

# PENGUNAAN JUMPING WATER PADA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHYDRO SEBAGAI PEMBELAJARAN SIMULASI PADA LAB TEKNIK ELEKTRO INSTITUT SAINS & TEKNOLOGI AKPRIND

Lanang Sumarjana<sup>1</sup>, Syafriyudin, ST., M.T.<sup>2</sup>, Ir. Wiwik Handajadi M.Eng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa teknik Elektro IST. AKPRIND, <sup>2,3</sup>Dosen Teknik Elektro IST. AKPRIND

Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Ketenagaan Fakultas Teknologi Industri.

Jl. Kalisahak No. 28, Komp. Balapan Tromol pos 45, Yogyakarta 55222

**Email: [lanangsumarjana@gmail.com](mailto:lanangsumarjana@gmail.com)**

## ABSTRACT

*Tidak sedikit inovasi yang dilakukan pada sistem renewable energy salah satunya air sebagai sumber energinya yang dihasilkan oleh putaran kincir. Dikenal ada tiga jenis kincir air berdasarkan sistem aliran airnya, yaitu :overshot, breast-shot, dan under-shot. Pada kincir overshot, air melalui atas kincir dan kincir berada di bawah aliran air. Air memutar kincir dan air jatuh ke permukaan lebih rendah. Kincir bergerak searah jarum jam. Pada kincir breast-shot, kincir diletakkan sejajar dengan aliran air sehingga air mengalir melalui tengah-tengah kincir. Air memutar kincir berlawanan dengan arah jarum jam. Pada kincir under-shot, posisi kincir air diletakkan agak ke atas dan sedikit menyentuh air. Aliran air yang menyentuh kincir menggoyahkan kincir sehingga berlawanan arah dengan jarum jam. Dan pada proyek akhir ini penulis membuat sistem baru yang bernama Jumping Water, sistem ini bekerja hampir sama dengan breastshot hanya saja kincir tidak dalam kondisi lebih rendah dari permukaan air, posisi dasar kincir air sejajar dengan dasar saluran air, yang membedakannya yaitu posisi jumping water yang dapat diubah ketinggiannya sesuai aliran airnya yang nantinya akan mempengaruhi kecepatan putaran kincir.*

**Kata kunci : jumping water, renewable energy, kincir**

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia masih belum mencukupi, sebagai contoh adalah pemadaman listrik secara bergilir yang masih saja kita rasakan di berbagai wilayah di Indonesia bahkan pada wilayah terencil jaringan energi listrik belum terjangkau. Hal ini menunjukkan bahwasannya pasokan energi listrik yang disediakan pemerintah melalui perusahaan PLN masih belum mencukupi kebutuhan masyarakat. Padahal listrik, kini menjadi kebutuhan pokok bagi manusia, sebagaimana kita ketahui bersama aktivitas kehidupan kita saat ini sangat bergantung dengan teknologi yang sumber tenaganya berasal dari energi listrik[10].

Menurut Inra Sumahamijaya, salah satu program pemerintah dalam pemanfaatan energi terbarukan ini adalah Program Kawasan/Desa Mandiri Energi, khususnya di daerah-daerah terpencil yang belum dialiri listrik. Yang dimaksud dengan Desa Mandiri Energi adalah Desa yang dapat menyediakan energi dari desa itu sendiri dan juga dapat membuka lapangan kerja dan mengurangi kemiskinan serta memberikan kegiatan-kegiatan yang sifatnya[13].

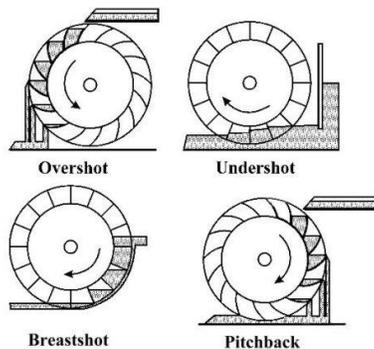
Pembangkit listrik Microhydro ini adalah salah satu pembangkit listrik yang cukup sederhana

dibandingkan dengan lainya yang dimana menggunakan energy air untuk mengubahnya menjadi kinetik yang dihasilkan dari putaran kincir air. Ada beberapa bagian pada Pembangkit microhydro ini, salah satunya terdapat pada jumping water dan Pentingnya Penggunaan jumping water pada sistem pembangkit ini sangat berpengaruh pada daya listrik yang keluar dari alat pembangkit tersebut. Adapun satu masalah yang muncul pada penggunaan microhydro ini adalah energi yang dihasilkan berubah ubah tergantung pada musim dan lingkungan. Hal ini akan sangat dirasakan pada daerah dimana musim kemarau yang ekstrim mengakibatkan sumber air yang seharusnya digunakan untuk energy penggerak kincir tak dapat berfungsi. Oleh karena itu dibutuhkan suatu system untuk mengatur arus air dan debit air agar rotasi putaran kincir yang dihasilkan dapat maksimal. Dari masalah diatas, penulis berupaya untuk membuat Prototype PLTMh sesuai dengan aslinya dengan tambahan system jumping water dimana jumping water akan di beri system auto maupun manual untuk menaikkan atau menurunkan ketinggian sudut jumping water untuk mengatur intensitas debit air.

## PEMBAHASAN

### Kincir Air

Kincir air merupakan jenis turbin yang paling banyak ditiru dalam pembuatannya karena konstruksinya yang mudah dan memiliki efisiensi yang baik. Kincir air ini bekerja dengan cara memanfaatkan tinggi air jatuh  $H$  (*Head*) dan kapasitas air ( $Q$ ). Faktor yang harus diperhatikan pada kincir air selain energi tempat (*Head*) adalah pengaruh berat air yang mengalir masuk ke sudu-sudunya. Air yang mengalir ke dalam dan ke luar dari kincir air tidak memiliki tekanan lebih hanya tekanan atmosfer saja. Kecepatan air yang mengalir ke dalam sudu-sudu kincir air tidak boleh terlalu besar karena hal ini akan membuat air melimpah ke luar sudu dan energi yang ada akan hilang percuma karena aliran air yang berolak. Tinggi air jatuh yang bisa digunakan kincir air antara 0,1 m sampai 1 m (roda kincir yang besar), dan kapasitas air 0,05 m<sup>3</sup>/detik.[14].



Gambar. 1 Tipe Kincir sesuai dengan karakter aliran air

### Overshot

Kincir air overshot bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air overshot adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.[9].

#### Keuntungan

- Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
- Tidak membutuhkan aliran yang deras
- Konstruksi yang sederhana.
- Mudah dalam perawatan.

#### Kerugian

- Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak.
- Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- Daya yang dihasilkan relatif kecil.

### Undershot

Kincir air *undershot* bekerja jika air yang mengalir menghantam dinding pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *undershot* hanya mengandalkan kapasitas air ( $Q$ ) tanpa mempunyai tambahan keuntungan dari head atau beda ketinggian air. Jenis kincir air ini cocok untuk dipasang pada perairan dangkal yang rata. Jenis kincir air ini juga disebut dengan “*Vitruvian*”. Dimana aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.

#### Keuntungan

- Konstruksi lebih sederhana
- Lebih ekonomis
- Mudah untuk dipindahkan

#### Kerugian

- Efisiensi kecil
- Daya yang dihasilkan relatif kecil

### Breastshot

Kincir air Breastshot merupakan perpaduan antara tipe overshot dan undershot dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe under shot [9].

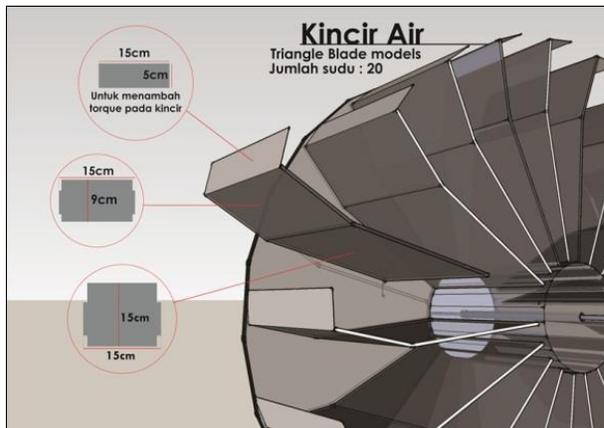
#### Keuntungan

- Tipe ini lebih efisien dari tipe under shot
- Dibandingkan tipe overshot tinggi jatuhnya lebih pendek
- Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar.

#### Kerugian

- Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebih rumit)
- Diperlukan dam pada arus aliran datar
- Efisiensi lebih kecil dari pada tipe overshot

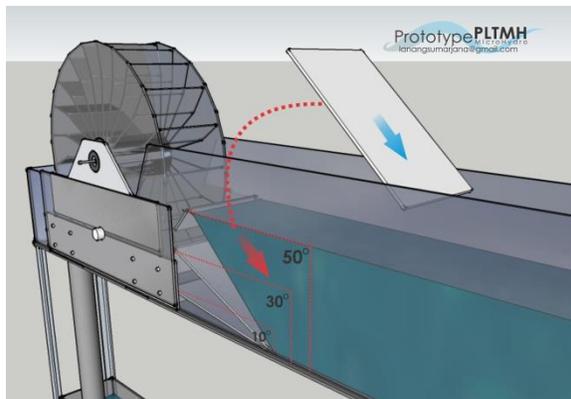
Pada prototype microhydro ini penulis merancang kincir air dengan model tipe triangle blade agar dapat memudahkan kincir dalam menerima arus air dari jumping water. Seperti pada gambar(2), ada 3 potongan yang di buat untuk dapat membentuk lengkungan agar air tidak langsung terbuang namun dapat ditampung sementara pada potongan paling luar dari sudu kincir tersebut yang berfungsi agar dapat menambah nilai torsi yang dihasilkan.



Gambar. 2 sistem perancangan kincir

### Jumping Water

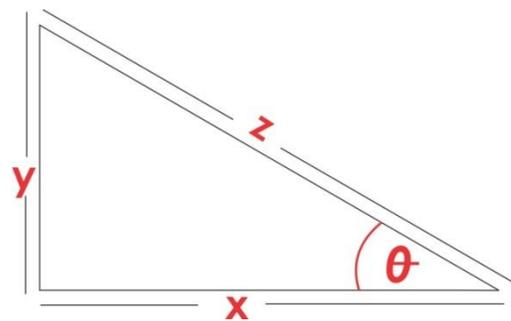
Pada prototype microhydro ini jumping water sangat berpengaruh pada putaran kincir, untuk mengetahui perubahan percepatan putaran kincir maka penulis memperhitungkan sudut ketinggian jumping water tersebut, dengan cara menyelipkan lempengan akrilik pada laci yang sudah terpasang pada saluran air. Pengujian ini dilakukan 3 kali dengan sudut yang berbeda seperti yang diilustrasikan pada gambar(3).



Gambar.3 Jumping water

Perencanaan system pada pembuatan prototype micro hidro dengan jumping water ini terantung pada konsep pembuatannya, salah satunya pengukuran sudut yang dihasilkan jumping water yang nantinya akan digunakan untuk mengatur debit air yang dihasilkan adapun perancangan pembuatan jumping water seperti gambar dibawah ini;

Langkah pertama yaitu mengetahui perhitungan sudut yang nantinya akan menghasilkan tinggi dari Jumping water



Gambar 4 segitiga siku-siku

Pada gambar(4) dapat dipastikan Y pada ketinggian, Z pada kemiringan, dan X pada P<sup>1</sup> atau panjang dari hasil perhitungan sudut. Adapun rumus untuk mencari tinggi jumping water dan X pada P<sup>1</sup> atau panjang dari hasil perhitungan sudut;

Untuk mencari panjang

$$X = Z \cos \theta$$

$$X(P^1) = 30 \cos 10^\circ$$

$$= 29,5 \text{ cm}$$

Untuk mencari tinggi

$$y = Z \sin \theta$$

$$y = 30 \sin 10^\circ$$

$$= 5,2 \text{ cm}$$

Dari hasil penghitungan sudut diatas dapat dihasilkan seperti yang terdata pada tabel dibawah ini, penulis melakukan uji coba dengan menggunakan 5 kali percobaan, mulai dari 10° sampai 50° .

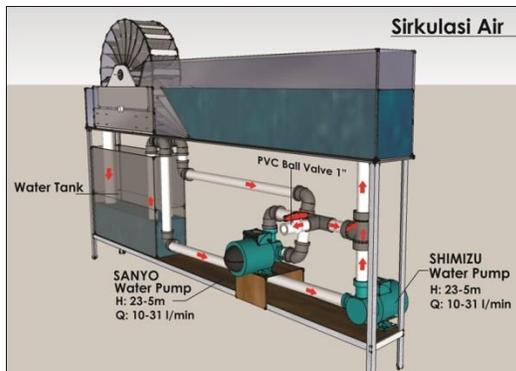
**Tabel** hasil perhitungan untuk membuat jumping water

No	Sudut	X (P <sup>1</sup> )	Y
1	10 <sup>0</sup>	29,5	5,2 cm
2	20 <sup>0</sup>	28,2	10,3 cm
3	30 <sup>0</sup>	26	15 cm
4	40 <sup>0</sup>	23	19,3 cm
5	50 <sup>0</sup>	19,3	23 cm

Dapat dilihat hasil perhitungan yang dihasilkan dengan 5 percobaan sudut dari 10° sampai 50°, untuk X(P<sup>1</sup>) untuk mengetahui kedudukan antara kincir dengan Jumping water, dan untuk ( y ) untuk mengetahui besar sudut Jumping water.

### Perancangan sistem sirkulasi air

Pada system sirkulasi air pada prototype micro hydro ini terdapat saluran keluar dan masuk air, untuk saluran keluarnya air atau buangan air setelah melewati kincir lebih besar daripada air yang masuk setelah melewati pompa air, disini penulis mengadopsi system mata air agar nampak seperti air mengalir secara alami, maka dari itu penulis memperhitungkan ukuran pipa dengan kekuatan daya sembur kincir agar keluaran air tidak terlalu besar seperti yang digambarkan pada gambar(5)



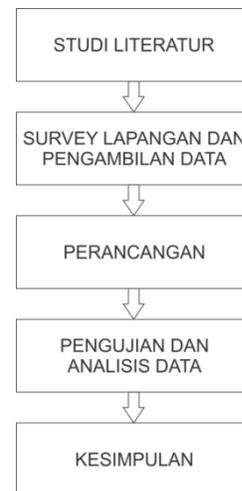
Gambar. 5 sirkulasi air

Pada sirkulasi prototype microhydro ini menggunakan double pompa yang berfungsi untuk menguatkan atau meningkatkan kapasitas daya sedot dan sembur yang dihasilkan. Untuk ukuran pada water tank lebih tepatnya akuarium ini dapat menampung volume air sampai 90 liter namun untuk uji coba ini hanya mengisi akuarium sebanyak kurang lebih 55 liter saja. Pada sirkulasi ini juga dipasang pvc ball valve atau keran pipa

yang dapat membuka air lebih besar sesuai dengan ukuran pipa yang digunakan.

### METODE PERANCANGAN

Kerangka umum metode dari kegiatan perancangan prototype microhydro ini dapat dilihat pada gambar



Gambar. 6 Kerangka umum metode perancangan

Survei dilakukan untuk menentukan gambaran pembangkit listrik tenaga kincir air yang telah terpasang atau terrealisasikan di lapangan, yang nantinya dituangkan dan menambahkan inovasi berupa pengaturan debit dengan jumping water pada prototype pembangkit listrik tenaga microhydro ini. Debit air diukur dengan metode kecepatan area dan tinggi jatuh air melalui jumping water pengukuran ini diukur dengan water-filled tube dengan beberapa pengukuran pada ketinggian jumping water.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran pada perancangan jumping water pada prototype microhydro ini juga akan dilakukan beberapa pengukuran, antara lain;

#### Pengukuran Debit Air

Untuk mencari debit air maka didahulukan dulu mencari rumus luas penampang dengan mengukur

tinggi air, lebar saluran dan panjang jarak tempuh seperti yang dituliskan pada rumus dibawah ini:

$$A = P \times L \times T$$

$$A = 0,9 \times 0,26 \times 0,16$$

$$A = 0,037 \text{ m}^2$$

Lalu setelah luas penampang diketahui selanjutnya mengukur kecepatan aliran air, dengan rata-rata yang sudah didapat dari pengambilan data dalam tabel diatas.

$$V = 9,279 \text{ m/det}$$

Maka didapatkan perhitungan untuk menghitung debit air pada prototype PLTMh ini seperti dibawah ini:

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,037 \times 9,279$$

$$Q = 0,343 \text{ m}^3/\text{det}$$

#### Pengukuran daya pada prototype PLTMh

Disini penulis menguji 5 kali perhitungan dengan ketinggian head yang berbeda sesuai dengan sudut ketinggian Jumping Water.

Tabel 1 pengukuran tinggi Jumping Water

Sudut	Tinggi Jumping water (cm)
10°	5.2cm
20°	10.3cm
30°	15cm
40°	19.3cm
50°	23cm

Sudut 10°

$$P = Q \times H \times G \times \text{eff.}$$

$$P = 0,343 \times 0,052 \times 0,98 \times 0,5$$

$$P = 0,00874 \text{ Kw} = 8,74 \text{ watt}$$

Sudut 20°

$$P = Q \times H \times G \times \text{eff.}$$

$$P = 0,343 \times 0,103 \times 0,98 \times 0,5$$

$$P = 0,0173 \text{ Kw} = 17,3 \text{ watt}$$

Sudut 30°

$$P = Q \times H \times G \times \text{eff.}$$

$$P = 0,343 \times 0,15 \times 0,98 \times 0,5$$

$$P = 0,025 \text{ Kw} = 25 \text{ watt}$$

Sudut 40°

$$P = Q \times H \times G \times \text{eff.}$$

$$P = 0,343 \times 0,193 \times 0,98 \times 0,5$$

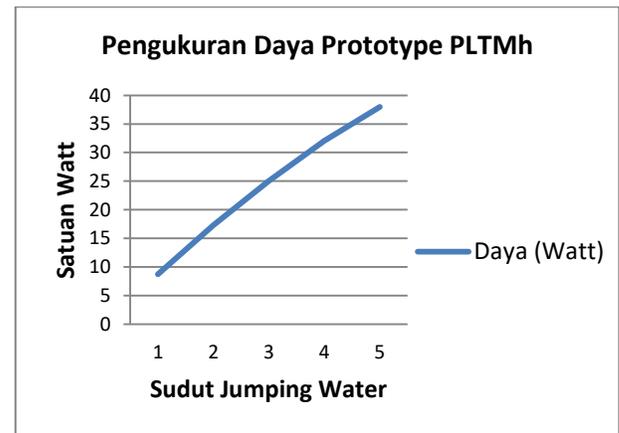
$$P = 0,032 \text{ Kw} = 32 \text{ watt}$$

Sudut 50°

$$P = Q \times H \times G \times \text{eff.}$$

$$P = 0,343 \times 0,23 \times 0,98 \times 0,5$$

$$P = 0,038 \text{ Kw} = 38 \text{ watt}$$



Gambar 7 Grafik Pengukuran daya

#### Pengukuran panjang dan sudut Jatuh Air

Pada pengukuran ini saat dilakukan pengambilan data dan uji coba alat ini posisi kinci dilepas atau tidak menggunakan kincir, air tetap berjalan melewati Jumping Water. Pengukuran ini menggunakan beerapa alat seperti penggaris dan busur derajat dan didapatkanlah hasil data seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2 Hasil data pengukuran Jatuh Air Jumping water 10°

Tinggi Jumping water	Jarak Air jatuh	Sudut jatuh air
5,2cm	8cm	35°
5,2cm	8,1cm	34°

5,2cm	8,2cm	35°
5,2cm	8,5cm	38°
5,2cm	8,2cm	35°

Jumping water 20°

Tinggi Jumping water	Jarak Air jatuh	Sudut jatuh air
10,3cm	8,9cm	48°
10,3cm	9cm	47°
10,3cm	8,5cm	50°
10,3cm	8,7cm	49°
10,3cm	9cm	50°

jumping water 30°

Tinggi Jumping water	Jarak Air jatuh	Sudut jatuh air
15cm	8cm	50°
15cm	8,2cm	54°
15cm	8,6cm	55°
15cm	8,7cm	53°
15cm	8,5cm	55°

Jumping water 40°

Tinggi Jumping water	Sudut jatuh air	Sudut jatuh air
19,3cm	8,5cm	45°
19,3cm	9cm	50°
19,3cm	9,2cm	48°
19,3cm	8,9cm	50°
19,3cm	9cm	48°

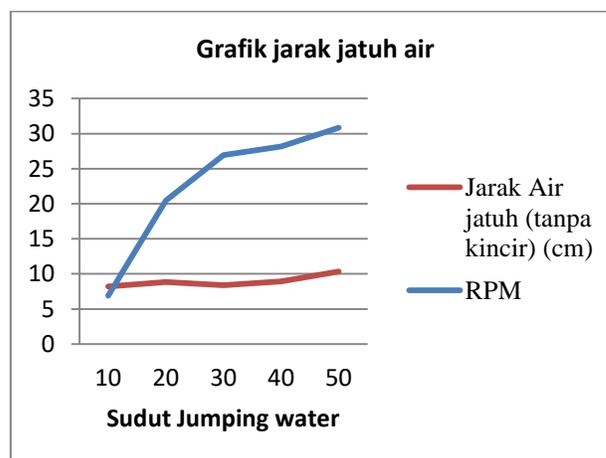
Jumping water 50°

Tinggi Jumping water	Sudut jatuh air	Sudut jatuh air
23cm	10cm	50°
23cm	10,4m	49°
23cm	10,5m	52°
23cm	10,7cm	53°
23cm	10cm	52°

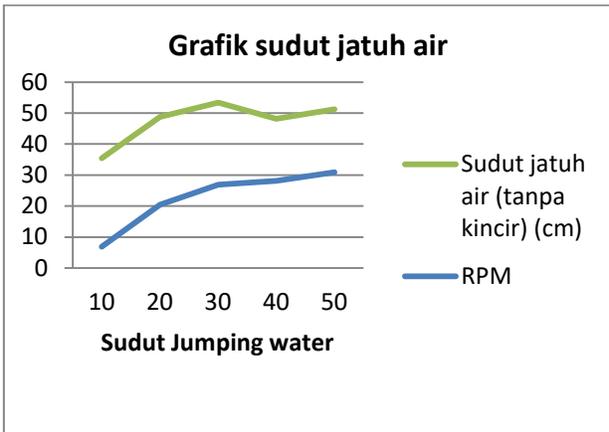
Setelah didapatkan hasil dari pengambilan data 5 kali percobaan setiap sudutnya maka dapat dicari rata rata sudut jatuh air dan tinggi jatuh air.

Tabel 3 Jumlah rata-rata pengukuran jarak dan sudut jatuh air

Sudut	Tinggi Jumping water (cm)	Jarak jatuh air	Sudut jatuh air	RPM
		(tanpa kincir) (cm)	(tanpa kincir)	
10°	5.2cm	8.2cm	35.4°	6.9
20°	10.3cm	8.82cm	48.8°	20.43
30°	15cm	8.4cm	53.4°	26,93
40°	19.3cm	8.92cm	48.2°	28.16
50°	23cm	10.32cm	51.2°	30.86



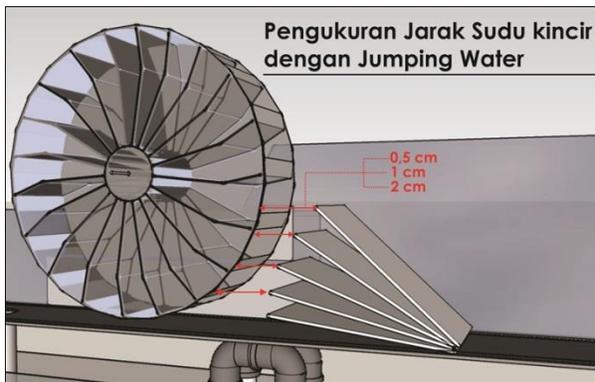
Gambar 8 Grafik pengukuran jarak jatuh air



Gambar 9 Grafik pengukuran sudut jatuh air

### Pengukuran jarak sudu kincir dengan jumping water

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui jarak antara sudu kincir dan Jumping water yang nantinya berpengaruh pada putaran kincir, seperti pada gambar(12).



Gambar 10 Pengukuran jarak sudu kincir dengan Jumping Water

Tabel 4 Pengambilan data pengaruh jarak Sudu kincir dengan JW pada putaran kincir

Sudut JW	Jarak antara Jumping water-sudu kincir	RPM
0°	-	6,7
0°	-	6,6
0°	-	6,6
0°	-	6,8
0°	-	6,7

Sudut JW	Jarak antara Jumping water-sudu kincir	RPM
10°	0,5cm	6,9
10°	0,5cm	7,0
10°	0,5cm	6,8
10°	1cm	7,1
10°	1cm	7,0
10°	1cm	6,9
10°	2cm	5,7
10°	2cm	6,0
10°	2cm	5,7

Sudut JW	Jarak antara Jumping water-sudu kincir	RPM
20°	0,5cm	20,5
20°	0,5cm	20,3
20°	0,5cm	20,5
20°	1cm	14
20°	1cm	13,9
20°	1cm	14,1
20°	2cm	8,1
20°	2cm	8
20°	2cm	7,9

Sudut JW	Jarak antara Jumping water-sudu kincir	RPM
30°	0,5cm	27,1
30°	0,5cm	26,8
30°	0,5cm	26,9
30°	1cm	22,1
30°	1cm	22,4
30°	1cm	22,7
30°	2cm	15,6
30°	2cm	15,9
30°	2cm	15,7

Sudut JW	Jarak antara Jumping water-sudu kincir	RPM
40°	0,5cm	28,1
40°	0,5cm	28,3
40°	0,5cm	28,1
40°	1cm	24,3

40°	1cm	24,1
40°	1cm	24,2
40°	2cm	22,4
40°	2cm	22,5
40°	2cm	22,2

Sudut JW	Jarak antara Jumping water-sudu kincir	RPM
50°	0,5cm	30,5
50°	0,5cm	30,9
50°	0,5cm	31,2
50°	1cm	29,6
50°	1cm	30
50°	1cm	29,8
50°	2cm	27,9
50°	2cm	28,0
50°	2cm	27,9

Maka dari pengambilan data diatas hasil putaran kincir dengan perbandingan jarak antara sudu kincir dengan Jumping water dapat disimpulkan atau di rata-rata sesuai dengan sudut/tinggi jumping water, yang diinputkan pada tabel(5).

Tabel 5 Pengukuran tanpa Jumping Water

Sudut JW	Jarak sudu kincir Ke JW	Rpm
0°	-	5
0°	-	6,6
0°	-	5,8

Tabel 6 Pengukuran dengan Jumping Water

Sudut JW	Jarak sudu kincir Ke JW	Rpm
10°	0,5cm	7
10°	1cm	6,8
10°	2cm	5,8

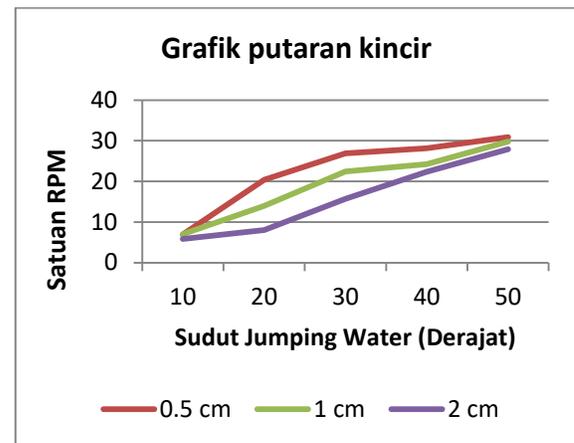
Sudut JW	Jarak sudu kincir Ke JW	Rpm
20°	0,5cm	20,43
20°	1cm	14
20°	2cm	8

Sudut JW	Jarak sudu kincir Ke JW	Rpm
30°	0,5cm	26,93
30°	1cm	22,4
30°	2cm	15,7

Sudut JW	Jarak sudu kincir Ke JW	Rpm
40°	0,5cm	28,16
40°	1cm	24,2
40°	2cm	22,3

sudut	Jarak sudu kincir Ke JW	Rpm
50°	0,5cm	30,86
50°	1cm	29,8
50°	2cm	27,93

Dari hasil rata-rata perbandingan jarak antara sudu kincir dengan Jumping Water diatas menunjukkan bahwa perubahan putaran kincir dapat meningkat dan juga daya yang di dihasilkan akan lebih besar sesuai dengan ketinggian Jumping Water dan juga kerapatan antara sudu kincir dan Jumping Water.



Gambar. 11 Gambar grafik putaran kincir

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembuatan, perakitan dan penerapan jumping water pada PLTMH ini secara langsung dengan ini penulis mengambil kesimpulan berdasarkan pengambilan data baik secara pengujian kinerja, perancangan alat dan system kerja jumping water pada PLTMH. Berikut kesimpulan yang dapat diambil:

1. Nilai putaran dengan tidak menggunakan jumping water mempengaruhi hasil putaran dan tegangan yang semakin menurun.
2. Nilai putaran dengan tidak menggunakan jumping water dan menggunakan jumping water setinggi  $10^{\circ}$ - $50^{\circ}$  sangat berpengaruh terhadap perputaran kincir, semakin tinggi sudut jumping water semakin kencang putaran yang dihasilkan kincir.
3. Nilai putaran dengan tinggi jumping water berpengaruh pada jarak dan sudut jatuh air (percobaan tanpa kincir) ini yang nantinya berpengaruh pada putaran yang dihasilkan.
4. Nilai putaran dengan kerapatan jarak antara sudu kincir dengan jumping water sangat berpengaruh terhadap perputaran kincir dan hasil yang didapat.

## SARAN

Adapun saran yang dilakukan pada penggunaan jumping water pada prototype microhydro ini yaitu dengan menambahkan generator pada prototype ini untuk dapat menyuplai daya listrik yang dihasilkan dari prototype microhydro ini, dan juga saran selanjutnya yaitu untuk menambahkan system penggerak otomatis pada jumping water agar dapat menaikkan dan menurunkan jumping water secara otomatis agar dapat memudahkan pada saat pengoperasian prototype ini di laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BACH C. v., 1886, *Die Wasserräder* (The water wheels, in German), Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- [2] Bima, Isa 2012. Analisa Kinerja Kincir Air Tipe sudu Datar dengan Variasi sistem Aliran

Fluida. Skripsi tidak diterbitkan.  
Malang: Universitas Brawijaya

- [5] Erjavec, Jack, 2005. Automotive Technology)
- [6] Felix Mwema, Gheewala Shabbir H. Environmental assessment of electricity production in Tanzania. Energy for Sustainable Development December 2012
- [7] Haimerl, L.A, 1960. "The Cross Flow Turbine", Jerman Barat
- [8] Haltin Singkang 2013 (<http://haltin.blogspot.co.id/2013/10/v-behaviorurldefaultvml.o.html>)
- [9] Hendra, R. (2010). Tinjauan Literatur Kemiskinan, pp. 18–38.
- [10] Indartono, Yuli Setyo. 2008. Krisis Energi di Indonesia.
- [11] Jasa, L., Priyadi, A., & Purnomo, M. H. (2015). Experimental Investigation of Micro-Hydro Waterwheel Models to Determine Optimal Efficiency, 776, 413–418. <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.776.413>
- [12] Khan, A. A., Khan, A. M., Zahid, M., & Rizwan, R. (2013). Flow acceleration by converging nozzles for power generation in existing canal system. Renewable Energy, 60, 548–552. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2013.06.005>.
- [13] Taufiqurrahman M. 2010. *Studi Kelayakan dan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Kincir Air di Desa Bendosari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang*.
- [14] Zahir, Kadir. 2010. Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya dan Efisiensi yang Dihasilkan. Skripsi diterbitkan. Palembang: Universitas Brawijaya