m/s)	Q1 (m ³ /s)						
10	14,5	0,088	0,00087	0,379	1,518	0,87	0,077	0,019	0,029
20	20	0,069	0,00153	0,523	2,093	1,53	0,106	0,026	0,055
30	20,8	0,064	0,00195	0,544	2,177	1,95	0,125	0,031	0,068
40	15,9	0,048	0,00174	0,416	1,664	1,74	0,084	0,021	0,035
50	13,8	0,05	0,00202	0,361	1,444	2,02	0,101	0,025	0,036

Debit air pada prototipe saluran terbuka mempengaruhi besarnya daya kincir air. Debit dan daya kincir terus naik saat sudut 10° hingga 30° . Tetapi saat sudut 40° debit mulai turun dan daya kincir pun ikut turun. Saat sudut 50° meskipun debit naik tetapi daya kincir tidak banyak berubah dibandingkan daya pada sudut 40° .

Pengamatan output generator dilakukan dengan memasang lampu 12 volt daya 10 watt dengan jumlah 1 buah sebagai beban. Pada saat percobaan lampu yang digunakan sebagai beban tidak terlihat menyala. didapat data Output generator pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5. Daya Gnerator dan Daya Kincir Air

Sudut (Derajat)	Daya Generator Saat Berbeban (Watt)	Perhitungan Daya Kincir Tanpa Beban (Watt)
10	0,011	0,029
20	0,026	0,055
30	0,043	0,068
40	0,032	0,035
50	0,009	0,036



Gambar 2. Grafik Daya Prototipe Kincir Air

Grafik daya prototipe kincir air di atas memperlihatkan selisih antara daya generator berbeban hasil pengamatan dan daya kincir air hasil perhitungan tidak banyak selisihnya. Daya tertinggi dicapai pada saat papan pelesat berada pada posisi sudut 30° . Daya generator berbeban saat posisi sudut 30° adalah 0,043 watt sedangkan daya kincir air hasil perhitungan saat posisi sudut 30° adalah 0,068 watt.

Uji Gerakan Otomatis jumping water.

Karena pada alat ini daya maksimum di dapat pada sudut papan pelesat 30° maka program kontroler di atur untuk memperoleh daya terbesar pada sudut 30° . Tabel 9. di bawah ini adalah hasil pengamatan yang telah dilakukan.

Tabel 6. Pengujian Mode Otomatis

Beban lampu	Kecepatan generator (RPM)	Posisi jumping water
Tidak terpasang	79	Sudut 10°
Terpasang awal	45	Menuju sudut 30°
terpasang	76	Sudut 30°
Beban dilepas	108	Menuju sudut 10°

Pada mode otomatis jumping water di rancang dapat bergerak dengan acuan putaran generator. Kondisi awal pengamatan papan pelesat berada pada sudut 10° . Generator tanpa beban berputar dengan kecepatan 79 Rpm. simulasi gerak otomatis jumping water dipasang beban berupa lampu DC 12 Volt, 10 Watt. Saat beban terpasang putaran generator menjadi berat dan kincir pun ikut melambat. Pemasangan beban membuat putaran generator turun hingga 45 Rpm sehingga kontroler menginstruksikan motor dc menggerakkan jumping water naik ke posisi sudut 30° . Selama jumping water bergerak naik aliran terjunan air terganggu karena pengisian saluran pada sisi hulu kincir tidak lebih cepat dari gerakan naik jumping water. Setelah jumping water berada di sudut 30° dan aliran air yang melewatinya stabil, kecepatan generator saat berbeban menjadi 76 Rpm. Jika beban di lepas maka kecepatan generator menjadi naik hingga 108 Rpm. Karena kecepatan melebihi 100 rpm maka kontroler memerintahkan motor dc untuk bergerak menurunkan jumping water menuju 10° kembali.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pengaruh desain jumping water otomatis sebagaimana di atas, maka disimpulkan bahwa:

1. Debit kebocoran terbesar terjadi antara sudut 40^0 sebesar $0,000397 \text{ m}^3/\text{s}$ dan pada sudut 50^0 sebesar $0,000400 \text{ m}^3/\text{s}$. Semakin tinggi sudut papan pelesat maka semakin besar juga kebocoran yang terjadi. Kebocoran ini tentu saja akan mengurangi debit hasil terjunan *jumping water* sehingga debit air yang mengenai kincir tidak maksimum.
2. Karakteristik model papan pelesat ini berbeda dengan model slot karena perubahan jarak ujung papan pelesat dengan kincir air. Pada sudut 10^0 jarak papan pelesat dan kincir adalah $1,460 \text{ cm}$, pada sudut 20^0 adalah $0,605 \text{ cm}$, sudut 30^0 adalah $0,447 \text{ cm}$, sudut 40^0 adalah $0,591 \text{ cm}$, dan sudut 50^0 adalah $0,917 \text{ cm}$. Daya maksimal dihasilkan pada kondisi papan pelesat di sudut 30^0 karena mempunyai jarak papan pelesat dengan kincir yang paling dekat yaitu $0,447 \text{ cm}$. Semakin dekat jarak papan pelesat dengan kincir maka air akan lebih banyak masuk ke sudu kincir sehingga daya kincir semakin kuat.
3. Daya tertinggi dicapai pada saat papan pelesat berada pada posisi sudut 30^0 . Daya generator berbeban saat posisi sudut 30^0 adalah $0,043 \text{ watt}$ sedangkan daya kincir air hasil perhitungan saat posisi sudut 30^0 adalah $0,068 \text{ watt}$.
4. Dari hasil analisis yang dilakukan ditemukan bahwa karakteristik desain papan pelesat model geser berbeda dengan desain papan pelesat yang sebelumnya dengan model *slot*.

Daftar Pustaka

- [1] Bernadictus Sihaloho, 2017. *Unjuk Kerja Kincir Air Breastshot Dengan Sudu 120 Derajat*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- [2] Cristina Vidali, et al, 2016, *Experimental and dimensional analysis of a breastshot water wheel ; Journal of Hydraulic Research* Volume 54 - Issue 4 Pages 473-479
- [3] Ditjen EBTKE, 2016. *Statistik Energi Baru terbarukan dan Konversi Energi* , Jakarta
- [4] Fontana,A, & Zainal A, 2016, *19 tahun inovasi ketenagalistrikan Indonesia, PLN Berinovasi untuk Indonesia*, 1st edition, PLN Research Institute, Jakarta
- [5] Quaranta E, Ravelli R. 2016. *Optimization of Breast shot water wheels performance using different inflow configuration*, journal renewable energy Elsevier, renewable energy 97(2016) 243-251
- [6] Rizkyawan, Deby, Rudy Soenoko dan Purnami.2016.“Pengaruh Sudut Kelengkungan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air pada Aliran Undershoot”. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Brawijaya*
- [7] Syafriyudin, B.Fajar, S.H. Winoto, M. Facta, 2018, Early Analysys of Jumping water effect on breastshot waterwheel for microhydro power plant. *Journal of Physics* vol 953 (2017) 012039
- [8] Warjito,Dendy Adanta,Budiarsa, and Aji P Prakoso; 2017,; *The effect of bucketnumber on breastshot waterwheel performance*; 2nd International Tropical Renewable energy conferences (TREC)