



## Implementasi Inovasi Teknologi *Micro Submersible Hydro Power Plant* Guna Mewujudkan Kemandirian Energi Listrik Nasional

Marcellinus Gonzaga <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45  
E-mail: gozasiwy@gmail.com

### ABSTRAK

Sebagai negara agraris, Indonesia harus memiliki sistem irigasi yang baik. Selain guna menyalurkan air untuk sektor pertanian, sistem irigasi memiliki potensi besar dalam menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. Indonesia memiliki potensi energi air sebesar 19.385MW yang dapat dimanfaatkan melalui PLTMH. Namun hingga tahun 2017, pemanfaatan potensi tersebut baru sebesar 197,4MW atau setara 1% saja. Penelitian ini mengkaji solusi pemanfaatan inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant* pada sistem irigasi di Indonesia sebagai upaya mewujudkan kemandirian energi nasional. *Micro submersible hydro power plant* merupakan inovasi teknologi yang memanfaatkan laju aliran air pada sistem irigasi untuk memutar turbin dan generator *submersible* untuk menghasilkan listrik. *Micro submersible hydro power plant* bekerja dengan cara ditenggelamkan ke dalam aliran air pada sistem irigasi dengan tujuan meredam kebisingan dan menjaga temperatur komponen. Sistem irigasi yang telah diobservasi serta dapat menjadi lokasi awal implementasi inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant* pada penelitian ini terletak di Kalisonggo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Dengan laju aliran air rata-rata 1,75m/s pada irigasi potensial Kalisonggo, maka seluruh unit yang akan diimplementasikan dapat menghasilkan daya listrik dengan kapasitas 1.850,7Watt.

**Kata Kunci:** energi air; Kalisonggo; *micro submersible hydro power plant*.

### ABSTRACT

*As an agricultural country, Indonesia must have a good irrigation system. Apart from distributing water for agriculture, the irrigation system has great potential in producing eco-friendly electricity. Indonesia has the hydro energy potency of 19,385 MW which can be utilized through PLTMH. However, until 2017 the utilization of this potential had only reached 197.4 MW or equals to 1%. This research examines solutions for the micro submersible hydro power plant utilization in Indonesia's irrigation systems as an effort to achieve national energy independence. Micro submersible hydro power plant is a technological innovation that utilizes the water flow rate in an irrigation system to rotate the turbine to produce electricity. The micro submersible hydro power plant works by being immersed in the water flow to reduce noise and maintain component temperatures. The irrigation system that has been observed and can be the initial location for the implementation in this research is located in Kalisonggo, Girimulyo District, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta Province. With an average water flow rate of 1.75 m/s in the Kalisonggo irrigation, all units to be implemented can generate electricity with a capacity of 1,850.7 Watt.*

**Keywords:** hydro energy; Kalisonggo; *micro submersible hydro power plant*.

### I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan potensi energi baru terbarukan, baik yang di permukaan bumi hingga di bawah permukaan bumi (KESDM, 2016). Berdasarkan amanat Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2017, Pemerintah menargetkan pelaksanaan percepatan pengembangan energi baru terbarukan (EBT) minimal sebesar 23% di tahun 2025. Namun hingga di tahun 2019, secara nasional *mix energy* (pembauran energi) masih didominasi oleh energi fosil. Total pembangkit listrik dengan kapasitas 65,8GW yang dimiliki Indonesia, setidaknya baru melibatkan 13-14% pembangkit listrik tenaga EBT atau berkisar pada kapasitas 9000an MW (Ditjen EBTKE, 2019). Melalui siaran pers Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) nomor 51 pada 30 Januari 2020, Menteri ESDM Arifin Tasrif menyampaikan target peningkatan porsi pembauran EBT secara bertahap dari tahun ke tahun. Peningkatan porsi bertahap tersebut akan mengalami peningkatan hingga 19,5% pada tahun 2024 (Ditjen EBTKE, 2020).

Target ambisius Pemerintah di bidang pembangkit listrik tenaga EBT sebagaimana telah diatur dalam PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, merupakan bentuk nyata komitmen Pemerintah terhadap agenda global SDGs (*Sustainable Development Goals*) nomor 7 yang berisikan penekanan pada sektor penggunaan energi bersih ramah

lingkungan sebagai upaya pengurangan emisi gas rumah kaca (DEN, 2019). Indonesia mencatat peningkatan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 18% sepanjang 2012-2017 dan pada 2017 Indonesia menyumbang 484MtCO<sub>2</sub> dari sektor penggunaan energi, dimana penyumbang terbesar berasal dari aktivitas pembangkit listrik konvensional sebesar 36% (Climate Transparency, 2018).

Transisi penggunaan energi menuju energi baru terbarukan sesuai dengan komitmen dan agenda global SDGs nomor 7 yang selain menitik beratkan pada aspek dan isu lingkungan, juga menitik beratkan pada aspek kemandirian energi salah satunya dengan mempertimbangkan segi keandalan dan kemudahan akses energi oleh masyarakat. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki tantangan tersendiri dalam menghadirkan akses distribusi energi listrik kepada masyarakat. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya 2.281 desa di Indonesia yang belum mendapatkan akses listrik secara layak (Badan Pusat Statistik, 2019). Program kelistrikan lepas jaringan (*off-grid*) yang didorong oleh Peraturan Menteri ESDM no 38/2016, melalui pemanfaatan potensi EBT lokal dengan mekanisme pembangkit tersebar dapat dilakukan sebagai upaya mewujudkan kemandirian energi listrik nasional. Salah satu sumber potensi EBT lokal yang dimiliki dan dapat dikembangkan dengan baik di Indonesia adalah energi air.

Sebagai negara agraris, Indonesia perlu memiliki sistem irigasi yang baik. Tidak hanya sebagai sarana distribusi air untuk keperluan sektor pertanian, sistem irigasi juga memiliki potensi besar dalam menghasilkan listrik yang ramah lingkungan. Indonesia memiliki potensi energi hidro atau air sebesar 75.091MW yang dapat dimanfaatkan melalui PLTA, dan sebesar 19.385MW yang dapat dimanfaatkan melalui PLTM dan PLTMH (DEN, 2017). Namun hingga di tahun 2017, potensi air tersebut baru dimanfaatkan sebesar 6,4% atau setara 4.826,7MW untuk PLTA, dan sebesar 1% atau setara 197,4MW untuk PLTM dan PLTMH (IESR, 2017).

Karya tulis ilmiah ini menyajikan gagasan berupa implementasi inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant* yang memanfaatkan potensi EBT berupa aliran air pada sistem irigasi lokal untuk menghasilkan listrik secara mandiri sebagai upaya meningkatkan produktivitas masyarakat. Dengan menghadirkan inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant* sebagai PLTMH, sistem irigasi lokal baik berupa sistem irigasi buatan maupun sistem irigasi alami akan mengalami peningkatan nilai guna. Sistem irigasi yang semula berperan sebagai sarana pemenuhan kebutuhan air pada sektor pertanian, kini dapat pula berperan sebagai sektor produktif dalam menghasilkan listrik untuk keperluan masyarakat.

Peningkatan kesiapan rencana implementasi inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant* guna menghadirkan akses energi listrik secara mandiri di berbagai daerah potensi di Indonesia merupakan tujuan dari penelitian yang dirangkum dalam karya tulis ilmiah ini. Penelitian ini mengkaji sistem irigasi di Kalisonggo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai target daerah potensi perdana rencana implementasi *micro submersible hydro power plant*. Penelitian ini juga melakukan pengembangan desain unit *micro submersible hydro power plant* agar mampu bekerja optimal sesuai dengan kondisi dan karakteristik sistem irigasi di Indonesia. Kedepannya, karya tulis ilmiah ini dapat digunakan sebagai referensi dasar dalam melakukan pengukuran teknis pada tahap observasi sistem irigasi potensial lain di Indonesia dalam rangka implementasi inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant* sebagai upaya mewujudkan kemandirian energi listrik nasional.

## II. METODE

Penelitian ini terbagi atas 2 tahapan secara garis besar, yaitu tahap observasi lapangan pada sistem irigasi daerah potensi dan tahap perancangan desain unit *micro submersible hydro power plant* yang disajikan dalam bentuk ilustrasi. Kedua tahapan tersebut saling berkaitan, dimana tahap perancangan ilustrasi desain unit *micro submersible hydro power plant* didasari oleh data dan kondisi yang diperoleh dari hasil observasi daerah potensi. Desain dirancang sedemikian rupa sehingga sesuai dengan kondisi dan target yang diharapkan dari proyek implementasi.

### 2.1 Tahap Observasi Daerah Potensi

Prosedur yang digunakan dalam tahap observasi sistem irigasi pada daerah potensi secara berurutan adalah sebagai berikut; penentuan hipotesis sementara, perencanaan kegiatan penelitian termasuk kelengkapan perizinan, pelaksanaan pengukuran aspek teknis sistem irigasi, pengumpulan data dan analisis, serta penyusunan kesimpulan. Langkah penentuan hipotesis di awal dilakukan terhadap sistem irigasi secara acak dengan pertimbangan dasar berupa kebutuhan daerah tersebut serta kemampuan/potensi sistem irigasi yang tersedia. Prosedur selanjutnya yaitu perencanaan kegiatan penelitian meliputi penentuan waktu dan tempat observasi serta melengkapi kebutuhan perizinan yang ditujukan pada tokoh masyarakat setempat. Selanjutnya pelaksanaan pengukuran aspek teknis sistem irigasi meliputi pengukuran laju aliran air pada sistem irigasi, lebar sistem irigasi, rata-rata ketinggian air dalam 1 tahun, serta data pendukung lainnya yang dibutuhkan dalam tahap perancangan desain agar mampu bekerja optimal sesuai dengan kondisi sistem irigasi daerah potensi. Selanjutnya kegiatan pengumpulan, pengolahan, serta analisis data dilakukan dengan menggunakan persamaan matematis dan data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah pada tahap selanjutnya yaitu

penyusunan kesimpulan. Kesimpulan yang telah terbentuk selanjutnya digunakan sebagai dasar pada tahap perancangan ilustrasi desain unit *micro submersible hydro power plant*.

Metode spesifik yang digunakan dalam kegiatan pengukuran laju aliran air adalah metode *floating*. Metode ini bermodalkan peralatan sehari-hari sehingga secara langsung dapat direplikasi dengan mudah oleh berbagai kalangan masyarakat. Metode *floating* atau metode apung dapat memberikan data kelajuan aliran air pada sistem irigasi dengan bantuan benda apung, pita ukur/meteran, dan alat ukur waktu atau *stopwatch*. Mula-mula ditentukan dua titik amat pada sistem irigasi (titik amat 1 bagian hulu dan titik amat 2 bagian hilir) lalu diukur jaraknya menggunakan pita ukur atau meteran. Selanjutnya pengamat pada titik amat 1 yang berada di bagian hulu akan meletakkan benda apung pada bagian tengah aliran sehingga benda apung mengalir menuju titik amat 2 di bagian hilir. Pengamat pada titik amat 1 mengukur waktu dengan mengaktifkan *stopwatch* ketika benda apung melewati titik amat 1. Selanjutnya ketika benda apung telah melewati titik amat 2 maka pengamat di titik tersebut akan memberikan isyarat kepada pengamat 1 untuk menghentikan *stopwatch*. Tahap tersebut dilakukan berulang secara berkala untuk mendapatkan rata-rata laju aliran air.

Peralatan lain yang digunakan dalam pengukuran data penunjang pada sistem irigasi meliputi termometer untuk mengukur suhu aliran dan memastikan temperatur air cukup rendah untuk memberikan fungsi pendingin pada unit *micro submersible hydro power plant*, serta meteran atau pita ukur (>10m) untuk melakukan pengukuran luas sistem irigasi dalam tujuannya untuk menentukan jumlah unit *micro submersible hydro power plant* yang akan diimplementasikan.

## 2.2 Tahap Perancangan Ilustrasi Desain Unit Micro Submersible Hydro Power Plant

Tahap perancangan desain dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak sehingga memungkinkan penyajian desain dari berbagai sudut pandang dan secara 3 dimensi. Desain yang dibuat tersusun atas 2 jenis secara umum yaitu desain implementasi unit *micro submersible hydro power plant* pada sistem irigasi potensi serta desain unit *micro submersible hydro power plant* secara utuh dari berbagai sudut pandang. Seluruh desain dibuat menggunakan Google Sketchup 2018.

Penentuan potensi *output* daya listrik yang dihasilkan dari rencana implementasi *micro submersible hydro power plant* dapat dilakukan dengan memanfaatkan data yang dihasilkan pada proses observasi sistem irigasi dan dari hasil ilustrasi desain unit *micro submersible hydro power plant* yang telah dirancang. Potensi *output* daya listrik dapat diperoleh dengan melakukan kalkulasi daya menggunakan turunan persamaan energi kinetik. Persamaan dari turunan energi kinetik tersebut ditunjukkan pada **Persamaan 1** di bawah ini.

$$P = C_m \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

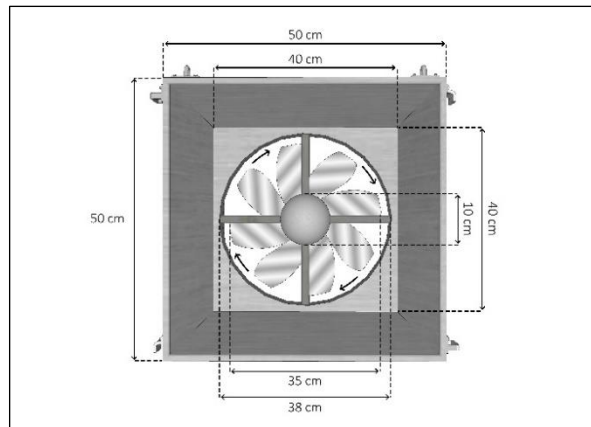
$P$  adalah *output* daya listrik dalam satuan Watt.  $C_m$  adalah koefisien mekanis dari kerja generator *submersible*. Generator *submersible* secara umum memiliki nilai koefisien mekanis sebesar 80%.  $\rho$  adalah densitas air dalam satuan  $\text{kg/m}^3$ . Densitas air dapat diperoleh dengan pengukuran sampel air pada sistem irigasi maupun dengan menggunakan densitas air standar sebesar  $997 \text{ kg/m}^3$ .  $A$  adalah luas daerah tangkapan energi kinetik aliran air pada kincir dalam satuan  $\text{m}^2$ . Luas tersebut dapat dianggap setara dengan luas lingkaran menggunakan ukuran jari-jari kincir pada unit *micro submersible hydro power plant*.  $v$  adalah kecepatan aliran air pada sistem irigasi dalam satuan  $\text{m/s}$  yang diperoleh dari hasil observasi daerah potensi dengan metode *floating*.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

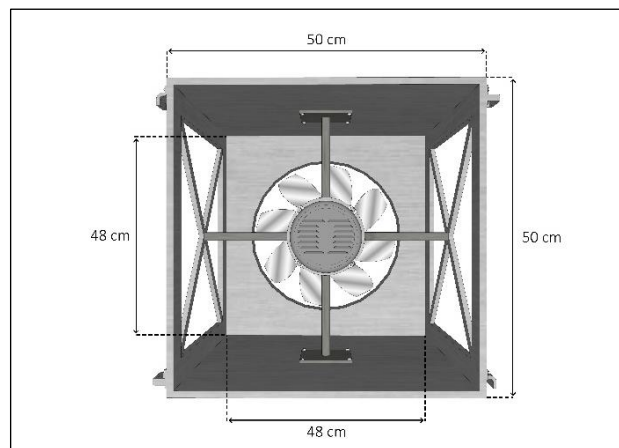
### 3.1 Konsep Kerja Dasar dan Desain Micro Submersible Hydro Power Plant

*Micro submersible hydro power plant* merupakan pembangkit listrik skala mikro yang bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik air pada sistem irigasi untuk memproduksi listrik. *Micro submersible hydro power plant* bekerja dengan cara ditenggelamkan dalam air sehingga aliran air akan memutar kincir yang selanjutnya diteruskan menuju generator *submersible* untuk mengonversi gerak mekanis dari kincir tersebut menjadi energi listrik. Tujuan penenggelaman unit *micro submersible hydro power plant* pada sistem irigasi selain guna mengonversi energi kinetik aliran air, juga dilakukan dengan tujuan untuk meredam kebisingan akibat kerja generator sehingga dapat diterapkan pada daerah potensi yang relatif berdekatan dengan pemukiman warga, serta untuk mendinginkan temperatur komponen generator *submersible*.

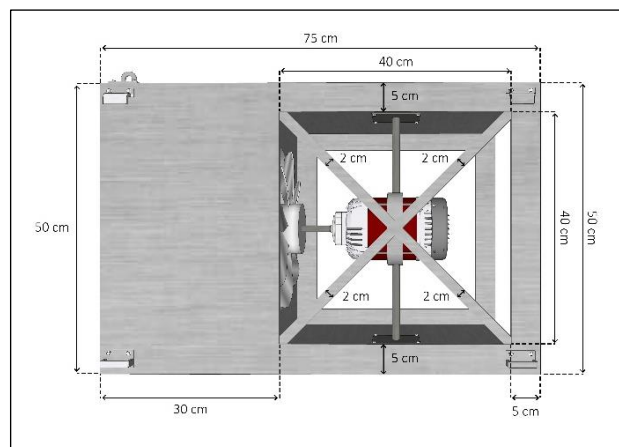
*Micro submersible hydro power plant* tersedia pada ukuran yang relatif kecil dengan bentuk konstruksi menyerupai balok berdimensi  $50\text{cm} \times 75\text{cm} \times 50\text{cm}$  dan diameter kincir  $35\text{cm}$ . Material dasar berupa kombinasi baja ringan dan *stainless steel* merupakan bahan utama dari kerangka konstruksi *micro submersible hydro power plant*. Ilustrasi desain *micro submersible hydro power plant* tampak depan, belakang dan samping berturut-turut disajikan pada **Gambar 1**, **Gambar 2**, dan **Gambar 3**.



**Gambar 1.** Desain *Micro Submersible Hydro Power Plant* (Tampak Depan)

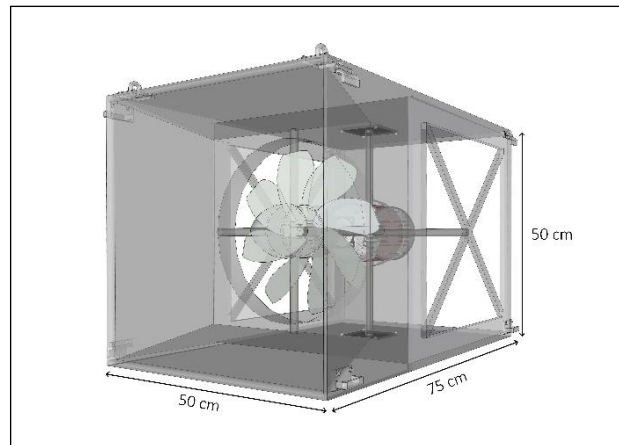


**Gambar 2.** Desain *Micro Submersible Hydro Power Plant* (Tampak Belakang)

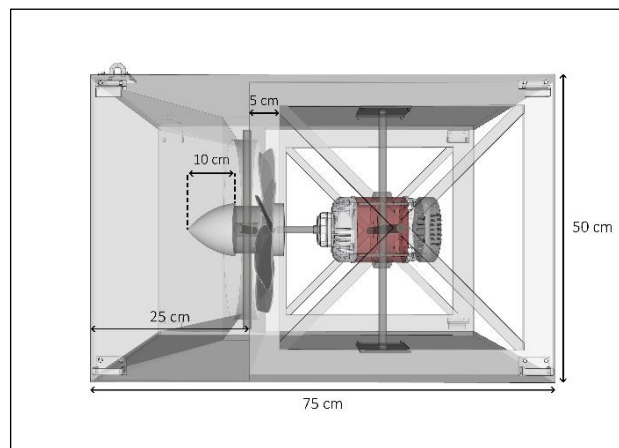


**Gambar 3.** Desain *Micro Submersible Hydro Power Plant* (Tampak Samping)

*Micro submersible hydro power plant* dirancang dengan mekanisme penyusutan diameter pada bagian depan unit. Hal tersebut dilakukan dengan cara memperkecil diameter kincir dan ukuran lubang aliran yang dilalui oleh air sebagaimana ditunjukkan pada ilustrasi tembus pandang pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**. Dengan memperkecil diameter lubang aliran air pada bagian depan unit *micro submersible hydro power plant* maka aliran air yang menuju kincir akan bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi untuk memutar kincir dan menggerakkan generator *submersible* untuk menghasilkan listrik. Mekanisme penyusutan diameter tersebut dapat dilakukan khususnya sebagai upaya mengoptimalkan kerja *micro submersible hydro power plant* terutama pada sistem irigasi dengan kondisi aliran yang relatif lemah.



**Gambar 4.** Desain *Micro Submersible Hydro Power Plant* Tembus Pandang (Tampak Depan)

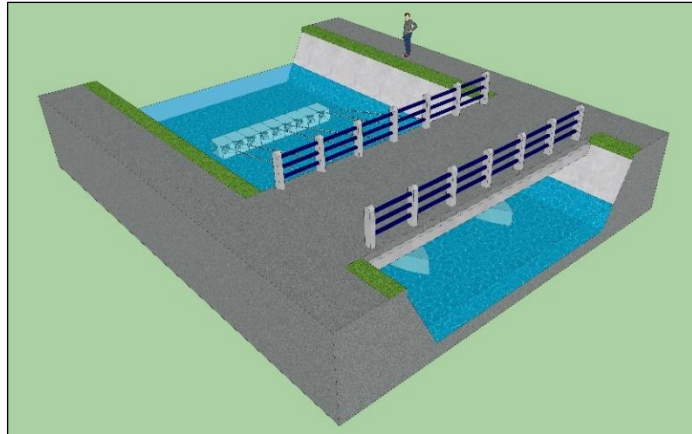


**Gambar 5.** Desain *Micro Submersible Hydro Power Plant* Tembus Pandang (Tampak Samping)  
(Sumber: Penulis, 2020)

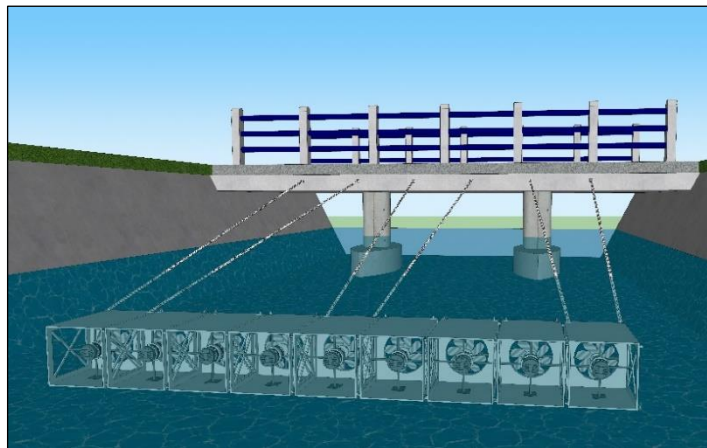
Ukuran konstruksi yang relatif kecil dan dapat diangkat oleh satu orang dewasa memberikan keuntungan berupa kemudahan pada tahap instalasi. Proses instalasi *micro submersible hydro power plant* dapat dilakukan tanpa harus menghentikan aliran atau memasang fondasi permanen pada sistem irigasi terlebih dahulu. Sebagaimana ditunjukkan oleh ilustrasi implementasi pada **Gambar 6**, **Gambar 7**, **Gambar 8**, dan **Gambar 9**, unit *micro submersible hydro power plant* dapat dihubungkan menggunakan rantai ataupun kawat khusus pada jembatan maupun bangunan yang cukup kokoh di sekitar sistem irigasi untuk menempatkan unit pada posisi yang diinginkan. Setiap unit *micro submersible hydro power plant* juga dilengkapi dengan mekanisme kait untuk menghubungkan satu unit dengan unit yang lain.



**Gambar 6.** Ilustrasi Implementasi pada Daerah Potensi Kalisonggo (Tampak Samping)



**Gambar 7.** Ilustrasi Implementasi pada Daerah Potensi Kalisonggo (Tampak Atas)

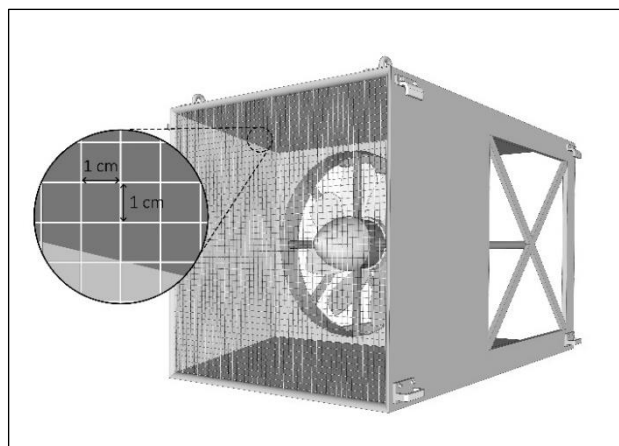


**Gambar 8.** Ilustrasi Implementasi pada Daerah Potensi Kalisonggo (Tampak Belakang)



**Gambar 9.** Ilustrasi Implementasi pada Daerah Potensi Kalisonggo (Tampak Depan)

Salah satu kendala atau hambatan yang mungkin ditemui pada tahap operasi (proses produksi listrik) *micro submersible hydro power plant* adalah adanya benda yang hanyut bersama aliran pada sistem irigasi. Benda tersebut sangat berpotensi dalam merusak kincir hingga menyumbat putaran kincir. Untuk menghindari hal tersebut, maka digunakan metode preventif dengan memasang *screen* atau saringan berukuran lubang  $1\text{cm} \times 1\text{cm}$  pada bagian depan unit *micro submersible hydro power plant* sebagaimana ditunjukkan oleh **Gambar 10**. Ukuran *screen* selanjutnya dapat disesuaikan dengan melakukan pengamatan dan pengambilan sampel ukuran rata-rata benda yang ikut hanyut dalam aliran air.



**Gambar 10.** Desain *Micro Submersible Hydro Power Plant* (Dengan *Screen/Saringan*)

### 3.2 Daerah Potensi Implementasi

Kalisonggo merupakan sistem irigasi berupa sungai kecil yang berlokasi di Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kalisonggo yang merupakan anak sungai Kali Progo, digunakan dan difasilitasi oleh warga setempat sebagai irigasi untuk sektor pertanian. Kalisonggo pada penelitian ini dipilih sebagai objek observasi serta daerah potensi perdana rencana implementasi *micro submersible hydro power plant*. Observasi lapangan yang dilakukan di Kalisonggo, berlokasi  $\pm 10$ m arah Selatan dari jembatan penghubung utama. Kegiatan observasi dilakukan dengan interval waktu penelitian setiap 4 bulan sekali dalam kurun waktu 1 tahun yang bertujuan untuk mendapatkan data yang mewakili kondisi sistem irigasi Kalisonggo dalam kaitannya dengan perubahan musim dan cuaca di daerah tersebut.

Salah satu data penting yang menjadi dasar kalkulasi potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari implementasi *micro submersible hydro power plant* adalah data kecepatan aliran air pada sistem irigasi Kalisonggo. Dengan menggunakan metode *floating* (metode apung) maka akan diperoleh data kecepatan aliran air pada sistem irigasi dengan cara membagi jarak titik amat 1 (hulu) dan titik amat 2 (hilir) dengan waktu yang dibutuhkan benda apung untuk mengalir dari titik amat 1 ke titik amat 2. Untuk mendapatkan data yang representatif serta akurat, percobaan dilakukan sebanyak 5 kali sehingga diperoleh waktu rata-rata yang dibutuhkan benda apung untuk mengalir dari titik amat 1 ke titik amat 2. Benda apung yang digunakan adalah bola plastik yang ringan sehingga massa benda apung dapat diabaikan pada proses kalkulasi. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kecepatan dengan menggunakan metode *floating* pada bulan April 2019, Agustus 2019, dan Desember 2019 dapat disajikan pada **Tabel 1** di bawah ini.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Rata-rata Kecepatan Aliran Air Kalisonggo Metode *Floating* Tahun 2019

Bulan penelitian	April	Agustus	Desember
Jarak titik amat 1 dan 2 (meter)	10	10	10
Rata-rata waktu tempuh benda apung dari titik amat 1 ke titik amat 2 (detik)	6,06	5,61	5,49
Kecepatan aliran rata-rata (jarak/waktu) dalam m/s	1,65	1,78	1,82
Rata-rata kecepatan aliran air Kalisonggo 2019 (m/s)		1,75	

Selain data kecepatan aliran air pada sistem irigasi, diperlukan juga data penunjang yang dapat digunakan dalam memahami potensi sistem irigasi lebih lanjut sebagai lokasi implementasi inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant*. Data penunjang tersebut di antaranya adalah suhu air pada sistem irigasi, tinggi permukaan air, dan lebar irigasi. Suhu air pada sistem irigasi perlu diketahui guna memastikan peran aliran air sebagai media penstabil temperatur generator *submersible*, khususnya dalam mencegah terjadinya *overheat* setelah generator beroperasi secara konstan pada durasi yang panjang. Suhu air pada irigasi yang diharapkan berada di sekitar suhu kamar khususnya pada saat cuaca terik di siang hari. Tinggi permukaan air pada sistem irigasi menjadi tolak ukur ketersediaan aliran air. Tinggi permukaan air khususnya di Indonesia relatif berubah sesuai dengan ketersediaan curah hujan. Pengukuran tinggi permukaan air pada

sistem irigasi Kalisonggo dilakukan dengan menggunakan batang ukur yang ditenggelamkan pada dasar irigasi. Tinggi permukaan air yang diharapkan berada pada level cukup tinggi sebagai indikasi ketersediaan aliran air yang baik sehingga seluruh unit *micro submersible hydro power plant* dapat terendam dan bekerja dengan optimal dalam menghasilkan listrik. Lebar irigasi digunakan sebagai acuan dasar dalam menentukan jumlah unit *micro submersible hydro power plant* yang akan diimplementasikan pada sistem irigasi potensi. Lebar irigasi dapat diukur menggunakan pita ukur atau meteran. Data penunjang pada sistem irigasi Kalisonggo disajikan pada **Tabel 2** di bawah.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Data Penunjang Sistem Irigasi Kalisonggo Tahun 2019

Bulan Penelitian	April	Agustus	Desember
Suhu air diukur pada siang hari (°C)	28	25,5	24
Tinggi permukaan air (cm)	93	131	185
Lebar irigasi (m)	8	8	8

Dengan memperhatikan lebar irigasi, maka dapat diketahui estimasi jumlah unit *micro submersible hydro power plant* yang akan diimplementasikan beserta desain keseluruhan rencana implementasi. Sebagaimana telah ditunjukkan pada **Gambar 6**, **Gambar 7**, **Gambar 8**, dan **Gambar 9**, irigasi potensi Kalisonggo mampu menjadi lokasi implementasi sembilan unit *micro submersible hydro power plant*. Seluruh unit tersebut disusun menjajar dan dihubungkan satu unit dengan yang lain menggunakan mekanisme kait serta dihubungkan dengan menggunakan rantai atau kawat khusus pada jembatan yang tersedia di lokasi implementasi tersebut untuk memosisikan unit pada jarak yang diinginkan.

Tinggi permukaan air berdasarkan data **Tabel 2** mampu menunjukkan hasil yang signifikan dalam menggambarkan kualitas ketersediaan air sepanjang tahun pada sistem irigasi Kalisonggo. Pada musim kemarau di bulan April, irigasi Kalisonggo berada pada level terendah yaitu 0,93m diukur dari dasar irigasi. Hal tersebut menunjukkan ketersediaan air akibat faktor perubahan cuaca tidak menjadi kendala pada rencana implementasi *micro submersible hydro power plant* pada sistem irigasi potensi Kalisonggo, karena dengan ukuran dan desain unit *micro submersible hydro power plant* yang telah disajikan pada **Gambar 1**, **Gambar 2**, dan **Gambar 3**, ketinggian permukaan air tersebut masih mampu merendam unit secara keseluruhan sehingga mampu memproduksi listrik secara konstan.

Suhu air pada irigasi Kalisonggo relatif berubah sesuai dengan cuaca harian pada saat dilaksanakannya penelitian, namun pada cuaca terik di bulan April, aliran air pada daerah tersebut berada pada titik tertinggi yaitu 28°C. Temperatur tertinggi yang didapatkan pada bulan April tersebut, masih berada pada rentang kondisi suhu yang efisien dalam upaya mengoptimalkan kerja generator *submersible* khususnya sebagai penstabil temperatur komponen.

### 3.3 Potensi Output Daya Listrik dan Mekanisme Distribusi

Dengan menggunakan **Persamaan 1** maka data kecepatan aliran air sistem irigasi Kalisonggo yang diperoleh dari hasil observasi lapangan menggunakan metode *floating* dan desain ukuran jari-jari kincir *micro submersible hydro power plant*, dapat dimasukkan ke dalam persamaan tersebut. Proses kalkulasi dengan memasukkan data-data tersebut dapat dilihat pada **Persamaan 2** di bawah ini.

$$P = 0,8 \times 0,5 \times 997 \times (\pi(0,175)^2) \times (1,75)^3 = 205,634162 \text{ Watt} \quad (2)$$

Hasil daya yang dihasilkan melalui kalkulasi sebagaimana ditunjukkan pada **Persamaan 2** merupakan hasil potensi daya listrik yang dihasilkan oleh 1 unit *micro submersible hydro power* pada irigasi Kalisonggo. Selanjutnya guna mengetahui total potensi daya listrik yang dihasilkan oleh seluruh unit *micro submersible hydro power plant* pada irigasi Kalisonggo, maka hasil daya yang dihasilkan oleh 1 unit *micro submersible hydro power plant* perlu dikalikan dengan jumlah seluruh unit yang akan diimplementasikan. Hasil kalkulasi potensi daya total 9 unit *micro submersible hydro power plant* yang akan diimplementasikan pada sistem irigasi Kalisonggo ditunjukkan pada **Persamaan 3** di bawah ini.

$$P_{total} = 205,634162 \times 9 \text{ Unit} = 1.850,7 \text{ Watt} \quad (3)$$

Dengan potensi *output* daya total sebesar 1.850,7Watt melalui rencana implementasi inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant* pada sistem irigasi potensi Kalisonggo, maka jumlah tersebut mampu menyuplai daya listrik secara konstan kepada 2 rumah pengguna di sekitar daerah implementasi berkapasitas masing-masing 900VA. Atau dengan kapasitas sebanding, mampu memberikan kontribusi suplai daya listrik untuk keperluan penerangan jalan umum (PJU) di sekitar daerah potensi Kalisonggo. Untuk PJU dengan kapasitas daya 1 unit sebesar 100 Watt, maka proyek rencana implementasi inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant* mampu memberikan suplai daya listrik secara konstan kepada 18 unit PJU di sekitar area implementasi.



Jenis arus dan mekanisme distribusi hasil produksi listrik *micro submersible hydro power plant* pada daerah potensi lain dapat disesuaikan dengan kondisi geografis daerah target dan kebutuhan setempat. Pada daerah target dengan sistem irigasi yang berlokasi jauh dari pusat beban maupun pada daerah dengan pemukiman warga yang tersebar, maka generator dengan *output* DC dapat diterapkan untuk pengisian daya baterai sehingga memudahkan proses pendistribusian produksi listrik. Sementara untuk daerah dengan sistem irigasi berdekatan dengan pusat beban serta pemukiman warga terpusat pada suatu lokasi, maka generator dengan jenis AC dapat diterapkan sehingga hasil produksi listrik dapat dihubungkan langsung dengan rumah pengguna.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan diskusi yang telah disusun pada bagian sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. *Micro submersible hydro power plant* merupakan pembangkit listrik skala mikro yang bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik air pada sistem irigasi untuk memproduksi listrik. *Micro submersible hydro power plant* bekerja dengan cara ditenggelamkan dalam air sehingga aliran air akan memutar kincir yang selanjutnya diteruskan menuju generator *submersible* untuk mengonversi gerak mekanis dari kincir tersebut menjadi energi listrik. Aliran air berperan dalam meredam suara bising akibat kerja generator *submersible* serta sebagai penstabil temperatur komponen guna mencegah terjadinya *overheat* akibat beroperasi konstan pada durasi yang panjang.
2. Dengan konstruksi berbentuk balok berukuran 50cm×75cm×50cm serta berbahan dasar kombinasi baja ringan dan *stainless steel*, *micro submersible hydro power plant* mampu dipasang dengan mudah pada sistem irigasi potensi tanpa melakukan pembendungan terlebih dahulu guna menghentikan aliran air ataupun membuat konstruksi secara permanen melainkan instalasi dilakukan dengan bantuan rantai atau kawat khusus yang dihubungkan pada konstruksi kokoh di sekitar lokasi implementasi serta terkoneksi satu unit dengan yang lain dengan menggunakan sistem kait agar unit *micro submersible hydro power plant* berada pada posisi yang diinginkan. Dalam mencegah terjadinya kerusakan akibat tersumbat oleh benda yang ikut hanyut dalam aliran irigasi maka dapat dilakukan tindakan preventif dengan cara memasang *screen*/jaring dengan ukuran lubang 1cm×1cm atau disesuaikan dengan ukuran rata-rata benda yang hanyut pada aliran air suatu sistem irigasi potensial.
3. Sistem irigasi potensi Kalisonggo yang terletak di Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan daerah potensi perdana dalam rencana implementasi inovasi teknologi *micro submersible hydro power plant*. Kalisonggo memiliki potensi energi kinetik aliran air dengan kecepatan aliran 1,75m/s yang telah diukur menggunakan metode *floating* serta ketinggian level air terendah 0,93m pada saat musim kemarau yang menunjukkan ketersediaan air dengan kategori layak untuk proyek implementasi *micro submersible hydro power plant*. Kalisonggo dapat menjadi lokasi implementasi 9 unit *micro submersible hydro power plant* dengan potensi *output* daya listrik dari hasil konversi energi kinetik aliran air keseluruhan unit sebesar 1.850,7Watt sehingga mampu menyuplai keperluan listrik baik untuk penerangan jalan umum maupun keperluan rumah pengguna dengan fleksibilitas skema distribusi yang ditentukan berdasarkan pada lokasi geografis daerah potensi serta target dari proyek implementasi *micro submersible hydro power plant* sebagai upaya mewujudkan kemandirian energi listrik nasional.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada segenap pihak yang telah mendukung proses penelitian ini terkhusus pada tahap observasi lapangan yang dilakukan pada sistem irigasi potensi Kalisonggo yakni Bapak/Ibu Ketua RT dan RW setempat yang telah memberikan izin dilakukannya kegiatan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Azad, A. S., Rahman, M. S. A., Watada, J., Vasant, P., dan Vintaned, J. A. G. (2020). Optimization of The Hydropower Energy Generation Using Meta-Heuristic Approaches: A Review. *Energy Reports* 6(2020) Hal 2230-2248.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Rasio Elektrifikasi*. Jakarta.
- Climate Transparency. (2018). *Brown to Green: Transisi G20 Menuju Ekonomi Rendah Karbon*. Jakarta. Diunduh melalui <http://iesr.or.id/pustaka/brown-to-green-transisi-g20-menuju-ekonomi-rendah-karbon/>.
- Dewan Energi Nasional. (2017). *Outlook Energi Indonesia 2017*. Jakarta. Diunduh melalui <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-outlook-energi-indonesia-2017-bahasa-indonesia-.pdf>.
- Dewan Energi Nasional. (2019). *Outlook Energi Indonesia 2019*. Jakarta. Diunduh melalui <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-outlook-energi-indonesia-2019-bahasa-indonesia.pdf>.

- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE). (2019). *Berikut Strategi Pemerintah Dalam Pengembangan EBT, Menuju Kemandirian Energi Nasional*. Diakses melalui <http://ebtke.esdm.go.id/post/2019/10/17/2369/berikut.strategi.pemerintah.dalam.pengembangan.ebt.menuju.kemandirian.energi.nasional/>.
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE). (2020). *Perkuat Ketahanan Ekonomi, Porsi EBT Ditargetkan 13,4 Persen pada 2020*. Diakses melalui <http://ebtke.esdm.go.id/post/2020/02/07/2472/perkuat.ketahanan.ekonomi.porsit.ebt.ditargetkan.134.persen.pada.2020/>.
- Institute for Essential Services Reform (IESR). (2017). *Energi Terbarukan: Energi untuk Kini dan Nanti*. Jakarta. Diunduh melalui <http://iesr.or.id/pustaka/seri10p-energi-kini-dan-nanti/>.
- Institute for Essential Services Reform (IESR). (2019). *Akses Energi yang Berkelanjutan untuk Masyarakat Desa: Status, Tantangan, dan Peluang*. Jakarta. Diakses melalui <http://iesr.or.id/wp-content/uploads/2019/05/Proceeding-PE-11.pdf>.
- Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi (KDPDPT). (2016). *Buku Teknis Membangun Saran dan Prasarana Elektrifikasi Desa*. Jakarta. Diunduh melalui [https://kedesa.id/id\\_ID/repository/buku-teknis-membangun-sarana-dan-prasarana-elektifikasi-desa/](https://kedesa.id/id_ID/repository/buku-teknis-membangun-sarana-dan-prasarana-elektifikasi-desa/).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2016). *Jurnal Energi: Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan, 2016(02)*. Jakarta. [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2\\_Jurnal\\_Energi\\_Edisi\\_2\\_17112016\(1\).pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016(1).pdf).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2016). *Prakiraan Penyediaan dan Pemanfaatan Energi Skenario Optimalisasi EBT Daerah*. Jakarta. Diunduh melalui <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-skenario-penyediaan-dan-pemanfaatan-energi-skenario-optimalisasi-ebt-daerah-.pdf>.
- Pemerintah Indonesia. (2017). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional*. Lembaga Negara RI, No. 43. Sekretariat Negara. Jakarta.