



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hydro* Pada Sungai Debit Kecil

Nur Aisyah^a, Mar'atus Salsabila Zakiiyah^b, Eda Devi Ardini^c, Nila Khoirul Naili^d, Isaac Alfarez^e, Yuniar Fahmi Lathif^f

^{a,b,c,d,e,f}Jurusan Tadris Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Negeri Salatiga, Jalan Lingkar Salatiga, Km. 02, Kecamatan Sidorejo, Salatiga, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 16 Maret 2026

Revisi Akhir: 11 Juni 2026

Diterbitkan *Online*: 27 Juni 2026

KATA KUNCI

Energi Terbarukan

PLTPH

Perencanaan

Turbin air

KORESPONDENSI

Telepon:

E-mail: nuraisyah5476@gmail.com

ABSTRACT

Air merupakan salah satu jenis energi yang melimpah di Indonesia, sehingga dapat berpotensi jika dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik skala kecil, salah satunya Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hydro* (PLTPH). Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pembangunan pembangkit listrik pada sungai debit air kecil sebagai sampel sehingga tergolong kedalam jenis *pico hydro*, penelitian perencanaan ini berada di Dusun Blater Kidul, Desa Jimbaran, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini untuk membuktikan bahwa pada aliran air sungai dengan debit air menyuplai listrik kebutuhan kecil. Pengukuran lapangan dilakukan untuk menentukan kecepatan aliran sungai, luas penampang sungai, debit, dan *head* sebagai dasar perhitungan potensi daya. Hasil penelitian menunjukkan debit aliran 0,18 m³/s, kecepatan 2,3 m/s, dan *head* efektif 2,8 m. Perhitungan menghasilkan potensi daya 5,297 kW dan daya bersih 4,202 kW dengan efisiensi sistem 85%. Penggunaan turbin pelton dipilih karena sesuai dengan debit dan *head* rendah hingga sedang. Penelitian ini menegaskan bahwa perencanaan PLTPH dapat dimanfaatkan untuk penerangan pada desa terpencil, penerangan jalan desa, maupun penerangan pada kebutuhan listrik yang tidak terlalu banyak.

1. PENDAHULUAN

Salah satu urgensi kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari yaitu energi listrik. Pesatnya perkembangan serta pertumbuhan teknologi menyebabkan tuntutan pasokan listrik yang lebih tinggi. Ketersediaan energi fosil yang digunakan sebagai sumber energi listrik di alam ini mulai menyusut, oleh karenanya dibutuhkan sumber energi alternatif berupa energi baru terbarukan. (Jabar et al., 2020).

Mengaplikasikan sistem energi terbarukan memang sangat penting bagi bangunan salah satunya yaitu komponen penting dalam mendorong penerapan teknologi hijau sektor konstruksi sistem ini memungkinkan bangunan menghasilkan energi secara mandiri dari sumber energi terbarukan (Purba et al., 2025).

Di Indonesia, belum semua penduduknya mendapatkan pasokan listrik yang pantas. Ketimpangan antara kebutuhan energi dengan pasokan energi hingga saat ini masih ada, terutama diluar pulau Jawa, Sumatera dan kepulauan-kepulauan kecil di Indonesia. Kementerian ESDM per Juni 2025 melaporkan sebanyak 10.068 lokasi

di Indonesia hingga saat ini belum terlistriki oleh PLN (Kontan.co.id 2025).

Indonesia merupakan negara dengan kondisi topografi yang banyak pegunungan dan perbukitan serta curah hujannya yang tinggi, yang menyebabkan Indonesia memiliki aliran air cukup untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi utama (Pangkung et al., 2025).

Indonesia memiliki potensi energi air mencapai 89,37 GW. Staff Ahli Menteri ESDM Bidang Ekonomi Sumber Daya Alam, dari informasi yang dikatakan oleh Lana Saria, bahwa keseluruhan potensi tersebut mencakup 293 tempat yang terbagi dalam dua golongan. Sejumlah 257 lokasi merupakan potensi pada bendungan dengan kapasitas kumulatif 14.701,171 MW. Data menunjukkan bahwa pemanfaatan potensi energi air yang ada baru mencapai 7,2%. Pemanfaatan dominan adalah dalam bentuk pembangkit listrik, dengan presentase 14,4% dari 107 GW per bulan oktober 2025 (Bisnis.com 2024).

Salah satu energi terbarukan yang dapat dijadikan solusi untuk beberapa permasalahan tersebut yakni dengan memanfaatkan energi *pico hydro*. Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hydro* (PLTPH) merupakan pembangkit listrik berskala kecil yang mampu menghasilkan tingkat keluaran tenaga listrik di bawah 5 Kw. (Ambarwati Pratomo et al., 2024).

Sistem pada PLTPH memiliki ciri spesifik yang sederhana, fleksibel dan lebih terjangkau sehingga memudahkan dalam proses instalansi, pengoprasian, dan penyesuaian. Selain itu, teknologi ini bermanfaat bagi masyarakat di wilayah 3T (tertinggal, terdepan, dan terluar), terutama dalam segi biaya yang ekonomis dan kemampuannya dalam mengatasi kendala pada jarak sistem mekanis energi dari sumber listriknya. Oleh karenanya, PLTPH dapat menjadi solusi utama untuk penyediaan listrik pada wilayah 3T, dikarenakan biayanya lebih terjangkau dibandingkan yang lain.

Penelitian mengenai PLTPH di Indonesia sudah banyak dilakukan diberbagai wilayah. Salah satunya adalah penelitian oleh Hamdani & Edypoewara (2025) di Desa Cinangsari, Cianjur, yang memanfaatkan aliran air dengan kecepatan (v) $0,4 \text{ m/s}$ dan head (h) 80 cm . Dari pengukuran lapangan diperoleh debit $0,057 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan potensi daya sekitar 1.100 W pada efisiensi sistem 90% . Sistem PLTPH yang dirancang menggunakan kincir overshoot dan generator magnet permanen yang dapat menghasilkan keluaran listrik stabil, sehingga layak diterapkan di daerah berdebit rendah (Hamdani & Edypoerwa, 2025).

Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hydro* (PLTPH) ini memanfaatkan tenaga dari aliran air sungai (*Run of River*) sebagai penggeraknya, seperti tinggi terjunnya air dan jumlah debit airnya. Adapun prinsip kerja PLTPH ini dengan mengubah tenaga potensial atau tenaga kinetik air oleh turbin air dan dialirkan ke generator untuk diubah menjadi tenaga listrik yang menghasilkan kapasitas daya listrik dibawah 5 kW (Fatahudin & Kurniawan, 2019). Sistem PLTPH secara umum terdiri dari 2 komponen utama, yaitu generator dan turbin yang di perkuat oleh pipa PVC untuk membantu pengaliran air lebih stabil dan perangkat atau instalasi listrik.

Beda tinggi permukaan air yang mengalir turbin berpengaruh pada energi potensial air yang nantinya turbin akan bergerak. Hal ini disebabkan oleh konstruksi PLTPH yang dirancang agar air dapat jatuh melalui saluran menuju pembangkit listrik dalam bentuk turbin yang terhubung generator (Corio et al., 2020).

Pada dasarnya jika kita mengandalkan energi yang tidak dapat diperbarui maka sumber energi akan cepat habis, solusi dari sumber energi yang tidak dapat diperbarui yaitu EBT (Energi Baru Terbarukan) salah satunya yaitu pemanfaatan energi air. Pemanfaatan energi ini juga bermanfaat untuk menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan untuk penerangan bagi penduduk yang belum mendapatkan pasokan listrik.

Dalam Penelitian terdahulu membahas tentang perencanaan PLTPH di rumah tangga, namun dalam penelitian tersebut hanya membahas tentang perancangan tanpa adanya desain rancangan PLTPH (Bandri et al., 2021). Oleh karena itu, pada penelitian ini merancang sebuah desain PLTPH untuk sungai debit kecil yang dapat dimanfaatkan untuk penerangan pada desa terpencil, penerangan jalan desa, maupun penerangan pada kebutuhan listrik yang tidak terlalu banyak, dan pada penelitian ini disertakan perhitungannya untuk menganalisa potensi daya pada PLTPH.

Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pembangunan pembangkit listrik pada sungai debit air kecil sehingga tergolong kedalam jenis *pico hydro*, penelitian perencanaan ini berada di Dusun Blater Kidul, Desa Jimbaran, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini untuk membuktikan bahwa pada aliran air sungai dengan debit air kecil dapat digunakan menyuplai listrik kebutuhan kecil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Baru Terbarukan

Energi Baru Terbarukan (EBT) atau energi terbarukan adalah jenis energi yang berasal dari alam dan bisa digunakan terus-menerus tanpa habis. Sumber energi ini dapat dipergunakan secara bebas dan berkelanjutan. Saat ini dunia membutuhkan sumber energi yang cukup dan ramah lingkungan untuk menghadapi tantangan perubahan iklim, keamanan energi, serta stabilitas perekonomian. Beberapa pihak menekankan perlunya mengganti sumber daya fosil dengan sumber energi baru. Perkembangan teknologi untuk mengubah energi seperti panel surya, turbin angin, dan pembangkit berbasis biomassa semakin memperkuat peran energi terbarukan sebagai bagian utama dalam perubahan sistem energi global yang rendah emisi karbon (Rumahorbo & Nursadi, 2023).

Dilihat dari perannya dalam pembangunan, EBT tidak hanya dianggap sebagai sumber energi alternatif, tetapi juga dijadikan dasar dalam membangun ketahanan energi jangka panjang. Ketergantungan yang besar pada bahan bakar fosil membuat ekonomi lebih rentan dan harga energi sering berubah-ubah, sehingga mengembangkan energi terbarukan menjadi solusi yang efektif. Selain memberi manfaat bagi lingkungan dengan mengurangi polusi, pembangunan energi bersih juga mendorong terciptanya teknologi baru, menarik investor, dan membuka kesempatan kerja di bidang energi yang ramah lingkungan. Dengan demikian, upaya mengoptimalkan energi terbarukan menunjukkan cara yang terorganisir untuk menggabungkan faktor lingkungan, ekonomi, dan sosial demi mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan.

2.2. Energi Baru Terbarukan

Air adalah salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki peran utama dalam penyediaan energi listrik melalui hydropower (pembangkit listrik tenaga air). Energi air dimanfaatkan dari peluang energi potensial dan kinetik air yang mengalir atau jatuh dari ketinggian tertentu, diubah menjadi energi mekanik melalui turbin, kemudian dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Sifatnya yang dapat diperbarui secara alami menjadikan hydropower sebagai sumber energi bersih karena menghasilkan emisi gas rumah kaca yang relatif rendah dibandingkan pembangkit berbasis bahan bakar fosil (Malik et al., 2024). Pemanfaatan hydropower tidak hanya pada skala besar PLTA tetapi juga pada skala kecil seperti Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro (PLTMH) dan Pico hydro (PLTPH). Di beberapa daerah seperti di saluran irigasi dan anak sungai, PLTMH dan PLTPH mampu menyediakan listrik lokal yang efisien untuk kebutuhan perdesaan yang belum terjangkau jaringan utama, serta

memberikan fungsi tambahan seperti pemanfaatan saluran irigasi untuk produksi energi.

2.3. Prinsip Kerja

Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hydro* dengan turbin *archimedes screw* memanfaatkan energi aliran air dan variasi *head* untuk memutar turbin yang terhubung ke generator sehingga menghasilkan daya listrik ($P = V \times I$), dimana besar gaya dipengaruhi oleh tinggi jatuh air debit (Putra.S.P.A dkk 2024).

Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hydro* bekerja dengan mengalirkan air melalui pipa menuju turbin (seperti turbin pelton) sehingga energi potensial berubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui induksi elektromagnetik pada generator.

Kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh kombinasi *head*, debit aliran air, serta efisiensi turbin dan generator, hal ini dikarenakan faktor-faktor tersebut menentukan besar kecilnya putaran turbin dan daya keluaran listrik yang dihasilkan (Siburian. N. 2023).

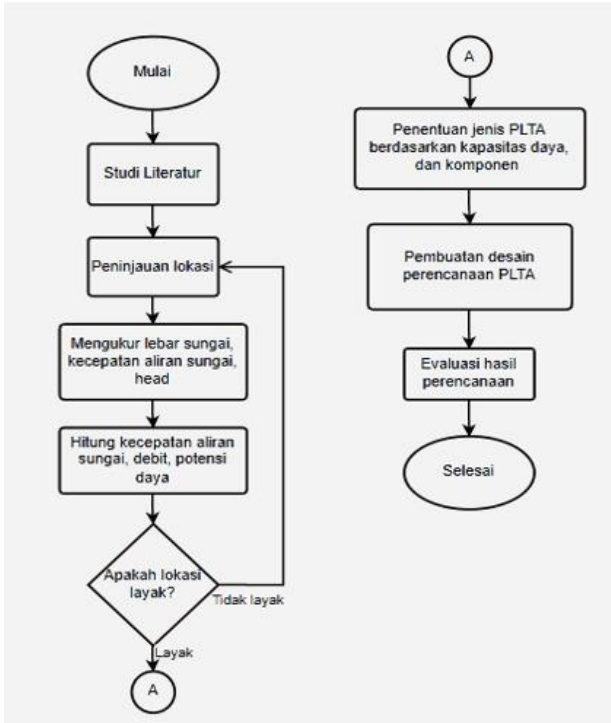
2.4. Kebutuhan Primer

Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hydro* (PLTPH) merupakan instalasi pembangkit listrik tenaga air dengan skala sangat kecil, umumnya memiliki daya di bawah 5 kW, yang memanfaatkan perbedaan ketinggian serta aliran air dari sungai atau saluran irigasi sebagai sumber energi. (1) Berbagai studi telah menunjukkan bahwa PLTPH sangat ideal untuk diterapkan di lokasi-lokasi terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik, karena dapat berfungsi dengan ketinggian jatuh yang relatif kecil (antara 1-4 meter) serta debit air yang cukup rendah, contohnya sekitar 30 liter per detik. (2) Desain dan konstruksi PLTPH yang telah dilaksanakan di sejumlah daerah menunjukkan bahwa sistem ini dapat menghasilkan listrik dalam kisaran ratusan hingga ribuan watt, dengan efisiensi yang bervariasi tergantung pada desain turbin, kincir, serta kondisi aliran air.

Selain untuk pencahayaan rumah, PLTPH juga telah dikembangkan untuk penggunaan khusus seperti penggerak pompa hidroponik, penerangan area pemukiman, dan pemanfaatan energi terbarukan di sektor pertanian serta kehutanan. Dengan demikian, pembangkit listrik tenaga air jenis *pico hydro* memiliki potensi sebagai solusi energi terbarukan yang ekonomis, emisi rendah, dan sangat sesuai untuk konteks pedesaan serta daerah terpencil di Indonesia.

3. METODOLOGI

Metoda penelitian meliputi studi literatur yaitu dengan pemilihan lokasi yang tepat, perhitungan debit aliran sungai, head, potensi daya dan perencanaan sistem. Metoda juga digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tepatnya pemilihan lokasi dapat ditentukan dengan beberapa faktor, yaitu:

- Faktor teknis, faktor ini berfokus pada kelayakan teknis dan operasional sistem pembangkitan yang meliputi kondisi sumber air dan potensial daya yang merupakan penentu utama kapasitas daya listrik yang dapat dibangkitkan, hal ini mencakup debit air dan ketinggian jatuhnya air, jenis dan lokasi pembebanan yaitu penentuan sifat beban listrik dan jarak lokasi pembangkit ke pusat beban dan komponen instalansi.
- Faktor biaya, pada pembangunan dari perencanaan PLTPH ini dibutuhkan biaya yang mahal, biaya tersebut memuat biaya transportasi dan komponen PLTPH.
- Faktor lingkungan, pada faktor ini meliputi pemilihan lokasi yang tepat digunakan untuk perencanaan PLTPH.

Perencanaan sistem dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

- Pengukuran lebar sungai, kecepatan aliran sungai dan head. Berdasarkan hasil pengukuran selanjutnya menghitung kecepatan aliran sungai, debit, dan potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLTPH.
- Pemilihan komponen dalam perencanaan, dalam pemilihan komponen ini dirancang berdasarkan faktor teknisnya. Sistem yang dirancang harus menghasilkan listrik yang stabil. Beban listrik yang disuplai berupa penerangan pabrik tahu yang menggunakan lampu LED 15 W sebanyak 3 buah dan untuk penerangan jalan sawah dengan lampu LED 20 W sebanyak 4 buah.

Perancangan PLTPH pada penelitian ini dipertimbangkan melalui beberapa perhitungan, adapun tahap-tahap perhitungannya, yaitu:

- Ukur lebar, dan tinggi sungai tempat penelitian;
- Ukur kecepatan aliran sungai dengan melakukan sebanyak 5 kali pengukuran menggunakan botol air mineral 220 ml (kosong) dari jarak tempuh sekitar 3 pada aliran sungai dan hitung waktu tempuhnya, sehingga dapat dilakukan perhitungan dengan rumus;

$$v = \frac{\text{rata-rata jarak tempuh}}{\text{rata-rata waktu tempuh}}$$

- Perencanaan PLTPH ini akan menggunakan paralon PVC dengan diameter 0,1 m dengan koefisien kekasaran Hazen Williams sebesar 140-150 (h2x), sehingga dapat dilakukan perhitungan luas penampang (A) dengan rumus perhitungan; $A = \frac{1}{4} \pi d^2$
- Konversikan hasil dari perhitungan v dan A pada rumus perhitungan debit air (Q); $Q = A \cdot v$
- Hitung daya keluaran dengan perhitungan; $W = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h$

Dengan tetapan massa jenis air (ρ) 1.000 kg/m³, g = percepatan gravitasi (9.8 m/s dan head (h) = perbedaan ketinggian muka air (m). Sehingga daya listrik yang dapat dimanfaatkan, dapat dihitung dengan;

$$P_{netto} = W \cdot Et$$

- Hitung Hf (Head loss) untuk menghitung seberapa besar energi aliran fluida yang hilang saat bergerak melalui sistem perpipaan atau saluran dengan rumus perhitungan:

$$H_f = \frac{f \cdot L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}}$$

Dengan tetapan $f=10,67$ (Sari et al., 2022).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Potensi Daya Listrik

Perencanaan PLTPH dilakukan dengan menentukan sampel lokasi perencanaan instalasi PLTPH yang dapat menjamin kapasitas pembangkitan optimal dan kondisi operasional terbaik, selain itu juga dapat ditentukan oleh potensial daya yang meliputi debit air, *head*, jenis komponen dan lokasi pembebanan. Pada tahap peninjauan pemilihan lokasi untuk perencanaan PLTPH dengan mempertimbangkan dari beberapa faktor, yang paling utama yaitu faktor lingkungan, dengan cara memilih lokasi yang tepat maka dapat merencanakan PLTPH. Lokasi yang dipilih sebagai sampel berada di Dusun Blater Kidul, Desa Jimbaran, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang.



Gambar 2. Lokasi Daerah Perencanaan PLTPH

Pada desa tersebut memiliki beberapa sungai salah satunya yaitu terdapat pada Gambar 3, yang menunjukkan kondisi aliran sungai pada Dusun Blater Kidul.



Gambar 3. Kondisi Aliran Sungai

Pada perencanaan PLTPH ini dilakukan pengukuran debit aliran sungai secara sederhana, yang pertama, menentukan kecepatan aliran sungai yang dilakukan menggunakan botol air mineral 220 ml dialirkan ke aliran sungai dengan jarak tempuh 3 m diukur menggunakan meteran pada gambar 4 (b). Pengukuran ini dilakukan sebanyak 5 kali percobaan kemudian diambil rata-rata dari semua hasil

pengukuran tersebut dan menghasilkan kecepatan 2,3 m/s, yang kedua menentukan luas penampang (A) hasilnya 0,0785 m. Dari perhitungan kecepatan aliran air dan luas penampang menghasilkan debit air 0,18 m³/s, perhitungan dari analisa daya keluaran PLTPH mendapatkan hasil W= 5,297 kW dan untuk Pnetto = 4,202 kW dengan asumsi efisiensi total sistem 85%, yang terakhir perhitungan *head losses* menggunakan rumus persamaan kekasaran PVC yaitu 145 dan luas sungai 6,5 m hasilnya Hf= 0,0002095 m.

Tabel 1. Kecepatan Aliran Air

Percobaan	Jarak tempuh (m)	Waktu tempuh (s)	Kecepatan aliran (m/s)
1	3	1,25	2,4
2	3	1,28	2,3
3	3	1,04	2,9
4	3	1,52	1,9
5	3	1,48	2
Rata-rata	3	1,32	2,3

Pipa pesat di PLTPH ini memiliki bahan dasar PVC dengan ukuran 2 m, memiliki diameter 0,1 m dan luas penampangnya 0,0785 m².

Tabel 2. Kecepatan, Luas Penampang, dan Debit Aliran

No	Uraian	Hasil	Satuan
1	A= Luas penampang	0,0785	m ²
2	V= Kecepatan aliran air	2,3	m/s
3	Q= Debit air	0,18	m ³ /s

Tabel 3. Spesifikasi Komponen PLTPH

Uraian	Hasil	Satuan
Q= Debit air	0,18	m ³ /s
g= Gravitasi	9,81	m/s ²
Head=Tinggi jatuh	3	m
Hefektif=Tinggi efektif	2,8	m
P = Massa jenis air	1000	Kg/m ³
Asumsi efektif total sistem	85%	-

$$V = \frac{s}{t}$$

$$V = \frac{3}{1,32}$$

$$V = 2,3 \text{ m/s}$$

Luas Penampang

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,1^2$$

$$A = 0,00785 \text{ m}^2$$

Debit air

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = 0,0785 \cdot 2,3$$

$$Q = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Analisa daya keluaran PLTPH

$$W = Q \times \rho \times g \times h$$

$$W = 0,18 \times 1.000 \times 9,81 \times 3$$

$$W = 5.297 \text{ W}$$

$$W = 5,297 \text{ kW}$$

Sehingga besar daya aktual ada daya listrik yang dapat dimanfaatkan:

$$P_{netto} = Q \times \rho \times g \times h \times \eta$$

$$P_{netto} = 0,18 \times 1.000 \times 9,81 \times 2,8 \times 85\%$$

$$P_{netto} = 4.202 \text{ W}$$

$$P_{netto} = 4,202 \text{ kW}$$

Tabel 4. Analisa Potensi Daya Pada PLTPH

No	Data Perhitungan	Potensi Daya Air	Daya Aktual
1	Head losses	-	0,0002095 m
2	Efisiensi sistem	-	8,5
3	Head	3	m

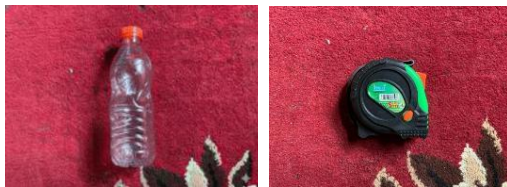
Didapatkan daya listrik pada perencanaan PLTPH di desa blater adalah 4,202 kW

Head losses

$$H_f = \frac{f \cdot L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}}$$

$$H_f = \frac{10,67 \cdot 6,5 \cdot 0,18^{1,852}}{145^{1,852} \cdot 0,1^{4,87}}$$

$$H_f = \frac{2,843}{13,568} = 0,0002095 \text{ m}$$



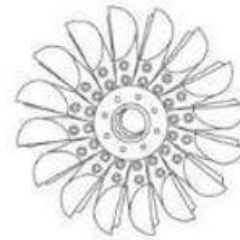
(a) (b)

Gambar 4. (a) Botol air mineral 220ml (b) Meteran

4.2 Komponen Perencanaan dan Desain

Perencanaan PLTPH memuat beberapa komponen mulai dari turbin. Turbin adalah komponen paling krusial dalam sistem PLTA. Prinsip kerja turbin adalah memanfaatkan aliran air untuk mengubah energi potensial menjadi energi kinetik yang akan menggerakkan roto. Dengan bantuan sabun dan puli yang terpasang pada rotor dan terhubung ke puli generator, maka generator bisa menghasilkan listrik. Besarnya daya listrik yang dihasilkan tergantung pada aliran air dan perbedaan ketinggian di tempat pembangkit. Pemilihan desain turbin harus mempertimbangkan kondisi dan karakteristik lokasi, khususnya perbedaan ketinggian dan volume air yang tersedia. Turbin memiliki karakteristik kekuatan dan kecepatan putar yang paling

efektif pada kombinasi tertentu dari perbedaan ketinggian dan debit. Putaran turbin biasanya dipengaruhi oleh perbedaan ketinggian. Berdasarkan perbedaan ketinggian, desain turbin dibagi menjadi tiga kategori, yaitu tinggi (*high head*) untuk perbedaan di atas 30 m, sedang (*medium head*) untuk perbedaan antara 10-30 m, dan rendah (*low head*) untuk perbedaan di bawah 10 m.



Gambar 5. Turbin Pelton

Turbin impuls yang terbaru yaitu jenis Pelton. S. S. Knight dan N. J. Colena menemukan desain dengan tambahan mangkok pada turbin, Knight pada tahun 1872 dan Colena pada tahun 1873. Turbin impuls tersebut, pada tahun 1880 oleh Lester G. Pelton dari Amerika dan dibangun dengan mangkok ganda simetris. Mangkok tersebut memecah aliran jet menjadi 2 bagian yang sama dengan cara membelokkan ke samping. Pada turbin jenis ini, gerakan diperoleh dengan membelok di mangkok ganda dari putaran. Oleh sebab itu, turbin ini dinamakan turbin pancaran bebas. Pelton adalah turbin yang bergantung kepada reaksi impuls turbin dari energi reaksi yang dapat diperoleh dari tenaga hidrolik sehingga, semakin tinggi head yang dimiliki, turbin menjadi lebih efektif (Syarif et al., 2019).

Turbin jenis Pelton adalah turbin impuls yang sebaiknya dipasang pada lokasi dengan tinggi air jatuh yang besar. Turbin ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya adalah daya yang dihasilkan besar, desain yang sederhana, perawatan mudah, dan teknologi yang tidak rumit. Akibatnya, turbin ini menjadi sangat berguna pada daerah yang terisolasi. Namun, turbin Pelton memiliki kekurangan antara lain yaitu ketinggian aliran air memerlukan reservoir atau bendungan, yang memerlukan investasi lebih besar (Kumara & Adiwibowo, 2023).

Impuls turbin yang beroperasi menerapkan prinsip perpaduan gerakan cairan bertekanan air ke arah rotasi turbin. Air bertekanan tersimpan pada *hot nozzle* dan berfungsi sebagai penggerak dalam siklus kerja turbin. Putaran roda penggerak menghasilkan energi mekanik yang akan diubah pada poros generator menjadi energi listrik. Perhitungan turbin memerlukan suatu massa jenis atau *density* (ρ) yang merupakan massa benda yang ada pada suatu ruang. Jenis massa adalah massa zat dalam

suatu ruang. Berat zat mempunyai arah dan dipengaruhi oleh massa zat dan kekuatan gravitasi.

Mekanisme kerja turbin Pelton yaitu memanipulasi energi yang dikandung air dalam bak penampung. Pertama, penghubung (*switch*) motor pompa yang ada di panel listrik diaktifkan agar pompa mulai beroperasi dan mengisi wadah. Air yang tersimpan dalam bak penampung ditahan pada sirkulasi pipa ke nozzle penyemprot. Air yang dipompa dari bak penampung ditahan pada kran dan alat ukur aliran atau flow meter. Air yang dipompa dari nozzle kemudian jatuh ke bak penampung (Simamora, 2017).

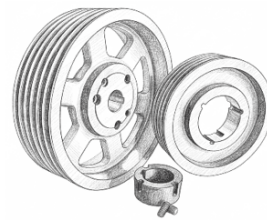
Aliran sungai yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber tenaga untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air adalah aliran yang tetap ada sepanjang tahun dengan volume air yang konsisten baik di musim kering maupun musim hujan. Biasanya, karakteristik sungai tersebut tidak terlalu besar tetapi memiliki kemiringan dan aliran yang memenuhi syarat sebagai sumber air untuk PLTA.

Sumber air yang menggerakkan turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTPH) bisa berasal dari mata air atau sungai. Aspek paling krusial yang perlu diperhatikan adalah ketersediaan air yang berlangsung secara terus-menerus sepanjang tahun. Dengan pasokan air yang stabil, ukuran pintu masuk, reservoir atau forebay tank yang diperlukan lebih kecil (Iqball & Pratiwi, 2021).



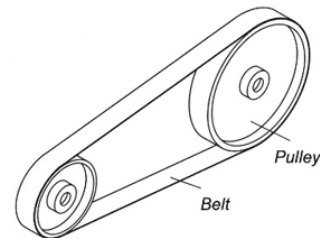
Gambar 6. Sungai

Pulley merupakan sistem sederhana yang tersusun dari roda yang berputar di sekitar porosnya. Pulley berfungsi untuk mengubah arah dan kekuatan sebuah tali atau kabel. Tali atau kabel yang digulung di sekitar roda pulley dapat mengangkat atau memindahkan beban dengan lebih mudah. Terdapat pulley yang terpasang secara permanen, ada juga pulley yang berputar di sekitar sumbu (Romadhon et al., 2024).



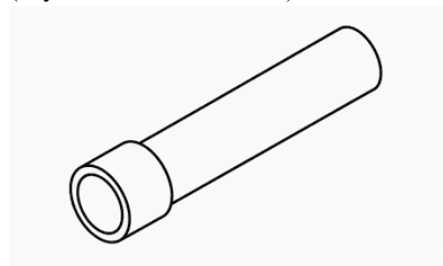
Gambar 7. Pulley

V-belt merupakan sabuk yang berfungsi untuk memindahkan tenaga dari satu pulley ke pulley yang lain. Sabuk ini memiliki bentuk potongan melintang, yang menyerupai huruf v, sehingga sesuai dengan bentuk lekukan pada pulley. Saat sabuk berada diantara dua pulley, tenaga dari satu pulley dapat berpindah ke pulley lainnya melalui gaya gesek pada sabuk dan pulley. V-belt umum digunakan dalam berbagai mesin, seperti alat berat industri, dan mesin pemotong kayu (Romadhon et al., 2024).



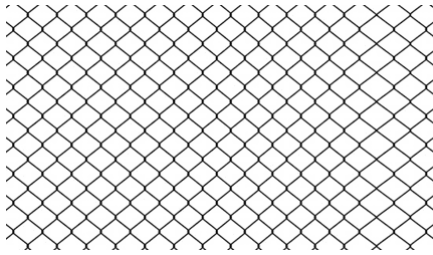
Gambar 8. V-belt

Pipa PVC merupakan salah satu peranti yang dipakai sebagai saluran air menuju turbin dengan ukuran yang tersedia. Pipa PVC adalah tipe pipa plastik yang banyak diterapkan untuk mengalirkan air dalam berbagai sistem. Bahan utamanya terdiri dari Polivinil Klorida (PVC Resin), etilena (yang bersumber dari minyak bumi), dan klorin (yang di hasilkan dari garam/NaCl). Penulis merancang dengan cara tertentu agar aliran air memenuhi harapan (Riyadi & Wakidah, 2025).



Gambar 9. Pipa PVC

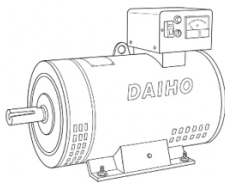
Saringan air ini dipasang untuk memfilter limbah yang terbawa air, sehingga air yang tersaring tidak ada limbah dan tidak akan mengganggu putaran turbin pada PLTPH (Sugiharto, 2018).



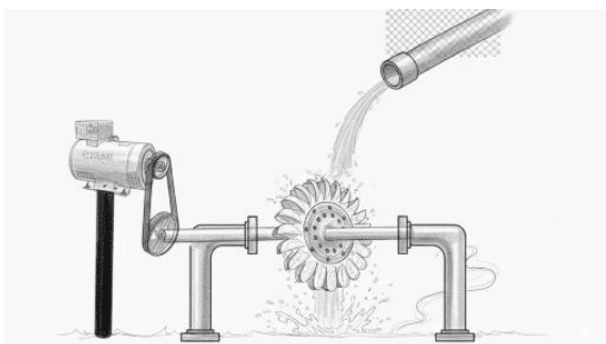
Gambar 10. Saringan Air

Generator dihubungkan dengan turbin menggunakan pulley dan v-belt sehingga agar porosnya berputar seirama. Putaran mekanik dari turbin ini selanjutnya diubah menjadi energi listrik oleh generator. Prinsip kerja generator PLTA sama dengan generator pembangkit listrik lainnya yaitu rotasi turbin dimanfaatkan untuk memutar kumparan magnetik di dalam generator. Rotasi ini memicu pergerakan elektron yang menghasilkan arus listrik (Simanjorang et al., 2021).

Magnet dan kawat lilit merupakan komponen dari generator listrik. Saat pergerakan yang beraturan di antara dua bagian, maka akan memotong garis gaya magnet lilitan kawat dan menghasilkan gaya gerak listrik. Alternatif modern terbuat dari sistem elektromagnet dan armatur yang terdiri dari berbagai lilitan konduktor berisolasi yang diletakkan dalam inti besi yang terlamina pada generator. Pada gambar 12 terdapat gambar desain perencanaan PLTPH.



Gambar 11. Generator



Gambar 12. Desain PLTPH

4.3 Pembahasan

Sebagai sampel untuk perencanaan dan perhitungan PLTPH pada sungai debit kecil dilakukan pada aliran sungai Dusun Blater Kidul, Desa Jimbaran, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang. Hasil perencanaan PLTPH yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa sungai dapat menjadi pembangkit listrik tenaga *pico hydro*

(PLTPH), dengan debit $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ dapat diketahui bahwa sungai dapat menghasilkan arus listrik bersih $5,297 \text{ kW}$ dengan P_{netto} $4,202 \text{ kW}$ dengan asumsi efisiensi 85% dan *head losses* $0,0002095 \text{ m}$ pada perencanaan ini menggunakan turbin dengan jenis pelton karena turbin ini dapat berputar dengan debit kecil dan ketinggian sedang.

Pada perencanaan ini diharapkan dapat menghasilkan listrik walau dengan debit air yang kecil yaitu $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$. Generator yang digunakan yaitu generator yang dapat menghasilkan listrik 5 kW . Pada perencanaan ini menggunakan turbin jenis pelton yang dapat berputar dengan debit dan head yang relatif rendah dan menggunakan pipa PVC agar debit air lebih stabil, ditambah dengan saringan air agar aliran lebih bersih dan tidak mengganggu aliran pada pipa yang disalurkan pada turbin.

Dari perencanaan ini memanfaatkan gaya gravitasi pada air ketika jatuh dan mengenai ujung turbin agar dapat bergerak. Pada bagian sungai ini yang dapat mendukung keberhasilan dari perencanaan ini yaitu tinggi dari aliran sungai 3 m dan beberapa bagian yang sesuai. Pemilihan turbin jenis Pelton yang akan tetap berputar walaupun debit air itu kecil dan penggunaan pipa agar debit air selalu konsisten (Valuby et al., 2022).

Beberapa poin yang harus dicermati dalam perencanaan PLTPH ini yaitu kuat arus yang berubah sesuai dengan cuaca, ketika musim kemarau debit air sangat kecil sehingga arus listrik yang dihasilkan pun kurang maksimal dan ketika debit air meningkat secara deras dapat menyebabkan beberapa bagian dari PLTPH yang telah dibuat rusak dan untuk perawatannya pun kurang jika PLTPH jauh dari pemukiman sehingga apabila terjadi kerusakan tidak diketahui secara langsung.

Pada perencanaan ini dapat dimanfaatkan untuk mengurangi penggunaan sumber energi yang tidak dapat diperbarui, jadi dengan adanya pemanfaatan energi baru terbarukan dengan sungai debit air kecil dapat membantu penerangan pada desa terpencil, penerangan jalan desa, maupun penerangan pada kebutuhan listrik yang tidak terlalu banyak.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulannya pada penelitian ini mengambil sampel di Sungai Dusun Blater Kidul, Desa Jimbaran, Kecamatan Bandungan dengan debit air $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ berpotensi menjadi pembangkit listrik tenaga *Pico hydro* (PLTPH) dengan kapasitas listrik bersih sekitar $5,279 \text{ kW}$ dan P_{netto} $4,202 \text{ kW}$, menggunakan jenis turbin pelton yang cocok untuk kondisi debit dan ketinggian air yang kecil hingga sedang.

Perancangan ini memanfaatkan gaya gravitasi air jatuh dengan tinggi aliran sekitar 3 m dan menggunakan pipa untuk mempertahankan stabilitas debit air. Adapun tantangan ketika perencanaan PLTPH diaplikasikan yaitu seperti variasi debit air akibat cuaca musiman dan perawatan yang sulit karena lokasi jauh dari pemukiman. Perencanaan PLTPH ini dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, dan membantu penerangan pada desa terpencil, maupun dimanfaatkan untuk penerangan dengan konsumsi listrik rendah.

Saran untuk penelitian lebih lanjut yaitu perencanaan PLTPH ini dapat diaplikasikan pada daerah yang memerlukan aliran listrik.

1. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Dusun Desa Blater Kidul Kabupaten Semarang yang telah memberikan izin untuk mengambil sampel kepada kami untuk melakukan penelitian di dusun tersebut, dan kepada dosen pembimbing mata kuliah energi terbarukan UIN Salatiga tahun 2025 yang telah memberikan bimbingan kepada kami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Jabar, G. V. Golwa, C. B. Prasetyo, and T. I. Kusuma, "Analisis Efisiensi Keluaran Energi Listrik Prototipe Sistem Pembangkit Tenaga *Pico hydro* Menggunakan Jenis Turbin Archimedes-Screw," 2020.
- [2] Bisnis.com. Kementerian ESDM Ungkap Potensi Energi Air Indonesia Capai 89,37 GW. Retrieved from <https://ekonomi.bisnis.com/read/20240912/9/1799259/kementerian-esdm-ungkap-potensi-energi-air-indonesia-capai-8937-gw>. 2024, September 12.
- [3] A. Pangkung, Y. Klistafani, A. Setiawan, and W. Lengke' Batara, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Menggunakan Turbin Double Archimedes Screw," *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 22, no. 2, pp. 218–225, Feb. 2025, doi: 10.31963/sinergi.v22i2.5352.
- [4] D. Ambarwati Pratomo, R. Fahreza, Z. Saputra, and P. Manufaktur Bangka Belitung, "Prototipe PLTPH Dengan Turbin Archimedes Screw Bilah Lima Berbasis IoT," vol. 02, no. 2, p. 330, 2024.
- [5] D. Hamdani And M. L. Edypoerwa, "Study and Design of Picohydro Power Plant for Low-Head and Low-Flow Application," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 13, no. 2, p. 200, Apr. 2025, doi: 10.26760/elkomika.v13i2.200.
- [6] D. Fatahudin and I. H. Kurniawan, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Kapasitas Daya 50 KW," 2019. [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>.
- [7] D. Corio, K. Kananda, K. S. Suhaimi, and H. Aziz, "Analysis of Generating *Pico hydro* Power Plants (PLTPH) Case Study: Reservoir e Institut Teknologi Sumatera," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Aug. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/537/1/012029.
- [8] Kontan.co.id. Ada 10.068 Lokasi di Indonesia Belum Teraliri Listrik,Butuh Investasi Rp 50,1 Triliun. Retrieved from industri.kontan.co.id/news/ada-10068-lokasi-di-indonesia-belum-teraliri-listrikbutuh-investasi-rp-501-triliun. 2025, June 30.
- [9] N. R. Sari, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Analisis Pemanfaatan Pltmh Di Pondok Pesantren Nahdlatut Thalibin Kabupaten Probolinggo," *JUPE: Jurnal Pendidikan Mandala*, vol. 7, no. 2, Jun. 2022, doi: 10.58258/jupe.v7i2.3509.
- [10] A. Syarif et al., "Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Turbin Pelton The Design Of Pelton Turbine Micro Hydro Power Plant Prototype," Pp. 1–6, 2019.
- [11] H2x. Hazen-Williams vs. Darcy-Weisbach Introduction. Retrieved from www.h2xengineering.com.
- [12] I. G. D. Kumara and P. H. Adiwibowo, "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Luas Sudu Pada Plat Datar Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Pelton," 2023.
- [13] M. S. Simamora, "Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton," 2017.

- [14] M. Iqball and G. F. Pratiwi, "Rancangan Pemodelan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro (Pltmh)," vol. 1, pp. 139–154, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/tera>
- [15] M. I. Romadhon, W. P. Muljanto, and N. P. Agustini, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Di Desa Pendem ,Kec. Junrejo, Kota Batu," 2024.
- [16] S. Riyadi and R. N. Wakidah, "Analisis Pengaruh Tekanan Dan Dengan Debit Air Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh)," *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, vol. 10 No 5, pp. 61–70, 2025, doi: 10.8734/Kohesi.v1i2.365.
- [17] A. Sugiharto, "PLTMH Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan," 2018.
- [18] I. B. Simanjorang, I. S. Siahaan, and J. L. Hutabarat, "Studi Analisis Eksitasi dan Governor Untuk Mengatur Tegangan dan Frekuensi Keluaran Generator Pada PLTMH Aek Raison I," 2021.
- [19] A. H. Valuby, Y. Shalahudidin, F. Yumono, and R. F. Rizal, "Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Pelton," *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, vol. Vol 4, pp. 100–111, Jul. 2022.
- [20] Purba, B., Waris, M., Hasibuan, A., Wardhana, A. S. J., Ansya, Y. A., Tidar, F. P., Rauf, R., Bachtiar, E., Umam, K., Mahyuddin, Y., Koedoes, Y. A., Marimpan, L. S., Hasnawi, M., Rela, I. Z., Susilawaty, A., Lubis, M., Winardi, R. R., Giyanto, Praseyto, S. A., ... Fajri, R. *Teknologi hijau dan energi terbarukan untuk masa depan. Yayasan Kita Menulis.* 2025.
- [21] N. Siburian, W. Naibaho, dan T. Sianturi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro," *Jurnal Majamecha*, vol. 5, no. 2, hal. 86-98, Des. 2023. [Online]. Available: ejurnal.unim.ac.id.
- [22] S. P. A. Putra *dkk.*, "Pengujian Alat Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (Pltph) Terhadap Keluaran Daya Dan Debit Air Yang Dihasilkan Dengan Variasi Ketinggian Head," *Jurnal Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, vol. 7, no. 1, hal. 6-14, 2024.
- [23] M. I. Malik, R. Widyantoro, A. I. Rabbika, Yanti, and Yadi, "Analisis Potensi Pembangkitan Listrik Tenaga Nano Hydro di Saluran Irigasi Desa Cintaraja Tasikmalaya," *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 9, no. 1, pp. 540–547, 2024, doi: 10.36277/jteuniba.v9i1.393.
- [24] R. P. Rumahorbo and H. Nursadi, "Energi Baru Terbarukan Sumber Daya Air: Manfaat Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup," *Jurnal Darma Agung*, vol. 31, no. 1, pp. 185–202, 2023.
- [25] S. Bandri, A. Premadi, and R. Andari, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga PichoHydro (PLTPh) Rumah Tangga," *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, vol. 21, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.36275/stsp.v21i1.345.