

SKRIPSI
PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO
HIDRO (PLTPH) DENGAN METODE *MORPHOLOGY CHART*
DAN *PUGH MATRIX*

Disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun Oleh:

M ZULHAN ISWANDA

18106060026

Dosen Pembimbing:

IR. TRIO YONATHAN TEJA KUSUMA, S.T., M.T.

19890715 201503 1 007

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1537/Un.02/DST/PP.00.9/07/2022

Tugas Akhir dengan judul : PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK PIKO HIDRO (PLTPH) DENGAN METODE MORPHOLOGY CHART DAN PUGH MATRIX

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : M.ZULHAN ISWANDA
Nomor Induk Mahasiswa : 18106060026
Telah diujikan pada : Rabu, 29 Juni 2022
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Ir. Trio Yonathan Teja Kusuma, S.T., M.T.
SIGNED

Valid ID: 6210110009301



Penguji I
Dr. Ir. Ira Setyaningsih, S.T., M.Sc, IPM.
SIGNED

Valid ID: 6210110009301



Penguji II
Titi Sari, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6210110009411



Yogyakarta, 29 Juni 2022
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Dra. Hj. Khumal Wiantati, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6210110009428

LEMBAR PERNYATAAN PEMBIMBING

LEMBAR PERNYATAAN PEMBIMBING

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr wb

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperhanya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : M Zulhan Iswanda

NIM : 18106060026

Judul Skripsi : **PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK PIKO HIDRO (PLTPH) DENGAN METODE MORPHOLOGY CHART DAN PUGH MATRIX**

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri.

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr wb

Yogyakarta, 13 Juni 2022

Pembimbing

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Ir. Trio Yonathan Teja Kusuma, S.T., M.T.
NIP. 19890715 201503 1 007

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Zulhan Iswanda

NIM : 18106060026

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO (PLTPH) DENGAN METODE *MORPHOLOGY CHART* DAN *PUGH MATRIX*" adalah karya tulis pribadi yang tidak mengandung plagiat kecuali pada bagian tertentu yang menjadi dasar acuan penelitian yang dilakukan dengan penulisan yang sesuai dengan pedoman yang telah ditentukan. Apabila ditemukan dan dapat dibuktikan adanya plagiat dengan kandungan lebih dari standar yang ditentukan yang penyusun akan siap mendapatkan sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Yogyakarta, 13 Juni 2022

Yang menyatakan,


M. Zulhan Iswanda
NIM 18106060026

MOTTO

“Manusia tidak akan bertahan hidup selama ini tanpa adanya inovasi”

“Bentuk investasi yang tidak ada ruginya adalah investasi kepada diri sendiri”

*“Semua yang terjadi adalah sesuai porsi dan waktunya, usaha tak berhenti
sampai keringat sudah tak menetes”*



HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan mengucapkan alhamdulillah dan puji syukur kehadiran Allah SWT
akhirnya tugas akhir ini bisa selesai dan saya persembahkan kepada:*

Kedua orang tua saya,

Bapak Mahmud, S.H.

Ibu Chotimah

Kedua Pengasuh Komplek Arafah

Kyai H. Ijtabahu Rabbuhu

Ibu Nyai Musyarofah, S.Pd

Teman seperjuangan KRISTAL

*Serta seluruh pihak yang mendukung dan berjasa baik langsung maupun tidak
langsung dalam penyusunan tugas akhir hingga bisa diselesaikan pada waktu
yang tepat*

KATA PENGANTAR

Kebutuhan listrik masyarakat kini kian meningkat, penggunaan bahan bakar fosil untuk membangkitkan listrik juga semakin menambah polusi udara yang dibuang ke atmosfer membuat perubahan iklim semakin terasa. Disisi lain pemanfaatan sumber energi terbarukan masih belum maksimal, nyatanya hingga saat ini masih ada daerah yang belum bisa menikmati listrik karena daerah yang terpencil dengan akses yang sulit. Penelitian ini dilakukan untuk membantu mengurangi permasalahan tadi dengan membuat pembangkit listrik tenaga air yang portabel dan modular agar bisa menjangkau masyarakat di daerah terdalam yang belum terjamah listrik. Dengan menggunakan metode bagan morfologi dan matriks Pugh pembuatan alat bisa dirancang dengan membentuk alternatif konsep dan menilai konsep yang bisa dipilih dengan membandingkan konsep yang ada. Dari penelitian ini dihasilkan pembangkit listrik tenaga air golongan piko hidro yang mana daya yang dikeluarkan kurang dari 5KW, yaitu dengan daya keluaran bisa mencapai 30 Watt. Penggunaan di daerah yang memiliki debit air yang lebih deras akan semakin meningkatkan daya keluaran yang dihasilkan. Daya yang dihasilkan bisa langsung dipakai untuk penerangan dirumah-rumah menggunakan lampu hemat daya atau bisa disimpan pada penampung energi listrik seperti aki dengan tegangan 12V DC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tanpa adanya paksaan dari pihak manapun dan dengan kerendahan hati penyusun mengucapkan terima kasih kepada pihak yang berkaitan dengan penyusunan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan pada waktu yang tepat. Pihak tersebut diantaranya:

1. Prof. Dr. Phil Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
3. Dr. Cahyono Sigit Pramudyo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
4. Dr. Yandra Rahadian Perdana, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
5. Ir. Trio Yonathan Teja Kusuma, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan saran selama penelitian
6. Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc. selaku Narasumber dalam wawancara penelitian yang telah bekerjasama dalam penelitian
7. Seluruh dosen program studi Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga yang ikut berkontribusi baik secara langsung dan tidak langsung dalam transfer ilmu sehingga penelitian bisa diselesaikan
8. Jajaran staf Tata Usaha Fakultas Sains dan Teknologi terutama staf Tata Usaha Program Studi Teknik Industri yang ikut berkontribusi baik secara

langsung dan tidak langsung dalam pemenuhan kebutuhan berkas selama penelitian sampai masa sidang

9. Kedua orang tua, Mahmud, S.H dan Chotimah yang selalu memberikan do'a dan keringatnya dalam berproses mulai dari kuliah hingga selesai. Adek satu-satunya, Askar Ismatullah yang ikut berkontribusi dalam pembuatan alat dan seluruh anggota keluarga yang terus memberikan semangat dan motivasi untuk terus bergerak dan berjuang demi cita-cita.
10. Abah H. Ijtabahu Rabbuhu dan Ibu Nyai Musyarofah, S.Pd selaku orang tua kedua selama merantau di tanah orang lain menjadi tempat mencari masukan, saran, pertolongan, nasehat, ridho, dan restu untuk kelancaran dalam berjuang.
11. Seluruh santri Komplek K3 Arafah Pondok Pesantren Al Munawir Krapyak Yogyakarta yang menjadi teman dalam bersendagurau dan saling menyemangati. Khususnya penghuni Kamar Pojok yaitu Amar, Arif, Udin, Ali, Alif, Fahmi yang menjadi teman bertukar pikiran, tertawa bersama, dan kekonyolan lain sehingga hari-hari berlalu lebih bahagia dan bermakna.
12. Seluruh teman seperjuangan Teknik Industri 2018 "Kristal" yang terus menemani dan menjadi motivasi untuk bahagia bersama, sukses bersama, berjuang bersama, dan memberikan makna perjuangan yang terus berdampingan gotong royong bersama.
13. Rekan-rekan kelompok Kuliah Kerja Nyata (KKN) Kelompok 174, Wulan, Ali, Sultan, Widi, Warih, Nisa, Eni, Ayu, Lina, Amin, Tomi dan seluruh warga Mlandi-Wonosobo yang menjadi keluarga baru dan memberikan nuansa baru dalam menjalani hidup kedepan

14. Sri Wulan Agustin rekan berjuang yang memberikan makna bahwa setiap perjuangan tidak ada yang mudah untuk hasil yang lebih terkenang dan memuaskan. menjadi tempat untuk mengulas kegiatan yang sudah dilakukan dan menjadi tempat untuk mengisi daya juang yang akan digunakan selama berjuang untuk mencapai cita-cita dan tujuan hidup.
15. Dan seluruh pihak yang telah berkontribusi dan tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Semoga kebaikan dan ketulusan pihak-pihak yang telah berkontribusi baik secara langsung dan tidak langsung selama berproses dalam penelitian ini mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK BAHASA INDONESIA	xviii
ABSTRAK BAHASA INGGRIS	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	6
1.5 Batasan Masalah.....	6

BAB II	TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1	Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
2.2	Landasan Teori.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
3.1	Objek Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2	Metode Pengumpulan data	Error! Bookmark not defined.
3.3	Validitas/Reliabilitas	Error! Bookmark not defined.
3.4	Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5	Model Analisis	Error! Bookmark not defined.
3.6	Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	Error! Bookmark not defined.
4.1	Pengambilan data	Error! Bookmark not defined.
4.2	Pengolahan data	Error! Bookmark not defined.
4.3	Pengujian dan pengambilan data PLTPH	Error! Bookmark not defined.
4.4	Analisis.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia.....	3
Tabel 2.1. Jenis Pembangkit Listrik Berdasarkan Kapasitas.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2. Matriks morfologi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3. Contoh matriks Pugh.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1. Kondisi sungai 1 selama 1 minggu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2. Kondisi sungai 2 selama 1 minggu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3. Kondisi sungai 3 selama 1 minggu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4. Kecepatan arus sungai 1.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5. Kecepatan arus sungai 2.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6. Kecepatan arus sungai 3.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7. Ketinggian head sungai 1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.8. Ketinggian head sungai 2	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.9. Ketinggian head sungai 3	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10 Statistik deskriptif sungai 1.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.11 Tabel data sungai 1 setelah diurutkan..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.12 Statistik deskriptif sungai 2.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.13 Tabel data sungai 2 setelah diurutkan..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.14 Statistik deskriptif sungai 3.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.15 Data sungai ke 3 setelah diurutkan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.16. Debit air sungai 1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.17. Debit air sungai 2	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.18. Debit air sungai 3	Error! Bookmark not defined.

- Tabel 4.19. Data potensial hidrolik sungai 1.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.20. Data potensial hidrolik sungai 2.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.21. Data potensial hidrolik sungai 3.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.22 Tabel morfologi PLTPH**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.23 Tabel alternatif konsep yang sudah disusun**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.24 Matriks Pugh penilaian konsep**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.25 Data perbandingan RPM pada turbin dan generator pada sungai 2
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.26 Data perbandingan RPM pada turbin dan generator pada sungai 3
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.27. Data daya keluaran generator sungai 2**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.28 Data daya keluaran generator sungai 3 **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proyeksi permintaan energi di Indonesia	2
Gambar 2.1. Diagram Alir Pembangkitan Listrik PLTA	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2. Turbin Pelton.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3. Nosel dan turbin pelton	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.4. Tampak melintang turbin francis	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5. Tampilan melintang turbin baling-baling	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6. Grafik jenis turbin dengan perbandingan head dan aliran air	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7. Perhitungan tinggi head.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1 Grafik keseragaman data sungai 1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2 Grafik keseragaman data sungai 2	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Grafik keseragaman data sungai 3	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4. Render solidworks desain PLTPH	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5. Purwarupa PLTPH	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.6 Grafik potensial hidrolik sungai 2.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.7 Grafik daya keluaran sungai 2.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.8 Grafik potensial hidrolik sungai 3.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.9 Grafik daya keluaran sungai 3.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Lampiran pengambilan data kecepatan arus sungai 1 (Satu) **Error!**

Bookmark not defined.

Lampiran 1. 2 Lampiran pengambilan data kecepatan arus sungai 2 (Dua).. **Error!**

Bookmark not defined.

Lampiran 1. 3 Lampiran pengambilan data kecepatan arus sungai 3 (Tiga) . **Error!**

Bookmark not defined.

Lampiran 1. 4 Lampiran pengambilan data kondisi sungai 1 (satu) **Error!**

Bookmark not defined.

Lampiran 1. 5 Lampiran pengambilan data kondisi sungai 3 (tiga) **Error!**

Bookmark not defined.

Lampiran 1. 6 Lampiran pengambilan data kondisi sungai 3 (tiga) **Error!**

Bookmark not defined.

Lampiran 1. 7 Lampiran data ketinggian head sungai 1 (satu)**Error!** **Bookmark**

not defined.

Lampiran 1. 8 Lampiran data ketinggian head sungai 2 (dua)**Error!** **Bookmark**

not defined.

Lampiran 1. 9 Lampiran data ketinggian head sungai 3 (tiga)**Error!** **Bookmark**

not defined.

Lampiran 1. 10 Hasil data deskriptif statistik sungai 1 minitab**Error!** **Bookmark**

not defined.

Lampiran 1. 11 Hasil data deskriptif statistik sungai 2 minitab**Error!** **Bookmark**

not defined.

Lampiran 1. 12 Hasil data deskriptif statistik sungai 3 minitab**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 13 Lampiran hasil wawancara**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 14 Transkrip wawancara dengan narasumber**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 15 Dokumentasi wawancara dengan narasumber**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 16 Render sisi depan kiri**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 17 Render dari sisi kiri kanan belakang**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 18 Render dari sisi belakang.....**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 19 Render dari sisi depan**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 20 Render dari sisi samping**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 21 Dokumentasi sungai 1**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 22 Dokumentasi sungai 2**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 23 Dokumentasi sungai 3**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 24 Dokumentasi pengelasan**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 25 Dokumentasi pembuatan rangka ..**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 26 Dokumentasi pembuatan ulir.....**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 27 Dokumentasi pengujian alat di sungai 2**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 1. 28 Dokumentasi pengujian alat di sungai 3**Error! Bookmark not defined.**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK BAHASA INDONESIA

Meningkatnya kebutuhan listrik tidak diimbangi dengan peningkatan pemanfaatan sumber listrik terbarukan menyebabkan perubahan iklim yang dilatar belakangi penggunaan bahan bakar fosil untuk menghasilkan listrik. Selain itu daerah dengan akses terpencil dan terdalam masih ada yang belum menikmati listrik untuk kegiatan sehari-hari. Penelitian ini dengan menggunakan metode bagan morfologi dan matriks Pugh maka bisa dihasilkan pembangkit listrik tenaga air yang portabel dan modular untuk membantu masyarakat daerah terpencil menikmati listrik. Dari hasil perancangan dan pembuatan pembangkit listrik tenaga air dihasilkan daya keluaran yang bisa digunakan untuk penerangan rumahan. Daya yang dikeluarkan dari pembangkit listrik mencapai 30W dengan efisiensi yang dihasilkan mencapai 2,382%. Dengan memanfaatkan arus sungai dengan debit yang lebih besar dan pengarahan aliran sungai ke alat bisa dihasilkan energi listrik yang lebih besar. Energi listrik yang dihasilkan bisa langsung digunakan atau ditampung pada penampung listrik seperti aki dengan tegangan 12V DC.

Kata Kunci: *Listrik Terbarukan, Bagan Morfologi, Matriks Pugh.*

ABSTRAK BAHASA INGGRIS

The increasing demand for electricity is not matched by an increase in the use of renewable electricity sources, causing climate change due to the use of fossil fuels to generate electricity. In addition, there are areas with remote and deepest access that do not yet enjoy electricity for their daily activities. This research uses the morphological chart method and the Pugh matrix, so that a portable and modular hydroelectric power plant can be produced to help people in remote areas enjoy electricity. From the results of the design and manufacture of a hydroelectric power plant, an output power is generated that can be used for home lighting. The power released from the power plant reaches 30W with the resulting efficiency reaching 2.382%. By utilizing river currents with a larger discharge and directing the river flow to the equipment, greater electrical energy can be generated. The electrical energy produced can be directly used or accommodated in an electrical reservoir such as a battery with a voltage of 12V DC.

Keyword: Renewable electricity, Morphological Chart, Pugh Matrix.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

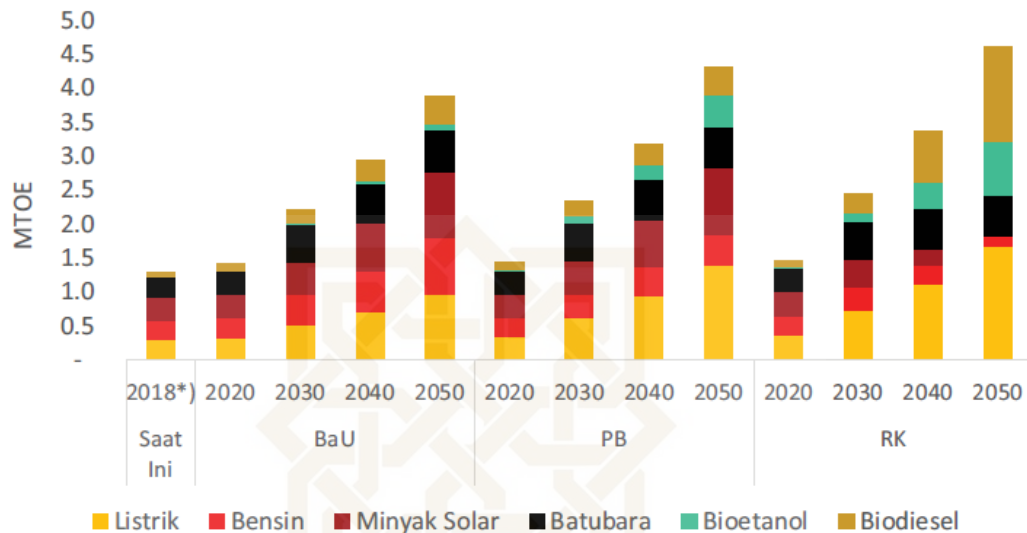
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Listrik sudah menjadi bagian penting dalam sendi-sendi kehidupan manusia. Semua sektor dalam kehidupan manusia menggunakan listrik sebagai penggerakannya. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang luar biasa, harganya murah, ekonomis untuk disimpan, dan ekonomis untuk dipindah secara global (Forsberg, 2021). Pada mayoritas negara berkembang produksi energi listrik mayoritasnya menggunakan bahan bakar fosil. Termasuk di Indonesia, sebagai negara penghasil batubara terbesar di asia tenggara tidak bisa dipungkiri Indonesia masih menggunakan batu bara untuk menghasilkan energi listrik. Penggunaan bahan bakar fosil seperti batubara membawa banyak masalah seperti dampak pada lingkungan, ekonomi, kesehatan, dan harga yang tidak stabil di pasar. Terdapat hubungan yang kuat antara konsumsi energi, polusi udara, sumber air, dan biaya sumber alam (Martins et al., 2019).

Proses produksi energi listrik diyakini berdampak pada perubahan iklim dan penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor dan mesin-mesin di pabrik juga ikut memberikan dampak negatif pada lingkungan (Lott et al., 2017). Sebagai negeri kepulauan dengan topografi di Indonesia yang memiliki banyak gunung seharusnya Indonesia memiliki banyak sumber energi alternatif yang dapat menghasilkan energi listrik. Sumber energi listrik yang berkelanjutan merupakan hal penting yang tidak hanya memasok kebutuhan perkembangan ekonomi (Fortaleza et al., 2018). Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan yang belum dimanfaatkan secara maksimal seperti panas bumi, air, energi tumbuhan, sel

bahan bakar, angin, surya, dan nuklir (Kholiq, 2015). Pada gambar 1.1 dapat dilihat proyeksi permintaan energi yang semakin bertumbuh di negara Indonesia hingga tahun 2050 (1 MTOE = 11630 KWh).



Gambar 1.1 Proyeksi permintaan energi di Indonesia

Sumber : Energi outlook Indonesia (2019)

Geografi Indonesia yang merupakan negara kepulauan, kontur yang memiliki dataran rendah dan tinggi yang beragam, dan siklus hidrologi yang teratur dengan berbagai sumber mata air di Indonesia menjadikan potensi energi terbarukan dari air di Indonesia semakin banyak. Sekitar 75.000 MW energi yang masih menjadi potensi yang tersedia berasal dari air dan baru sekitar 9% yang dimanfaatkan (Kholiq, 2015). Disisi lain karena kontur daerah di Indonesia yang beragam membuat akses ke daerah yang terpencil menjadi sulit. Pemukiman yang memiliki potensi energi listrik perlu memiliki alternatif tersendiri dalam memanfaatkan potensi yang tersedia.

Tabel 1.1. Sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia.

No	Sumber Energi	Potensi	Kapasitas terpasang
1	Panas Bumi	16502 MW	1341 MW
2	Hidro	75000 MW	7059 MW
3	Mini-Mikrohidro	769.7 MW	512 MW
4	Biomassa	13662 Mwe	1364 Mwe
5	Energi Surya	4.8 kWh/m ² /hari	4278 MW
6	Energi Angin	3-6 m/s	1.33 MW
7	Uranium	3000 MW	30 MW
8	Gelombang Laut	17989 MW	
9	Energi Panas Laut	41012 MW	

Sumber: BPPT (2018).

Dapat dilihat pada tabel 1.1 potensi energi yang bersumber dari hidro yaitu sebesar 75.000 MW baru 7.059 MW yang terpasang yang berarti baru 9,41% yang termanfaatkan masih ada 67.941 MW yang belum termanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Melihat potensi alam yang ada disekitar daerah wonosobo masih banyak aliran sungai yang bisa termanfaatkan untuk mengahlikan energi yang terbarukan, tetapi belum dimanfaatkan.

Pengubahan energi kinetik menjadi bentuk listrik akan diubah menggunakan generator listrik. Generator listrik akan mengubah energi kinetic menjadi listrik dengan memanfaatkan gaya elektromagnetik dari rotor dan stator pada dynamo. Pada generator air, terdapat bagian utama yang dikelompokkan menjadi 2 bagian komponen yaitu turbin dan system kelistrikan (Elbatran et al., 2015). Tidak semua energi kinetic yang ada pada aliran air dirubah menjadi energi listrik, hal tersebut dipengaruhi oleh efisiensi turbin. Semakin tinggi efisiensi turbin, maka semakin tinggi energi kinetic yang diubah menjadi listrik. Selain itu, semakin tinggi debit air yang melewati jalur masuknya air di pembangkit listrik (*Inlet*) dan jalur

keluarnya air di pembangkit listrik (*Outlet*) maka akan semakin tinggi tegangan yang dihasilkan (Hakim et al., 2020).

Generator listrik terbagi menjadi 4 macam berdasarkan kapasitas listrik yang dihasilkan yaitu skala besar dengan listrik yang dihasilkan diatas >1 MW, skala kecil dengan listrik yang dihasilkan lebih dari 100KW hingga 1 MW, skala mikro dengan listrik yang dihasilkan mulai dari 5 KW hingga 100 KW, dan skala piko dengan listrik yang dihasilkan mulai dari ratusan watt hingga 5 KW (Elbatran et al., 2015). Generator skala piko dan mikro bisa menjadi alternatif di daerah yang memiliki infrastruktur listrik yang kurang seperti didaerah pedalaman dan daerah terdepan, tertinggal, dan terpencil karena ukurannya yang kompak dengan listrik yang dihasilkan cukup untuk menghidupkan listrik kebutuhan rumah (Fortaleza et al., 2018).

Mendesain pembangkit listrik tenaga *pico hydro* (PLTPH) untuk mengatasi permasalahan lingkungan dan kebutuhan listrik perlu menggunakan metode yang tepat salah satunya dengan peta morfologi (*morphology chart*) yang berfokus pada fase konseptual yaitu fase dimana solusi disusun. PLTPH akan ditargetkan dapat mengeluarkan daya hingga 5 KW dengan bentuk yang minimalis dan portabel sehingga mudah dibawa dan dipindah tempat mengikuti daerah yang susah dijangkau. Selama ada potensi listrik yang berasal dari sungai atau aliran listrik maka potensi listrik tadi bisa dimanfaatkan menjadi listrik dengan pembangkit listrik. Untuk menstabilkan listrik yang dihasilkan bisa ditampung terlebih dahulu pada baterai agar listrik bisa digunakan setelah baterai terisi.

Fase konseptual pada proses desain selanjutnya akan diuraikan. Pertama, menentukan spesifikasi dan mengidentifikasi masalah pada desain. Setelah masalah dipahami, selanjutnya perlu adanya penguraian fungsi. Solusi akan disusun untuk setiap sub-fungsi dan dikombinasi untuk menyusun potensi desain konseptual. Selanjutnya beberapa desain dievaluasi dan susunan solusi akan dipilih. Solusi yang dipilih akan diekplorasi mendalam pada fase pembentukan desain (Earl, 2003). Peta morfologi merupakan table yang berisi alternatif dari suatu fungsi yang bisa disusun untuk menjadi beberapa solusi alternatif dalam tahap mendesain suatu barang (Smith, 2007). Mendesain sebuah produk tidak semata-mata menggunakan kreativitas dari sang desainer. Terutama mendesain produk yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Pengaplikasian peta morfologi akan membantu mengarahkan desainer untuk membentuk produk dengan penyusunan alternatif fungsional menjadi beberapa solusi yang selanjutnya akan dipilih solusi yang terbaik dari beberapa solusi yang disusun.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang masalah mengenai masalah kebutuhan listrik yang tidak disertai pemanfaatan sumber daya terbarukan secara maksimal, timbullah rumusan masalah yaitu seperti apa bentuk PLTPH yang dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat dengan pemanfaatan sumber daya alam terbarukan yang ada?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian dengan menerapkan peta morfologi ini sebagai berikut:

1. Untuk mendesain PLTPH dengan menerapkan peta morfologi sebelum mendesain PLTPH
2. Untuk membuat purwarupa PLTPH hasil dari desain
3. Mengetahui daya keluaran dari PLTPH yang dibuat
4. Membuat PLTPH dengan desain yang portabel agar bisa dimanfaatkan pada daerah yang sulit dijangkau

1.4 Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu dapat membantu mengurangi permasalahan listrik dengan pemanfaatan sumber daya alam menggunakan PLTPH yang didesain menggunakan konsep peta morfologi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Pembahasan ini merupakan studi perancangan PLTPH.
2. Analisis potensi hidrolik akan dilakukan secara matematis berdasarkan hasil data observasi di lapangan.
3. Target daya yang dikeluarkan pembangkit listrik adalah $<5\text{KW}$.
4. Pembangkit listrik yang dibuat adalah pembangkit listrik tenaga air.
5. Analisis kelayakan terbatas pada analisis teknis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengaplikasian peta morfologi diketahui terdapat 5 sub fungsi yang perlu diperhatikan dalam mendesain alat yang akan dibuat. Dari 5 sub fungsi terdapat alternatif dari masing-masing sub fungsi yang tersedia dipasaran. Dari tiap sub fungsi dan alternatif disusun 6 konsep dengan konsep 2 yang terpilih dari dengan konsep dasar yaitu konsep 1 sebagai pembanding pada proses pemilihan konsep menggunakan matriks Pugh. Dari konsep yang terpilih dapat dihasilkan rancangan spesifikasi alat dan digambar pada aplikasi Solidworks
2. Dengan desain yang sudah digambar pada Solidworks dibuat purwarupa yang sesuai dengan konsep yang terpilih untuk diuji dan pengambilan data.
3. Berdasarkan pengambilan data dari purwarupa konsep yang sudah didesain dihasilkan daya yang masih tergolong kecil yaitu $<100W$. Daya tadi bisa dimanfaatkan untuk penerangan lampu dan bisa ditampung pada penampung yang lebih besar agar daya yang bisa digunakan bisa lebih besar.
4. Pembuatan alat dengan menggunakan peta morfologi dan Pugh matriks dapat membantu peneliti dalam menentukan konsep yang lebih mengerucut dari banyaknya alternatif sub fungsi yang ada. Dari konsep yang dipilih bisa membuat desain PLTPH dan dapat dibangun alat untuk membantu masyarakat yang masih belum bisa menikmati listrik. Dari penelitian ini dihasilkan alat yang bisa mengkonversi energi kinetik pada air menjadi energi listrik, tetapi

dengan efisiensi yang rendah dan daya yang dihasilkan masih kecil. Daya yang dihasilkan cukup untuk penerangan dan bisa ditampung untuk keadaan darurat tanpa mengeluarkan biaya untuk membayar listrik.

5.2 Saran

Penerapan metode peta morfologi dan matriks Pugh membantu mengarahkan dan mengerucutkan dari tiap alternatif yang ada sehingga bisa dibentuk banyak konsep dan bisa dinilai dengan membandingkan dengan konsep dasar sehingga bisa dipilih dengan harapan hasil yang dikeluarkan bisa lebih baik. Dari penelitian ini masih memiliki kekurangan dan ada saran yang diberikan untuk menjadi perbaikan dipenelitian selanjutnya antara lain:

1. Pemilihan konsep dasar bisa dipilih dari konsep terbaik yang ada dari alat yang sudah ada di pasaran sehingga alat yang dibuat merupakan perbaikan dari alat yang sudah ada
2. Penentuan spesifikasi desain ditentukan dengan pengarahan dari ahli yang berpengalaman untuk menghemat biaya percobaan.
3. Proses pembuatan perlu diperhatikan tingkat kepresisian dengan alat yang lebih mendukung agar alat yang akan dibuat bisa lebih sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnandy, R., Firdausa, S. Z., & Saputra, M. R. A. (2019). Perancangan Produk Loyang Prasmanan untuk Meningkatkan Efisiensi Pada UKM Catering Menggunakan Metode HOQ. *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2019*, 75–82.
- Angie, N., Tokit, E. M., Sa'at, F. A.-Z. M., & Anuar, F. S. (2020). Conceptual design of kitchen food waste composter using morphological chart. *Proceedings of Mechanical Engineering Research Day, 2020*(January 2021), 277–278.
- Basar, M. F., Ahmad, A., Hasim, N., & Sopian, K. (2011). Introduction to the pico hydro power and the status of implementation in Malaysia. *Proceedings - 2011 IEEE Student Conference on Research and Development, SCORED 2011*, 283–288. <https://doi.org/10.1109/SCORED.2011.6148751>
- Borekci, N. A. G. Z. (2019). Design Divergence Using the Morphological Chart. *Design and Technology Education: An International Journal*, 23(3), 61–85.
- BPPT. (2018). Indonesia Energy Outlook 2018: Sustainable Energy for Land Transportation. In *Agency for The Assessment and Application of Technology* (Vol. 134, Issue 4).
- Breeze, P. (2019). power Generation Technologies. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (3rd ed.).
- Dragomir, M., Banyai, D., Dragomir, D., Popescu, F., & Criste, A. (2016). Efficiency and Resilience in Product Design by Using Morphological Charts. *Energy Procedia*, 85(January), 206–210. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.218>
- Earl, C. (2003). Axiomatic design; advances and applications. In *Design Studies* (Vol. 24, Issue 4, pp. 391–392). [https://doi.org/10.1016/s0142-694x\(02\)00058-3](https://doi.org/10.1016/s0142-694x(02)00058-3)
- Elbatran, A. H., Abdel-Hamed, M. W., Yaakob, O. B., Ahmed, Y. M., & Arif Ismail, M. (2015). Hydro power and turbine systems reviews. *Jurnal Teknologi*, 74(5), 83–90. <https://doi.org/10.11113/jt.v74.4646>
- Forsberg, C. (2021). Addressing the low-carbon million-gigawatt-hour energy storage challenge. *The Electricity Journal*, 34(10), 107042. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2021.107042>
- Fortaleza, B. N., Serfa Juan, R. O., & Tolentino, L. K. S. (2018). IoT-based pico-hydro power generation system using pelton turbine. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 10(1–4), 189–192.
- Hakim, M. L., Yuniarti, N., Sukir, S., & Damarwan, E. S. (2020). Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro. *Jurnal Edukasi Elektro*, 4(1), 75–81. <https://doi.org/10.21831/jee.v4i1.32607>
- Joshi, A. K., Dandekar, I. A., Gaikwad, M. V., & Harge, C. G. (2019). Pugh Matrix

- and Kano Model-The Significant Techniques for Customer's Survey. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 9(June), 53–55. www.ijetae.com
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal IPTEK*, 19(2), 75–91. [https://doi.org/10.1016/s1877-3435\(12\)00021-8](https://doi.org/10.1016/s1877-3435(12)00021-8)
- Kosnik, L. (2010). The potential for small scale hydropower development in the US. *Energy Policy*, 38(10), 5512–5519. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.049>
- Lott, M. C., Pye, S., & Dodds, P. E. (2017). Quantifying the co-impacts of energy sector decarbonisation on outdoor air pollution in the United Kingdom. *Energy Policy*, 101(October 2016), 42–51.
- Madhankumar, S., & Manonmani, K. (2018). Design of Bore Well Rescue System using Morphological Chart. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 3(May), 240–244.
- Magrab, E. B., Gupta, S. K., McCluskey, F. P., & Sandborn, P. (2009). Integrated Product and Process Design and Development. In *Integrated Product and Process Design and Development*. <https://doi.org/10.1201/9781420070613>
- Martins, F., Felgueiras, C., Smitkova, M., & Caetano, N. (2019). Analysis of fossil fuel energy consumption and environmental impacts in european countries. *Energies*, 12(6), 1–11. <https://doi.org/10.3390/en12060964>
- Nurul Suraya, A., Ammar, N. M. M., & Ummu Kulthum, J. (2015). The effect of substantive parameters on the efficiency of Archimedes screw microhydro power: A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 100(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/100/1/012030>
- Prasetijo, H., Ropiudin, & Dharmawan, B. (2012). Generator magnet permanen sebagai pembangkit listrik putaran rendah permanent magnet generator as lowSpeed electric power plant. *Dinamika Rekayasa*, 8(2), 70–77.
- Pratama, R. E., Noviandi, A., & Suyono. (2019). *Rancang bangun miniatur kincir angin sudu dinamis sumbu vertikal*. 1–8.
- Priadythama, I., Susmartini, S., & Nugroho, A. W. (2017). Penerapan DFMA untuk Low Cost High Customization Product. *PERFORMA : Media Ilmiah Teknik Industri*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.20961/performa.16.1.12740>
- Purohit, P. (2008). Small hydro power projects under clean development mechanism in India: A preliminary assessment. *Energy Policy*, 36(6), 2000–2015. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.02.008>
- Rakov, D. (2020). Advantages and disadvantages of morphological methods in engineering. *MATEC Web of Conferences*, 329, 03028. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202032903028>
- Smith, G. P. (2007). *MORPHOLOGICAL CHARTS: A SYSTEMATIC EXPLORATION OF QUALITATIVE DESIGN SPACE* (Issue December).

<http://etd.lib.clemson.edu/documents/1202500458/umi-clemson-1504.pdf>..

- Sulistiyono, Sugiri, A., & R., A. Y. E. (2013). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Sungai Cikawat Desa Talang Mulia Kecamatan. *Jurnal FEMA*, 1(1), 48–54.
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). Indonesia Energy Outlook 2019. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Von Teh, C. Y., Bin Shahrol Aman, M. N. S., Mustafa, W. A., & Bin Ahmad, S. A. (2020). Conceptual Design for Ankle Rehabilitation Robot by Using Morphological Chart and Pugh Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 932(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/932/1/012062>
- Weking, A. I., & Sudarmojo, Y. P. (2019). Prototype Design of Micro Hydro Using Turbine Archimedes Screw for Simulation of Hidropower Practical of Electro Engineering Students. *Journal of Electrical, Electronics and Informatics*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.24843/jeei.2019.v03.i01.p02>
- Wignjosoebroto, S. (2009). *Pengantar Teknik Industri* (1st ed.). Guna Widya.