

**NASKAH ORISINAL**

# **Pemanfaatan Potensi Kali Geruh Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan untuk Mendukung Desa Wisata Terpadu (Studi Kasus: Lembah Mbencirang, Desa Kebontunggul, Kabupaten Mojokerto)**

Novi Andriany Teguh<sup>1,\*</sup> | Mahendra Andiek Maulana<sup>1</sup> | Mohamad Bagus Ansori<sup>1</sup> | Anak Agung Ngurah Satria Damarnegara<sup>1</sup> | Nadjadji Anwar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

**Korespondensi**

\*Novi Andriany Teguh, Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: andrianynovi@gmail.com

**Alamat**

Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Pantai, Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

**Abstrak**

Lembah Mbencirang merupakan suatu kawasan wisata edukasi terpadu yang terletak di Desa Kebontunggul, Kecamatan Gondang, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Pembangunan kawasan wisata ini merupakan salah satu langkah yang ditempuh oleh Kepala Desa Kebontunggul demi terciptanya kemakmuran dan kesejahteraan penduduk dengan meningkatkan perekonomian desa. Salah satu bentuk pengembangan yang direncanakan pada kawasan ini adalah pemanfaatan Kali Geruh sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) untuk desa wisata sebagai alternatif pengembangan sumber energi yang terbarukan. Pemanfaatan Kali Geruh sebagai PLTMH diharapkan dapat meminimalisir biaya suplai energi listrik untuk kawasan wisata Lembah Mbencirang, sehingga bisa meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar kawasan wisata Lembah Mbencirang. Hasil perhitungan potensi daya listrik pada Kali Geruh sebagai sumber tenaga listrik masyarakat Desa Kebontunggul Mojokerto, dengan tinggi jatuh efektif direncanakan sebesar 8,764 m dan debit andalan 75% sebesar 0,785 m<sup>3</sup>/detik, dapat dihasilkan energi listrik per hari sebesar 1268,88 kWh atau 463141,2 kWh per tahun, setara dengan pemenuhan kebutuhan energi listrik sekitar 436 orang. Selanjutnya dilakukan sosialisasi dengan menyebarkan *booklet* mengenai tingginya potensi yang ada tersebut agar masyarakat Desa Kebontunggul memperoleh informasi dan timbul kesadaran untuk memanfaatkan Kali Geruh sebagai sumber energi listrik terbarukan.

**Kata Kunci:**

Wisata Edukasi, Desa Wisata, Energi Listrik Terbarukan, PLTMH, Perekonomian Desa.

## 1 | PENDAHULUAN

Lembah Mbencirang merupakan suatu kawasan wisata edukasi terpadu yang terletak di Desa Kebontunggul, Kecamatan Gondang, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Kawasan wisata yang dibangun pada tahun 2017 ini terdiri dari berbagai macam fasilitas dan wahana untuk menarik wisatawan. Fasilitas dan wahana tersebut diantaranya adalah kolam renang, *outbond*, permainan tradisional, edukasi pertanian, warung kuliner tradisional, dan penginapan yang diperuntukkan bagi pengunjung. Pembangunan kawasan wisata ini merupakan salah satu langkah yang ditempuh oleh Kepala Desa Kebontunggul demi terciptanya kemakmuran dan kesejahteraan penduduk dengan meningkatkan perekonomian desa.

Dengan dibangunnya kawasan wisata ini, tentu saja dibutuhkan energi listrik yang lebih besar di daerah tersebut. Hingga saat ini, energi listrik di Kawasan wisata Lembah Mbencirang sepenuhnya diperoleh dari pasokan Perusahaan Listrik Negara (PLN). Dengan bertambahnya kebutuhan listrik, tentu saja dibutuhkan biaya yang lebih besar dalam memenuhi pasokan listrik yang memadai. Berbagai macam bentuk pengembangan pada kawasan wisata Lembah Mbencirang terus dilakukan. Salah satu bentuk pengembangan yang direncanakan pada kawasan ini adalah pemanfaatan Kali Geruh sebagai alternatif pengembangan sumber energi yang terbarukan untuk desa wisata Lembah Mbencirang. Pemanfaatan Kali Geruh diharapkan dapat meminimalisir biaya suplai energi listrik untuk kawasan wisata Lembah Mbencirang, sehingga bisa meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar kawasan wisata Lembah Mbencirang.

## 2 | DAYA PEMBANGKITAN LISTRIK

PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dengan debit air. Pada daerah terpencil, PLTMH memberikan manfaat yang besar bagi pemenuhan kebutuhan listrik. Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu pembangkit energi terbarukan karena memanfaatkan aliran air yang tersedia secara bebas di alam tanpa menyebabkan polusi dari proses produksinya. Pembangkit tersebut memanfaatkan energi yang terkandung dalam air berupa energi kinetik maupun potensial.

Aliran air di sungai mengandung energi kinetik yang mampu menggerakkan sudu atau baling-baling yang terhubung ke generator. Selain itu, air terjun juga sering dimanfaatkan energi potensial yang terkandung di dalamnya menjadi energi kinetik. Seperti proses yang terjadi pada air terjun atau air yang berada pada ketinggian tertentu dan akibat pengaruh dari gaya gravitasi, maka air selanjutnya akan bergerak menuju titik dengan energi yang lebih rendah sehingga menghasilkan energi kinetik atau gaya gerak. Energi kinetik yang dihasilkan dari gerakan air tersebut kemudian ditransformasi oleh baling-baling yang mendapat gaya dorong dari air menjadi energi mekanik pada turbin<sup>[1]</sup>. Di dalam turbin, terjadi proses perubahan energi mekanik menjadi energi listrik yang dihasilkan oleh rotor generator.

Menurut Nasir (2014), penggunaan tenaga air sebagai pembangkit memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut<sup>[2]</sup>:

- a. Biaya operasional relatif murah karena berasal dari energi terbarukan sehingga penggunaan turbin sangat menguntungkan untuk penggunaan dalam waktu yang lama.
- b. Turbin–turbin pada PLTMH dapat dioperasikan atau dihentikan pengoperasiannya setiap saat.
- c. Dengan perawatan yang baik, turbin dapat beroperasi dalam waktu yang cukup lama.
- d. Sumber energi yang digunakan adalah energi air sehingga tidak mengakibatkan pencemaran udara dan air.

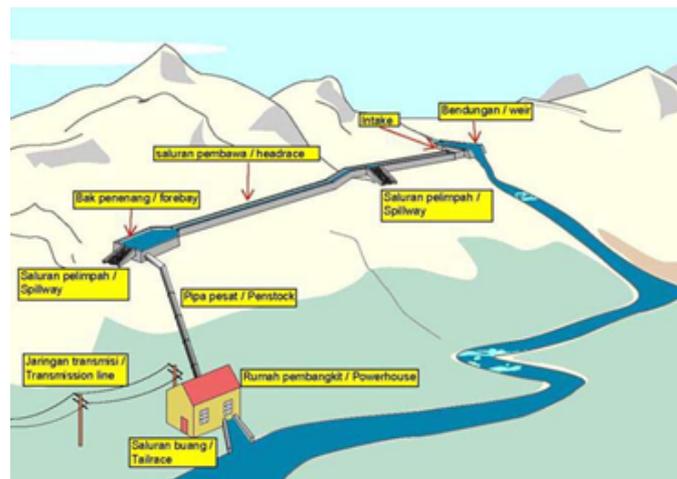
Potensi tenaga air di Indonesia sangat besar dan merupakan salah satu sumber energi terbarukan dengan *zero emission result*. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2017), sampai dengan Tahun 2014 diperkirakan energi listrik yang bisa dibangkitkan dari tenaga air sebesar 75.000 MW<sup>[3]</sup>. Namun hingga saat ini baru sekitar 6% dari potensi tersebut dimanfaatkan.

**Tabel 1** Pembagian tipe pembangkit listrik berdasarkan kapasitas yang dibangkitkan<sup>[4]</sup>

Jenis Pembangkit	Kapasitas (kW)
Pikohidro	< 5
Mikro Hidro (PLTMH)	5 – 500
Minihidro (PLTM)	500 – 10000
PLTA	> 10000

Pembangkit listrik tenaga air memiliki beberapa klasifikasi berdasarkan besar daya yang dihasilkan. Pada pembangkit dengan sumber tenaga dari air, semakin besar head atau tinggi jatuh yang terjadi maka semakin besar energi potensial yang diperoleh untuk membangkitkan listrik. Pembagian tipe pembangkit listrik tenaga air dijabarkan pada Tabel 1.

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro atau sering disingkat PLTMH, yaitu pembangkit listrik skala kecil dengan daya dukung antara 5-500 kW yang memanfaatkan tenaga air sebagai sumber penghasil energi<sup>[4]</sup>. Jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikro hidro sangat bergantung pada tinggi jatuhnya air dan debit andalan pada sungai yang dimanfaatkan sebagai sumber airnya. Semakin besar nilai tinggi jatuhnya air dan debit andalan, semakin besar pula energi listrik yang dapat dihasilkan.

**Gambar 1** Skema prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air<sup>[5]</sup>

PLTMH memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator. Air yang mengalir dengan debit dan ketinggian tertentu disalurkan melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*powerhouse*). Di rumah instalasi, air akan mengenai turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Putaran poros turbin ini akan memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik. Secara skematis prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air ditunjukkan pada Gambar 1.

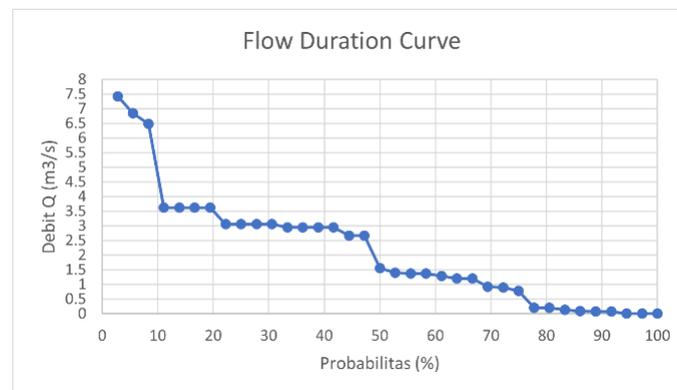
## 2.1 | Perhitungan Debit Andalan

Kali Geruh terletak pada DAS Ngotok Ring Kanal dan merupakan hilir dari dua cabang anak sungai, yaitu Kali Kelero dan Kali Landean (Gambar 2). Data debit yang digunakan dalam menentukan debit andalan merupakan data debit limpasan Dam Landean 10 (sepuluh) harian selama 1 (satu) tahun, yaitu tahun 2017.

Untuk menentukan besaran debit andalan, data debit diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil dan dihitung probabilitasnya. Dari hasil rekapitulasi, dibuat flow duration curve atau kurva durasi aliran (Gambar 3) untuk menentukan besarnya debit andalan berdasarkan probabilitas yang diinginkan. Dipilih debit andalan dengan probabilitas 75%, yaitu  $Q_{75\%}$ , sebesar 0,785 m<sup>3</sup>/detik.



**Gambar 2** Kali Landean yang bermuara di Kali Geruh.  
Sumber: Dokumen Pribadi, 2021



**Gambar 3** Flow duration curve<sup>[6]</sup>

## 2.2 | Perhitungan Tinggi Jatuh Efektif

Untuk mengetahui tinggi jatuh efektif, sebelumnya perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu terkait jumlah kehilangan energi yang terjadi. Kehilangan energi dapat terjadi pada 4 (empat) kondisi, yaitu akibat pemasukan, akibat keluaran, akibat belokan, dan akibat gesekan sepanjang pipa pesat.

Total kehilangan energi yang terjadi ini harus dibandingkan dengan syarat maksimum kehilangan energi yang diijinkan. Dengan tinggi jatuh bruto sebesar 9,738 m maka kehilangan energi yang diijinkan sebesar:

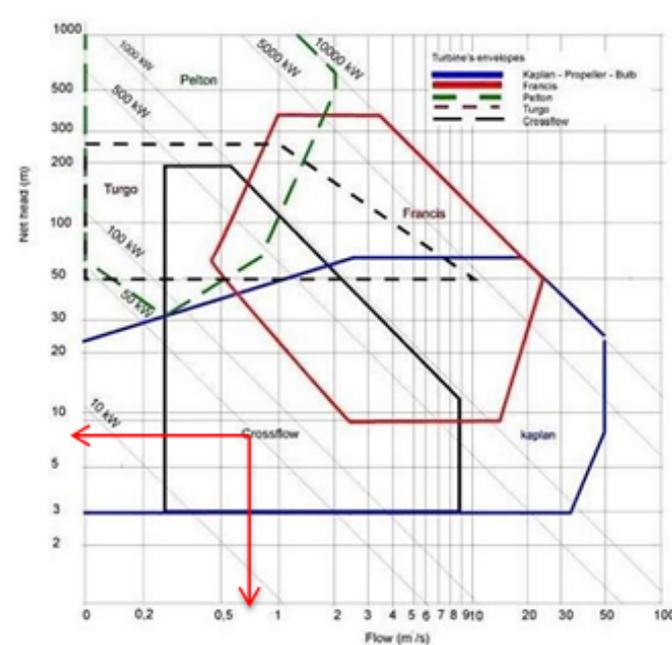
$$\begin{aligned} H_{losses\ max} &= 10\% \times H_{bruto} \\ &= 10\% \times 9,738 \\ &= 0,9738\ m \end{aligned}$$

Maka, tinggi jatuh efektif yang dapat diperoleh diperkirakan sebesar:

$$\begin{aligned} H_{netto} &= H_{bruto} - H_{losses} \\ &= 9,738 - 0,9738 \\ &= 8,7642\ m \end{aligned}$$

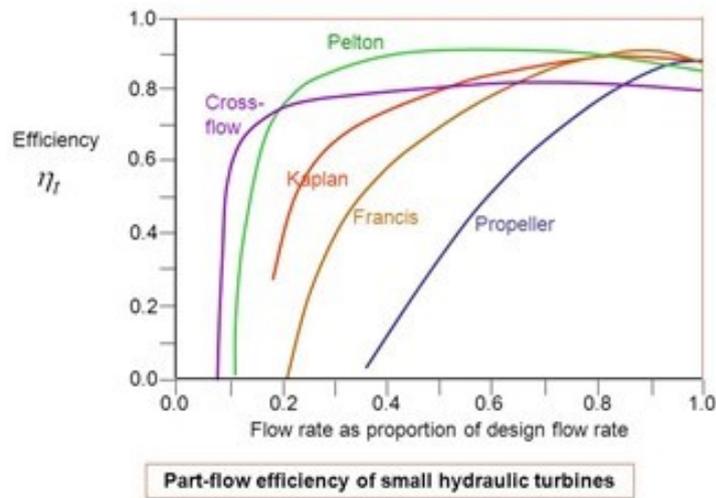
### 2.3 | Perhitungan Daya dan Energi Listrik

Untuk dapat memperhitungkan besarnya potensi daya dan energi listrik yang dapat dihasilkan, terlebih dahulu harus ditentukan jenis turbin yang akan digunakan beserta nilai efisiensinya. Dalam pemilihan jenis turbin, digunakan Grafik Pemilihan Turbin (Gambar 4). Dengan debit andalan sebesar 0,785 m<sup>3</sup>/detik dan tinggi jatuh efektif sebesar 8,764 meter, dapat diperoleh bahwa jenis turbin yang dapat dipilih yaitu turbin *Crossflow* dan turbin Kaplan.



**Gambar 4** Grafik Pemilihan Turbin.<sup>[7]</sup>

Dengan mempertimbangkan efisiensi yang lebih tinggi, penulis memilih turbin Kaplan sebagai turbin rencana yang akan dipakai. Dengan terpilihnya turbin Kaplan serta presentase debit andalan 75%, maka melalui Grafik Efisiensi Turbin (Gambar 5) didapatkan efisiensi turbin sekitar 90%.



**Gambar 5** Grafik efisiensi turbin.<sup>[8]</sup>

Sehingga, berdasarkan data-data hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, dapat dihitung besarnya kapasitas daya yang dihasilkan, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{75} &= g \times H_{netto} \times Q_{75\%} \times \eta \\ &= 9,81 \times 8,764 \times 0,785 \times 0,9 \\ &= 60,74 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{80} &= g \times H_{netto} \times Q_{80\%} \times \eta \\ &= 9,81 \times 8,777 \times 0,2 \times 0,9 \\ &= 15,47 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka, besarnya energi listrik yang dapat dihasilkan per jam adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 + E_3 \\ &= (75\% \times P_{75}) + 0,5(80\%75\%)(P_{75} + P_{80}) + 0,5(100\%80\%)P_{80} \\ &= (75\% \times 60,74) + 0,5(15\%)(60,74 + 15,47) + 0,5(20\%)15,47 \\ &= 45,6 + 5,72 + 1,55 \\ &= 52,87 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Sehingga, energi listrik yang dapat dihasilkan per hari dan per tahun adalah:

$$\begin{aligned} E &= 52,87 \times 24 \\ &= 1268,88 \text{ kWh per hari} \\ E &= 52,87 \times 24 \times 365 \\ &= 463141,2 \text{ kWh per tahun} \end{aligned}$$

### 3 | KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh Astuti (2018), kebutuhan energi listrik per hari pada Kawasan wisata Lembah Mbencirang adalah sebesar 60 kWh<sup>[6]</sup>. Dimana, angka ini masih berada di bawah angka kapasitas energi yang dapat dihasilkan oleh PLTMH, yaitu sebesar 1268,88 kWh per hari. Dari analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa Kali Geruh sebagai sumber PLTMH dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada lokasi studi.

Selain itu, konsumsi listrik per kapita penduduk Indonesia (MWh/Kapita) pada tahun 2018 berdasarkan data BPS adalah sebesar 1,06 MWh atau 1060 kWh dalam periode satu tahun. Sehingga dengan energi yang dihasilkan sebesar 463141,2 kWh per tahun diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik sekitar 436 orang.

### 4 | KESIMPULAN DAN SARAN

Pemanfaatan Kali Geruh sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) untuk desa wisata sebagai alternatif pengembangan sumber energi yang terbarukan memiliki potensi yang tinggi. Pemanfaatan Kali Geruh sebagai PLTMH dapat meminimalisir biaya suplai energi listrik untuk kawasan wisata Lembah Mbencirang, sehingga bisa meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar kawasan wisata Lembah Mbencirang. Hasil perhitungan potensi daya listrik pada Kali Geruh sebagai sumber tenaga listrik masyarakat Desa Kebontunggul Mojokerto menyatakan maksimal energi listrik yang dapat dihasilkan per hari adalah 1268,88 kWh atau 463141,2 kWh per tahun, setara dengan pemenuhan kebutuhan energi listrik sekitar 436 orang. Hasil ini masih merupakan perkiraan. Perlu dilakukan pengamatan debit secara rutin dengan jangka waktu yang lebih lama, agar didapatkan hasil yang lebih akurat. Selain itu, perlu dilakukan observasi berkaitan dengan penggunaan listrik di lokasi studi, sehingga dapat dilakukannya pembagian distribusi listrik beserta analisis ekonominya.

### 5 | PELAKSANAAN SOSIALISASI

Setelah perhitungan selesai, disusunlah *booklet* sosialisasi yang berisi ringkasan dari perhitungan potensi energi listrik tersebut, beserta informasi mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Sebelum melakukan sosialisasi, ketua Tim Abmas berkomunikasi dengan Kepala Desa Kebontunggul dan disambut dengan baik. Sosialisasi dilakukan melalui penyerahan *booklet* sebanyak 25 eksemplar dan bincang santai dengan Bapak Direktur Bumdes Gajah Mada Desa Kebontunggul yang menggantikan Bapak Kepala Desa Kebontunggul yang berhalangan hadir.

Pada awalnya, kegiatan sosialisasi direncanakan dihadiri oleh beberapa warga Desa Kebontunggul. Namun, untuk menghindari kerumunan, kegiatan sosialisasi dialihkan menjadi kegiatan bincang santai dengan Bapak Direktur Bumdes serta penyerahan *booklet* sosialisasi. Diharapkan informasi dapat menyebar melalui pendistribusian *booklet* tersebut.

### 6 | RENCANA KEBERLANJUTAN

Target kedepannya, akan direncanakan studi lebih lanjut mengenai titik lokasi pengambilan air serta pembuatan prototipe PLTMH. Sesuai dengan harapan Bapak Direktur Bumdes Gajah Mada Desa Kebontunggul, pemanfaatan potensi sumber daya air menjadi energi listrik ini diharapkan dapat terealisasi di tahun-tahun yang akan datang.

### 7 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini dibiayai oleh Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, sesuai dengan Perjanjian Pendanaan Pengabdian Kepada Masyarakat Tematik Dana Unit Kerja (Departemen) Batch 2 Tahun 2021. Nomor Kontrak Induk: 2012/PKS/ITS/2021 tanggal 23 Juni 2021. Nomor Kontrak Pengabdian: 2073/PKS/ITS/2021 tanggal 23 Juni 2021.



**Gambar 6** Pelaksanaan sosialisasi.

Sumber: Dokumen Pribadi, 2021

## Referensi

1. Sukamta S, Kusmantoro A. Perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Elektro* 2013;5(2).
2. Nasir BA. Design considerations of micro-hydro-electric power plant. *Energy Procedia* 2014;50:19–29.
3. Kementrian E. Kebijakan Pemerintah dalam Pembangunan Infrastruktur Penyediaan Tenaga Listrik. Ditjen Ketenagaalistrikan. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistikan, Kementerian ESDM 2017;.
4. Patty O. *Mesin Tenaga Air*. Penerbit Erlangga, Jakarta 1995;.
5. Hanggara I, Irvani H. Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia* 2017;2(2):149–155.
6. Astuti W. Analisis Potensi Sungai Landean Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Untuk Wisata Lembah Mbencirang Kabupaten Mojokerto. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember 2018;.
7. Penche C, Khennas S, Barnett A. Layman's guide on how to develop a small hydro site. Directorate-General for Energy, Commission of European Communities, Brussels, Belgium 1998;.
8. Colorado. *The Small Hydropower Handbook*. Colorado Energy Office 2015;.

**Cara mengutip artikel ini:** Teguh, N. A., Maulana, M. A., Ansori, M. B., Damarnegara, A. A. N. S., Anwar, N., (2022), Pemanfaatan Potensi Kali Geruh Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan untuk Mendukung Desa Wisata Terpadu (Studi Kasus: Lembah Mbencirang, Desa Kebontunggul, Kabupaten Mojokerto), *Jurnal Sewagati*, 6(2):209–216.