

# Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pmlth) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor

Yani Prabowo<sup>1</sup>, Swasti B<sup>2</sup>, Nazori<sup>3</sup>, Grace Gata<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Sistem Komputer, <sup>23</sup>Teknik Elektro, <sup>4</sup>Sistem Informasi  
Universitas Budi luhur

Jln. Ciledug Raya, Petukangan, Jakarta 12260

e-mail: <sup>1</sup>yani.prabowo@budiluhur.ac.id, <sup>2</sup>swasti.broto@budiluhur.ac.id,  
<sup>3</sup>nazori@budiluhur.ac.id, <sup>4</sup>grace.gata@budiluhur.ac.id

## ABSTRAK

*Listrik saat ini sudah menjadi salah satu kebutuhan manusia, berbagai macam cara dilakukan oleh manusia untuk mendapatkan energi listrik baik itu yang berasal dari sumber energi yang tidak terbarukan ataupun yang berasal dari sumber energi terbarukan. Energi listrik berasal dari sumber energi terbarukan saat ini menjadi tren untuk dikembangkan banyak negara. Pembangkit listrik yang berasal dari sumber energy terbarukan biasanya disesuaikan dengan potensi daerah tersebut. Desa Gunung Bunder, Pamijahan Bogor salah satu desa yang berbatasan dengan hutan lindung gunung halimun, mempunyai potensi alam berupa aliran sungai yang belum dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air. Melalui penelitian ini, dilakukan survei terhadap potensi yang ada pada wilayah direkomendasikan menjadi sebuah pembangkit listrik mikrohidro dan menentukan jenis turbin yang cocok untuk wilayah tersebut. Pada Desa Gunung Bunder sampai saat ini ada wilayah yang belum teraliri jaringan listrik karena medannya tidak memungkinkan untuk dialiri listrik dari PLN. Potensi yang berhasil didapat dari penelitian ini dengan beda ketinggian (head) 2.6 meter dari panjang lintasan 4 stasiun dengan jarak masing masing antar stasiun 26 meter. Kecepatan air rata-rata 10 liter perdetik akan menghasilkan daya sebesar 254.604 watt. Dilihat dari data hasil pengamatan dilapangan dan kontur sungai yang cenderung datar direkomendasikan menggunakan turbin jenis Kaplan yang dimodifikasi menjadi turbin vortex.*

**Kata kunci : mikrohidro, energi, turbin, saluran irigasi, low head.**

## 1. PENDAHULUAN

Listrik sampai saat ini sudah menjadi kebutuhan yang cukup penting, tetapi belum semua wilayah dapat terjangkau oleh aliran listrik. Hal tersebut bisa disebabkan karena suatu wilayah mempunyai medan yang sulit diakses oleh sarana transportasi tetapi suatu wilayah pasti mempunyai potensi sumber energi yang dapat digunakan untuk pembangkit energi. Salah satunya adalah memanfaatkan saluran air yang ada di wilayah tersebut. Gunung Bunder Pamijahan Bogor salah satu desa yang mempunyai banyak sumber daya air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik walaupun dalam skala micro. Tetapi yang belum dimanfaatkan mengelola sumber daya air tersebut menjadi sumber pembangkit listrik. Melalui penelitian ini dilakukan studi kelayakan apakah aliran sungai tersebut dapat digunakan sebagai pembangkit mikrohidro dengan rekomendasi sistem yang cocok pada aliran tersebut. Tujuan dari penelitian mencari dan menemukan sumber energi potensial tenaga air untuk wilayah Desa Gunung Bunder Pamijahan Bogor. Manfaat dari kegiatan ini adalah memperkaya pengetahuan pada bidang sumber energi terbarukan kepada masyarakat sekitar dan membantu masyarakat untuk mendapatkan energi yang murah dan terbarukan dan merekomendasikan desain turbin yang sesuai untuk wilayah Gunung Bunder.

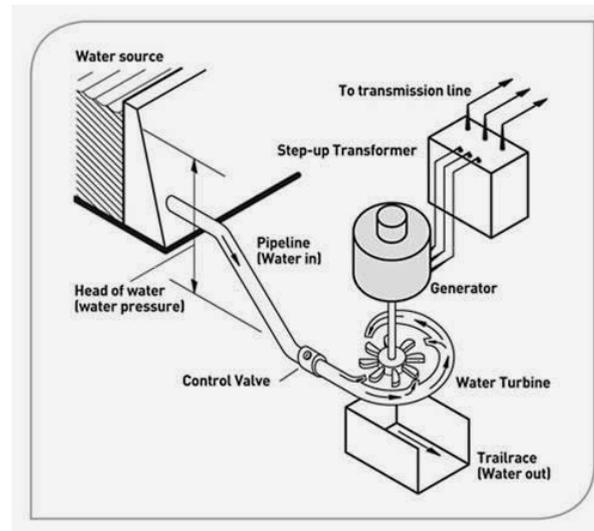
## 2. TINJAUAN

### 2.1 Profil Wilayah

Secara geografis Kabupaten Bogor terletak diantara 6°18'0" – 6°47'10" Lintang Selatan dan 106°23'45" – 107°13'30" Bujur Timur, Secara regional, wilayah Kabupaten Bogor bagian Utara merupakan bagian dari sub-cekungan sedimentasi yang disebut sebagai sub-cekungan Ciputat. Topografi wilayah ini bergelombang rendah, dengan ketinggian 60 – 100 m dpl. Material pembentuk utama terdiri dari endapan batuan rombakan vulkanik, terdiri dari fragmen-fragmen batuan litik, kerikil, pasir dan material halus lainnya dari rombakan lahar tua endapan gunung api. Dataran tinggi menempati sebagian besar wilayah Kabupaten Bogor di bagian Tengah dari daerah ini dengan ketinggian topografi mulai dari 300 – 1.000 m dpl, dibentuk oleh produk batuan tua dari batuan sedimen yang berumur Tersier. Di bagian selatan wilayah Kabupaten Bogor ini ditutupi oleh batuan gunung api muda yang berumur Kuarter yang secara fisiografi berada pada daerah perbatasan antara Zona Bogor dan Zona Bandung.

## 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro

PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil (kurang dari 100kW) yang menggunakan tenaga air sebagai penggeraknya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi terjun. PLMTH pada dasarnya memanfaatkan energi potensial pada ketinggian (*head*) suatu sungai. Semakin tinggi *head* maka kemungkinan semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Selain faktor geografis, dapat juga membendung aliran air menjadi tinggi. Air dialirkan melalui sebuah pipa ke dalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di tepian sungai. Gambar 1 adalah gambar sketsa dari sebuah pembangkit listrik tenaga air secara umum.



**Gambar 1** Pembangkit Listrik Tenaga Air Secara Umum

Pada gambar 1. Energi potensial air pada sebuah bendungan atau aliran sungai dirubah menjadi bentuk energi mekanik sebuah kincir air yang didesain secara khusus tergantung dari karakter sungai bendungan tersebut. Energi mekanik tersebut dirubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator. Generator yang digunakan bisa menggunakan generator arus AC atau arus DC, masing-masing memiliki keunggulan tersendiri. Untuk menentukan penggunaan generator arus AC maupun DC harus melalui perhitungan dari survey terlebih dahulu. Keunggulan generator AC adalah tegangan yang dihasilkan bisa langsung digunakan untuk berbagai penggunaan perangkat listrik dengan tegangan 220AC, tetapi mempunyai kelemahan frekuensi yang dihasilkan tegangan bisa naik turun tergantung aliran air sungai tersebut. Dalam hal ini operator harus menjaga agar pasokan air tetap terjaga. Jika menggunakan generator DC, arus listrik harus dirubah menjadi tegangan AC dengan bantuan alat inverter. Keunggulan generator DC ini, arus listrik dapat disimpan dalam sebuah akumulator daya atau yang disebut dengan baterai. Untuk memilih kemampuan generator dalam menghasilkan energi listrik disesuaikan dengan perhitungan daya dari data hasil survei. Kemampuan generator dalam menghasilkan listrik dinyatakan dalam VoltAmpere (VA) atau dalam kilo volt Ampere (kVA). Untuk menghubungkan turbin dengan generator atau sistem transmisi energi mekanik, dapat digunakan sabuk atau puli, roda gerigi atau dihubungkan langsung pada porosnya. (Desmiwarman, 2015)

1. Sabuk atau puli digunakan jika putaran per menit (rpm) turbin belum memenuhi putaran rotor pada generator, jadi puli berfungsi untuk menurunkan atau menaikkan rpm motor generator.
2. Roda gerigi mempunyai sifat yang sama dengan puli.
3. Penghubung langsung pada poros turbin dan generator, jika putaran turbin sudah lama dengan putaran rotor pada generator

Pada Gambar 2 adalah diagram blok sistem pembangkit listrik mikrohidro. Cara kerja dari pembangkit ini cukup sederhana, yaitu menggerakkan turbin dengan memanfaatkan aliran air. Untuk bisa menggerakkan turbin ini, harus ada air yang mengalir deras karena perbedaan ketinggian.



**Gambar 2** Diagram Pembangkit Listrik Mikro Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) memerlukan pengembangan lebih lanjut, yaitu PLTMH yang dapat dibangun pada daerah dengan kemiringan yang relatif kecil. Hal ini dibutuhkan mengingat perkembangan penduduk yang cenderung terkumpul pada daerah yang lebih datar dari pada daerah pegunungan. (Susatyo and Subekti, 2009) (Yunar, 2009).

Untuk menghitung potensi daya air ini, dengan rumus

$$P = \gamma \times Q \times H \quad (\text{Zainuddin et al., 2009})$$

Dimana:

$\gamma$  = berat jenis air ( N/m<sup>3</sup>)

Q = debit air (m<sup>3</sup>/s)

H = tinggi jatuh air (m)

Daya output pada turbin dihitung dengan rumus :

$$P = g \times Q \times h \times \text{eff. turbin}$$

Dimana:

P = Daya (watt)

g = percepatan gravitasi (9.8 m/s<sup>2</sup>)

h = *head* (m)

Q = debit air (liter/sekon)

eff. turbin = Efisiensi turbin (untuk tipe crossflow = 0,7-0,8)

### 2.3 Penghitungan debit air dan head

Sebuah sistem pembangkit listrik mikro hidro dua hal yang sangat penting yaitu debit air dan ketinggian jatuhnya air (*Head*) semakin besar dan semakin tinggi *head* tersebut bisa dipastikan energi yang akan didapatkan sangat besar. Hal tersebut bisa dikatakan konversi tenaga. Perhitungan kecepatan aliran pada sungai maupun pada saluran irigasi sangat dibutuhkan untuk menghitung debit aliran. Alat yang mempunyai ketelitian tinggi dalam pengukuran kecepatan aliran ini yaitu current meter. Tetapi pada keadaan darurat jika tidak ada alat tersebut maka alat pelampung dapat digunakan. Ketelitian hasil pengukuran pelampung permukaan terhadap current meter adalah sebesar 77 %, dimana pada hasil ini pengaruh keadaan cuaca serta kehilangan air yang terjadi di saluran tidak diteliti. Pelampung permukaan hanya dipakai untuk menaksir kecepatan aliran secara kasar, karena alat ini hanya mengamati kecepatan permukaan maupun pada kedalaman tertentu sesuai tinggi air yang ada di saluran. Untuk itu dibutuhkan alat pencatat waktu (stopwatch), pelampung dan meter rol (Hanny Tangkudung, 2011). Kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung dihitung dengan persamaan:  $V = L/t$

dimana: L = jarak antara dua titik yang dilalui; t = waktu yang dibutuhkan untuk melalui L

Metoda perhitungan debit air dapat dilakukan dengan cara sederhana menampung aliran air pada sebuah tabung dan menghitung berapa lama ember tersebut dapat penuh. Volume wadah diketahui dan laju alir hanya diperoleh dengan membagi volume ini dengan waktu pengisian. Misalnya, laju aliran air yang mengisi ember 20 liter dalam satu menit adalah 20 liter per menit atau 0,333 L / dtk.

Penghitungan volume air dalam tabung dengan rumus:

$$V = \pi r^2 \cdot t$$

Dimana :

V = Volume

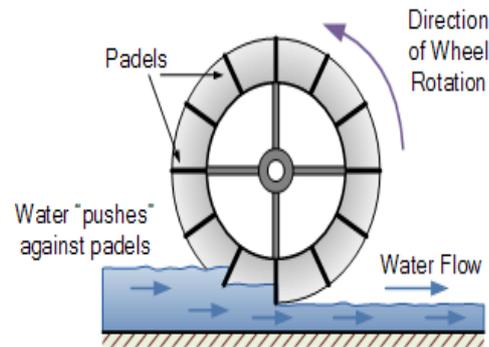
r = jari-jari

t = tinggi

Pengambilan data diulangi beberapa kali untuk memberikan pengukuran yang lebih konsisten dan akurat. (Yadav and Chauhan, 2014).

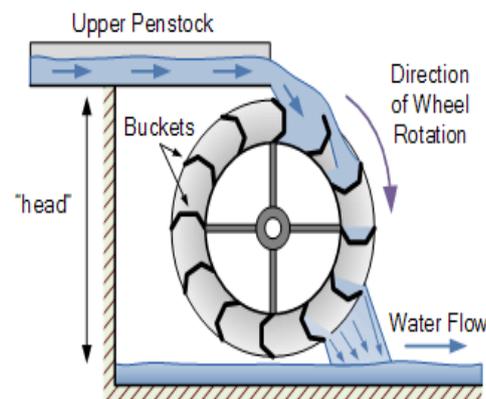
### 2.4 Kincir air dan turbin

Kincir air dan turbin untuk mikro hidro adalah sarana untuk merubah aliran air menjadi energi mekanik. Berdasarkan 4 tipe kincir terbagi menjadi tipe kincir *under short*, *overshort*, *Pitchback wheel*, *breasthot wheel*.



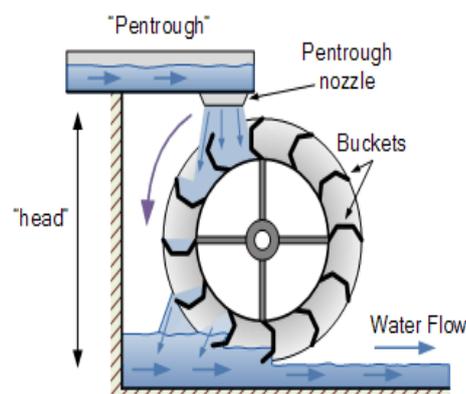
**Gambar 3** Kincir Undershort

Pada tipe desain kincir undershort gambar 3, roda hanya ditempatkan langsung ke sungai yang mengalir. Gerakan air di bawah ini menciptakan gerakan mendorong terhadap sudu turbi terendam di bagian bawah roda yang memungkinkannya berputar ke satu arah hanya relatif terhadap arah aliran air. Jenis desain kincir air ini umumnya digunakan di daerah datar tanpa kemiringan di mana aliran air cukup cepat bergerak. Dibandingkan dengan desain kincir air lainnya, jenis desain ini sangat tidak efisien, dengan sedikitnya 20% dari energi potensial air yang digunakan untuk benar-benar memutar roda. Juga energi air hanya digunakan sekali untuk memutar roda, setelah itu mengalir menjauh dengan sisa air. Kerugian lain dari roda air undershot adalah bahwa hal itu membutuhkan sejumlah besar air yang bergerak dengan kecepatan. Oleh karena itu, kincir air di bawah air biasanya terletak di tepi sungai karena aliran yang lebih kecil atau sungai kecil tidak memiliki cukup energi potensial di air yang bergerak. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi sedikit dari kincir air bawah laut adalah dengan mengarahkan aliran air jatuh tepat pada sisi sudu turbin.



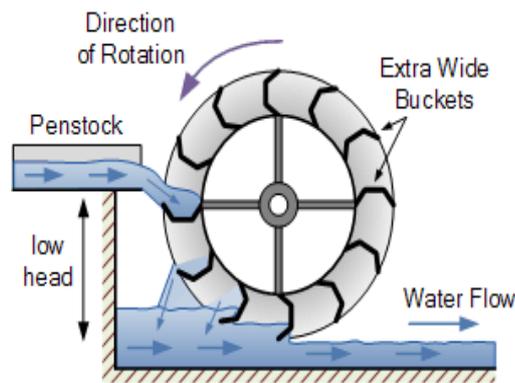
**Gambar 4** Kincir Overshort

Kincir Overshot Water Wheel gambar 4 adalah jenis desain waterwheel yang paling umum. Kincir air yang overshoot lebih rumit dalam konstruksi dan desainnya daripada kincir air bawah yang sebelumnya karena menggunakan bucket / ember atau kompartemen kecil untuk menangkap dan menahan air. Ember ini diisi dengan air yang mengalir masuk di bagian atas roda. Berat gravitasi air dalam ember penuh menyebabkan roda berputar di sekitar poros pusatnya ketika ember kosong di sisi lain roda menjadi lebih ringan. Jenis roda air ini menggunakan gravitasi untuk meningkatkan output serta air itu sendiri, sehingga melampaui kincir air jauh lebih efisien daripada desain bawah karena hampir semua air dan beratnya digunakan untuk menghasilkan daya keluaran. Namun seperti sebelumnya, energi air hanya digunakan sekali untuk memutar roda, setelah itu mengalir menjauh dengan sisa air.



**Gambar 5** Kincir Pitchback Waterwheel.

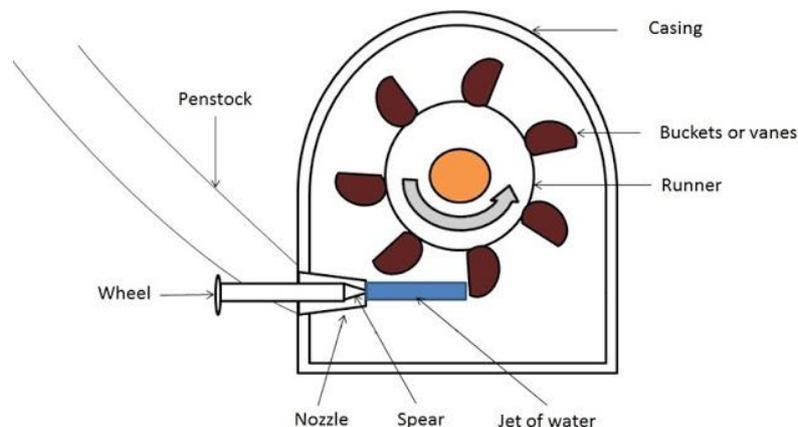
Kincir Air Pitchback gambar 5 adalah variasi pada kincir air overshoot dengan menambahkan berat gravitasi air aliran air di bawahnya untuk memberikan dorongan ekstra. Jenis desain waterwheel ini menggunakan sistem infeed head rendah yang menyediakan air dekat ke puncak roda dari pentrough di atas. Berat gravitasi air dalam ember menyebabkan roda berputar tetapi dalam arah yang berlawanan. Ketika sudut rotasi mendekati bagian bawah roda, air di dalam ember mengosongkan di bawah dan ember kosong berlanjut di sekitar roda berputar seperti sebelumnya sampai kembali ke atas lagi siap untuk diisi dengan lebih banyak air dan siklus mengulangi. Perbedaannya saat ini adalah bahwa air ini mengalir ke arah roda berputar (karena tidak ada tempat lain untuk pergi), mirip dengan prinsip air utama undershot. Kemudian waterwheel pitchback menggunakan energi air dua kali, satu kali dari atas dan satu kali dari bawah untuk memutar roda di sekitarnya poros pusatnya. Keuntungan dari ini adalah bahwa efisiensi desain kincir air sangat meningkat hingga lebih dari 80% energi air karena didorong oleh berat air yang masuk dan oleh kekuatan atau tekanan air yang diarahkan ke ember dari atas, serta aliran air buangan di bawah. Kerugian meskipun kincir air pitchback adalah bahwa ia membutuhkan pengaturan pasokan air yang sedikit lebih kompleks tepat di atas roda yang disebut "pentrough".



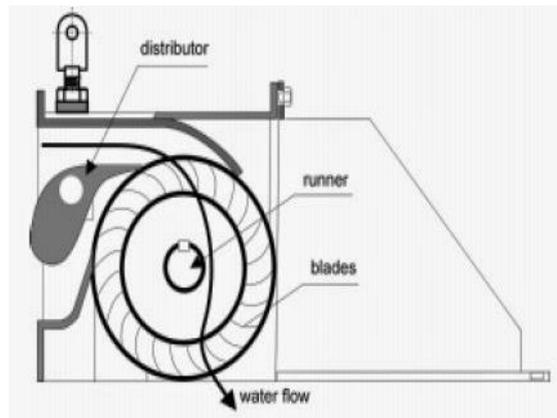
Gambar 6 Turbin Breastshot

Kincir breastshot gambar 6 adalah desain kincir air yang dipasang vertikal di mana air masuk ke dalam ember sekitar setengah jalan di ketinggian sumbu, atau tepat di atasnya, dan kemudian mengalir keluar di bagian bawah ke arah putaran roda. Umumnya, air mancur digunakan dalam situasi air tidak mencukupi untuk dialirkan ke atas kincir. Kerugiannya di sini adalah bahwa berat gravitasi air hanya digunakan untuk sekitar seperempat rotasi tidak seperti sebelumnya yang selama setengah rotasi. Untuk mengatasi ketinggian kepala yang rendah ini, ember waterwheel dibuat lebih lebar untuk mendapatkan jumlah energi potensial yang dibutuhkan dari air.

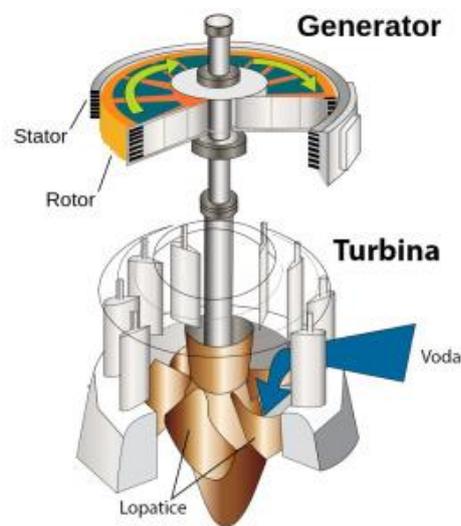
Turbin air adalah pengembangan dari kincir air yang sudah diaplikasikan terlebih dahulu. Secara umum turbin dibagi menjadi dua tipe yaitu tipe implus dan turbin reaksi. Turbin implus adalah turbin yang perputaran rotornya disebabkan oleh tumbukan fluida bertekanan yang ditujukan kepada rotor. Jenis turbin impuls ini seperti turbin pelton dan turbin cross-flow. Turbin pelton ditampilkan pada gambar 7 dan turbin cross-flow pada gambar 8. Sedangkan turbin reaksi adalah turbin yang perputaran rotornya disebabkan oleh tekanan fluida atau momentum oleh air yang keluar dari ujung baling-baling melalui nozel Turbin Francis, Turbin Kaplan dan Turbin Propeller (Coe and Coe, 2015)



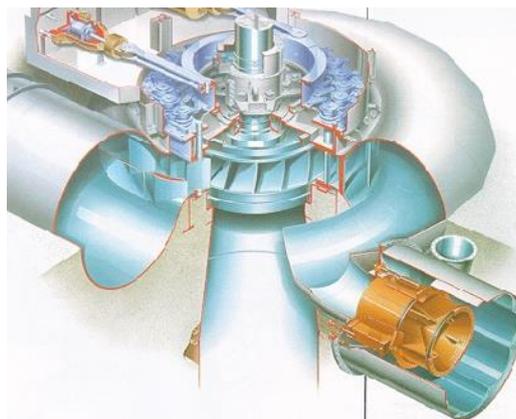
Gambar 7 Turbin Pelton



**Gambar 8** Turbin Cross-flow

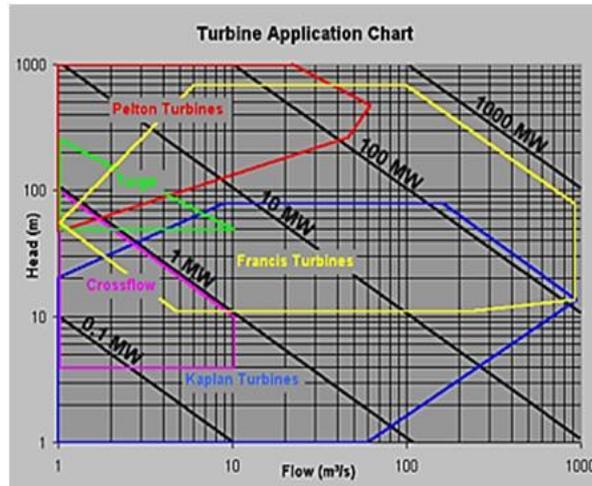


**Gambar 9** Turbin Kaplan



**Gambar 10** Turbin Francis

Umumnya, turbin impuls digunakan untuk tempat dengan head tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan head rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan head, efisiensinya baik dalam segala kondisi aliran. Turbin kecil (umumnya dibawah 10 MW) mempunyai poros horisontal, dan kadang dipakai juga pada kapasitas turbin mencapai 100 MW. Turbin Francis dan Kaplan besar biasanya mempunyai poros / sudu vertikal karena ini menjadi penggunaan paling baik untuk head yang didapatkan, dan membuat instalasi generator lebih ekonomis. (Paish, 2002) turbin Kaplan dan francis ditampilkan pada gambar 9 dan 10. Untuk menentukan turbin yang sesuai bisa melihat tabel turbin application chart pada gambar 11.



**Gambar 11** Turbin Application Chart

Selain dari kedua tipe diatas ada turbin lain yaitu turbin vortex. Turbin vortex ini merupakan turbin yang memanfaatkan putaran aliran air sebagai perantara media untuk merubah aliran air menjadi gerak putar secara vertikal. Turbin vortex ini dioperasikan pada daerah yang memiliki head yang rendah dan memanfaatkan pusaran gravitasi air sehingga akan menimbulkan perbedaan tekanan air dengan bagian sumbu, gambar 12 turbin vortex. (Sihombing et al., 2014; Mohanan, 2016; Nishi and Inagaki, 2017) (Mohanan, 2016) (Nishi and Inagaki, 2017) (Sihombing et al., 2014)(Sabu et al., 2014).



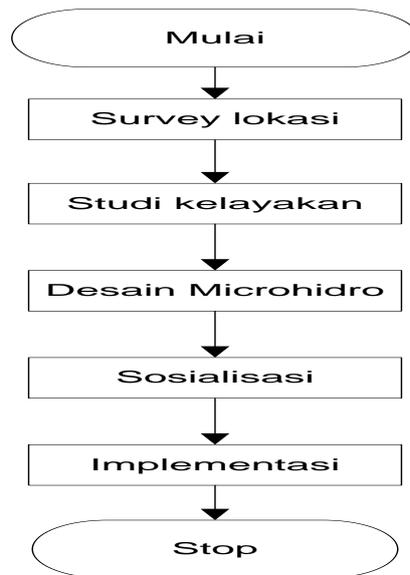
**Gambar 12** Turbin Vortex

Cara kerja turbin vortex seperti yang terlihat pada gambar 3 adalah:

1. Air diarahkan ke dalam tangki sirkulasi, tangki sirkulasi ini memiliki lubang pada bagian bawah yang selanjutnya disebut *outlet*. Karena ada perbedaan antara sisi atas tangki dengan bagian bawah tangki, maka secara alamiah air akan keluar melalui bagian bawah tangki.
2. Aliran air disini akan membentuk pusaran air, pusaran air ini merupakan energi potensial yang akan dirubah menjadi energi kinetik rotasi melalui baling-baling sumbu vertikal.
3. Setelah air keluar melalui rumah turbin maka akan keluar kembali ke sungai.

### 3. METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan kegiatan ini dilakukan tahapan penelitian sebagai berikut, digambarkan dalam flowchart pada gambar 13:



Gambar 13 Flowchart Tahapan Penelitian

Survey lokasi Kegiatan ini bertujuan mendapatkan data secara detail daerah yang mempunyai potensi energi yang bisa dibangun untuk sistem PLTMH

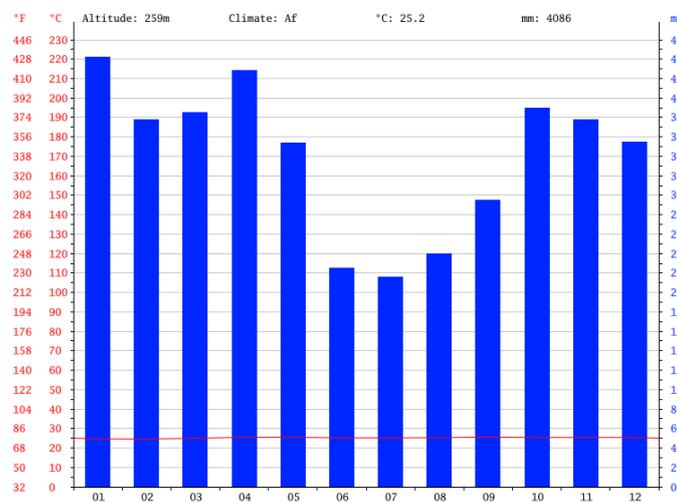
Studi kelayakan Kegiatan ini dilakukan untuk meneliti aspek teknis, sosial dan lingkungan atas dampak kegiatan ini. Desain Microhidro merupakan kegiatan untuk menyiapkan pembangunan sistem yang akan dibangun yang meliputi pemilihan turbin, perencanaan bangunan sipil dan perencanaan jaringan listrik

Sosialisasi kegiatan ini untuk mengajak peran masyarakat dalam perencanaan, pembangunan dan sampai perawatan setelah berjalan. Implementasi kegiatan ini adalah pelaksanaan pembangunan PLMTH.

4. HASIL

4.1 Profil Wilayah

Wilayah Kabupaten Bogor teraliri 7 Daerah Aliran Sungai (DAS) yang secara keseluruhan berada dalam Satuan Wilayah Sungai (SWS) Ciliwung Cisadane, sungai-sungai utama DAS tersebut keseluruhan mengalir ke arah utara dan bermuara di Laut Jawa. Pola Aliran Sungai pada umumnya dikontrol oleh struktur-struktur geologi yang berarah Utara-Selatan dan sebagian membentuk tinggian dan depresi. Dengan demikian, pola aliran sungainya memperlihatkan pola “sun dendritik” sampai pola “dendritik”. Bogor memiliki iklim tropis. Terdapat curah hujan yang signifikan sepanjang tahun di Bogor. Bahkan bulan terkering masih memiliki banyak curah hujan. Iklim ini dianggap menjadi Af menurut klasifikasi iklim Köppen-Geiger. Suhu di sini rata-rata 25.2 °C. Tentang 4086 mm presipitasi yang jatuh setiap tahunnya. Bulan terkering adalah Juli, dengan 216 mm curah hujan. Hampir semua presipitasi jatuh pada Januari, dengan rata-rata 442 mm. Grafik iklim kota Bogor ditampilkan pada gambar 14.



Gambar 14 Grafik Iklim Bogor

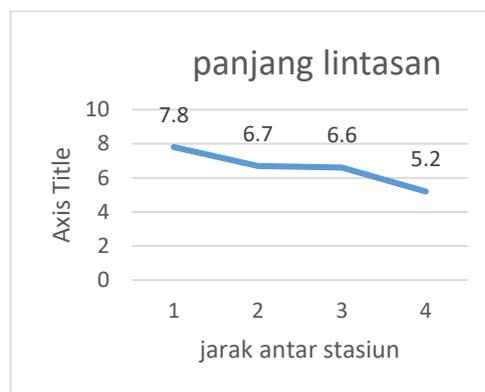
Gunung Bunde adalah salah satu dari 15 desa di kecamatan Pamijahan adalah sebuah daerah pemukiman dan cagar alam wilayah. Pada gambar 15 adalah foto udara wilayah gunung bunder.



**Gambar 15** Daerah Gunung Bunder

#### 4.2 Pengukuran profil lintasan

Pengukuran profil lintasan berguna untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi sungai tersebut. Pengukuran panjang lintasan ini dibagi menjadi beberapa stasiun untuk mendapatkan data ketinggian.



**Gambar 16** Profil Sungai untuk Penstock

Jarak antar stasiun 26 meter. Perbedaan ketinggian pada stasiun 1 sampai stasiun 4 adalah  $7.8 \text{ m} - 5.2 \text{ m} = 2.6$  meter

#### 4.3 Pengukuran debit air

Pengukuran debit air dilakukan untuk mendapatkan nilai yang minimum dari debit air yang digunakan untuk pembangkit. Sebelum melakukan pengukuran debit air, hal yang dilakukan adalah mengukur panjang lintasan air yang akan digunakan sebagai penstock.

Pengukuran debit air dilakukan dengan cara menggunakan ember sebagai wadah untuk menampung air dan stopwatch untuk mengetahui waktu berapa lama ember tersebut terisi. Spesifikasi ember yang digunakan mempunyai diameter 26 cm dengan ketinggian 37 cm. sehingga ember tersebut mempunyai volume. Hasil pengukuran disajikan pada tabel 1.

$$V = \pi r^2 \cdot t$$

$$V = 3.14 \cdot 132 \cdot 37$$

$$V = 20 \text{ lt} = 0.002 \text{ m}^3$$

Tabel 1 Pengukuran debit dengan menggunakan tabung

No	Waktu (detik)
1	2.2
2	1.8
3	1.3
4	1.8
5	2.4
6	2.2
7	2.4
$\Sigma$	14

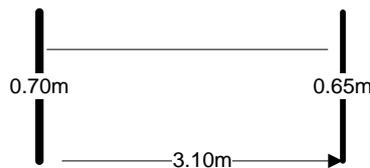
Dari tabel diatas rata-rata maka kecepatan rata- rata ember tersebut terisi adalah

$$t \text{ rata-rata} = \Sigma 14 / 7 = 2 \text{ dt.}$$

Sehingga debit yang diperoleh

$$Q = \text{Volume} / t \quad Q = 20 / 2 = 10 \text{ lt/dt.}$$

Pengukuran kecepatan aliran rata rata dengan menggunakan sebuah objek yang disertakan dalam aliran sungai sepanjang 3.10 m yang memiliki perbedaan ketinggian 0.5m. Penentuan titik awal dan titik akhir dilakukan dengan menggunakan waterpas, sehingga dapat mengetahui perbedaan ketinggian pada jalur tersebut, ketinggian titik start 0.70 m. ketinggian titik finis 0.65 m. Gambar 17. Lintasan untuk pengukuran kecepatan aliran air, hasil pengukuran kecepatan ditampilkan pada tabel 2.



Gambar 17 Pengukuran Kecepatan Aliran Air

Tabel 2 Pengukuran kecepatan aliran

No	Waktu (detik)
1	6.44
2	5.87
3	6.50
4	7.00
5	4.58
6	5.16
7	5.10
8	4.91
9	5.33
10	4.81
$\Sigma$	55.72

Waktu rata-rata

$$t \text{ rata} = (\text{total waktu}) / \text{pengukuran}$$

$$t \text{ rata} = (55.72) / 10$$

$$t \text{ rata} = 5.572 \text{ dt}$$

Kecepatan aliran

$$v = S / (t)$$

$$v = (3.10) / (5.572)$$

$$v = 0.556 \text{ m/dt}$$

#### 4.4 Analisa daya

Setelah data kecepatan aliran didapat selanjutnya dimasukkan kedalam rumus:

$$P(\text{daya}) = 9,8 \times Q \times H \times \text{eff}$$

Dalam hal ini diketahui debit sungai (Q)= 10 l/dt, H= 4.33 m. g= 9.8 m/sec<sup>2</sup>

$$P(\text{daya}) = 9,8 \times 10 \times 4,33 \times 0,6$$

$$P(\text{daya}) = 254.604 \text{ watt}$$

#### 4.5 Pemilihan turbin air

Pemilihan turbin didasarkan pada *head* air yang didapatkan dan rata-rata volume alirannya. Umumnya, turbin impuls digunakan untuk tempat dengan *head* tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan *head* rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan *head*, efisiensinya baik dalam segala kondisi aliran. Pemilihan turbin dapat dilihat pada tabel 4. Berdasarkan perhitungan dan pengukuran analisa daya yang didapat sebesar 254.604 watt maka turbin yang tepat adalah model kaplan, tetapi dalam model kaplan ini mempunyai syarat lebih tinggi 2 meter sampai 40 meter tetapi untuk menggunakan turbin kaplan membutuhkan debit air yang cukup kuat, antara 10 sampai 100 (m<sup>3</sup>/s) seperti ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3 Model Turbin untuk Berbagai Ketinggian

Model	Ketinggian ( <i>head</i> )
Kaplan	2 < H < 40
Francis	10 < H < 350
Pelton	50 < H < 130
Turgo	50 < H < 250

Dari hasil pengukuran ketinggian dan debit aliran sungai penelitian ini bisa menggunakan turbin kaplan. Dipertimbangkan pula selain menggunakan turbin kaplan adalah menggunakan turbin vortex karena melihat kontur sungai yang tidak terlalu curam cenderung melandai. Dan aliran yang tidak terlalu deras. Untuk generator pembangkit listrik disarankan menggunakan alternator DC minimal 100 Amp dengan beberapa buah accumulator 12v. Alasan penggunaan alternator DC adalah untuk menjaga kestabilan arus dari turbin yang dipastikan tegangan yang tidak stabil. Dari tegangan DC apa accumulator dapat dirubah menjadi tegangan AC dengan bantuan inverter.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengukuran panjang saluran air kemudian beda ketinggian (*head*) 4.33 meter dan kecepatan air rata rata sebesar 10 liter/detik akan menghasilkan daya sebesar 254.604 watt maka disarankan untuk menggunakan turbin kaplan atau menggunakan turbin vortex. Langkah selanjutnya dari penelitian ini adalah membuat desain dan implementasi pembangkit listrik micro hidro dengan menggunakan turbin kaplan yang disesuaikan dengan karakteristik lingkungan setempat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coe, P. and Coe, P. (2015) 'Study on Power Generation By Using Cross Flow Water Turbine in Micro Hydro Power Plant', *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(5), pp. 2319–2322.
- [2] Desmiwarman (2015) 'PEMILIHAN TIPE GENERATOR YANG COCOK UNTUK PLTMH DESA GUO ', *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 4(1), pp. 25–28.
- [3] Hanny Tangkudung (2011) 'PENGUKURAN KECEPATAN ALIRAN DENGAN MENGGUNAKAN PELAMPUNG DAN CURRENT METER', *Tekno*, 9(55), pp. 28–31.
- [4] Mohanan, A. (2016) 'Power Generation with Simultaneous Aeration using a Gravity Vortex Turbine', 7(2), pp. 19–24.
- [5] Nishi, Y. and Inagaki, T. (2017) 'Performance and Flow Field of a Gravitation Vortex Type Water Turbine', 2017.
- [6] Paish, O. (2002) 'Small hydro power: Technology and current status', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(6), pp. 537–556. doi: 10.1016/S1364-0321(02)00006-0.
- [7] Sabu, S., George, N. J., Antony, T. A. and Alex, A. C. (2014) 'Design and Modelling of a Pelton Wheel Bucket', *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(3), p. 3.
- [8] Sihombing, R. P. J., Gultom, S., Mesin, D. T., Teknik, F., Utara, U. S. and Air, P. T. (2014) 'Analisa Efisiensi Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Pada Sudu Berdiameter 56 Cm Untuk 3 Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar', (2), pp. 143–148.
- [9] Susatyo, A. and Subekti, R. A. (2009) 'Implementasi Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

- Kapasitas 30 kW di desa Cibunar Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat', (m), pp. 22–26.
- [10] Yadav, G. and Chauhan, a K. (2014) 'Design and Development of Pico Micro Hydro System By Using House Hold Water Supply', pp. 114–119.
- [11] Yunar, A. (2009) 'Perencanaan low head mikro hidro di dusun iv desa walatana kec. dolo selatan kabupaten sigi', *media litbang sulsei*, 2(2), pp. 137–145.
- [12] Zainuddin, H., Khamis, A., Yahaya, M. S., Basar, M. F. M., Lazi, J. M. and Ibrahim, Z. (2009) 'Investigation on the performance of pico-hydro generation system using consuming water distributed to houses', 3(11), pp. 1–4. doi: 10.1109/ICDRET.2009.5454216.