

**ANALISIS DESAIN TURBIN KINCIR AIR  
PONCELET WATER WHEEL PADA SALURAN TERBUKA  
(Open Channel Flow)**

**ANALYSIS OF TURBINE TURBINE DESIGN  
PONCELET WATER WHEEL ON OPEN CHANNEL  
(Open Channel Flow)**

**Masrur Alatas<sup>1</sup>, Suryo Ediyono<sup>2</sup>, Dhafid Etana Putra<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa S3 Ilmu Lingkungan Universitas Negeri Surakarta  
Dosen Institut Teknologi Yogyakarta  
Email: [masruralatas@student.uns.ac.id](mailto:masruralatas@student.uns.ac.id)

<sup>2</sup>Dosen Ilmu Budaya Universitas Negeri Surakarta  
Email : [ediyonosuryo@yahoo.com](mailto:ediyonosuryo@yahoo.com)

<sup>3</sup>Dosen Institut Teknologi Yogyakarta

**Abstract :** *Electrical energy needs are increasing along with population growth, industrial upgrading, economic improvement and people's lifestyles. On the other hand, the availability of fossil energy and national energy reserves is decreasing, while the increase in national electrification ratio is needed to meet the energy self-sufficiency of 2030. Therefore the need for new alternative energy-based renewable energy (EBT), green technology innovation, and community empowerment (Community Development). Pico Hydro Power Plant (PLTPH) as one of hydropower has not been utilized optimally, especially power plant with high potential or very low Head (H) by using turbine poncelet water wheel turbine. This research is focused to plan the turbine wind turbine Poncelet Water Wheel on the irrigation channel. Based on the results of the topographic survey, the debit survey, the technical specification design of the turbine wheel is the diameter of the mill wheel (D) of 3 m, the water velocity (V) 5.4 m/s, the number of 28 turbine blades (n) 28, b) ie 0.6 m, height of the blade (y) 0.35 m, angle to the center of the mill ( $\Theta$ ) 00-12.80, the radius of the mill (R). 1.5 h, the axial distance to the surface of the blade (h) 1.15 m, the diagonal distance of the shaft to the water surface (ax) 1,025 m, the high blade that is immersed into the water (x) 0.47 meters, the width of the blade is immersed into the water (ax) 0.28 m, the rotation time of the blade surrounds 360 ° (t) 5.27 seconds, the velocity of the velocity (Vb) 1.79 m / s, the directional velocity with the center of the blade 5.4 m / s and the relative accretion of (Vr) is 3.6 m / s.*

**Keywords:** *Pico Hydro Power Plant (PLTPH), Green Technology, Poncelet Water Wheel, Community Development.*

## PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik dengan menggunakan air sebagai penggerak skala besar dengan daya terbangkitkan lebih dari 10 MW. Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) adalah pembangkit listrik skala kecil kurang dari 1 kW yang menggunakan tenaga air sebagai penggeraknya, potensi dapat kita temukan di saluran irigasi, sungai atau air terjun.

Cara kerja PLTPH secara sederhana adalah air dalam jumlah tertentu menggerakkan turbin kincir yang ada pada sistim instalasi mesin PLTPH, kemudian putaran turbin digunakan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. PLTPH pada intinya berfungsi untuk mengubah tenaga gerak menjadi tenaga listrik dengan beda tinggi (*Head*) rendah.

Karakteristik umum yang dapat dilihat pada PLTPH antara lain : kapasitas energi yang dibangkitkan kecil, energi yang dihasilkan hanya dipakai untuk memenuhi kebutuhan listrik di wilayah tertentu, penerangan jalan, penerangan rumah, atau untuk pemenuhan kebutuhan energi skala kecil lainnya. Dalam perkembangannya ada yang interkoneksi, dipakai untuk penerangan rumah tangga dan mengisi baterai dan industri rumah tangga. PLTPH sangat cocok untuk daerah dengan tingkat kepadatan penduduk rendah, daerah terluar,

daerah terpencil dan daerah terjauh yang rata-rata berada di daerah pegunungan dan belum ada jaringan PLN.

Menurut Kusnaedi dkk (2000), kincir air merupakan suatu alat yang berputar karena aliran air. Perputaran kincir dimanfaatkan menggerakkan generator. Pertama adalah perubahan energi potensial air menjadi energi mekanik (gerak) oleh kincir. Kedua yaitu energi mekanik n memutar generator, dan perputaran generator menyebabkan lompatan elektron yang menghasilkan arus listrik.

Kincir air atau *water wheel* merupakan turbin air yang mempunyai konstruksi sederhana. Terdiri dari roda atau drum di mana pada sepanjang kelilingnya dipasang sudu-sudu yang berupa bilah. Bilah menerima pukulan air yang diteruskan ke roda dan langsung kepada poros kincir, ditambah dengan jeruji untuk memperkuat kosntruksi (gambar 4).

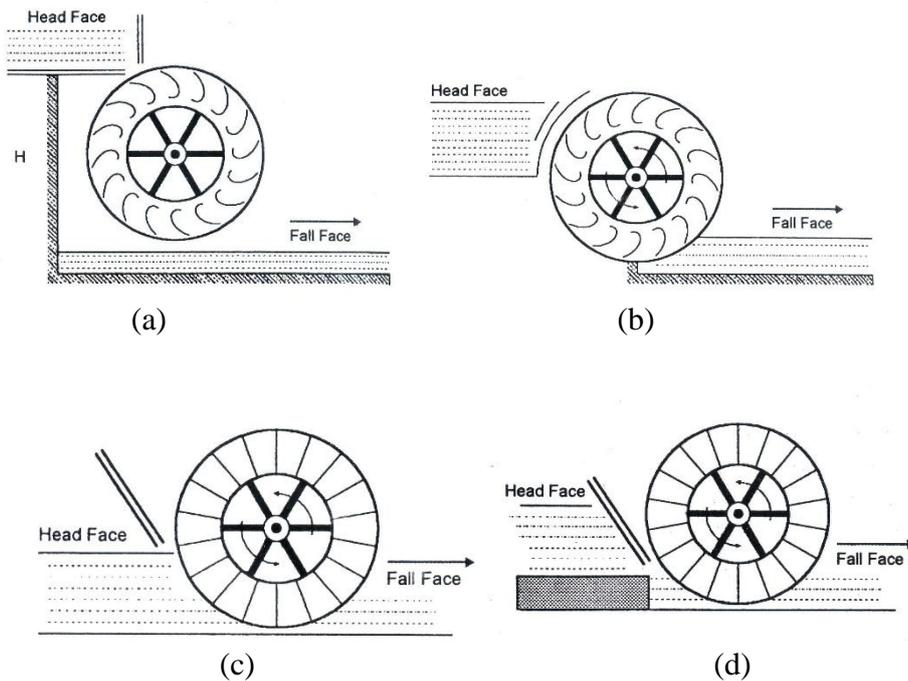
Sudu atau bilah ada yang berbentuk lengkung, siku dan ada pula yang hanya lurus, bentuk tersebut dipengaruhi oleh pola aliran dan pemilihan tipe turbin. Sedangkan berdasarkan masuknya aliran air kedalam kincir, maka jenis kincir dapat dibedakan menjadi : *overshot water wheel* yaitu pemasukan airnya melalui puncak atau bagaian atas roda kincir, *breast water wheel* yaitu pemasukan airnya melalui bagaian tengah roda kincir, *undershot water*

*wheel* pemasukan air melalui bagian bawah dari roda. Sesuai dengan tipe sudunya dibedakan atas sudu tegak

dan sudu melengkung (*poncelet water wheel*) yang dapat dilihat pada Gambar 1.

## METODE

### Pendekatan Penelitian



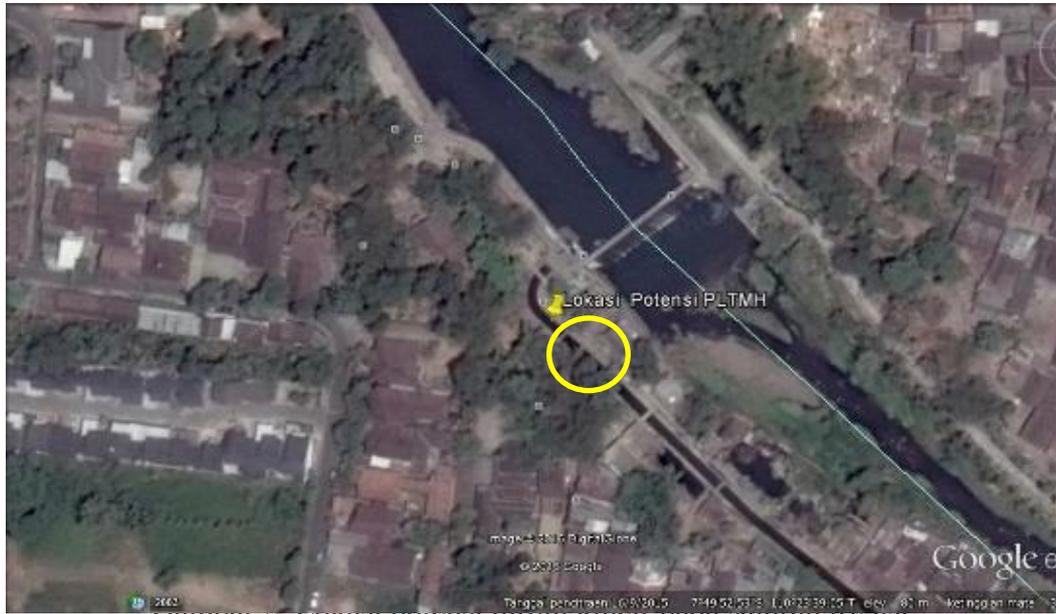
Gambar 1. (a) *Overshot water wheel*, (b) *Breast water wheel*, (c) *Undershot water wheel* sudu tegak (d) *Poncelet water wheel* (Sumber : Suwachid, 2006)

Konstruksi kincir air relative sederhana, mudah dalam pembuatan, fleksibel dalam pemasangan sesuai dengan potensi air yang ada, konstruksi bangunan sipil lebih sederhana, mudah dalam pemeliharaan serta efisiensi relatif stabil.

Pendekatan yang digunakan bersifat rancangan kuantitatif *observasional*.

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Agustus Tahun 2016 pada saluran irigasi di Giwangan Yogyakarta.



### Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan meliputi dokumentasi data sekunder dan data primer pengukuran debit air irigasi.

### Metode Analisis Perencanaan

Proses analisis perencanaan dengan tahapan sebagai berikut :

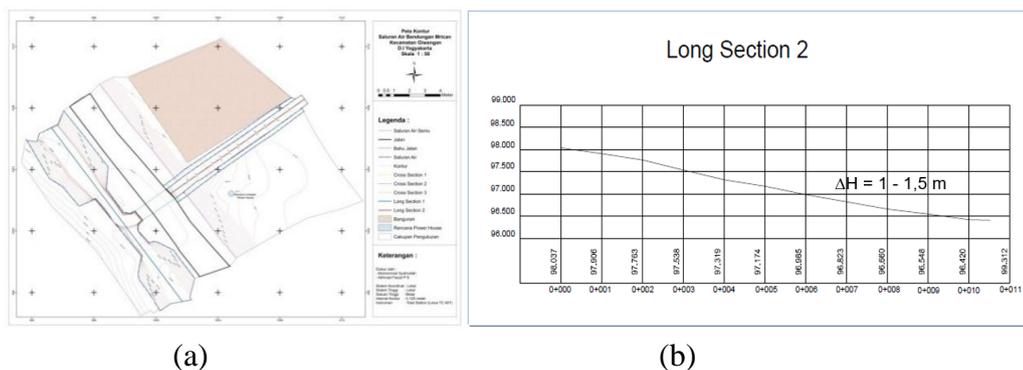
#### a. Pengumpulan data debit

Data debit didapatkan dengan pengukuran langsung di Sungai

Gajahwong melalui metode *mid method area*. Hasil dari pengukuran ini adalah kecepatan aliran ( $V$ ) m/s dan Debit ( $Q$ ).

#### b. Penentuan Head (H)

Penentuan tinggi jatuh atau *head* ( $H$ ) sebagai faktor penting dalam perencanaan dan prediksi daya terbangkitkan, serta menentukan tipe turbin kincir. Dalam penelitian ini merekomendasikan tipe *Poncelet Water Wheel*.



Gambar 3. (a) Topografi lokasi potensi,(b) Long Section pada potensi terjunan untuk lokasi rencana turbin kincir

### Analisis Desain

Tahapan analisis desain turbin kincir adalah :

- 1). Debit andalan saluran irigasi
- 2). Tinggi Jatuh air
- 3). Effisiensi dari turbin Poncelet Water Whell
- 4). Daya terbangkitkan dari kincir
- 5). Diameter Roda kincir
- 6). Kecepatan aliran air
- 7). Jumlah sudu
- 8). Lebar sudu
- 9). Tinggi sudu
- 10). Sudut terhadap pusat
- 11). Jari-jari kincir
- 12). Jarak poros ke permukaan sudu
- 13). Jarak diagonal poros dengan permukaan air
- 14). Tinggi sudu yang terbenam ke air
- 15). Luas sudu yang terbenam ke air
- 16). Waktu putar 1 sudu mengelilingi  $360^\circ$
- 17). Kecepatan perputaran sudu ( $V_b$ )
- 18). Kecepatan searah dengan pusat sudu
- 19). Kecepatan relatif

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Head*

Potensi beda tinggi pada lokasi penelitian didapatkan Head (H) 1.5 meter.

#### **Kecepatan aliran air dengan pengukuran langsung**

Kecepatan aliran air dengan cara pengukuran langsung pada lokasi saluran terbuka yang sekaligus sebagai saluran irigasi. Pengukuran dengan menggunakan bola tenis atau bola plampung, dengan menggunakan kaidah pengukuran *mid sectionmethod*.

#### **Debit aliran air**

Debit aliran air pada lokasi potensi dengan kecepatan air dan ukuran penampang saluran maka didapatkan debit air pada saluran eksisting. Dalam perencanaan debit yang digunakan adalah debit andalan, dengan dukungan data sekunder.

#### **Debit andalan**

Debit andalan dihitung berdasarkan data sekunder debit saluran irigasi dengan probabilitas 80%.

#### **Bangunan Sipil**

Dalam konstruksi PLTPH bangunan sipil yang ideal meliputi : bangunan bendung, *intake*, *trashrack*, saluran pembawa, bak pengendap, bak penenang, pipa pesat, rumah pembangkit dan saluran pembuang atautailrace. Namun dalam penelitian analisis turbin kincir air cukup dengan menggunakan saluran terbuka dan potensi terjunan.

Dimensi saluran adalah berbentuk trapezium dan persegi. Bentuk trapezium tinggi (y) 1,26 m, lebar bawah (B) 0,98 m, lebar atas 2.5 m. Sedangkan potensi saluran persegi dengan lebar 0,6 m dengan kedalaman 1,5 m, dalam pembuatan dudukan turbin memperhatikan jarak

antara diameter terluar atau sudu turbin dengan dasar saluran sehingga tidak terjadi gesekan dengan lantai.

### Kincir air

Hasil analisis dan rancang desain turbin adalah kincir air jenis *poncelet water wheel* dengan bentuk sudu melengkung. Pemilihan jenis kincir *poncelet water wheel* pada PLTP ini sudah sesuai berdasarkan tinggi jatuh (*head*) yang ada.

Hasil pengukuran debit saluran irigasi didapatkan debit andalan sebesar (Q)  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , dalam perencanaan debit memperhatikan kebutuhan minimum debit rencana irigasi, dan pola pengairan sawah petani di bagian hilir.

Berikut hasil survei topografi dengan menggunakan alat Total Station (TS) diketahui potensi beda tinggi jatuh air sebesar (H) 1,5 m.

Dengan efisiensi dari turbin *Poncelet Water Wheel* ( $\eta$ ) 65 %, maka secara teoritis daya

terbangkitkan (P) sebesar 1,78 kW atau 1785 Watt.

Analisis desain didapatkan diameter roda kincir (D) sebesar 3 m, dengan kecepatan aliran air (V)  $5,4 \text{ m}^2/\text{s}$ , jumlah sudu turbin (n) 28 buah.

Lebar sudu sama dengan lebar saluran pengarah aliran air adapun lebar sudu turbin (b) yaitu 0,6 m, tinggi sudu sama dengan tinggi maksimal air pada saluran dibawah kincir (y) 0,35 m, Sudut terhadap pusat kincir ( $\theta$ )  $0^\circ$ - $12,8^\circ$ , jari-jari kincir (R). 1,5 m, jarak poros ke permukaan sudu (h) 1,15 m dengan jarak diagonal poros ke permukaan air (ax) 1,025 m, tinggi sudu yang terbenam ke air (x) 0,47 meter, luas sudu yang terbenam ke air (ax)  $0,28 \text{ m}^2$ , waktu putar 1 sudu mengelilingi  $360^\circ$  (t) 5,27 detik, kecepatan perputaran sudu (Vb) 1,79 m/s, kecepatan searah dengan pusat sudu (Vc) 5,4 m/s dan kecepatan relatif sebesar (Vr) 3,6 m/s.



Gambar 1. Turbin air jenis Poncelet water wheel

Tabel 1, Spesifikasi teknis Turbin Kincir Air *Poncelet Water Wheel*

No	Spesifikasi Teknis	Keterangan
1	Jenis kincir	<i>Poncelet Water Wheel</i>
2	Debit andalan sebesar (Q)	0,1 m <sup>3</sup> /s
3	Beda tinggi jatuh air <i>Head</i> (H)	1,5 m
4	effisiensi dari turbin <i>Poncelet Water Whell</i> ( $\eta$ )	65 %
4	daya terbangkitkan (P)	1,78 kW / 1785 Watt
5	diameter roda kincir (D)	3 m
6	kecepatan aliran air (V)	5,4 m <sup>2</sup> /s
7	jumlah sudu turbin (n)	28 buah
8	Lebar sudu (b)	0,6 m
9	Tinggi sudu (y)	0.35 m
10	Sudut terhadap pusat kincir ( $\theta$ )	0 <sup>0</sup> -12,8 <sup>0</sup>
11	jari-jari kincir (R).	1,5 m
12	jarak poros ke permukaan sudu (h)	1,15 m
13	jarak diagonal poros ke permukaan air (ax)	1,025 m
14	tinggi sudu yang terbenam ke air (x)	0,47 meter
15	luas sudu yang terbenam ke air (ax)	0,28 m <sup>2</sup>
16	waktu putar 1 sudu mengelilingi 360 <sup>o</sup> (t)	5,27 detik
17	kecepatan perputaran sudu (Vb)	1,79 m/s
18	kecepatan searah dengan pusat sudu (Vc)	5,4 m/s
19	kecepatan relatif sebesar (Vr)	3,6 m/s

## PENUTUP

### Kesimpulan

- Saluran drainasi memiliki potensi untuk merencanakan turbin kincir *Poncelet Water Wheeldan* dalam perencanaannya memperhatikan debit andalan.
- Hasil analisis perencanaan dengan spesifikasi sebagai berikut : debit andalan saluran irigasi (Q) 0,1 m<sup>3</sup>/s, tinggi jatuh air (H) 1,5 m, effisiensi dari turbin *Poncelet Water Whell* ( $\eta$ ) 65 %, daya terbangkitkan dari kincir (P) 1.785 Watt, diameter Roda kincir (D) 3 m, kecepatan aliran air (V) 5,4 m<sup>2</sup>/s, jumlah sudu (n) 28 buah, lebar sudu (b)

0,6 m, tinggi sudu (y) 0.35 m, sudut terhadap pusat ( $\theta$ ) 0<sup>0</sup>-12,8<sup>0</sup>, jari-jari kincir (R). 1,5 m, jarak poros ke permukaan sudu (h) 1,15 m, jarak diagonal poros dengan permukaan air (ax) 1,025 m, tinggi sudu yang terbenam ke air (x) 0,47 meter, luas sudu yang terbenam ke air (ax) 0,28 m<sup>2</sup>, waktu putar 1 sudu mengelilingi 360<sup>o</sup> (t) 5,27 detik, kecepatan perputaran sudu (Vb) 1,79 m/s, kecepatan searah dengan pusat sudu (Vc) 5,4 m/s, dan kecepatan relatif (Vr) 3,6 m/s.

### Saran

- Penelitian lanjutan dengan variasi debit dan beda tinggi terhadap daya turbin

- b. Penelitian lanjutan untuk mengetahui adanya pengaruh pemasangan turbin kincir pada saluran irigasi terhadap debit rencana irigasi sawah dibagian hilir.
- c. Penelitian lanjutan dengan pemasangan generator, panel dan instalasi elektrikal untuk mengetahui daya terpasang (P).
- d. Dalam perencanaan lanjutan dan pembangunan instalasi direkomendasikan untuk diselenggarakannya *Focus Group Discussion* (FGD) dengan pihak terkait yaitu masyarakat dan tokoh setempat, dinas pengairan, kelompok petani dan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) untuk mendapatkan ijin dan rekomendasi teknik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Kamal S., Prajitno, 2013, "Evaluasi Unjuk Kerja Turbin Air Pelton Terbuat dari Kayu dan Bambu Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan Untuk Pedesaan", *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, UGM, Yogyakarta
- Sukandarrumidi, Kotta Z.H., Wintolo H., 2013, "Energi Terbarukan", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Suyitno, M., 2011, "Pembangkit Energi Listrik", Rineka Cipta, Jakarta.
- Paryatmo Wibowo, 2007, "Turbin Air, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Maryono A., Muth W., Eisenhauer N., 2005, "Hidrolika Terapan", Pradnya Paramita, Jakarta
- Arismunandar, W., Kuwahara, S., 2004, "Teknik Tenaga Listrik", Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suwachid, 2006, " Ilmu Turbin", UNS Press, Surakarta.
- Prayitno, 2002, "Turbin Air", JTM-FT-UGM, Yogyakarta.
- Arismunandar W., 2004, " Turbin", Penerbit-ITB, Bandung.
- Patty., 1995, "Tenaga Air", Penerbit Erlangga., Jakarta.
- Triatmodjo, B., 1993, "Hidrolika I", Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 1993, "Hidrolika II", Beta Offset, Yogyakarta.
- Dietzel F., 1996, "Turbin, Pompa dan Kompresor", Penerbit Erlangga., Jakarta.
- Layman's Guidebook, "Hydropower" Bukaka.
- JICA, "Manual Pembangunan PLTMH", IBEKA