

**OPTIMALISASI KONVERSI ARUS AIR WASTAFEL
MENJADI ENERGI LISTRIK
MENGUNAKAN GENERATOR MIKROHIDRO**

KARYA ILMIAH



Disusun Oleh:

- | | |
|-------------------------------------|---------------|
| 1. 29899 Evelyn Hudoyo | XII MIPA 8/13 |
| 2. 29978 Jessica Edelyne Logamarta | XII MIPA 8/19 |
| 3. 29989 Joanne Valent Prasetya | XII MIPA 8/20 |
| 4. 29996 Joel Raphael Liangkey | XII MIPA 8/21 |
| 5. 30019 Karmel Anastasia Lianggono | XII MIPA 8/22 |
| 6. 30031 Kenrick Tjahyadi Ignazio | XII MIPA 8/24 |

**SMA KATOLIK ST. LOUIS 1
SURABAYA
2025**

**OPTIMALISASI KONVERSI ARUS AIR WASTAFEL
MENJADI ENERGI LISTRIK
MENGUNAKAN GENERATOR MIKROHIDRO**

KARYA ILMIAH

Untuk memenuhi sebagian persyaratan kelulusan



Disusun Oleh:

- | | |
|-------------------------------------|---------------|
| 1. 29899 Evelyn Hudoyo | XII MIPA 8/13 |
| 2. 29978 Jessica Edelyne Logamarta | XII MIPA 8/19 |
| 3. 29989 Joanne Valent Prasetya | XII MIPA 8/20 |
| 4. 29996 Joel Raphael Liangkey | XII MIPA 8/21 |
| 5. 30019 Karmel Anastasia Lianggono | XII MIPA 8/22 |
| 6. 30031 Kenrick Tjahyadi Ignazio | XII MIPA 8/24 |

**SMA KATOLIK ST. LOUIS 1
SURABAYA
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
NASKAH LAPORAN KARYA ILMIAH**

Judul : Optimalisasi Konversi Arus Air Wastafel Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Mikrohidro

Penyusun : 1. 29899/Evelyn Hudoyo XII MIPA 8/13
2. 29978/Jessica Edelyne Logamarta XII MIPA 8/19
3. 29989/Joanne Valent Prasetya XII MIPA 8/20
4. 29996/Joel Raphael Liangkey XII MIPA 8/21
5. 30019/Karmel Anastasia Lianggono XII MIPA 8/22
6. 30031/Kenrick Tjahyadi Ignazio XII MIPA 8/24

Pembimbing I : Linda Juliarti, S.Pd., M.Si.

Pembimbing II : Elisabeth Grani Larasati, S. Pd.

Tanggal Presentasi : 4 Februari 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Linda Juliarti, S.Pd., M.Si.

Elisabeth Grani Larasati, S. Pd.

Mengetahui,

Kepala Sekolah

Dra. Sri Wahjoeni Hadi S.

ABSTRAK

Optimalisasi Konversi Arus Air Wastafel Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Mikrohidro

Evelyn Hudoyo, Jessica Edelyne Logamarta, Joanne Valent Prasetya, Joel Raphael Liangkey, Karmel Anastasia Lianggono, Kenrick Tjahyadi Ignazio
SMA Katolik St Louis 1 Surabaya

Generator mikrohidro memanfaatkan energi kinetik air yang mengalir dari keran untuk dikonversi menjadi energi listrik melalui proses mekanis dan elektromagnetik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian diserahkan menggunakan dioda agar hanya mengalir dalam satu arah, lalu disimpan sementara di kapasitor sebelum akhirnya disalurkan untuk menyalakan perangkat elektronik seperti lampu LED. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah generator mikrohidro dapat berfungsi sebagai sumber energi alternatif, serta menganalisis jumlah energi listrik yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini juga meneliti bagaimana variasi debit dan tekanan air mempengaruhi jumlah energi yang dihasilkan dan membandingkan efisiensi antara rangkaian seri dan paralel dari dua generator mikrohidro. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif, kuantitatif, dan komparatif. Data yang dikumpulkan mencakup tegangan dan arus listrik yang dihasilkan serta jumlah lampu LED yang dapat menyala dalam rangkaian seri maupun paralel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa generator mikrohidro dapat menghasilkan listrik, dan debit air berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan. Rangkaian seri menghasilkan tegangan lebih tinggi dan mampu menyalakan lebih banyak LED, sementara rangkaian paralel menghasilkan arus yang lebih besar. Oleh karena itu, pemilihan jenis rangkaian bergantung pada kebutuhan listrik yang diinginkan.

Kata kunci: *generator mikrohidro, listrik, seri, paralel*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Ujian Keterampilan yang berjudul “Optimalisasi Konversi Arus Air Wastafel Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Mikrohidro”. Laporan ini dibuat untuk menganalisis optimalisasi pemanfaatan teknologi konversi energi dari arus air wastafel menjadi listrik dengan generator mikrohidro.

Ujian Keterampilan ini diadakan oleh SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya setiap tahunnya. Kegiatan ini digunakan untuk mengaplikasikan teori yang sudah diperoleh selama 3 tahun di SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya. Ujian Keterampilan ini dilakukan dengan melibatkan para siswa dan guru SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penyusun mendapatkan pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak berikut.

1. Drs. Sri Wahjoeni Hadi S., selaku kepala SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.
2. Dahlia Adiati, S.Pd., selaku Wakil Kepala Sekolah bidang Kurikulum SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.
3. MG. Ika Yuliasuti, S.Pd. selaku Wali Kelas XII MIPA 8 tahun ajaran 2024/2025.
4. Linda Juliarti, S.Pd., M.Si. selaku guru bidang studi Fisika dan pembimbing I ujian praktek kelas XII MIPA 8 tahun ajaran 2024/2025 yang telah membimbing serta menasihati dalam proses pembuatan laporan ini.
5. Elisabeth Grani Larasati, S.Pd. selaku guru bidang studi Matematika dan guru pembimbing II yang telah membimbing dan memberi masukan dalam proses pembuatan laporan ini.

Penyusun sadar bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna baik dari segi penyusunan, bahasa, maupun penulisannya. Oleh karena itu, penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pihak yang terlibat agar dapat menjadi bahan evaluasi untuk pelaksanaan kegiatan selanjutnya.

Surabaya, 29 Januari 2025

Penyusun,

(Kenrick Tjahyadi)

Ketua Kelompok

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Hipotesis.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.....	6
B. Potensi Air Sebagai Sumber Energi.....	7
C. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.....	8
1. Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.....	9
2. Generator.....	10
3. Pemanfaatan Arus Air Keran Wastafel.....	13
D. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.....	15
E. Tingkat Efisiensi Seri dan Paralel	16
F. Pengukuran Debit Air.....	19
G. Penghitungan dan Perbandingan Biaya Listrik dan Air.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	23
C. Tahapan Penelitian.....	25
1. Diagram Air Penelitian.....	25
2. Langkah-Langkah Penelitian.....	25
3. Prosedur Penelitian.....	26
4. Variabel Penelitian.....	31

5. Analisis Data.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
A. Hasil Penelitian.....	33
B. Pembahasan.....	36
1. Rangkaian mikrohidro menghasilkan listrik.....	36
2. Efek Debit Air dan Tekanan Air.....	38
3. Perbandingan Hasil Mikrohidro yang Dirangkai Secara Seri dan Paralel.....	39
4. Perhitungan Pengurangan Biaya.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
A. Kesimpulan.....	46
B. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Generator Tiga Fase.....	16
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2	Rangkaian Seri (Generator tidak dengan komponen listrik).....	28
3.3	Rangkaian Paralel (Tanpa Pipa).....	30
3.4	Rangkaian Paralel Lengkap.....	30
4.1	Grafik Tegangan Listrik Tanpa Beban.....	34
4.2	Grafik Tegangan Listrik dengan Beban.....	34
4.3	Grafik Arus Listrik.....	35
4.4	Tinggi Air Setelah 30 Detik.....	41

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Tipe Generator Berdasarkan Daya.....	13
2.2	Tarif Listrik Berdasarkan Golongan dan Daya Listrik.....	20
2.3	Tarif Air Berdasarkan Kode dan Pemakaian.....	21
4.1	Hasil Rata-Rata Rangkaian Seri dan Paralel.....	35
4.2	Harga Barang-Barang Rangkaian Seri (Investasi Awal).....	44

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan vital bagi masyarakat sekarang. Dalam perkembangannya, energi listrik menjadi dasar dari berbagai aktivitas. Pentingnya listrik pada zaman sekarang mendorong pencarian cara pengelolaan energi yang lebih efisien dan pencarian sumber energi alternatif atau terbarukan seperti air, angin, dan matahari. Salah satu sumber energi yang telah dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik adalah air. Pembangkit tenaga listrik yang memanfaatkan air adalah Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH). Saat ini, banyak Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) yang terhubung ke jaringan distribusi melalui sistem elektronika daya.

Mikrohidro adalah salah satu sumber energi terbarukan yang memanfaatkan air untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berpotensi mendukung ketahanan energi nasional. Energi listrik alternatif ini memiliki sejumlah keunggulan, seperti biaya produksi yang rendah, sumber daya yang bebas biaya, dan tidak terpengaruh oleh fluktuasi harga bahan bakar.

Penelitian ini yang berjudul “Optimalisasi Konversi Arus Air Wastafel Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Mikrohidro”, dilakukan karena suatu alasan mendasar, yaitu ketersediaan sumber energi yang sangat melimpah dan sering terbuang sia-sia. Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Sahabat Nazara, Cokorde Gede Indra Partha, dan I wayan

Sukerayasa pada tahun 2023, dengan judul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Sungai Yeh Dikis Banjar Lebah Kabupaten Tabanan Menggunakan Generator AC”. Air yang mengalir dari wastafel merupakan limbah energi yang dihasilkan secara konstan setiap kali seseorang mencuci tangan, mencuci piring, atau melakukan aktivitas lain yang melibatkan penggunaan air. Dengan memanfaatkan teknologi sederhana seperti generator mikrohidro, energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk keperluan listrik, walaupun dalam skala kecil, seperti menyalakan lampu LED. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi hemat biaya, tetapi juga mendukung upaya pelestarian lingkungan melalui pengurangan jejak karbon.

Permasalahan ini juga relevan dalam lingkup yang lebih luas, secara global, yaitu tantangan global untuk meningkatkan efisiensi energi di lingkungan perkotaan. Di kota-kota besar, konsumsi energi sangat tinggi, dan ketergantungan pada listrik dari bahan bakar fosil masih sangat dominan. Dengan mengintegrasikan sistem konversi energi terbarukan di rumah tangga, dapat dihasilkan energi tambahan yang membantu mengurangi beban listrik pada jaringan utama. Selain itu, penerapan teknologi mikrohidro pada skala rumah tangga dapat memberikan contoh nyata dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya efisiensi energi dan pemanfaatan sumber daya yang tersedia di sekitar, seperti arus air.

Beberapa studi sebelumnya telah meneliti pemanfaatan arus air untuk menghasilkan listrik, tetapi sebagian besar menggunakan sistem berskala

besar seperti mikrohidro dengan air yang biasanya berasal dari sungai, saluran irigasi, atau air terjun sebagai penggerak utamanya, memanfaatkan debit air dengan menggunakan perbedaan ketinggian untuk menggerakkan turbin. Penelitian ini berbeda karena berskala mikro, yaitu pemanfaatan arus air di rumah, dan menggunakan generator mikrohidro yang lebih kecil untuk menghasilkan listrik yang dapat menyalakan lampu dan menghemat sedikit biaya listrik.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang didapatkan dari latar belakang sebagai berikut.

1. Apakah alat generator mikrohidro dapat menghasilkan energi alternatif dari arus air?
2. Bagaimana pemanfaatan teknologi konversi energi dari arus air wastafel dapat mendukung upaya pengurangan biaya listrik?
3. Bagaimana pengaruh debit dan tekanan air pada wastafel terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh generator mikrohidro?
4. Berapa besar potensi energi yang dapat dikonversi dari arus air wastafel menggunakan generator mikrohidro?
5. Berapa besar potensi energi yang dapat dikonversi secara seri dan secara paralel dari arus air wastafel menggunakan generator mikrohidro; dan lebih besar potensi energi yang dikonversi secara seri atau secara paralel?

C. Hipotesis

Hipotesis yang dikemukakan adalah sebagai berikut.

1. Mikrohidro generator pada wastafel dapat menghasilkan energi listrik tambahan dari arus air.
2. Arus air wastafel memiliki potensi energi yang cukup untuk menggerakkan generator mikrohidro dan menghasilkan listrik dalam skala kecil untuk menyalakan bohlam.
3. Semakin tinggi debit dan tekanan air wastafel, semakin besar daya listrik yang dihasilkan oleh generator mikrohidro.
4. Penggunaan generator mikrohidro pada wastafel dapat mengurangi ketergantungan pada energi listrik dari jaringan utama dalam skala mikro, jika dikembangkan dalam skala makro dapat membantu mengurangi pengeluaran biaya listrik secara signifikan.
5. Rangkaian paralel cocok untuk alat yang membutuhkan arus besar dan tegangan listrik rendah, sementara rangkaian seri lebih cocok untuk alat yang membutuhkan tegangan listrik lebih tinggi.

D. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah tersebut dapat diperoleh tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui jika alat generator mikrohidro dapat menghasilkan energi alternatif dari arus air.
2. Menganalisis pemanfaatan teknologi konversi energi dari arus air wastafel.

3. Mengetahui bila debit dan tekanan air mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh generator mikrohidro.
4. Mengukur potensi energi yang dikonversi dari arus air wastafel.
5. Mengukur potensi energi yang dikonversi dari arus air wastafel bila generator dirangkai secara seri dan paralel.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Konsumsi energi listrik dan pengeluaran biaya berkurang melalui sumber daya alternatif dengan pemanfaatan potensi arus air yang ada pada wastafel.
2. Peningkatan pemahaman mengenai potensi energi terbarukan yang dapat dikembangkan dari sumber daya air yang tersedia di rumah tangga.
3. Pengurangan ketergantungan pada energi fosil melalui penggunaan teknologi ramah lingkungan.
4. Rujukan bagi peneliti selanjutnya untuk mengembangkan dan meningkatkan efisiensi sistem mikrohidro skala kecil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin, dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. (Gunawan, 2013, p.203)

Pembangkit listrik tenaga air, merupakan sumber energi yang paling murah, karena merupakan transformasi energi dari energi kinetis berupa pergerakan aliran air menjadi energi listrik dengan memanfaatkan generator yang diputar dengan turbin air. Untuk memutar turbin air, diperlukan air dalam jumlah yang konstan sehingga putaran kincir yang memutar generator juga konstan. Semakin besar jumlah air yang memutar kincir maka semakin kuat energi kinetis yang dihasilkan, tentunya semakin besar energi yang kita dapatkan. (Haryanto, 2017).

Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR nomor 09 tahun 2016, Pembagian Pembangkit Listrik Tenaga Air di klasifikasi berdasarkan daya yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

1. PLTA apabila kapasitas yang dibangkitkan lebih dari 10MW.
2. PLTM apabila kapasitas yang dihasilkan berkisar antara 1MW sampai 10MW.
3. PLTMH apabila kapasitas yang dihasilkan kurang dari 1MW.

B. Potensi Air Sebagai Sumber Energi

Menurut (Haryanto, 2017). Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai penyedia energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) maupun mikrohidro. Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik sedangkan kincir air untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung. Pada umumnya untuk mendapatkan energi mekanik aliran air ini, perlu beda tinggi air. Akan tetapi dalam menggerakkan kincir air, aliran air dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya memadai. (Haryanto, 2017).

$$Ep = m \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

Ep = energi potensial (joule)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = tinggi benda (m)

$$EM = EP + EK$$

$$EM = (m \times g \times h) + \left(\frac{1}{2} \times m \times v^2\right)$$

Keterangan:

EM = energi mekanik (joule)

EP = energi potensial (joule)

EK = energi kinetik (joule)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian benda (m)

v = kecepatan gerak benda (m/s^2)

C. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Pada umumnya, PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) memiliki tiga komponen utama yaitu aliran air (sumber energi), turbin dan generator. Ketika digunakan pada skala besar, PLTMH membutuhkan komponen bendung (*Weir*), Bangunan Pengambilan (*Intake*), Saluran Pembawa (*Headrace*), Bak Penampungan (*Forebay*), Saringan (*Trash Rack*), Saluran Pembuangan (*Spillway*), Pipa pesat (*Penstock*), Rumah pembangkit (*Power house*), Tailrace, dan Jaringan Transmisi. (Dwi Mahendra Sukma, 2018)

Namun, pada PLTMH yang diujikan, komponen yang dibutuhkan adalah keran wastafel, generator mikrohidro, dan baterai isi ulang. Keran wastafel dengan air yang menyalir sebagai sumber arus yang akan kemudian menggerakkan generator. Generator mikrohidro harus memiliki sambungan

untuk menyambungkan antara dua bagian pipa, maupun pipa pada sisi satunya dan sisi keduanya sebagai bagian keluarnya air. Selain itu, juga memiliki turbin, serta tiga fase generator. Baterai isi ulang merupakan jenis baterai listrik yang dapat diisi, disambungkan pada beban, dan diisi ulang berkali-kali, sebagai lawan dari baterai sekali pakai atau primer, yang disuplai dengan kondisi terisi sepenuhnya dan dibuang setelah digunakan.

1. Turbin PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro)

Turbin air berfungsi mengkonversi energi air (potensial, tekanan, dan kinetik) menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian diubah oleh generator menjadi energi listrik.

Berdasarkan cara kerjanya, turbin air dibagi menjadi dua. Kedua cara tersebut diuraikan sebagai berikut.

a. Turbin Impuls

Turbin impuls mengubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial, tekanan, dan kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi mekanik. Contohnya adalah turbin Pelton.

b. Turbin Reaksi

Dari (Vergie Ari Sondang, 2019), pada turbin reaksi, seluruh energi potensial air pada turbin diubah menjadi energi kinetik pada saat air melewati lengkungan sudut-sudut pengarah, dengan ini maka putaran *runner* disebabkan oleh perubahan momentum air. Turbin air reaksi dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- 1) Francis, contoh: turbin Francis
- 2) *Propeller*, yang dibagi sesuai *blade*-nya sebagai berikut.
 - a) Sudut tetap (*fixed blade*), turbin jenis ini merupakan turbin generasi pertama dari jenis ini. Karena sudut tidak dapat diatur, maka efisiensinya berkurang jika digunakan pada kisaran debit yang lebar. Oleh karena itu dikembangkan jenis dengan sudu yang dapat diatur agar efisiensi tetap tinggi walaupun kisaran debitnya lebar.
 - b) Sudut dapat diatur (*adjustable blade*). Contohnya adalah *Kaplan, Nagler, Bulb, dan Moody*.

Setiap turbin memiliki nilai efisiensi masing-masing, berikut beberapa nilai efisiensi berbagai jenis turbin (Sunardi, 2017).

- a. Turbin *Pelton* : 80 – 85 %
- b. Turbin *Francis* : 80 – 90 %
- c. Turbin *Crossflow* : 70 – 80 %
- d. Turbin *Propeller/Kaplan* : 80 – 90 %

2. Generator

Generator merupakan komponen yang berfungsi merubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik. Energi mekanik tersebut diperoleh dari putaran turbin yang digerakkan oleh aliran air. Generator diputar oleh turbin melalui kopel langsung atau melalui *pulley* dan sabuk (*belt*). (Modul Pelatihan Studi kelayakan Pembangunan Mikrohidro, 2010, p.54)

Generator memiliki dua bagian utama, yaitu rotor dan stator. Rotor adalah bagian yang berputar dalam generator dan menerima energi mekanik. Rotor dapat berupa magnet permanen atau elektromagnet. Dalam generator listrik, rotor biasanya memiliki bentuk silinder dengan medan magnet pada bagian dalamnya. Stator adalah bagian tetap dalam generator dan berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Stator terdiri dari serangkaian kumparan yang terbuat dari bahan yang memiliki sifat elektromagnetik, seperti besi atau baja. Kumparan ini dilapisi dengan isolasi dan ditempatkan pada lingkaran yang berdekatan dengan rotor.

Air yang mengalir akan menggerakkan turbin pada generator. Kemudian rotor berputar dan berinteraksi dengan medan magnet pada stator. Saat rotor berputar, medan magnet pada stator mempengaruhi medan magnet pada rotor dan sebaliknya. Perubahan medan magnet pada stator menyebabkan perubahan medan listrik. Saat medan listrik berubah, arus listrik mulai mengalir melalui kumparan pada stator. Arus listrik yang dihasilkan dari stator dikumpulkan dan dikontrol oleh pengumpul dan pengatur. Arus listrik yang dihasilkan dari generator diteruskan melalui kabel ke beban. Beban ini dapat berupa lampu, mesin, atau peralatan elektronik lainnya.

Ada dua jenis generator yang banyak digunakan untuk PLTMH yaitu generator sinkron dan motor induksi sebagai generator (generator

induksi). (Modul Pelatihan Studi kelayakan Pembangunan Mikrohidro, 2010, p.54)

a. Generator Sinkron

Generator sinkron bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik dan sinkronisasi antara medan magnet stator dan rotor. Rotor pada generator sinkron biasanya dilengkapi dengan magnet permanen atau kumparan yang dialiri arus DC. Ketika rotor berputar, medan magnet yang dihasilkan akan berinteraksi dengan medan magnet stator yang berputar dengan kecepatan yang sama. Interaksi ini menginduksi tegangan AC pada kumparan stator. Kecepatan putaran rotor generator sinkron harus selalu sinkron dengan frekuensi tegangan yang dihasilkan. Generator sinkron umumnya digunakan dalam pembangkit listrik skala besar, seperti pembangkit listrik tenaga air atau uap, karena mampu menghasilkan daya yang sangat besar dan memiliki stabilitas frekuensi yang baik.

b. Generator Induksi

Generator induksi juga bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, namun tidak memerlukan sumber arus DC eksternal untuk menghasilkan medan magnet pada rotor. Medan magnet pada rotor diinduksi oleh medan magnet yang berputar pada stator. Ketika stator dialiri arus AC, medan magnet yang berputar akan memotong konduktor pada rotor, sehingga menginduksi arus listrik pada rotor. Arus induksi pada rotor kemudian akan

menghasilkan medan magnet yang berinteraksi dengan medan magnet stator, menyebabkan rotor berputar. Kecepatan putaran rotor generator induksi biasanya sedikit lebih lambat daripada kecepatan medan magnet stator. Generator induksi sering digunakan dalam pembangkit listrik tenaga angin karena konstruksinya yang lebih sederhana dan biaya pembuatan yang lebih rendah dibandingkan generator sinkron. Namun, generator induksi memiliki efisiensi yang sedikit lebih rendah dan kurang stabil dibandingkan generator sinkron.

Selain itu, generator juga dibagi berdasarkan besar daya yang terpasang. Berikut adalah pemilihan tipe generator berdasarkan daya.

Tabel 2.1 Tipe Generator Berdasarkan Daya

Daya Terpasang	< 10 kW	10 – 30 kW	> 30 kW
Tipe Generator	Sinkron atau asinkron, satu atau tiga fasa	Sinkron atau asinkron 3 fas	Sinkron 3 fasa
Fasa	1 atau 3	3	3

Sumber: Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi Buku 2C, 2009, p.25)

3. Pemanfaatan Arus Air Keran

Keran merupakan komponen penting dalam sistem sanitasi rumah tangga, umumnya hanya berfungsi untuk mengatur aliran air yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari seperti mencuci tangan, wajah, dan peralatan. Namun seiring meningkatnya kesadaran terhadap pemanfaatan

energi terbarukan, keran dapat dilihat sebagai salah satu sumber potensial untuk menghasilkan energi listrik melalui konversi arus air menggunakan teknologi generator mikrohidro. Teknologi mikrohidro memanfaatkan aliran air yang mengalir melalui pipa atau keran untuk menggerakkan turbin kecil yang kemudian mengubah energi kinetik air menjadi energi listrik. Pada sistem yang terintegrasi dengan keran, aliran air yang biasanya terbuang dapat diubah menjadi sumber energi yang berguna, sehingga tidak hanya mengoptimalkan penggunaan air tetapi juga meningkatkan efisiensi energi di rumah tangga.

Penerapan teknologi mikrohidro pada keran bekerja dengan cara memanfaatkan perbedaan tekanan air atau kecepatan aliran air yang melewati turbin. Ketika air mengalir melalui keran, sebagian energi kinetik dari air digunakan untuk memutar turbin yang terdapat pada alat mikrohidro. Proses ini menghasilkan listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan rumah tangga, seperti menerangi ruangan, mengisi baterai perangkat elektronik, atau mendukung penggunaan perangkat listrik berdaya rendah dengan daya yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dasar.

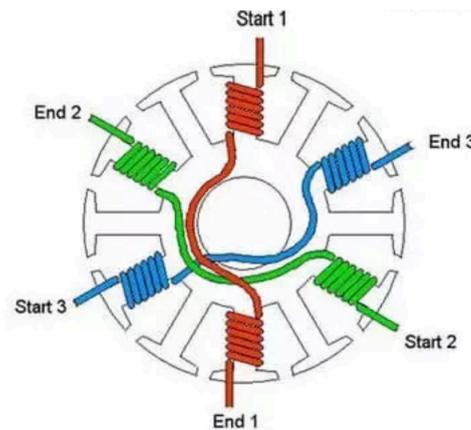
Sistem pengaturan aliran air harus mempertimbangkan faktor-faktor lain, seperti konsumsi energi dan pengaruh tekanan air yang berubah-ubah yang sering terjadi pada sistem distribusi air. Secara lebih luas, penerapan sistem mikrohidro pada keran wastafel tidak hanya memberikan keuntungan dalam hal efisiensi energi, tetapi juga

berkontribusi terhadap pengurangan pengeluaran biaya listrik. Dalam sistem ini, keran berfungsi sebagai salah satu sumber energi pembangkit yang berperan dalam mendukung suplai energi secara berkesinambungan, terutama di daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama.

Penelitian lebih lanjut mengenai integrasi sistem mikrohidro pada keran masih sangat relevan, terutama dalam hal pengembangan efisiensi teknis dan penurunan biaya produksi perangkat mikrohidro, sehingga solusi ini dapat diakses oleh lebih banyak konsumen. Secara keseluruhan, konversi arus air menjadi energi listrik menggunakan generator mikrohidro berpotensi untuk menjadi salah satu inovasi penting dalam pengelolaan energi rumah tangga yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

D. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Prinsip kerja PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) adalah memanfaatkan jumlah debit air per detik pada aliran air (energi kinetik air) untuk menggerakkan turbin sehingga poros turbin dapat bergerak dan menggerakkan magnet. Medan magnet akan kemudian dipotong oleh kawat tembaga yang telah dipasang berlilit, yaitu seperti pada generator tiga fasa yang memiliki kawat-kawat tembaga yang diletakan 120 derajat dari satu sama lain.



3 Phase

Gambar 2.1 Generator Tiga Fase

(Sumber : sewaalatproyekpekanbaru.com)

Generator tersebut akan kemudian menghasilkan listrik yang dapat digunakan untuk berbagai perangkat elektronik, tergantung dengan jumlah listrik yang dihasilkan.

E. Tingkat Efisiensi Seri dan Paralel

Dalam upaya optimalisasi konversi arus air wastafel menjadi energi listrik menggunakan generator mikrohidro, sistem rangkaian seri dan paralel dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pembangkitan energi. Efisiensi secara umum dapat didefinisikan sebagai rasio antara keluaran yang dihasilkan dengan masukan yang diberikan. Dalam konteks energi, efisiensi merujuk pada sejauh mana suatu sistem dapat mengkonversi energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya dengan kehilangan yang minimal. Dalam sistem

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), efisiensi merujuk pada sejauh mana energi kinetik dari aliran air dapat diubah menjadi energi listrik.

Menurut Chester W. McMurrin (*Engineering Principles of Mechanical Vibration 1971*), efisiensi adalah perbandingan antara energi yang berhasil diubah menjadi output yang berguna dibandingkan dengan total energi yang dimasukkan ke dalam sistem. Dalam hal ini, semakin tinggi rasio output terhadap input, semakin efisien suatu sistem.

Efisiensi dapat diukur dengan:

$$Efisiensi = \frac{Energi\ Output}{Energi\ Input} \times 100\%$$

Pada rangkaian seri, generator-generator mikrohidro disusun secara berurutan dalam satu jalur, sehingga arus listrik yang mengalir melalui setiap generator memiliki besaran yang sama. Dalam rangkaian seri, tegangan listrik yang dihasilkan masing-masing generator akan terakumulasi, sehingga sistem pemasangan secara seri cocok digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan tegangan listrik tinggi, namun arus terbatas.

Untuk membuat dua generator mikrohidro terangkai seri, maka satu generator akan terhubung dengan keran, yang kemudian terhubung pada pipa pada sisi lainnya, dan pipa tersebut terhubung dengan generator mikrohidro yang lain.

Rangkaian paralel memungkinkan tegangan listrik yang dihasilkan oleh setiap generator tetap sama, sementara arus yang dihasilkan akan bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah generator yang dihubungkan.

Dalam sistem ini, setiap generator mikrohidro bekerja secara independen, mengalirkan arus listrik yang sesuai dengan kapasitas masing-masing.

Rangkaian paralel lebih efektif ketika tujuan utama adalah untuk meningkatkan kapasitas arus tanpa memerlukan peningkatan tegangan listrik yang signifikan. Untuk sistem mikrohidro, rangkaian paralel lebih banyak digunakan untuk memastikan bahwa beban yang ada dapat didukung oleh jumlah arus yang lebih besar, terutama pada daerah dengan kebutuhan daya yang lebih besar.

Untuk membuat dua generator mikrohidro dirangkai secara paralel, maka harus disiapkan pipa yang dapat terhubung pada keran wastafel pada satu sisi dan memiliki dua pipa yang saling paralel secara tegak lurus dengan pipa pada keran wastafel. Kemudian kedua pipa tersebut terhubung dengan generator mikrohidro.

Dalam konteks penerapan pada saluran air wastafel, rangkaian seri dan paralel dapat dipilih berdasarkan karakteristik aliran air dan kebutuhan daya listrik. Jika aliran air cukup kuat dan stabil, rangkaian paralel dapat lebih menguntungkan untuk menghasilkan daya listrik yang lebih besar. Namun, jika tujuan utama adalah untuk mencapai tegangan listrik yang lebih tinggi dengan aliran air yang terbatas, rangkaian seri bisa menjadi pilihan yang lebih tepat.

F. Pengukuran Debit Air

Debit air adalah volume air yang mengalir per satuan waktu, yang seringkali diukur dalam liter per detik (L/s) atau liter per menit (L/min). Debit ini akan menentukan berapa banyak air yang digunakan untuk menghasilkan listrik melalui generator mikrohidro. Untuk menghitung debit air, dilakukan tahap-tahap berikut:

1. Menyiapkan tempat penampungan air.
2. Menentukan berapa lama keran air akan dinyalakan untuk diukur.
3. Menyalakan keran air selama yang telah ditentukan.
4. Mengukur volume air yang tertampung dengan rumus volume silinder dengan jari-jari bagian dalam ember dan tinggi air yang tertampung

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

Keterangan :

V = volume air (cm³)

π = 3.14

t = tinggi air (cm)

5. Menggunakan rumus debit air dengan volume silinder tersebut untuk volume dan waktu yang telah ditentukan sebagai waktu (dalam jam)

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

Keterangan:

D = Debit air (liter/jam atau dm³/jam atau m³/jam)

V = Volume air (liter atau dm³ atau m³)

t = waktu (jam)

G. Penghitungan dan Perbandingan Biaya Listrik dan Air

Untuk mengevaluasi penghematan biaya yang diperoleh melalui pemanfaatan generator mikrohidro, perlu dilakukan perhitungan dan perbandingan antara biaya dari air yang digunakan untuk menghasilkan listrik melalui generator mikrohidro dengan konsumsi listrik yang bersumber dari PLN.

Untuk menghitung biaya listrik yang dikeluarkan, kita harus mengetahui tarif listrik yang berlaku di daerah tempat tinggal.

Tabel 2.2 Tarif Listrik Berdasarkan Golongan dan Daya Listrik

Golongan	Daya Listrik	Harga Tarif Listrik per kWh
R-1/TR	900 VA	Rp 1.352 per kWh
R-1/TR	1.300 VA	Rp 1.444,70 per kWh
R-1/ TR	2.200 VA	Rp 1.444,70 per kWh
R-2/ TR	3.500-5.500 VA	Rp 1.669,53 per kWh
R-3/ TR	6.600 VA	Rp 1.669,53 per kWh

Dengan tarif tersebut, biaya listrik yang digunakan dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut.

- a. Hitung jumlah energi listrik terpakai

$$W = P \cdot t = V \cdot I \cdot t$$

Keterangan:

W = Energi listrik (kWh)

V = Beda potensial listrik atau tegangan listrik (volt)

I = Kuat arus listrik (ampere)

t = Waktu (detik)

P = Daya Listrik (watt)

b. Hitung biaya listrik

$$B = W \cdot \text{Taraf listrik per kWh}$$

Keterangan:

B = Biaya listrik (Rp)

W = Energi listrik (kWh)

Untuk untuk menghitung biaya air yang dikeluarkan, kita harus mengetahui tarif air yang berlaku di daerah tempat tinggal.

Tabel 2.3 Tarif Air Berdasarkan Kode dan Pemakaian

KODE TARIF	Pemakaian Air (m ³)	Tarif (Rp/m ³)
Kode Tarif 1.1 a. Hidran Umum b. Tempat ibadah tanpa fasilitas komersial c. Rumah susun sewa	Non Progresif	800
Kode Tarif 1.2 Rumah tangga yang sudah memenuhi: a. Lebar jalan < 3m b. Daya listrik terpasang < 900 VA	0-10 m ³ 11-20 m ³ 21-30 m ³ >30 m ³	0 0 0 2.600
Kode Tarif 1.3 Rumah tangga yang sudah memenuhi: a. Lebar jalan < 3m dan <5m b. Daya listrik terpasang < 900 VA	0-10 m ³ 11-20 m ³ 21-30 m ³ >30 m ³	0 600 1.200 2.600
Kode Tarif 1.4 a. Sekolah negeri b. Sekolah swasta c. Pondok Pesantren d. Panti sosial e. Balai RT/RW	0-10 m ³ 11-20 m ³ 21-30 m ³ >30 m ³	600 800 1.200 2.200
Kode Tarif 1.5 a. WC Umum b. Puskesmas c. Poliklinik d. Rumah Sakit Pemerintah e. Rumah Susun	0-20 m ³ 21-30 m ³ >30 m ³	0 1.000 2.600

Dengan tarif tersebut, biaya air yang digunakan untuk menghasilkan listrik menggunakan generator mikrohidro dapat dihitung sebagai berikut.

$$B = D \cdot \text{Tarif air per } m^3$$

Keterangan:

B = Biaya air (Rp)

D = Debit air (m^3)

Meskipun generator mikrohidro ini dapat menghasilkan energi tanpa menambah konsumsi air, penting untuk mempertimbangkan apakah ada biaya tambahan untuk sistem penyaring atau pemeliharaan saluran air yang terlibat. Generator mikrohidro yang dipasang pada keran wastafel cuci piring dapat menghasilkan listrik dari aliran air yang digunakan untuk mencuci piring, sehingga memungkinkan penghematan biaya listrik.

Perbandingan biaya tampak pada investasi awal dalam instalasi generator mikrohidro yang relatif tinggi, namun penghematan biaya listrik dalam jangka panjang dapat mengimbangi biaya tersebut. Meskipun penghematan ini tidak langsung menghilangkan kebutuhan listrik dari PLN, namun penggunaan energi terbarukan ini dapat mengurangi ketergantungan pada sumber listrik konvensional, terutama untuk kebutuhan dasar seperti penerangan. Pengguna juga tidak perlu khawatir tentang biaya tambahan air karena air yang digunakan untuk menghasilkan listrik adalah air yang sama yang digunakan untuk mencuci piring. Selain itu, manfaat lingkungan dari penggunaan sumber daya air yang tidak terpakai secara maksimal turut mendukung efisiensi dari sistem ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Membuat Rangkaian Secara Umum dan Seri

Hari, tanggal : Sabtu, 18 Januari 2025

Pukul : 17.00-19.00 WIB

Tempat : Jalan Simpang Darmo Permai Selatan 1, Surabaya.

2. Membuat Diode Kapasitor

Hari, tanggal : Minggu, 19 Januari 2025

Pukul : 11.00-14.00

Tempat : Jalan Simpang Darmo Permai Selatan 1, Surabaya.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian konversi arus air wastafel menjadi energi listrik adalah sebagai berikut.

1. 2 *Microhydro Generator* 12 volt, 10 watt
2. Ember air (ukuran: 36cm × 25,5cm × 10cm)
3. Avometer
4. Solder
5. Meteran untuk mengukur pipa saat dipotong
6. Gunting atau tang potong
7. *Stopwatch* (pada telepon genggam)

8. Pipa paralon AW $\frac{1}{2}$ inch (dalam ukuran 10cm)
9. 2 Socket pipa $\frac{1}{2}$ inch
10. 1 Elbow $\frac{1}{2}$ inch
11. Selotip pipa
12. 2 Keran $\frac{1}{2}$ inch
13. 4 KDD (*Knee drat dalam*) $\frac{1}{2}$ inch
14. 1 Sambungan pipa T $\frac{1}{2}$ inch
15. 1 SDD (Sok Drat Dalam) $\frac{1}{2}$ inch
16. 1 TDD (T-Drat Dalam) $\frac{1}{2}$ inch

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian konversi arus air wastafel menjadi energi listrik adalah sebagai berikut.

1. Lampu LED 3 volt
2. Kabel
3. Timah (untuk solder)
4. 2 Dioda (IN 4007)
5. 1 Kapasitor (E 4700-50V)
6. Air

C. Tahapan Penelitian

1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

2. Langkah-Langkah Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut.

- a. Membeli dan mempersiapkan alat dan bahan
- b. Penghubungan generator dengan komponen listrik
- c. Pengujian rangkaian generator mikrohidro seri
- d. Pengujian rangkaian generator mikrohidro paralel
- e. Analisis data

3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

a. Penghubungan generator dengan komponen listrik

- 1) Siapkan kedua generator, kabel, 2 dioda, 1 kapasitor, 4 LED, solder, timah, gunting atau tang potong
- 2) Potong ujung-ujung kabel dari generator sehingga serat-serat tembagaanya terlihat.
- 3) Hubungkan kabel-kabel tersebut ke kabel lain agar lebih panjang.
- 4) Hubungkan masing-masing kabel yang positif (biasanya warna merah) ke bagian anode (positif) dioda.
- 5) Pada kedua dioda, lilitkan bagian katode (negatif) diodanya ke kaki positif kapasitor.
- 6) Lilitkan serabut tembaga dari kedua kabel negatif (yang berasal dari generator dan telah disambungkan dengan kabel lagi) ke kaki negatif kapasitor.
- 7) Solder (dengan timah) semua bagian antar komponen yang saling berhubungan.
- 8) Sambungkan keempat LED secara seri dengan solder dan timah.
- 9) Sambungkan ujung LED yang negatif ke kaki kapasitor yang negatif dengan solder dan timah.
- 10) Sambungkan ujung LED yang positif ke kaki kapasitor yang positif dengan solder dan timah.

b. Debit air

- 1) Siapkan ember, stopwatch.
- 2) Siapkan stopwatch dalam posisi 0 sekon, dan ember di bawah keran dimana air akan keluar.
- 3) Nyalakan stopwatch dan keran air secara bersamaan (nyalakan hingga maks).
- 4) Saat sudah 30 detik matikan keran dan stopwatch secara bersamaan.
- 5) Ukur besar ember dan tinggi air.
- 6) Hitung debit air.

c. Rangkaian generator mikrohidro seri

- 1) Siapkan avometer, 2 generator mikrohidro (yang sudah dihubungkan ke komponen listrik), ember air (dari keran), avometer, gunting atau tang potong, 2 *socket* pipa $\frac{1}{2}$ inch, 1 *elbow* $\frac{1}{2}$ inch, selotip pipa, 1 keran $\frac{1}{2}$ inch
- 2) Lilitkan ujung bagian masuk dan keluar kedua mikrohidro dengan selotip pipa, dan juga pada bagian keran yang ada dratnya. Juga lilitkan selotip pipa pada bagian drat dari keran air.
- 3) Buatlah rangkaian serinya. Satu *socket* pipa di bagian atas generator mikrohidro yang pertama, satu *socket* pipa di antara kedua generator mikrohidro. *Elbow* dipasang pada ujung generator mikrohidro kedua. Dipasang keran pada ujung *elbow*.

- 4) Socket pipa pertama dihubungkan pada keran air yang ada dratnya.



Gambar 3.2 Rangkaian Seri (Generator tidak dengan komponen listrik)

- 5) Buka keran yang dibawah.
- 6) Ukur tegangan listrik dengan avometer saat lampu LED masih saling tersambung (mengukur tegangan listrik dengan beban LED)(mengukur pada bagian positif dan negatif kapasitor).
- 7) Potong sambungan antara LED yang di seri.
- 8) Ukur arus listrik dengan avometer (mengukur di ujung-ujung sambungan LED yang dipotong).
- 9) Ukur tegangan listrik dengan avometer (mengukur tegangan listrik tanpa beban).
- 10) Catat hasil.

d. Rangkaian generator mikrohidro paralel

- 1) Siapkan avometer, 2 generator mikrohidro (yang sudah dihubungkan ke komponen listrik), ember air (dari keran), avometer, solder, timah, selotip pipa, Pipa paralon AW $\frac{1}{2}$ inch (dalam ukuran 10cm), 4 KDD (*Knee drat dalam*) $\frac{1}{2}$ inch, 1 Sambungan pipa T $\frac{1}{2}$ inch, 1 SDD (Sok Drat Dalam) $\frac{1}{2}$ inch, 1 TDD (T-Drat Dalam) $\frac{1}{2}$ inch, 1 keran $\frac{1}{2}$ inch,
- 2) Sambungkan kaki LED yang terpotong.
- 3) Lilitkan ujung-ujung pipa dan keran dengan selotip pipa.
- 4) Buatlah rangkaian paralel. Pasang pipa pada semua lubang dari sambungan pipa T. Hubungkan pipa di kiri dan kanan dari sambungan pipa T ke KDD. Hubungkan kedua KDD ke masing-masing satu generator mikrohidro. Hubungkan drat pada ujung satu lagi dari generator mikrohidro ke KDD. Hubungkan kedua KDD yang baru dipasang ke pipa. Hubungkan kedua pipa ke TDD. Hubungkan lubang terakhir TDD ke keran. Hubungkan SDD ke keran air. Pasang pipa terakhir pada sambungan pipa T ke SDD.



Gambar 3.3 Rangkaian Paralel (Tanpa Pipa)



Gambar 3.4 Rangkaian Paralel Lengkap

- 5) Ukur arus listrik dengan avometer (mengukur di ujung-ujung sambungan LED yang dipotong).
- 6) Ukur tegangan listrik dengan avometer (mengukur tegangan listrik tanpa beban).

- 7) Solder ujung LED yang tidak terhubung kembali dengan solder dan timah.
- 8) Ukur tegangan listrik dengan avometer saat lampu LED masih saling tersambung (mengukur tegangan listrik dengan beban LED).
- 9) Catat hasil.

4. Variabel Penelitian

Variabel yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Variabel Bebas:

- 1) Rangkaian seri atau paralel
- 2) Debit Air

b. Variabel Terikat:

- 1) Tegangan listrik yang dihasilkan (dalam volt)
- 2) Arus listrik yang dihasilkan (dalam ampere)
- 3) Jumlah lampu LED yang menyala

c. Variabel Kontrol :

- 1) Jenis generator mikrohidro yang digunakan (Mikrohidro 12 volt, 10 watt)
- 2) Jenis dan spesifikasi lampu LED (LED 3 volt)

5. Analisis Data

Cara data penelitian ini dianalisis adalah sebagai berikut.

a. Analisis Deskriptif

Menyatat tegangan listrik (baik dengan beban LED, maupun tanpa beban) dalam volt dan arus listrik dalam ampere setiap 5 detik

hingga 30 detik yang kemudian dibuat dalam bentuk grafik garis (*line graph*) dan angka dari setiap 5 detik dihitung dan dirata-rata (*mean*).

b. Analisis Kuantitatif

Mengukur tegangan listrik dan arus listrik dari rangkaian seri dan paralel, dan berapa daya yang dihasilkan dari tegangan dan arus tersebut. Juga, berapa lampu yang menyala.

c. Analisis Komparatif

Membandingkan besar tegangan listrik dan arus listrik pada rangkaian seri dan paralel, menentukan yang mana lebih besar, daya rangkaian mana yang lebih besar, dan yang mana menyalakan lebih banyak lampu.

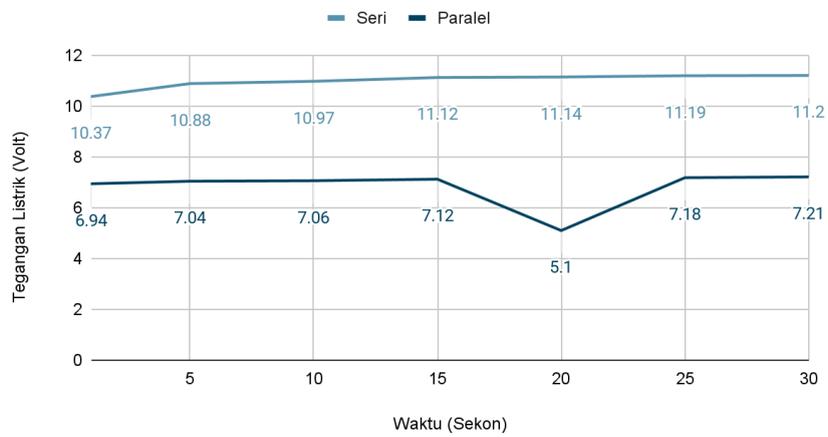
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

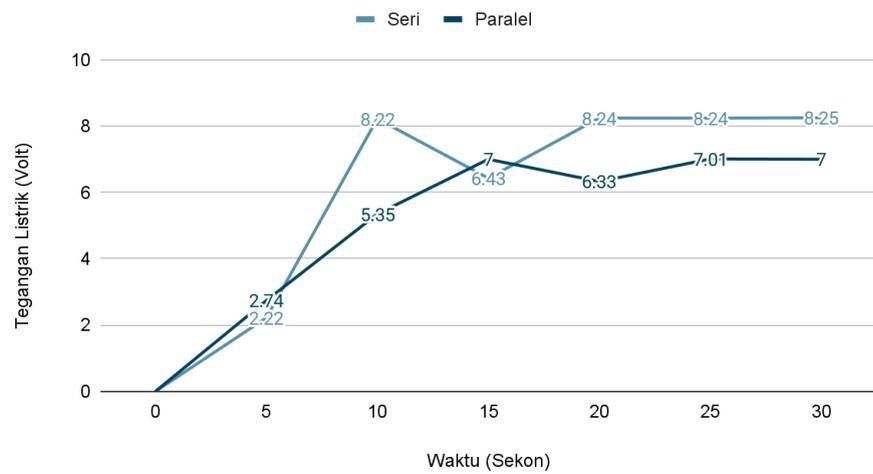
A. Hasil Penelitian

1. Generator mikrohidro dapat menghasilkan energi alternatif dari arus air.
2. Arus air wastafel memiliki potensi energi yang cukup untuk menggerakkan generator mikrohidro yang dirangkai secara seri dan menghasilkan listrik dalam skala kecil untuk menyalakan LED 12 volt. Sedangkan, dua generator mikrohidro yang dirangkai secara paralel tidak dapat menghasilkan listrik yang cukup untuk menyalakan LED 12 volt.
3. Pemanfaatan teknologi konversi energi dari arus air wastafel dapat mendukung upaya pengurangan biaya pada jangka panjang.
4. Debit dan tekanan air pada keran berpengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh generator mikrohidro. Semakin besar debit dan tekanan air, semakin besar daya listrik yang dihasilkan.
5. Potensi yang dapat dikonversi secara seri dan paralel dari arus air keran menggunakan generator mikrohidro saat generator dirangkai secara seri dan paralel

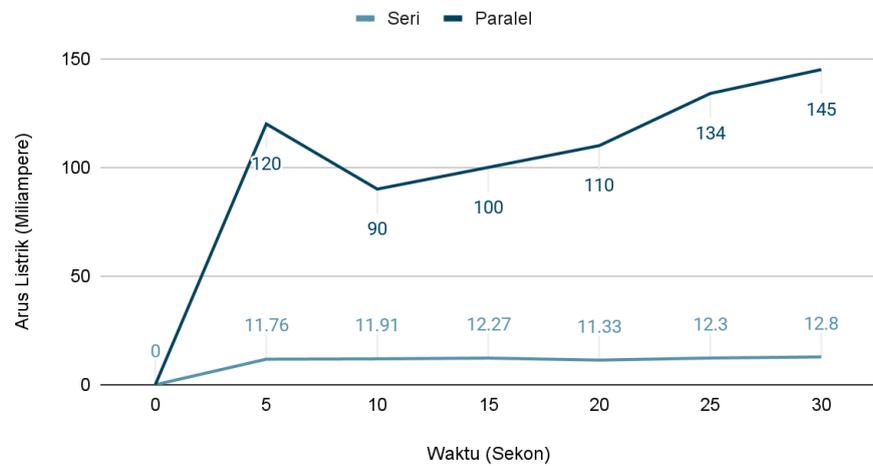
Tegangan Listrik (Tanpa Beban)

**Gambar 4.1 Grafik Tegangan Listrik Tanpa Beban**

Tegangan Listrik (dengan LED)

**Gambar 4.2 Grafik Tegangan Listrik dengan Beban**

Arus Listrik



Gambar 4.3 Grafik Arus Listrik

Tabel 4.1 Hasil Rata-Rata Rangkaian Seri dan Paralel

No.	Indikator	Seri	Paralel
1	Tegangan Listrik (volt) dengan beban LED	6,93 volt	5,91 volt
2	Tegangan Listrik (volt) tanpa beban LED	10,98 volt	6,81 volt
3	Arus Listrik (ampere)	0,01206 ampere	0,11650 ampere
4	Jumlah LED 3 volt yang menyala	4 LED	2 LED

- a) Daya (P) dirangkai secara seri

$$P = V \cdot I$$

$$P = 6,93 \times 0,01206$$

$$P = 0,084 \text{ watt}$$

Karena itu, daya yang dapat dihasilkan oleh generator yang dirangkai secara seri adalah 0,0844 watt.

- b) Daya dirangkai secara paralel

$$P = V \cdot I$$

$$P = 5,91 \times 0,11650$$

$$P = 0,689 \text{ watt}$$

Karena itu, daya yang dapat dihasilkan oleh generator yang dirangkai secara paralel adalah 0,689 watt.

B. Pembahasan

Pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Rangkaian mikrohidro menghasilkan listrik

Generator mikrohidro menawarkan solusi inovatif untuk memanfaatkan energi terbarukan di rumah tangga. Dengan mengubah energi kinetik dari aliran air pada keran menjadi listrik, teknologi ini tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga efisiensi dalam penggunaan air karena dengan jumlah air yang sama, dapat digunakan untuk tidak hanya keperluan sehari-hari, tetapi juga menghasilkan sejumlah listrik. Turbin kecil yang terpasang pada generator akan berputar saat terkena aliran air,

yang kemudian diubah menjadi listrik melalui induksi elektromagnetik, menghasilkan listrik yang cukup untuk mengoperasikan perangkat elektronik kecil seperti lampu LED. Sehingga, generator mikrohidro akan menghasilkan energi listrik tambahan dari arus air yang sedang digunakan untuk maksud-maksud lain seperti mencuci piring, mencuci tangan, dan lain-lain.

Pada penelitian ini, digunakan 4 LED yang dirangkai secara seri sehingga tegangan listrik yang diperlukan oleh semua LED untuk menyala adalah 12 volt. Pada rangkaian seri, 4 dari 4 LED menyala secara stabil karena tegangan listrik yang diperlukan mencukupi. Sedangkan pada rangkaian generator yang paralel, LED nya tidak ada yang menyala saat semua LEDnya dirangkai secara seri. Karena itu, projek ini merubah rangkaian LED tersebut menjadi setiap 2 LED dibuat paralel, dan antara 2 paralel, di seri. Saat mengubah menjadi seperti itu, 2 LED yang paralel menyala, 2 sisanya tidak menyala. Hal ini berarti 2 generator yang hanya di paralel tidak menghasilkan tegangan listrik yang cukup supaya semua LED bisa menyala.

Rangkaian yang telah dibuat, baik secara seri maupun paralel menggunakan 2 generator mikrohidro, cukup kuat untuk menyalakan beberapa LED 3 volt. Dalam sistem pembangkit listrik tenaga air, aliran air dapat menghasilkan energi yang cukup untuk menyalakan berbagai jenis perangkat listrik. Salah satu komponen yang sering digunakan untuk menunjukkan hasil konversi energi ini adalah lampu. Namun, penting

untuk memahami bahwa jenis lampu yang digunakan dapat mempengaruhi efisiensi dan cara kerja sistem tersebut. Lampu LED, dibandingkan dengan bohlam tradisional, lebih efisien dalam menggunakan energi yang dihasilkan oleh aliran air.

Lampu LED memiliki resistansi yang lebih rendah dan konsumsi daya yang jauh lebih hemat dibandingkan bohlam pijar. Dengan kata lain, lampu LED dapat beroperasi lebih optimal meskipun hanya mendapatkan suplai arus yang lebih kecil dari aliran air. Ini terjadi karena LED dapat mengkonversi hampir semua energi listrik yang diterima menjadi cahaya, sementara bohlam pijar sebagian besar energi tersebut hilang dalam bentuk panas.

Pada sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil, seperti yang sering ditemukan di tempat dengan aliran air dengan kekuatan rendah, sering kali cukup untuk menyalakan lampu LED. Sebaliknya, bohlam pijar membutuhkan arus yang lebih besar untuk mencapai tingkat penerangan yang sama, karena sifatnya yang kurang efisien dalam mengkonversi energi. Oleh karena itu, dengan menggunakan lampu LED, pembangkit listrik tenaga air dapat menghasilkan penerangan yang memadai meskipun dengan aliran air yang terbatas.

2. Efek Debit Air dan Tekanan Air

Debit air adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang dalam satu satuan waktu yang berhubungan langsung dengan potensi energi yang dapat dihasilkan. Pada arus air keran, debit air

biasanya sangat sedikit, hanya beberapa liter per menit tergantung pada penggunaan air. Pada generator mikrohidro yang dihubungkan dengan wastafel, meskipun debitnya terbatas, namun masih dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Untuk menghasilkan energi listrik yang signifikan, generator mikrohidro harus memiliki turbin kecil untuk mengoptimalkan energi dari debit air yang rendah.

Turbin kecil pada generator mikrohidro didesain agar generator mikrohidro memiliki efisiensi tinggi pada tekanan yang rendah. Pada wastafel, tekanan air berasal dari pompa yang mendorong air melalui pipa menuju wastafel. Tekanan yang dihasilkan, meskipun tidak sebesar yang ditemukan pada aliran sungai, masih bisa digunakan untuk menggerakkan turbin. Pada hal ini, stabilitas tekanan air menjadi hal penting. Tekanan yang terlalu rendah akan mengurangi efisiensi turbin dan membatasi energi yang dihasilkan. Sebaliknya, tekanan yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan keausan pada sistem pipa dan turbin.

Generator mikrohidro dapat berfungsi dengan baik meskipun debit air kecil, tetapi output listrik yang dihasilkan akan terbatas. Oleh karena itu, sistem ini lebih cocok untuk aplikasi kecil seperti penerangan LED atau pengisian baterai dalam skala rumah tangga.

3. Perbandingan Hasil Mikrohidro yang Dirangkai Secara Seri dan Paralel

Sistem mikrohidro yang dirangkai secara seri memungkinkan beberapa unit pembangkit mikrohidro dihubungkan secara berurutan untuk meningkatkan tegangan listrik keluaran keseluruhan. Terdapat

penjumlahan tegangan listrik keluaran, sedangkan arus yang dihasilkan tetap konstan.

Sedangkan, pada sistem mikrohidro yang dirangkai secara paralel setiap unit turbin dihubungkan pada jalur keluaran air yang sama, sehingga beban dapat dibagi secara merata di antara generator. Sistem ini memungkinkan beberapa unit pembangkit mikrohidro dihubungkan secara bersamaan untuk meningkatkan arus keluaran keseluruhan. Terdapat penjumlahan arus keluaran, sedangkan tegangan listrik yang dihasilkan tetap konstan.

Sistem mikrohidro yang dirangkai secara seri menghasilkan tegangan listrik yang lebih tinggi yaitu 10,98 volt bila diukur tanpa beban LED dan 6,93 volt bila diukur dengan beban LED, sedangkan sistem mikrohidro yang dirangkai secara paralel menghasilkan tegangan listrik yang lebih rendah, yaitu 6,81 volt bila tanpa beban dan 5,91 volt bila diukur dengan beban. Karena sistem mikrohidro yang dirangkai secara paralel tidak dapat menyalakan 4 lampu LED 12 volt.

Tetapi, sistem mikrohidro yang dirangkai secara paralel menghasilkan arus listrik yang lebih tinggi yaitu 0,11650 ampere, dibandingkan sistem mikrohidro yang dirangkai secara seri yang hanya menghasilkan arus listrik sebesar 0,01206 ampere.

Karena itu, sistem mikrohidro dirangkai secara seri lebih cocok diterapkan pada alat yang membutuhkan tegangan listrik yang tinggi, tetapi stabilitas tegangannya mudah terpengaruh karena setiap unit

(generator mikrohidro) dalam rangkaian berkontribusi langsung terhadap tegangan listrik total. Sedangkan sistem mikrohidro dirangkai secara paralel lebih cocok pada alat yang membutuhkan arus tinggi dengan tegangan listrik tetap, dan lebih tahan jika terjadi gangguan pada salah satu unit (generator mikrohidro).

4. Perhitungan Pengurangan Biaya

Perhitungan pengurangan biaya sebagai berikut ini.

a. Hitung volume wadah



Gambar 4.4 Tinggi Air Setelah 30 Detik

$$p = 36 \text{ cm}$$

$$l = 25 \text{ cm}$$

$$t = 3,2 \text{ cm (tinggi air)}$$

$$V = p \times l \times t$$

$$= 36 \times 25 \times 3,2$$

$$= 2.880 \text{ cm}^3$$

$$= 0,00288 \text{ m}^3$$

b. Hitung debit air

$$V = 0,00288 \text{ m}^3$$

$$t = 30 \text{ s}$$

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

$$= \frac{0,00288}{30}$$

$$= 0,000096 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Hitung jumlah energi listrik terpakai

$$W = V \cdot I \cdot t$$

$$= 12 \cdot 0,01206 \cdot 0,008$$

$$= 0,002 \text{ Wh}$$

$$= 0,000002 \text{ kWh}$$

d. Hitung biaya listrik

$$B = W \cdot \text{Tarif listrik per kWh}$$

$$= 0,000002 \cdot \text{Rp}1.700,00$$

$$= \text{Rp}0,0034$$

e. Hitung biaya air

$$B = D \cdot \text{Tarif air per m}^3$$

$$= 0,000096 \cdot \text{Rp}2.600,00$$

$$= \text{Rp}0,2496$$

Biaya penggunaan air untuk menggerakkan sistem mikrohidro yang digunakan untuk menghasilkan listrik bagi penerangan melalui LED

cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan biaya menyalakan LED menggunakan listrik dari jaringan listrik umum. Hal ini disebabkan oleh tarif air yang umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan tarif listrik per kWh. Dalam hal ini, meskipun biaya awal untuk memanfaatkan air untuk menghasilkan listrik melalui mikrohidro lebih besar, teknologi ini tetap memiliki keuntungan yang signifikan dalam konteks efisiensi penggunaan air.

Salah satu keuntungan utama dari sistem mikrohidro adalah pemanfaatan sumber daya air yang sudah ada dan digunakan, misalnya air yang digunakan pada wastafel. Dengan cara ini, alih-alih mengandalkan sumber daya eksternal atau energi listrik dari jaringan, sistem mikrohidro memungkinkan pemanfaatan ulang air yang terbuang untuk menghasilkan listrik, sehingga memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan hemat biaya dalam jangka panjang. Selain itu, penggunaan teknologi mikrohidro menjadi pilihan yang lebih berkelanjutan meskipun membutuhkan investasi awal yang lebih tinggi.

Tabel 4.2 Harga Barang-Barang Rangkaian Seri (Investasi Awal)

No	Barang	Jumlah	Harga
1	<i>Microhydro Generator</i> 12 volt, 10 watt	2	2 x Rp90.000 = Rp180.000
2	Socket pipa ½ inch	2	2 x Rp5.500= Rp11.000,00
3	Elbow ½ inch	1	1 x Rp5.000 = Rp5.000,00
4	Selotip Pipa	1	1 x Rp3.000 = Rp3.000,00
5	Keran ½ inch	1	1 x Rp5.000 = Rp5.000,00
6	Dioda (IN 4007)	2	2 x Rp1.000 = Rp2.000,00
7	Kapasitor (E 4700-50V)	1	1 x Rp3.500 = Rp3.500,00
8	Kabel	1	1 x Rp4.000 = Rp4.000,00
9	Lampu LED	4	4 x Rp1000 = Rp4.000,00
	Total		Rp 217.500

Agar energi listrik yang dihasilkan lebih optimal, penggunaan rangkaian yang tepat, yaitu rangkaian seri, sangat penting. Rangkaian seri memungkinkan aliran listrik mengalir melalui satu jalur yang sama, sehingga dapat memastikan distribusi daya yang konsisten ke seluruh komponen dalam sistem. Dalam rangkaian seri, arus yang mengalir tetap konstan di setiap komponen, yang memudahkan kontrol dan pengaturan distribusi energi.

Selain itu, dalam sistem pembangkit mikrohidro, di mana efisiensi adalah faktor kunci, penggunaan rangkaian seri membantu meminimalkan kehilangan daya akibat resistansi kabel dan komponen lainnya. Dalam rangkaian ini, komponen-komponen seperti generator mikrohidro dan LED yang menjadi beban listrik dapat saling mendukung secara lebih efektif, dengan memaksimalkan pemanfaatan tegangan dan arus yang dihasilkan. Hal ini penting agar energi yang dihasilkan oleh mikrohidro dapat digunakan dengan lebih efisien, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan output daya yang dapat digunakan. Karena itu, untuk penggunaan sehari-hari, sebaiknya menggunakan rangkaian seri.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian “Optimalisasi Konversi Arus Air Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Mikrohidro” sebagai berikut.

1. Generator mikrohidro dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif dengan memanfaatkan arus air sebagai penggerak utama. Teknologi ini menawarkan solusi ramah lingkungan untuk menghasilkan listrik dengan memanfaatkan energi kinetik dari aliran air. Penerapan generator mikrohidro dapat menjadi opsi dalam pengembangan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan, terutama pada skala kecil seperti penggunaan rumah tangga atau industri kecil.
2. Arus air dari wastafel memiliki potensi energi yang cukup untuk menggerakkan generator mikrohidro yang dirangkai secara seri dan menghasilkan listrik dalam skala kecil, yang cukup untuk menyalakan LED 12 volt. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi seri lebih efisien dalam meningkatkan tegangan listrik yang dihasilkan. Sebaliknya, ketika dua generator mikrohidro dirangkai secara paralel, daya yang dihasilkan tidak cukup untuk menyalakan LED 12 volt. Ini menandakan bahwa dalam kondisi arus air yang terbatas, rangkaian seri lebih efektif dibandingkan rangkaian paralel dalam memanfaatkan energi yang tersedia.

3. Pemanfaatan teknologi konversi energi dari arus air wastafel berpotensi mengurangi biaya listrik dalam jangka panjang. Dengan memanfaatkan sumber energi yang tersedia secara alami dan berkelanjutan, rumah tangga atau instansi dapat menekan penggunaan listrik dari sumber konvensional. Jika sistem ini diterapkan dalam skala lebih besar dengan optimalisasi desain dan pemanfaatan air, maka dampaknya terhadap penghematan biaya listrik dapat semakin signifikan.
4. Debit dan tekanan air yang mengalir pada keran berpengaruh langsung terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh generator mikrohidro. Semakin besar debit dan tekanan air yang tersedia, semakin besar pula daya listrik yang dapat dihasilkan. Oleh karena itu, efisiensi sistem mikrohidro sangat bergantung pada kondisi aliran air yang digunakan. Jika debit air rendah atau tekanan tidak stabil, maka daya yang dihasilkan juga akan lebih kecil, sehingga optimalisasi aliran air menjadi faktor penting dalam desain sistem ini.
5. Potensi konversi energi dari arus air keran menggunakan generator mikrohidro berbeda tergantung pada konfigurasi rangkaiannya. Rangkaian seri mampu meningkatkan tegangan listrik sehingga lebih optimal dalam menghasilkan daya yang cukup untuk beban kecil seperti LED 12 volt. Sebaliknya, rangkaian paralel tidak dapat menghasilkan daya yang cukup untuk kebutuhan yang sama dalam kondisi aliran air yang tersedia. Oleh karena itu, pemilihan konfigurasi yang tepat sangat penting dalam

merancang sistem konversi energi mikrohidro agar dapat memberikan hasil yang maksimal.

B. Saran

Penelitian sebaiknya dilakukan menggunakan generator mikrohidro yang lebih besar supaya dapat menghasilkan daya yang lebih besar dan hasilnya dapat digunakan untuk berbagai alat rumah tangga lainnya. Generator mikrohidro juga sebaiknya dipasang pada pipa yang mengalir dari tandon, di mana debit air lebih besar, yang akan menghasilkan tegangan listrik, arus listrik, dan daya yang lebih besar. Dalam melakukan perbandingan perhitungan debit air, sebaiknya diukur debit air pada kedua konfigurasi, yaitu rangkaian seri dan paralel. Hal ini penting karena perbedaan ketinggian pada masing-masing rangkaian dapat mempengaruhi jumlah debit air yang keluar, terlebih lagi karena penelitian yang dilakukan menggunakan komponen-komponen kecil dalam lingkup ruang kecil yang masih bisa diukur. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya dicoba menggunakan lebih banyak generator, dan generatornya dirangkai secara seri dan paralel sekaligus untuk menghasilkan tegangan listrik yang besar dan stabil. Tantangan dalam penerapan sistem generator mikrohidro ini adalah fluktuasi penggunaan air, karena aliran air tidak selalu konsisten setiap saat. Untuk meningkatkan efektivitasnya, sistem mikrohidro dapat digabungkan dengan baterai penyimpanan untuk menampung energi yang

dihasilkan selama periode penggunaan air tinggi dan dapat digunakan pada saat diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Liang, S. (2024). *Mengapa Bohlam LED Lebih Baik Dibandingkan Bohlam Biasa?*. Vorlane.com. Diakses pada 28 Januari 2025.
<https://vorlane.com/id/mengapa-lampu-led-lebih-baik/#:~:text=Efisiensi%20energi,dan%20juga%20bermanfaat%20bagi%20lingkungan>.
- Negara, Ariesta A. S.(2019) *ANALISA POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) DI AIR TERJUN KALIPANCUR KABUPATEN SEMARANG*. Diakses pada 20 November 2024, dari Portal Jurnal Universitas Islam Sultan Agung.
<https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimueng/article/viewFile/8596/3957>
- PT Berkat Manunggal Jaya.(2018) *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Diakses pada 15 November 2024.
<https://bmj.co.id/tentang-genset/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro/>
- Samodra, Fitriyani P. (2023). *Cara Kerja Generator dan Fungsinya, Pahami Jenis-jenisnya*. Diakses pada 22 November 2024.
<https://www.liputan6.com/hot/read/5197479/cara-kerja-generator-dan-fungsinya-pahami-jenis-jenisnya?page=3>
- Subandono A.(2012) *PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)*. Diakses pada 15 November 2024, dari Publikasi Online Universitas Islam Kadiri.
<https://publikasi.uniska-kediri.ac.id/data/otherjournal/Daha48Agt2012/Daha-Edisi48-Agustus2012-01.Agus%20Subandono-full.pdf>
- Sukamta, S. & Kusmantoro, A.(2013). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan*. *Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 60.
 neliti.com. Diakses pada 19 November 2024.
<https://media.neliti.com/media/publications/133843-ID-perencanaan-pembangkit-listrik-tenaga-mi.pdf>
- Sukma, Dwi M. (2018). *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) di Sungai Warkapi Distrik Tanah Rubuh Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat*. (Sarjana tesis, Universitas Brawijaya). Diakses dari
<https://repository.ub.ac.id/id/eprint/11834/3/BAB%20II.pdf>
- Universitas Gajah Mada. *Bangunan Tenaga Air*.
 luk.staff.ugm.ac.id. Diakses pada 23 November 2024.
<https://luk.staff.ugm.ac.id/bta/TurbinAir.pdf>

Wikipedia. *Baterai isi ulang*.

id.wikipedia.org. Diakses pada 23 November 2024

https://id.wikipedia.org/wiki/Baterai_isi_ulang

LAMPIRAN

Lampiran 1. Menghubungkan Generator dengan Komponen Listrik



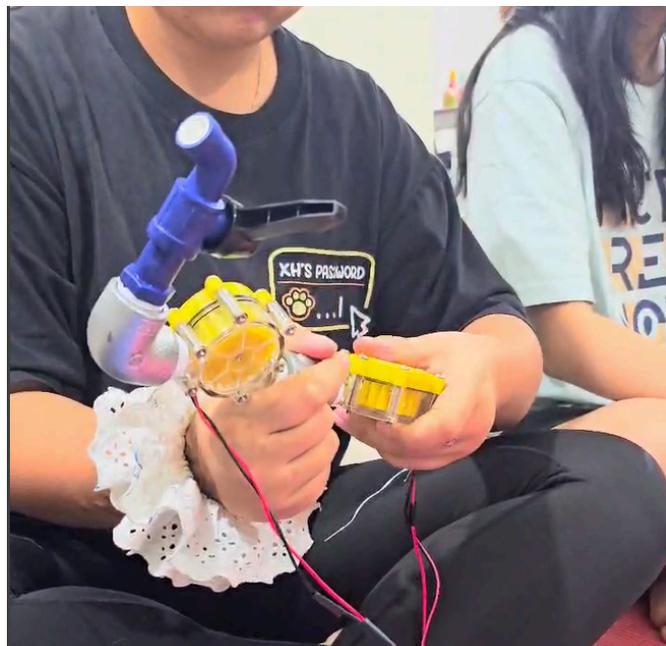
Lampiran 2. Menguji Generator yang Terhubung ke Komponen Listrik



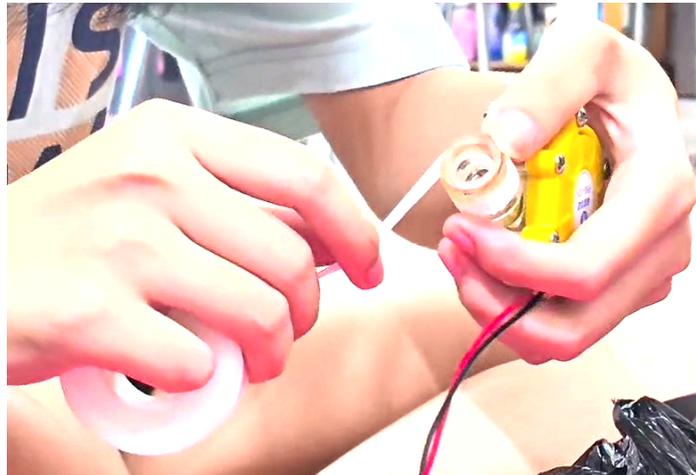
Lampiran 3. Menguji Generator yang Terhubung ke Komponen Listrik dengan Avometer



Lampiran 4. Merangkai Generator Secara Seri

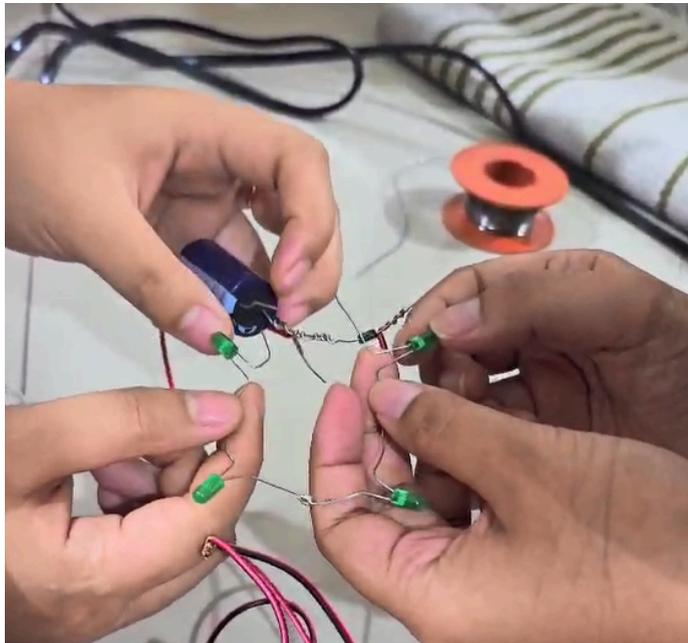


Lampiran 5. Memberi Selotip Pipa pada Drat Mikrohidro



Lampiran 6. Men-solder Lampu LED secara Seri



Lampiran 7. Menggabungkan LED dengan Komponen Listrik Lainnya**Lampiran 8. Menyolder LED ke Komponen Listrik Lainnya**

Lampiran 9. Menguji Rangkaian Seri dan Mengukur dengan Avometer



Lampiran 10. Menguji Rangkaian Paralel dan Mengukur dengan Avometer (1)



Lampiran 11. Menguji Rangkaian Paralel dan Mengukur dengan Avometer Setelah Mengubah Rangkaian LED (2)

