

LAPORAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Embung Pelangi UII



Penyusun:

Millen Febiansyah (18524077)

Enaya Kafka Garuda Novtrianda (18524136)

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Embung Pelangi UII

Penyusun:

Millen Febiansyah (18524077)

Enaya Kafka Garuda Novtrianda (18524136)

Yogyakarta, 18 Juli 2022

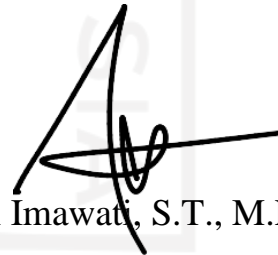
Dosen Pembimbing 1



Husein Mubarak, S.T., M.Eng.

155241305

Dosen Pembimbing 2



Iftitah Imawati, S.T., M.Eng.

215241301

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta


2022


LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR


PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO



الجمعة الثابتة الأندلسية
Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarak, S.T., M.Eng. 



Anggota Penguji 1 : Firdaus, S.T., M.T., Ph.D. 

Anggota Penguji 2 : Donny Suryawan, S.T., M.Eng. 

Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 13 Agustus 2022

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D. 

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjaan di suatu perguruan tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, paten merupakan milik bersama antaraa tiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022



Millen Febiansyah (18524077)



Enaya Kafka Garuda Novtrianda (18524136)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	2
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	3
DAFTAR ISI	5
DAFTAR GAMBAR	7
DAFTAR TABEL	8
RINGKASAN TUGAS AKHIR	9
BAB 2 : Observasi	12
2.1 Studi Literatur	12
2.2 Dasar Teori	16
2.2.1 Generator	16
2.2.2 Turbin Air Screw	16
2.2.3 Pulley	19
2.2.4 Akumulator	19
2.2.5 Voltmeter	19
2.2.6 Multimeter	20
2.2.7 Tachometer	20
2.2.8 Charge Controler	21
2.2.9 DC Buck Converter	21
2.2.10 Debit Air	22
2.3 Survei	22
3.1 Usulan Rancangan Sistem	26
3.2 Blok Diagram Rancangan Sistem	33
3.3 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan	34
3.3.1 Metode Uji Efisiensi Generator	34
3.3.2 Metode Pengujian Ketahanan Sistem	35
3.3.3 Pengujian Variasi Sudut Turbin	35
BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem	36
4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem	36
4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya	37
4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi	39
BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis	41
5.1 Hasil Rancangan Pengujian Sistem	41

5.1.2 Hasil Uji Sistem di Embung Pelangi UII	42
5.1.3 Hasil Uji Coba Ketahanan Turbin, Kedap air <i>Box</i> Elektronik dan Generator	45
5.1.4 Hasil Uji Pengisian Baterai	46
5.1.5 Efisiensi Generator	49
5.2 Pengalaman Pengguna	52
5.3 Dampak Implementasi Sistem	53
5.3.1 Teknologi/Inovasi	53
5.3.2 Sosial	54
5.3.3 Ekonomi	54
5.3.4 Lingkungan	54
<i>BAB 6 : Kesimpulan dan Saran</i>	55
6.1 Kesimpulan	55
6.2 Saran	56
<i>LAMPIRAN – LAMPIRAN</i>	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Generator DC.....	16
Gambar 2.2. Turbin ulir.....	16
Gambar 2.3. Pulley.....	19
Gambar 2.4. Aki 12 V 4 Ah	19
Gambar 2.5. Voltmeter.....	19
Gambar 2.6. Multimeter digital.....	20
Gambar 2.7. Tachometer	20
Gambar 2.8. Charge Controller	21
Gambar 2.9. Buck Converter.....	21
Gambar 2.10. Hasil pengambilan data di embung pelangi UII.....	23
Gambar 2.11. Pengambilan data embung kladuan UII	24
Gambar 2.12. Pengambilan data di sungai barat rektorat UII.....	25
Gambar 3.1. Siklus perancangan suatu sistem rekayasa	26
Gambar 3.2. Desain usulan sistem 1	27
Gambar 3.3. Tampak atas desain usulan 1	28
Gambar 3.4. Letak penempatan pulley.....	28
Gambar 3.5. Tampak samping usulan desain sistem 1.....	29
Gambar 3.6. Desain usulan sistem 2	30
Gambar 3.7. Skema rangkaian sistem PLTPH.....	33
Gambar 4.1. Total berat keseluruhan sistem rancangan.....	37
Gambar 5.1. Tegangan generator	47
Gambar 5.2. Tegangan pada SCC pada saat pengisian daya.....	47
Gambar 5.3. Baterai pada kondisi low	48
Gambar 5.4. Tegangan pada baterai setelah dilakukan pengisian daya	48
Gambar 5.5. Keluaran sistem dengan penggerak bor 1500 rpm.	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kumpulan solusi yang identik dengan proyek tugas akhir	12
Tabel 2.2. Hasil survei antara pengembang dan pengguna	14
Tabel 3.1. Spesifikasi turbin ulir desain usulan sistem 1	27
Tabel 3.2. Rencana anggaran usulan desain 1	29
Tabel 3.3. Spesifikasi turbin ulir desain usulan sistem 2	31
Tabel 3.4. Rencana anggaran usulan desain 1	31
Tabel 3.5. Inventarisasi kebutuhan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (<i>PLTPH</i>).	32
Tabel 4.1 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem.....	36
Tabel 4.2. Kesesuaian antara usulan dan realisasi <i>timeline</i> pengerjaan Tugas Akhir 2.....	37
Tabel 4.3. Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi	38
Tabel 5.1. Pengukuran debit air	42
Tabel 5.2. Pengujian sudut turbin terhadap permukaan air	43
Tabel 5.3. Pengujian sistem berdasarkan sudut inklinasi terbaik.....	44
Tabel 5.4. Daya yang dihasilkan pada saat pengujian.....	45
Tabel 5.5. Pengujian pada kualitas sistem perancangan	45
Tabel 5.6. Pengalaman Pengguna	52
Tabel 5.7. Perbandingan teknologi/inovasi dari perancangan terdahulu	53

RINGKASAN TUGAS AKHIR

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Saat ini pemanfaatan sumber daya alam masih sering menggunakan sumber daya yang tidak dapat diperbarui, untuk mendapatkan sumber daya tersebut membutuhkan waktu yang lama dalam proses pembentukannya. Oleh karena itu pemanfaatan sumber daya alam terbarukan harus di maksimalkan agar cadangan sumber daya alam tak terbarukan tidak habis digunakan sebagai sumber energi utama oleh masyarakat. Kebutuhan listrik yang masih menggunakan bahan bakar batu bara dapat perlahan diganti dengan menggunakan sumber daya alam terbarukan seperti air, angin, sinar matahari dan lain-lainya.

Pada kesempatan kali ini kami ingin memanfaatkan keberadaan sumber daya energi terbarukan yang ada disekitar lingkungan UII. Pemanfaatan tersebut implementasikan pada embung pelangi UII. Dengan memanfaatkan aliran air yang mengalir pada embung UII kami dapat merancang suatu pembangkit listrik tenaga pikohidro yang dapat memberikan sumber penerangan agar masyarakat sekitar dapat terbantu dalam melakukan kegiatan sehari-hari sehingga masyarakat juga dapat mengurangi biaya penggunaan listrik. Dengan adanya pembangkit listrik tersebut masyarakat juga dapat menyadari akan pentingnya pemanfaatan sumber daya alam terbarukan. Sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro di rancang dengan memperhatikan kondisi pada lingkungan sekitar. Sistem tersebut dapat bekerja dalam segala kondisi cuaca dan juga tidak merusak ekosistem yang ada di sekitar lingkungan embung pelangi UII.

Berdasarkan hasil pengujian sistem di Embung Pelangi UII dengan debit rata-rata 7.1532 L/detik dapat membangkitkan daya maksimal sebesar 8,544 watt dengan tegangan rata-rata 16,87 volt. Dengan sudut turbin terhadap permukaan air terbaik yaitu $17,157^\circ$. Sistem dapat melakukan pengisian daya pada aki berkapasitas 12 volt 4 Ah dengan debit air 4,807 L/detik pada kondisi low, yaitu 9,9 V sampai dengan 12,2 V dengan waktu 36 menit. Efisiensi generator yang digunakan pada rancangan sistem ini mencapai 96,75%. Lalu efisiensi pembangkitan listrik bertenaga air (pikohidro) ini mencapai 16,71%, dengan putaran konstan 1500 rpm, sistem dapat membangkitkan listrik sebesar 86,49 watt.

BAB 1 : Definisi Permasalahan

Listrik saat ini masih menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat baik digunakan untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk kebutuhan industri.

Kebutuhan akan energi listrik pada beberapa tahun terakhir di Indonesia semakin besar seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat dan pertumbuhan ekonomi yang semakin membaik [1]. Kebutuhan energi listrik di Indonesia mayoritas masih memanfaatkan sumber energi tidak terbarukan (*unrenewable*) seperti gas alam dan batu bara. Sedangkan pemanfaatan sumber energi terbarukan (*renewable*) yang dapat dimanfaatkan antara lain air, angin, matahari, masih sangat minim digunakan oleh karena itu perlu terus ditingkatkan pemanfaatannya [2].

Meningkatnya jumlah peralatan elektronik yang memerlukan listrik dan kebutuhan manusia akan peralatan elektronik merupakan salah satu penyebab utama naiknya kebutuhan listrik di Indonesia. Kebutuhan listrik Indonesia sebagian besar dipenuhi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Bahan bakar dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap ini adalah bahan bakar fosil (batubara) yang mana cadangan sumber energi fosil kini kian menipis. Pembakaran batubara berpotensi menghasilkan gas rumah kaca, dan zat berbahaya seperti sulphur dioxide dan karbon dioksida. Tidak hanya itu, PLTU merupakan penyumbang emisi karbon terbesar di Indonesia. Limbah dari operasional PLTU batubara mengandung berbagai zat yang berbahaya dan terus menumpuk yang akan memberikan dampak yang sangat buruk bagi kondisi lingkungan [3]. Perlunya pengembangan Energi Terbarukan untuk penggantian bahan bakar fosil guna memperbaiki ketahanan energi Indonesia. Tercatat bauran energi nasional tahun 2020, batubara sebesar 35,5%, gas bumi 21,9%, minyak bumi 28,1% dan Energi Baru Terbarukan (EBT) hanya sebesar 14,5% [4].

Pembangkit listrik tenaga air merupakan pembangkit energi listrik yang memanfaatkan energi air untuk mendorong turbin air yang dikopel dengan generator. Pembangkit listrik tenaga air ini membutuhkan konstruksi bangunan yang khusus dan termasuk menjadi kendala dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga air itu sendiri. Berdasarkan besarnya daya yang dihasilkan oleh pembangkit energi listrik menggunakan air, ada yang dinamakan dengan pembangkit listrik tenaga pikohidro yang tidak membutuhkan konstruksi serumit pembangkit listrik tenaga air yang menghasilkan daya ribuan kilowatt. Aliran air untuk pembangkit listrik tenaga pikohidro tidak harus memanfaatkan aliran air yang deras tetapi memanfaatkan air yang berasal dari saluran irigari, sungai kecil yang ada di dataran rendah atau daerah yang tidak memiliki bukit-bukit.

Pembangkit listrik tenaga air adalah pembangkit energi listrik yang menggunakan energi air untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan generator. Pembangkit listrik tenaga air ini membutuhkan desain khusus yang menjadi kendala dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga

air itu sendiri. Berdasarkan besarnya daya yang dihasilkan oleh pembangkit energi listrik menggunakan air, ada yang dinamakan dengan pembangkit listrik tenaga pikohidro yang tidak membutuhkan konstruksi serumit pembangkit listrik tenaga air yang menghasilkan daya ribuan kilowatt. Perlu dibangun sekomples pembangkit listrik tenaga air yang menghasilkan ribuan kilowatt listrik. Aliran air untuk pembangkit listrik tenaga pikohidro tidak perlu memanfaatkan aliran air berkecepatan tinggi, tetapi menggunakan air dari saluran irigasi, sungai-sungai kecil di dataran rendah, atau daerah tanpa perbukitan. Kebijakan Energi Nasional menyebutkan di tahun 2025 Indonesia akan mencapai bauran EBT sebesar 23% [5]. Dengan adanya pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dapat membantu mengurangi masalah tersebut. Sistem pikohidro adalah suatu pembangkit skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, aliran sungai atau waduk yang merupakan sumber energi terbarukan sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang dapat merusak lingkungan dan ekosistem yang ada di Indonesia.

Adapun pembangkit listrik yang kami buat memiliki desain yang fleksibel agar dapat berkerja pada musim kemarau sehingga dapat tetap digunakan dengan cara mengubah tinggi sudut turbin ataupun memindahkan posisi pembangkit tersebut. Tujuan dari pembuatan pembangkit listrik tersebut agar dapat memaksimalkan sumber energi terbarukan berupa tenaga air yang ada disekitar lingkungan masyarakat yang nantinya dapat mengurangi biaya konsumsi listrik dan dapat menambah pencahayaan di sekitar lingkungan masyarakat yang masih minim pencahayaan agar dapat membantu akses jalan atau kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat sekitar pada malam hari.

BAB 2 : Observasi

2.1 Studi Literatur

Sebelum merancang suatu sistem maka dibutuhkan suatu observasi yang mana proses tersebut bertujuan untuk memastikan seluruh rancangan sistem yang akan diusulkan dapat sesuai dengan batasan realistis yang sudah ditentukan sebelumnya hingga menentukan kebutuhan awal *prototyping* yang sudah dirancang oleh tim kami. Untuk mencapai hal tersebut maka tim kami memulai mengumpulkan informasi-informasi yang berkaitan dengan teknologi yang sudah dibuat sebelumnya melalui sumber media *online* dan beberapa jurnal dan artikel.

Berikut ini adalah beberapa literatur teknologi terdahulu yang sudah dikumpulkan oleh tim. Literatur tersebut menampilkan spesifikasi, usulan solusi dan hasil atau evaluasi yang menunjukkan beberapa alternatif solusi yang telah dibuat sebelumnya untuk dapat menjadi acuan dengan rancangan sistem yang akan tim kami buat. Literatur yang telah dikumpulkan dapat menjadi batu loncatan atau dorongan untuk tim agar dapat membuat inovasi atau terobosan yang lebih baik.

Tabel 2.1. Kumpulan solusi yang identik dengan proyek tugas akhir

Penulis	Usulan Solusi	Hasil / Evaluasi
Remon Pasaribu, (2020) [6].	Rancangan Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	Rancang bangun ini menghasilkan nilai rata-rata debit air yang dibutuhkan adalah sebesar 0,7 meter pada luas penampang dan kedalaman 0,50 meter. Kecepatan benda mengapung pada lintasan sebesar 0,527 m/s. Kemudian daya yang dihasilkan oleh turbin sebesar 19 sampai 26 watt. Setelah mendapatkan daya yang dihasilkan dimasukkan ke dalam baterai selama 7 sampai 16 jam. Faktor yang mempengaruhi lamanya pengisian baterai adalah semakin kecilnya debit air yang tersedia.
Silverster Sandy Asmara, (2016) [4].	Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Aliran Sungai sekitar Bangunmulyo.	Aliran sungai sekitar bangunmulyo menghasilkan debit air sebesar 0,135 sampai 0,145m ³ . Kemudian pada hasil analisis potensi hidrolis yang ditimbulkan oleh tekanan air akibat adanya gaya gravitasi bumi yang dihasilkan dalam bentuk energi potensial sebesar ± 7 kW. Setelah mengetahui hasil perhitungan potensi hidrolis maka didapatkan nilai

		estimasi daya yang dapat dibangkitkan dengan rata-rata 3,67 kW. Berdasarkan seluruh hasil nilai analisis yang didapatkan maka desa bangunmulyo memiliki potensi untuk dijadikan sumber energi alternatif dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPH).
Alfinandar, (2021) [7].	Penelitian ini menganalisis pengaruh tinggi head terhadap daya dan efisiensi turbin 15 yang dihasilkan. Variasi ketinggian head yang digunakan yaitu 300 mm, 500 mm, dan 700 mm.	Didapatkan daya terbesar pada variasi head 300 mm adalah 4,657 watt, pada 500 mm sebesar 5,569 watt, dan pada 700 mm sebesar 6,690 watt. Efisiensi pada masing-masing variasi head yaitu sebesar 36,273%, 26,012%, dan 22,323%.
Havendri, dkk. (2021) [8].	Penelitian ini menganalisis pengaruh debit dan kemiringan poros terhadap daya mekanik pada dua turbin ulir Archimedes tiga sudu. Variasi debit yang digunakan yaitu $Q_1 = 0,00057$ m ³ /s, $Q_2 = 0,00081$ m ³ /s, $Q_3 = 0,00101$ m ³ /s, $Q_4 = 0,00139$ m ³ /s, $Q_5 = 0,00162$ m ³ /s dan variasi kemiringan poros yang digunakan yaitu $\theta_1 = 38,3^\circ$, $\theta_2 = 41,81^\circ$, $\theta_3 = 43,8^\circ$, dan $\theta_4 = 45,5^\circ$.	Nilai efisiensi meningkat seiring pertambahan debit tetapi nilai efisiensi juga mengalami penurunan dengan pertambahan debit. Hal ini terjadi karena debit yang lebih besar, air akan mengalir menumbuk sudu dan mengakibatkan air tumpah keluar dari lintasan sehingga energi air yang menggerakkan poros turbin berjalan tidak efektif. Efisiensi tertinggi dicapai pada debit 0,00101 m ³ /s dengan nilai sebesar 68,41%.
Havendri dan Lius, (2009) [9].	Merancang dan merealisasikan model turbin ulir Archimedes untuk head rendah di Indonesia untuk mendapatkan daya listrik keluaran semaksimal mungkin.	Jenis turbin yang dirancang yaitu turbin 3 sudu dengan head 1 meter dan jenis ini cocok untuk digunakan di daerah yang memiliki head rendah.

Berdasarkan hasil studi literatur tersebut, dapat dilihat bahwa secara umum seluruh pembangkit listrik tenaga air akan bergantung pada jumlah debit air yang ada pada sumber aliran air yang akan ditempatkan pembangkit tenaga air. Kemudian faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil keluaran tegangan dan arus adalah kemiringan sudut dari turbin yang diletakkan pada pembangkit, serta jenis turbin yang digunakan juga berperan penting saat menentukan lokasi yang ada pada sumber aliran air. Kemudian dari hasil observasi tersebut juga membahas mengenai nilai efisiensi yang didapatkan bergantung pada debit dan arus air yang mengalir masuk kedalam turbin. Sudu yang dibuat harus dirancang dengan baik agar dapat membantu air tetap mengalir pada turbin agar menghasilkan efisiensi yang lebih besar, hambatan pada sudu akan mengakibatkan penurunan

nilai efisiensi dikarenakan air yang mengalir terhalang oleh turbin tersebut dan berdampak pada poros turbin yang sedang memutar.

Setelah melakukan observasi pada literatur yang sudah ada sebelumnya kami melakukan survei kepada masyarakat sekitar dengan cara menanyakan masyarakat sekitar yang sedang melakukan aktifitas di sore dan malam hari. Setelah mendapatkan beberapa narasumber yang tepat, selanjutnya kami menyiapkan beberapa pertanyaan yang dapat bermanfaat atau menjadi acuan untuk kami menentukan spesifikasi sitem yang kami buat serta kebutuhan pengguna. Adapun beberapa pertanyaan yang disiapkan dan respon dari masyarakat sekitar sebagai berikut:

Tabel 2.2. Hasil survei antara pengembang dan pengguna

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan
Apakah embung pelangi UII sudah dimaksimalkan sebaik mungkin?	Sudah, tetapi belum maksimal
Apakah masyarakat sekitar sudah pernah menggunakan embung pelangi UII untuk melakukan kegiatan yang bermanfaat?	Sudah, biasa masyarakat sekitar memanfaatkan dengan cara memancing ikan
Apakah masyarakat sekitar membutuhkan penerangan di malam hari untuk membantu kegiatan atau akses jalan sehari-hari?	Masyarakat membutuhkan penerangan untuk melakukan aktifitas memancing dan melakukan akses perjalanan dikarenakan minimnya penerangan di malam hari karena tidak ada lampu sehingga rentan terjadi kejahatan dan menimbulkan rasa takut bagi warga yang ingin menggunakan jalan.
Seberapa seringnya masyarakat melakukan kegiatan atau akses jalan di malam hari?	Hampir setiap hari masyarakat sekitar melakukan aktifitas memancing dan menggunakan akses jalan di malam hari
Apakah masyarakat sekitar dapat memahami cara penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga air yang akan di buat?	Sebagian besar masyarakat masih belum mengetahui bagaimana cara penggunaan sistem pembangkit, dikarenakan minimnya pengetahuan mengenai pembangkit listrik tenaga air.
Apakah masyarakat sekitar merasa terganggu dengan adanya pembangkit listrik tenaga air yang kami buat?	Masyarakat sekitar tidak merasa terganggu oleh adanya sistem pembangkit listrik tenaga air, justru masyarakat merasa penasaran dengan sistem rancangan yang dibuat serta cara kerja sistem rancangan.

Berdasarkan informasi yang sudah kami dapatkan dari hasil survei/wawancara dengan masyarakat sekitar embung pelangi UII serta dari beberapa literatur atau teknologi yang sudah pernah dikembangkan, maka kami menentukan daftar spesifikasi dari sistem yang akan kami kembangkan sebagai solusi permasalahan yang diangkat yaitu memanfaatkan embung pelangi UII

dengan membuat pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPH). Berikut ini spesifikasi lengkapnya.

- Sistem yang dibuat dapat membangkitkan sumber listrik DC.
- Alat yang dibuat memiliki kualitas bahan yang baik sehingga tidak mudah rusak.
- Listrik yang sudah dihasilkan di simpan menggunakan aki.
- Alat yang dibuat menghasilkan kecepatan turbin sebesar 170 sampai 240 rpm.
- Pembangkit dapat menghasilkan daya sebesar 4 sampai 9 watt dan arus sebesar 0,4 sampai 1 ampere.

Setelah menentukan spesifikasi yang sudah dibuat, maka selanjutnya kami akan menyiapkan beberapa kebutuhan komponen yang akan digunakan dalam pembuatan sistem pembangkit listrik tersebut serta merancang usuluan sistem yang dapat memenuhi kriteria yang telah disebutkan diatas.



2.2 Dasar Teori

Dalam suatu pembuatan sistem dibutuhkan suatu landasan teori yang dapat menjadi acuan atau perbandingan dengan sistem yang akan dibuat serta, oleh karena itu tim kami akan menjelaskan secara rinci apa saja yang akan dibutuhkan dalam pembuatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) sebagai berikut:

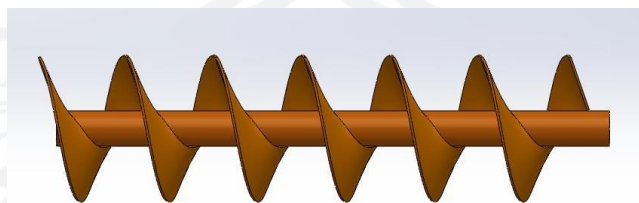
2.2.1 Generator



Gambar 2.1. Generator DC

Generator merupakan alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Generator yang akan digunakan adalah generator DC. Generator DC akan membangkitkan arus searah. Pemilihan generator DC dikarenakan arus pembangkitannya lebih stabil. Kapasitas generator dipilih berdasarkan nilai debit air, efisiensi dan spesifikasi turbin yang digunakan. Jenis generator DC yang digunakan adalah generator DC penguat terpisah dengan magnet tetap. Penguat dengan magnet permanen dapat menghasilkan tegangan keluaran generator yang konstan dari terminal rotor A1-A2.

2.2.2 Turbin Air Screw



Gambar 2.2. Turbin ulir

Turbin Ulir atau *Archimedean Screw* merupakan turbin yang sudah ada pada zaman kuno yang dimanfaatkan sebagai pompa air untuk pengairan. Seiring dengan krisis energi dan terbatasnya potensi energi air dengan head yang tinggi, maka pada tahun 2007 seorang insinyur memodifikasi pompa Archimedes yang dibalik dan membiarkan air mengendalikan pompa dan pada ujung pompa dipasang generator, maka dapat menghasilkan listrik selama generator tersebut tidak terendam air atau terkena air. Turbin ulir ini dapat digunakan pada head rendah. Sudut blade

pada turbin ulir biasanya ditetapkan pada sudut 220. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai paling maksimal terhadap kerja turbin yaitu pada debit 0,0433 m³/s dan kemiringan turbin pada 30°. Sehingga didapatkan putaran murni turbin yaitu 91 rpm [10]. Dalam kaitan pemilihan turbin peneliti mengembangkan tentang Pembangkit Listrik Mikrohidro dengan menggunakan turbin ulir (*Archimedean screw*). Turbin ini memiliki keuntungan dibandingkan dengan jenis turbin lain, seperti memiliki efisiensi yang tinggi, mudah dalam pemeliharaan dan tidak mengganggu ekosistem ikan. Efisiensi pada sudut turbin dipengaruhi oleh debit air, dimana semakin besar debit air yang diberikan maka efisiensi yang dihasilkan semakin besar

- Turbin ulir berbahan logam

Turbin ulir berbahan logam ini memiliki bobot yang lebih berat dibandingkan dengan turbin berbahan pipa PVC. Turbin yang berbahan logam ini memiliki kelebihan dapat memutar generator yang memiliki torsi besar. Putaran awal generator memiliki torsi yang lebih besar dibandingkan dengan torsi generator saat sudah berjalan. Selain itu, turbin ulir berbahan logam ini memiliki waktu pakai yang lama. Kelemahan dari turbin berbahan logam adalah pada beratnya yang membuat pembangkit listrik tenaga mikrohidro portable ini lebih sulit untuk dibawa kemana mana dibandingkan dengan turbin ulir berbahan pipa PVC. Selain itu, harga dari pembuatan turbin ulir berbahan logam ini cukup mahal.

- Turbin ulir berbahan pipa PVC

Turbin ulir berbahan pipa PVC memiliki kelebihan lebih ekonomis dibandingkan dengan yang berbahan logam. Selain itu, lebih ringan dibandingkan yang berbahan logam. Pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro portable tentunya akan memperhatikan dimensi dan juga berat komponen. Semakin ringan komponen yang digunakan akan lebih baik. Kelemahan dari turbin ulir berbahan pipa PVC ini adalah tidak memiliki torsi yang besar, sehingga pemilihan generator yang akan harus memperhatikan torsinya dengan baik. Turbin ulir berbahan PVC ini memiliki usia yang lebih pendek dibandingkan dengan turbin ulir berbahan logam.

Menentukan sudut dari turbin ulir merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro karena dengan adanya nilai sudut tersebut dapat mempengaruhi nilai torsi yang dihasilkan dari putaran *blade* turbin dan panjang jari-jari turbin. Berikut ini persamaan yang digunakan dalam menentukan sudut turbin ulir: [11].

$$\alpha = R_0 \frac{2\pi}{A}$$

Dimana:

Alpha = Sudut *blade*

R₀ = Jari-jari turbin

A = Jarak antara ulir

Kecepatan turbin yang akan ditransmisikan ke generator dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$P = T \cdot 2\pi \frac{N}{60}$$

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}}$$

$$n = 60 \frac{P}{T \cdot 2\pi}$$

Dimana:

T = Torsi (Nm) P = Daya (Kw)

N = Kecepatan putaran (rpm)

Tenaga air yang dihasilkan dari aliran sungai dapat diubah menjadi tenaga listrik dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya yang dihasilkan akan bergantung dengan tenaga air, ketinggian jatuh air serta debit air tertentu yang diberikan oleh aliran sungai. Daya tersebut dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H$$

Dimana:

P = Daya hidrolis

ρ = Masa jenis fluida

Q = Debit

g = Gaya gravitasi

H = head

Efisiensi sistem merupakan kemampuan pembangkit untuk mengubah energi kinetik air yang mengalir menjadi energi listrik. Untuk menghitung nilai efisiensi dapat menggunakan persamaan berikut: [12/17].

$$\eta_{PLTPH} = \frac{(Pg)}{(Ph)} \times 100\%$$

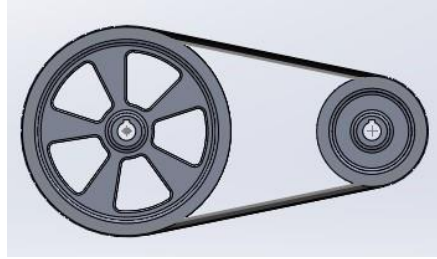
Dimana:

η PLTPH = Efisiensi sistem PLTPH

P_g = Daya generator

P_h = Daya hidrolosis

2.2.3 Pulley



Gambar 2.3. Pulley

Pulley adalah sebuah roda yang dikaitkan dengan sebuah tali fleksibel, kabel, rantai atau sabuk di pinggirannya yang berfungsi mentransmisikan gerakan putaran atau menciptakan manfaat mekanis baik dalam sistem aksi linear maupun perputaran. Alat ini menggunakan pulley dengan ukuran 3 inch dan 2 inch.

2.2.4 Akumulator



Gambar 2.4. Aki 12 V 4 Ah

Akumulator atau aki yang berfungsi menggantikan peran baterai untuk menyimpan energi listrik yang sudah dihasilkan dari proses pembangkitan listrik tenaga pikohidro. Kapasitas energi baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah). Aki yang digunakan adalah 12 V 4 Ah. Besar kecilnya tegangan ditentukan oleh besar atau banyak sedikitnya sel baterai yang ada di dalamnya.

2.2.5 Voltmeter



Gambar 2.5. Voltmeter

Volmeter adalah sebuah alat untuk mengukur tegangan listrik atau beda potensial dari dua titik potensial listrik. Voltmeter juga dapat digunakan sebagai pengawasan nilai tegangan kerja pada peralatan elektronik yang tersusun atas beberapa bagian yaitu terminal positif dan negatif, batas ukur, setup pengatur fungsi, jarum penunjuk serta skala tinggi dan rendah.

2.2.6 Multimeter



Gambar 2.6. Multimeter digital

Multimeter adalah suatu alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur tiga jenis besaran yaitu tegangan listrik, arus listrik dan hambatan listrik. Multimeter atau biasa disebut multimeter memiliki dua jenis yaitu multimeter analog dan multimeter digital. Kami menggunakan multimeter digital untuk mengukur tegangan dan arus yang didapatkan pada saat proses pengujian alat. Multimeter digital memiliki akurasi pengukuran yang sangat tinggi, angka yang ditampilkan sebagai hasil pengukuran dapat mengukur hingga nilai desimal.

2.2.7 Tachometer



Gambar 2.7. Tachometer

Tachometer adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi suatu benda dengan satuan RPM (*Revolutions per minute*) atau rotasi per menit. Alat tersebut memiliki sinar yang dapat di arahkan ke benda yang akan dihitung kecepatan rotasi terhadap sumbu dalam waktu satu menit. Alat ini digunakan untuk mengukur seberapa besar kecepatan yang dihasilkan oleh turbin saat berputar akibat arus yang didapatkan dari embung UII.

2.2.8 Charge Controller



Gambar 2.8. Charge Controller

Charge Controller atau biasa disebut dengan SCC PWM (*Solar Charge Controller Pulse Width Modulation*) berfungsi untuk mengoptimalkan pengisian baterai. SCC akan menerima daya yang telah dihasilkan oleh generator dan mengalirkannya ke baterai. Namun sebelum dialirkan ke baterai, SCC akan melakukan sejumlah konfigurasi seperti mengontrol pengisian hingga menjajak titik-titik energi yang lebih besar. Pada saat baterai akan terisi penuh PWM akan membantu menurunkan secara perlahan daya yang akan dikirimkan ke baterai agar baterai tidak mengalami kejenuhan.

2.2.9 DC Buck Converter



Gambar 2.9. Buck Converter

DC Buck Converter atau biasa disebut dengan *step down* yang merupakan suatu rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari arus DC ke DC dengan metode *switching*. Secara garis besar rangkaian *converter dc to dc* ini memakai komponen *switching* seperti MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*), thyristor dan IGBT untuk mengatur *duty cycle*.

2.2.10 Debit Air

Debit air merupakan kecepatan aliran suatu zat cair yang melewati suatu penampang atau yang dapat ditampung di dalam sebuah tempat per satuan waktu. Debit erat kaitannya dengan waktu dan volume. Debit air biasanya dinyatakan dalam satuan liter/detik Secara matematis, debit air dirumuskan seperti sebagai berikut:

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

Dimana :

Q = Debit air (m³)

t = Waktu (s)

V = Volume (m³)

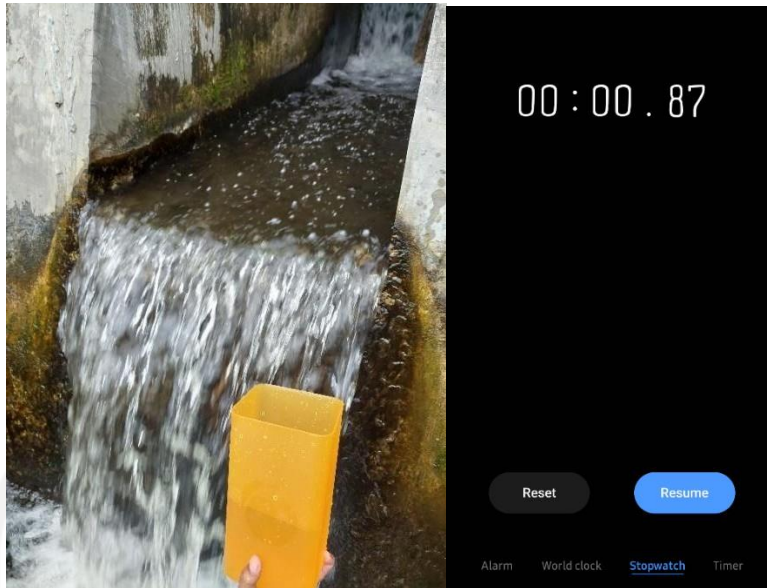
2.3 Survei

Survei dilakukan untuk mengetahui besar dari debit air yang ada pada kedua embung UII, yaitu Embung Pelangi, Embung Kladuan dan juga sungai di barat rektorat UII. Pemilihan lokasi pengambilan data ditentukan dari potensi besarnya debit air di sekitar UII. Perlunya mengetahui nilai debit air ini akan dijadikan sebagai acuan dalam pemilihan komponen dan desain perancangan yang dibuat agar dapat memaksimalkan kerja dari *prototype*.

Pengambilan data debit air ini menggunakan perhitungan dan beberapa peralatan. Dengan menggunakan sebuah bak berukuran 2500 ml dan *stopwatch*. Bak akan diisi air hingga penuh, dan lamanya waktu pengisian dihitung dengan menggunakan *stopwatch* yang akan digunakan sebagai pembanding.

A. Hasil Survei Debit Air Embung Pelangi UII

Pengambilan data debit air dilakukan di area penyaluran air untuk irigasi. Pengambilan data dilakukan disaat tidak ada hujan dan dapat dikatakan bahwa keadaan air embung Pelangi dalam keadaan normal. Berikut merupakan gambar dari proses pengambilan data di Embung Pelangi UII.



Gambar 2.10. Hasil pengambilan data di embung pelangi UII

Proses pengisian air pada bak (kiri), waktu pengisian bak hingga penuh (kanan). Dengan data yang didapatkan dari hasil survei, maka dapat dihitung debit air embung pelangi UII dengan motede berikut:

Diketahui:

Volume bak air : 2500 ml = 2,5 Liter

Waktu pengisian bak air hingga penuh : 0,87 detik

Maka,

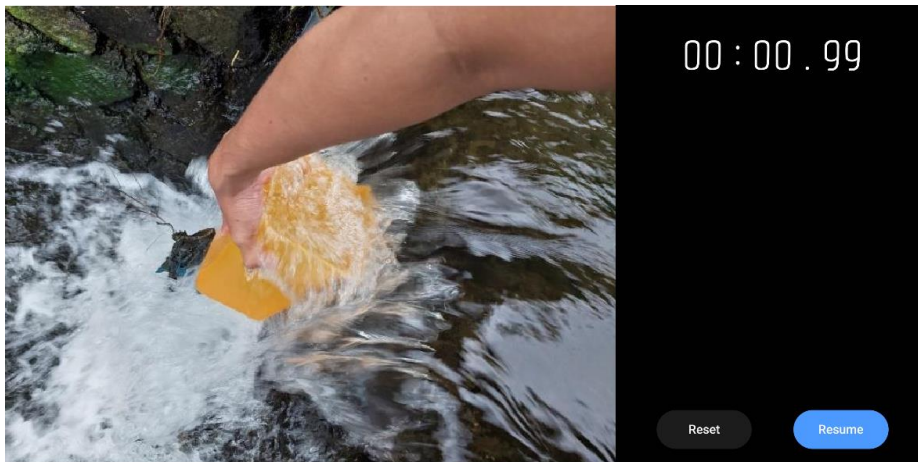
$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{2,5}{0,87}$$

$$Q = 2,873 \text{ liter/detik.}$$

B. Hasil Survei Debit Air Embung UII

Proses pengambilan data dilakukan di area luncuran air yang berada di hilir Embung Kladuan. Pengambilan data dilakukan disaat tidak ada hujan dan dapat dikatakan bahwa keadaan air embung Kladuan dalam keadaan normal. Berikut merupakan gambar dari proses pengambilan data di Embung Kladuan UII.



Gambar 2.11. Pengambilan data embung kladuan UII.

Proses pengisian air pada bak (kiri), waktu pengisian bak hingga penuh (kanan). Dengan data yang didapatkan dari hasil survei, maka dapat dihitung debit air dari embung Kladuan UII dengan metode berikut:

Diketahui :

Volume bak air : 2500 ml = 2,5 Liter

Waktu pengisian bak air hingga penuh : 0,99 detik

Maka,

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

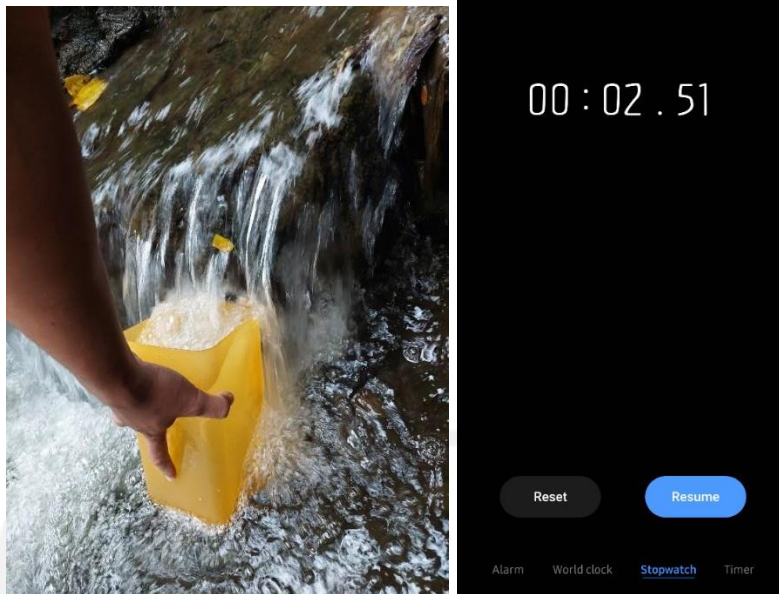
$$Q = \frac{2,5}{0,99}$$

$$Q = 2,52 \text{ liter/detik}$$

Dari hasil survei dan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan bahwa debit air pada embung Pelangi UII adalah sebesar 2,52 Liter/Detik.

C. Hasil Survei Debit Air Sungai di area Rektorat UII

Proses pengambilan data dilakukan disaat tidak ada hujan dan dapat dikatakan bahwa keadaan air embung Kladuan dalam keadaan normal di Bulan Februari 2022. Pengambilan data dilakukan langsung di aliran Sungai. Berikut merupakan proses dari pengambilan data.



Gambar 2.12. Pengambilan data di sungai barat rektorat UII.

Proses pengisian air pada bak (kiri), waktu pengisian bak hingga penuh (kanan). Dengan data yang didapatkan dari hasil survei, maka dapat dihitung debit air dari embung Kladuan UII dengan metode berikut:

Diketahui :

Volume bak air : 2500 ml = 2,5 Liter

Waktu pengisian bak air hingga penuh : 2,51 detik

Maka,

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

$$Q = \frac{2,5}{2,51}$$

$$Q = 0,996 \text{ liter/detik}$$

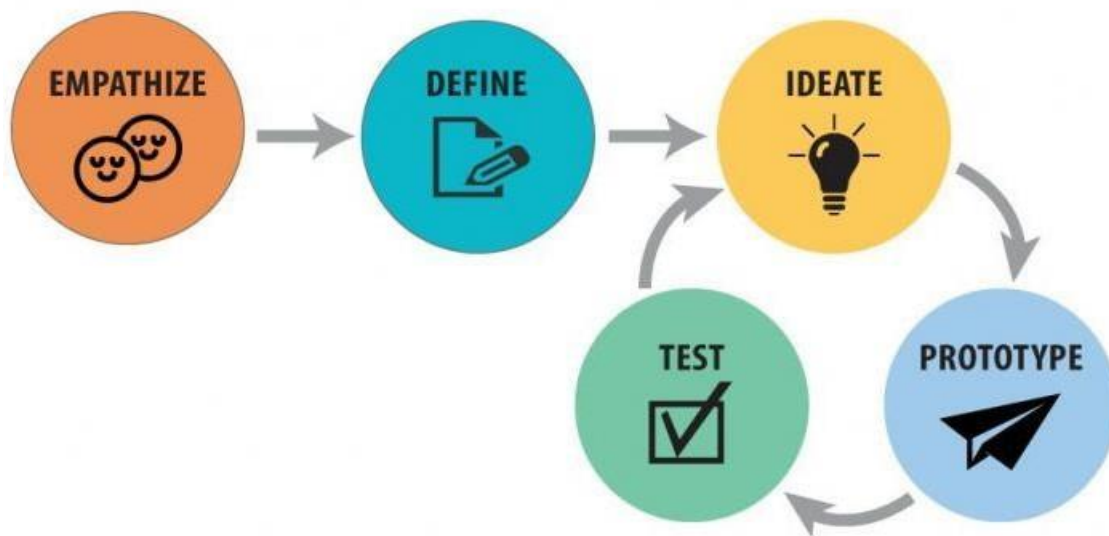
Dari hasil survei dan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan bahwa debit air pada embung Pelangi UII adalah sebesar 0,996 Liter/Detik

Dari ketiga tempat pengukuran debit air, didapat bahwa embung Pelangi UII memiliki debit air paling tinggi. Dari data tersebut, maka ditetapkan Embung Pelangi UII sebagai tempat untuk implementasi sistem. Survei selanjutnya adalah mengukur berapa ketinggian permukaan air agar dapat menentukan berapa tinggi kaki untuk rangka.

BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem

3.1 Usulan Rancangan Sistem

Metode yang diterapkan dalam proses perancangan sistem adalah dengan menggunakan metode *design thinking*. Penggunaan metode *design thinking* diharapkan dapat menghasilkan suatu ide dan solusi terbaru dari suatu permasalahan yang diangkat. Terdapat lima proses *design thinking*, yaitu *empathize*, *define problem*, *ideate*, *prototype*, dan *test*.



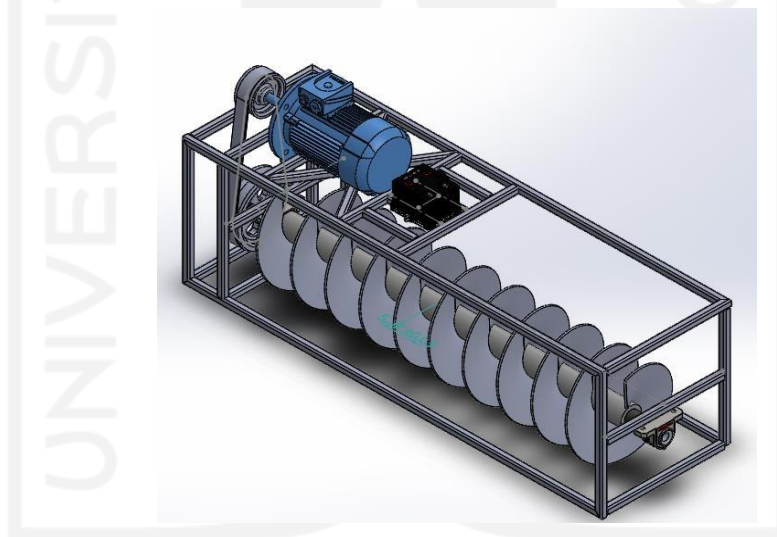
Gambar 3.1. Siklus perancangan suatu sistem rekayasa

Pada proses *empathize*, tim melakukan observasi dengan membaca studi literatur dan survei langsung ke embung pelangi dan juga embung Kladuan UII. Masuk ke proses kedua yaitu *define*, tim mendapatkan rumusan masalah yaitu bagaimana cara mengurangi penggunaan bahan bakar tak terbarukan sebagai penghasil listrik dengan memanfaatkan embung UII dan aliran air sekitar untuk pembangkitan energi listrik, dengan mempertimbangkan debit air, spesifikasi komponen seperti jenis generator, tempat penyimpanan energi listrik, bentuk rangka, jenis turbin dan bahan pembuatan *prototype* agar dapat menghasilkan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro yang dapat menghasilkan energi listrik secara maksimal. Selain itu, apakah sistem memberikan pengaruh negatif ke lingkungan sangat diperhatikan dalam tahap *ideate*. Pada tahap *ideate*, tim mengusulkan beberapa solusi untuk penyelesaian masalah yang diangkat yaitu dengan membuat pembangkit listrik tenaga pikohidro yang menggunakan turbin ulir. Dengan dua usulan, proses *prototype*, kemudian melakukan uji coba dan mengimplementasikan alat yang sudah tim kami buat hingga mendapat usulan yang terbaik.

A. Desain Sistem 1

Pada desain sistem pertama, menggunakan turbin berbahan logam (besi). Penggunaan bahan logam ini bertujuan untuk mendapatkan torsi dari turbin yang besar. Desain sistem pertama ini terdiri dari beberapa komponen utama antara lain besi rangka, turbin, generator DC 200 watt, akumulator 12 volt 5 Ah, *pulley* dengan diameter 3 inchi dan 2,5 inchi, *bearing*, dan juga kabel. Setiap komponen yang digunakan bertujuan untuk memaksimalkan proses perupahan energi air menjadi energi listrik.

Prototype akan bekerja saat turbin diberi gaya (aliran air), saat turbin berputar, poros turbin akan menggerakkan roda *pulley* yang terhubung langsung dengan poros turbin. Roda *Pulley* terhubung dengan *belt* yang dibagian sisi lain dari *belt* terhubung oleh roda *pulley* lainnya. Kedua roda *pulley* dibuat berbeda ukuran untuk memaksimalkan putaran dari turbin tersebut. Lalu *pulley* kedua terhubung dengan rotor dari generator yang akan menyebabkan rotor berputar dan generator menghasilkan energi listrik. Lalu energi listrik akan disimpan di akumulator.



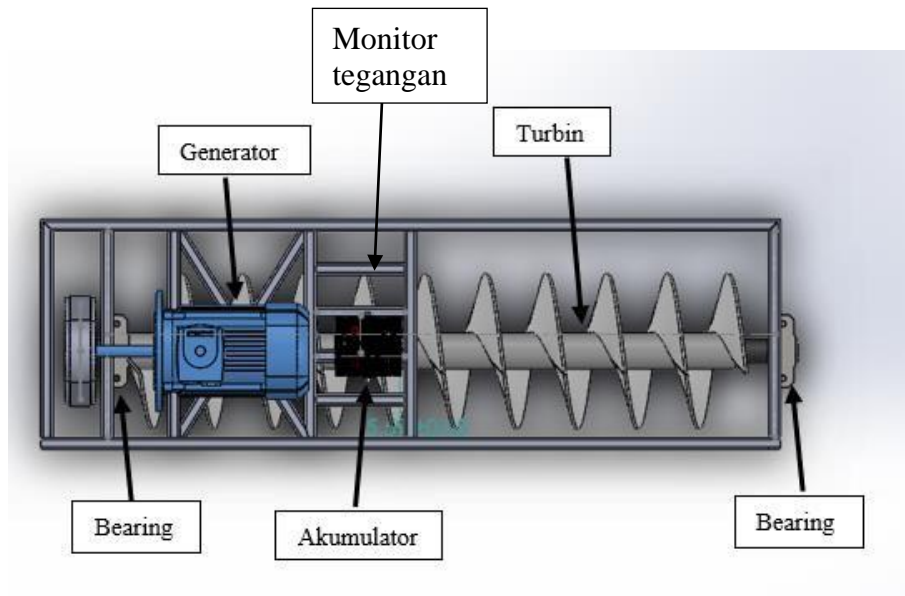
Gambar 3.2. Desain usulan sistem 1

Berikut merupakan spesifikasi dari turbin ulir:

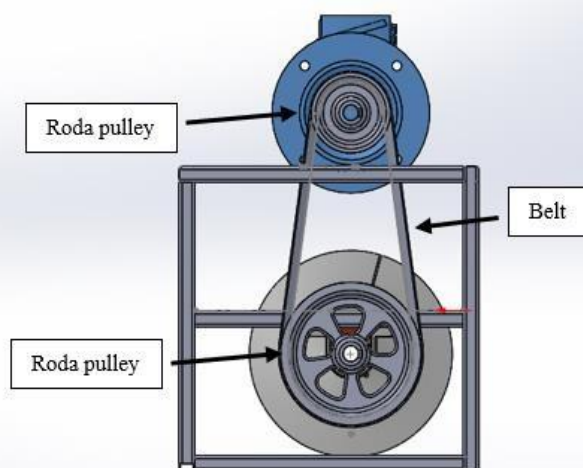
Tabel 3.1. Spesifikasi turbin ulir desain usulan sistem 1

	Spesifikasi
Sudut Blade	28 ⁰
Panjang turbin	1 Meter
Diameter turbin	26 cm
Lebar screw	10 cm
Diameter poros turbin	6 cm

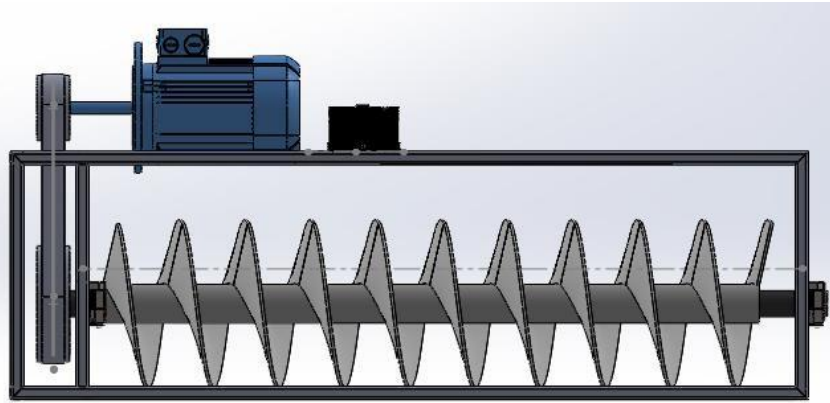
Berat turbin	± 12 kilogram
Jenis bahan	Logam (besi)



Gambar 3.3. Tampak atas desain usulan 1



Gambar 3.4. Letak penempatan pulley



Gambar 3.5. Tampak samping usulan desain sistem 1

B. Rencana Anggaran Desain 1

Tabel 3.2. Rencana anggaran usulan desain 1

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Generator DC 200 watt	Pcs	Rp. 350.000, -	1	Rp. 350.000, -
2	Besi Plat 1 mm x 4x2m	Pcs	Rp. 250.000, -	1	Rp. 250.000, -
3	Besi Hollow 2x2cm	Pcs	Rp. 20.000, -	10	Rp. 200.000, -
4	Jasa las	Paket	Rp. 350.000, -	1	Rp. 350.000, -
5	Set Pulley 3 inch dan 2 inch	Pcs	Rp. 59.000, -	1	Rp. 59.000, -
6	Aki GS Astra Power 12V 4Ah	Pcs	Rp. 200.000, -	1	Rp. 200.000, -
7	Besi Hollow silinder 4mm	Pcs	Rp. 205.000, -	1	Rp. 205.000, -
8	Monitor Tegangan (DC0-100V Display)	Pcs	Rp. 35.000, -	2	Rp. 70.000, -
9	Kabel 2x1,5mm	Pcs	Rp. 10.000, -	2	Rp. 20.000, -
10	Ball Bearing 3x8x4mm	Pcs	Rp. 25.000, -	2	Rp. 50.000, -
11	Baut M10x20mm	Pcs	Rp. 20.000, -	1	Rp. 20.000, -
12	Heat String 12 mm	Pcs	Rp. 5.000, -	1	Rp. 5.000, -
13	Buck Converter 9A	Pcs	Rp. 58.000,-	1	Rp. 58.000,-
Total Belanja					Rp. 1.837.000, -

C. Analisis Risiko Desain 1

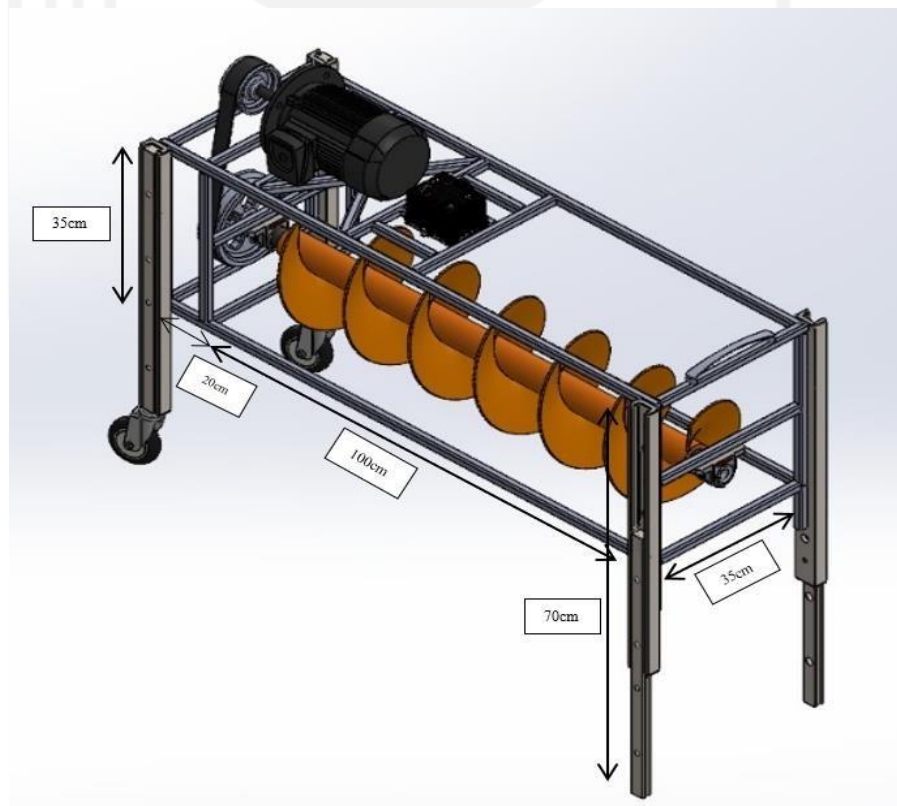
Pada desain sistem yang pertama ini memakai turbin berbahan besi, besi dapat berkarat jika terkena air, karat tersebut dapat mencemari air yang ada di sekitar. Selain itu, perlunya perawatan berkala seperti mengecat turbin agar mengurangi karat yang terjadi. Desain sistem pertama berbobot cukup berat dimana akan mempersulit peletakan ke daerah sungai ataupun embung. Selain itu, anggaran biaya yang cukup mahal jika menggunakan turbin berbahan besi.

Bentuk rangka yang dibuat pada desain pertama tidak dapat mengatasi saat terjadi perubahan atau perbedaan tingkat kedalaman di aliran air, yang membuat sistem tidak dapat bekerja secara maksimal.

D. Desain Sistem 2

Pada desain sistem yang kedua, terdapat perbedaan yaitu pada turbin yang menggunakan bahan pipa pvc. Pemilihan bahan pipa pvc ini karena bahan yang lebih ringan dan lebih mudah perawatannya dibandingkan dengan bahan besi. Selain itu harga dari pipa pvc jauh lebih murah dibandingkan dengan besi. Perbedaan lainnya terletak pada desain rangka. Desain rangka dibuat agar dapat di *adjustable* sehingga kemiringan dari turbin dapat disesuaikan di keadaan maksimal. Spesifikasi dari komponen lainnya selebihnya sama, yaitu generator DC 200 watt, akumulator 12 volt 5 Ah, *pulley* dengan diameter 3 inchi dan 2,5 inchi, *bearing*, dan juga kabel.

Prototype akan bekerja saat turbin diberi gaya (aliran air), saat turbin berputar, poros turbin akan menggerakkan roda *pulley* yang terhubung langsung dengan poros turbin. Roda *Pulley* terhubung dengan *belt* yang dibagian sisi lain dari *belt* terhubung oleh roda *pulley* lainnya. Kedua roda *pulley* dibuat berbeda ukuran untuk memaksimalkan putaran dari turbin tersebut. Lalu *pulley* kedua terhubung dengan rotor dari generator yang akan menyebabkan rotor berputar dan generator menghasilkan energi listrik. Lalu energi listrik akan disimpan di akumulator. Rangka pada turbin dapat di *adjustable* hingga 30 cm jika keadaan sungai atau aliran air cukup dalam.



Gambar 3.6. Desain usulan sistem 2

Tabel 3.3. Spesifikasi turbin ulir desain usulan sistem 2

	Spesifikasi
Sudut Blade	28 ⁰
Panjang turbin	1 Meter
Diameter turbin	26 cm
Lebar screw	10 cm
Diameter poros turbin	6 cm
Berat turbin	± 4 kilogram
Jenis bahan	Pipa PVC

E. Rencana Anggaran Desain 2

Tabel 3.4. Rencana anggaran usulan desain 1

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Generator DC 200 watt	Pcs	Rp. 350.000, -	1	Rp. 350.000, -
2	Besi Hollow 2x2cm	Pcs	Rp. 20.000, -	10	Rp. 200.000, -
3	Jasa Las	Pcs	Rp. 120.000, -	1	Rp. 120.000, -
4	Set Pulley 3 inch dan 2 inch	Paket	Rp. 59.000, -	1	Rp. 59.000, -
5	Aki GS Astra Power 12V 4Ah	Pcs	Rp. 200.000, -	1	Rp. 200.000, -
6	Monitor Tegangan	Pcs	Rp. 35.000, -	2	Rp. 70.000, -
7	Kabel 2 x 1,5mm	Pcs	Rp. 10.000, -	2	Rp. 20.000, -
8	Pipa PVC 2,5inch	Pcs	Rp. 25.000, -	2	Rp. 50.000, -
9	Pipa PVC 6 inch	Pcs	Rp. 30.000, -	4	Rp. 120.000, -
10	Ball Bearing 3x8x4mm	Pcs	Rp. 25.000, -	2	Rp. 50.000, -
11	Baut M10 x 20mm	Pcs	Rp. 20.000, -	1	Rp. 20.000, -
12	Heat String 12mm	Pcs	Rp. 5.000, -	1	Rp. 5.000, -
13	Buck Converter 9A		Rp. 58.000,-	1	Rp. 58.000,-
Total Belanja					Rp. 1.322.000, -

F. Analisis Risiko Desain

Torsi yang dihasilkan oleh turbin berbahan pipa PVC cenderung lebih kecil dari turbin berbahan logam, dengan begitu, pemilihan generator perlu benar benar diperhatikan agar sistem dapat bekerja secara maksimal. Pembuatan turbin menggunakan bahan pipa PVC memiliki tingkat kerumitan yang cukup tinggi dan juga memakan waktu yang lebih lama, dan juga pembuatan rangka akan lebih mahal dibandingkan dengan usulan sistem pertama.

Tabel 3.5. Inventarisasi kebutuhan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (*PLTPH*).

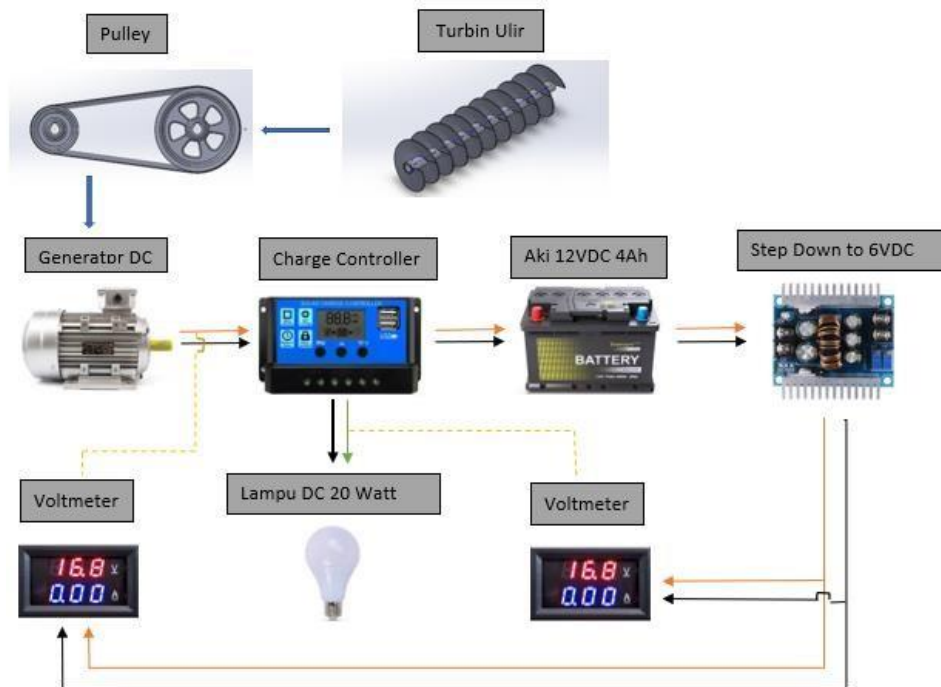
No	Nama Alat	Keterangan
1	Generator DC 200 watt	Generator digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip induksi elektomagnetik. Generator DC memiliki arus pembangkit yang lebih stabil.
2	Turbin Ulir	Turbin ulir merupakan turbin yang dipilih kelompok kami dikarenakan turbin ini dapat beroperasi pada <i>head</i> rendah, mudah dalam pemasangannya, perawatan yang cukup mudah dan tidak merusak ekologi di sekitar lingkungan pembangkit listrik.
2	Set <i>Pulley</i> 3 inch dan 2 inch	Set pulley digunakan untuk mentransmisikan gerakan putaran dari turbin yang kemudian di sambungkan dengan generator.
3	Akumulator SMT <i>Power</i> 12 V 4Ah	Aki berfungsi sebagai pengganti baterai untuk menyimpan energi listrik yang sudah dihasilkan dari proses pembangkitan listrik tenaga pikohidro.
4	Monitor Tegangan	Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan listrik atau beda potensial dan mengawasi nilai tegangan kerja.
5	DC <i>Buck Converter</i>	DC <i>Buck Converter</i> atau <i>step down</i> digunakan untuk menurunkan tegangan yang dihasilkan agar tetap stabil saat dialirkan ke dalam aki.
6	Kerangka Pembangkit Listrik	Kerangka berfungsi untuk menopang seluruh komponen yang ada pada pembangkit listrik seperti turbin, generator, aki serta komponen lainnya yang telah disimpan di dalam kotak elektronik agar seluruh komponen yang ada dapat terhubung secara terstruktur dan dapat berfungsi dengan baik.

Berdasarkan pertimbangan dari berbagai aspek yang mempengaruhi tingkat efisiensi, didapatkan usulan solusi terbaik. Yaitu usulan sistem kedua. Dipilihnya usulan kedua mempertimbangkan dari segi efisiensi perputaran turbin. Dengan debit air yang tidak terlalu besar, risiko tidak berputarnya turbin pada usulan sistem 1 sangat besar, hal tersebut dikarenakan turbin yang sangat berat. Dan juga rangka yang tidak dapat menyesuaikan tingkat kedalaman air yang membuat sistem tidak bekerja secara maksimal. Tetapi, pada usulan sistem yang kedua, turbin menggunakan bahan pipa PVC yang lebih ringan, turbin memiliki potensi dapat berputar di debit air yang rendah. Selain itu, rangka pada usulan sistem kedua juga dapat di sesuaikan dengan keadaan dasar air ataupun tingkat kedalaman air agar dapat memaksimalkan perputaran turbin.

Perbedaan berat sistem pertama dan kedua yang cukup jauh, sistem yang kedua jauh lebih ringan dibandingkan dengan usulan sistem yang pertama. Dipilih usulan sistem yang kedua ini juga memperhatikan berat keseluruhan sistem, dikarenakan aspek tersebut akan mempengaruhi tingkat kemudahan dalam pengaplikasian sistem di daerah embung UII.

Dengan anggaran biaya yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan usulan yang pertama, pemilihan usulan kedua menjadi lebih ekonomis dengan desain rangka yang dapat disesuaikan dengan keadaan aliran air dan juga kemampuan turbin yang lebih handal untuk memaksimalkan aliran air.

3.2 Blok Diagram Rancangan Sistem



Gambar 3.7. Skema rangkaian sistem PLTPH

Sistem rancangan ini dapat membangkitkan energi listrik searah atau *Dirrect Current* (DC). Dengan menggunakan generator DC yang diputar menggunakan turbin ulir yang dipengaruhi oleh air, turbin ulir disambungkan dengan generator menggunakan pulley untuk menaikkan kecepatannya. Pada saat poros generator berputar, maka perubahan energi kinetik ini akan menjadi energi listrik searah. Listrik searah yang dihasilkan oleh generator selanjutnya dialirkan ke *battery charge regulator*. Kegunaan dari *battery charge regulator* ini adalah untuk melakukan otomatisasi pada pengisian baterai yang dipakai. *battery charge regulator* akan mengubah arus DC bertegangan tinggi yang dihasilkan oleh generator menjadi arus dengan tegangan rendah sesuai dengan kemampuan pengisian baterai. *battery charge regulator* diatur untuk mengisi baterai dengan tegangan maksimal 12 volt. Selain itu, *battery charge regulator* juga berfungsi untuk menurunkan arus pengisian baterai disaat baterai sudah terisi dengan penuh. *battery charge regulator* akan mencegah arus balik dari baterai ke generator disaat putaran turbin rendah dan tegangan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan baterai.

Battery charge regulator akan mengisi daya baterai hingga penuh, lalu dari baterai diteruskan lagi ke *battery charge regulator* untuk menyalakan lampu DC (beban). Tujuan dari menyalurkan daya ke beban melalui *battery charge regulator* tidak lain adalah untuk mengontrol penggunaan daya pada baterai. *battery charge regulator* dapat diatur untuk memutuskan arus yang mengalir ke beban disaat tegangan baterai di nominal tertentu. dari baterai, arus listrik akan diteruskan juga ke *buck converter*, penggunaan *buck converter* ini untuk menurunkan tegangan dari baterai menjadi suplai listrik ke VA (Volt Ampere) meter. Tegangan diturunkan menjadi tidak lebih dari 6 volt agar menjaga VA meter dari kerusakan. VA meter akan membaca tegangan yang dihasilkan dari generator dan juga tegangan dan tegangan yang dikeluarkan oleh *battery charge regulator* kepada beban.

3.3 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan

Pengujian sistem dilakukan agar dapat melihat dan membuktikan apakah sistem berjalan dengan baik atau tidak. Sistem dapat dikatakan baik apabila memenuhi beberapa syarat yang telah disetujui oleh tim sebelumnya. Tempat pengujian ditentukan berdasarkan debit air tertinggi, yaitu di Embung Pelangi UII. Beberapa pengujian yang dilakukan oleh tim, antara lain menguji berapa efisiensi dari generator, pengujian ketahanan sistem, pengujian pengisian daya pada baterai, dan pengujian variasi kemiringan turbin terhadap permukaan air.

3.3.1 Metode Uji Efisiensi Generator

Tahap pengujian efisiensi generator ini dilakukan langsung di embung Pelangi uii. Pengujian diperuntukkan guna mengetahui seberapa besar tingkat efisiensi dari generator yang dipakai. Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban berupa dua buah lampu berukuran 9 watt dan 20 watt. Dengan rangkaian seri dari generator ke beban, Langkah selanjutnya adalah mengukur seberapa besar tegangan dan arus listrik yang mengalir pada rangkaian tersebut. Lalu setelah mendapatkan data tersebut, dilakukan perhitungan matematis lebih lanjut dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\%$$

Dimana:

η = Efisiensi Generator (%)

P_{out} = Daya Keluar (watt)

P_{in} = Daya keluar (watt)

3.3.2 Metode Pengujian Ketahanan Sistem

Pengujian ketahanan sistem dilakukan langsung di pintu air Embung Pelangi UII. Pengujian ketahanan sistem ini terbagi menjadi beberapa komponen, yaitu ketahanan turbin, ketahanan *box* elektronik dan pelindung generator. Pengujian dilakukan beberapa kali oleh tim hingga dirasa sistem sudah memiliki ketahanan yang baik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat turbin dapat menahan terpaan air jatuh yang ada di pintu air Embung Pelangi UII. Selain itu, pengujian ini akan melihat seberapa kedap air *box* elektronik dan pelindung generator. pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan waktu paling singkat 35 menit.

3.3.3 Pengujian Variasi Sudut Turbin

Pengujian dilakukan langsung di pintu air Embung Pelangi UII. Dengan menggunakan kaki depan dan belakang yang dapat diatur ketinggiannya mencapai 67 cm pada bagian depan. Dengan memvariasikan ketinggian kaki bagian depan, maka didapat 5 variasi sudut turbin. sudut turbin ini diukur berdasarkan perbandingan antara turbin terhadap permukaan air. Peralatan yang dibutuhkan untuk uji variasi sudut turbin ini antara lain adalah meteran yang digunakan untuk mengukur ketinggian kaki dan tachometer untuk mengetahui seberapa cepat putaran turbin yang sudut kemiringannya divariasikan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan sudut turbin yang menghasilkan putaran turbin dengan kecepatan paling maksimal.

3.3.3 Metode Pengujian Pengisian Daya pada Baterai


Pengujian ini dilakukan di labobarotium Sistem Tenaga Listrik Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia dan di Embung Pelangi UII. Pengujian di laboratorium bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian dapat melakukan pengisian daya pada aki, dan tidak terjadi arus balik dari baterai ke generator. pengujian ini memerlukan motor untuk menggerakkan generator. Motor yang digunakan pada saat uji menggunakan motor 200 watt. lalu setelah rangkaian dapat berjalan dengan baik. pengujian selanjutnya dilakukan di Embung Pelangi UII. Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui berapa lama waktu pengisian daya pada aki dengan debit air pada pintu air di Embung Pelangi UII. Selain itu, dilakukan juga pengujian dengan menggunakan bor sebagai penggeraknya. Hal tersebut bertujuan untuk melihat seberapa besar kecepatan pengisian daya dari sistem jika diberi dengan putaran yang tinggi.

BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem

4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem

Spesifikasi yang diusulkan berdasarkan dari hasil survei yang dilakukan di embung Pelangi UII. Mulai dari ketinggian permukaan air hingga debit air. ketinggian permukaan air digunakan untuk menentukan tinggi dari kaki yang akan dibuat. Lalu pengambilan data debit air di tiga titik yaitu embung Pelangi, embung Kladuan dan Sungai di sebelah barat gedung rektorat UII digunakan untuk menentukan tempat implementasi sistem yang dibuat. Rancangan sistem pembangkit listrik yang sudah diusulkan memiliki beberapa perbedaan spesifikasi dengan hasil akhir realisasi, dapat dilihat pada tabel 4.1 merupakan penjelasan mengenai beberapa perbedaan usulan serta realisasi yang sudah dilakukan. Kemudian pada bagian tabel 4.2 menjelaskan aktivitas dan usulan waktu yang sudah dirancang serta realisasi waktu pelaksanaan. Pada bagian tabel 4.3 merupakan rincian dari usulan rencana anggaran biaya (RAB) dan rencana anggaran biaya realisasi.

Tabel 4.1 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi Usulan	Hasil Realisasi
1	Panjang kaki depan dan bagian belakang diusulkan mengikuti panjang rangka.	Untuk tetap mengoptimalkan kerja sistem agar sudut lebih bervariasi, maka pada bagian kaki depan pembangkit listrik ditambahkan besi sepanjang 70 cm yang sebelumnya hanya 35 cm.
2	Diperkirakan berat total turbin adalah 4 kilogram	 Berat turbin setelah dilakukan penimbangan yaitu 2,8 kilogram
3	Generator dan perangkat elektronis tidak diberi pelindung, hanya diletakkan di bagian atas rangka	Diberi pelindung pada generator dan juga pada perangkat elektronis menggunakan baan akrilik
4	Perangkat elektronis sederhana, hanya lampu, multimeter, aki dan generator	Penambahan beberapa komponen elektronik, seperti saklar, buck converter, <i>charge controller</i> , terminal kabel dan voltmeter bar
5	Pada desain rangka tidak ada galvalum untuk menyalurkan air	Hasil akhir sistem, pada rangka bagian dalam ditambahkan galvalum berbentuk setengah silinder mengikuti bentuk turbin agar air dapat mengalir ke seluruh bagian turbin.



Gambar 4.1. Total berat keseluruhan sistem rancangan

4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Perencanaan manajemen yang sudah direncanakan memiliki beberapa tambahan pada proses realisasinya hal ini dilakukan guna mengoptimalkan sistem kerja rancangan sistem serta memberikan perlindungan pada komponen-komponen elektronik supaya pembangkit listrik tersebut dapat terjaga dan terawat agar dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Proses kegiatan dan realisasi pelaksanaan mengalami kemunduran selama kurang lebih satu bulan dikarenakan adanya tambahan fitur pada pembangkit listrik yang memudahkan penggunaan sistem kerja alat serta efisiensi kinerja alat. Dengan adanya fitur tersebut maka rencana anggaran biaya juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Tabel 4.3 membahas mengenai perbedaan rencana anggaran biaya usulan terhadap rencana anggaran biaya realisasi.

Tabel 4.2. Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian seluruh komponen yang dibutuhkan	Maret – April	April – Mei
2	Melakukan perancangan sistem sesuai dengan desain usulan	April – Mei	Mei – Juni
3	Melakukan pengambilan data serta menguji hasil sistem rancangan	Mei – Juni	Juni – Juli
4	Pengumpulan laporan akhir beserta presentasi, artikel dan video	Juni	Juli
5	Pengujian akhir dan pameran hasil <i>capstone design (expo)</i>	Juni	Juli

Tabel 4.3. Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No	Usulan Biaya			Realisasi Biaya		
	Jenis Pengeluaran	Kuantitas	Total Harga	Jenis Pengeluaran	Kuantitas	Total Harga
1	Generator DC 200 watt	1	Rp. 350.000, -	Generator DC 200 watt	1	Rp. 184.000, -
2	Besi <i>hollow</i> 2x2cm	10	Rp. 200.000, -	Besi beton 12mm (120cm)	1	Rp. 50.000, -
3	Jasa Las	1	Rp. 120.000, -	Jasa pembuatan rangka beserta bahan (las, besi <i>hollow</i> 2x2mm, 1,5x1,5mm <i>hollow</i> , besi beton 12mm)	1	Rp. 825.000, -
4	Set <i>Pulley</i> 3 inch dan 2 inch	1	Rp. 59.000, -	Set <i>Pulley</i> 3 inch dan 2 inch	1	Rp. 66.500, -
5	Aki GS Astra Power 12V 4Ah	1	Rp. 200.000, -	Aki GS Astra Power 12V 5Ah	1	Rp. 200.000, -
6	Monitor Tegangan	2	Rp. 70.000, -	VA meter	1	Rp. 35.000, -
7	Kabel 2 x 1,5mm	2	Rp. 20.000, -	Voltmeter <i>bar</i>	1	Rp. 40.000,-
8	Pipa PVC 2,5inch	2	Rp. 50.000, -	Kabel 2 x 1,5mm	2	Rp. 20.000, -
9	Pipa PCC 6inch	4	Rp. 120.000, -	Pipa PVC 2,5inch	2	Rp. 50.000, -
10	<i>Ball Bearing</i> 3x8x4mm	2	Rp. 50.000, -	Pipa PCC 6inch	4	Rp. 120.000, -
11	Baut M 10x20mm	1	Rp. 20.000, -	<i>Ball Bearing</i> 3x8x4mm	2	Rp. 56.000, -
12	<i>Heat String</i> 12mm	1	Rp. 5.000, -	Baut, mur dan <i>ring</i> (12mm 8pcs, 10mm 4pcs, 8mm 18pcs)	30	Rp. 48.000, -
13	<i>Buck Converter</i>	1	Rp. 58.000,-	<i>Heat String</i> 12mm	1	Rp. 5.000, -
14	Roda	2	Rp. 52.000,-	Roda	2	Rp. 52.000,-
Total biaya pengeluaran			Rp. 1.374.000, -	<i>Buck Converter</i> 9A	1	Rp. 58.000,-
				<i>Solar Charge Controller</i> (SCC PWM)	1	Rp. 39.000,-
				Galvalum (1 meter)	1	Rp. 32.000,-
				Bubut (<i>pulley</i> , <i>bosh</i> as generator, poros turbin	1	Rp. 167.000,-

	Terminal kabel	1	Rp. 13.000,-
	Pipa <i>stainless</i>	1	Rp. 72.000,-
	Box elektronik (<i>acrlyic</i> 3mm dan <i>laser cutting</i>)	1	Rp.139.500,-
	Cat semprot	3	Rp. 96.000,-
	Saklar	2	Rp. 4.000,-
	Total biaya pengeluaran		Rp. 2.372.000,-

4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi

Kesesuaian usulan dengan hasil perancangan sistem pada tabel 4.1 berjalan sesuai perencanaan tetapi terdapat beberapa tambahan guna mengoptimalkan fungsi kerja dari sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro. Secara umum kesesuaian usulan rancangan dengan hasil rancangan sebesar 80%. Dengan adanya tambahan hasil realisasi dapat membantu proses penggunaan pembangkit listrik serta dapat meningkatkan hasil keluaran yang akan dihasilkan oleh pembangkit listrik. Selain itu demi meningkatkan kualitas ketahanan sistem perancangan maka dibutuhkan beberapa tambahan realisasi agar sistem perancangan dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama, sehingga fasilitas yang sudah dibuat dapat tetap bermanfaat bagi warga yang memiliki kegiatan di sekitar lingkungan embung UII.

Kemunduran pada waktu pengerjaan *timeline* Tugas Akhir 2 disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu: pertimbangan beberapa saran dan masukan yang diberikan oleh dosen pembimbing pada saat melakukan bimbingan, kemudian terdapat kendala pada waktu pengerjaan dikarenakan perbedaan tempat tinggal perancang sistem dan tempat penyimpan seluruh rancangan sistem serta tempat pengerjaan alat perancangan, hal tersebut disebabkan oleh masuknya bulan Ramadhan yang mengharuskan untuk melakukan peniadaan atau penundaan proses pengerjaan rancangan sistem. Kemunduran jadwal pengujian rancangan sistem dengan dosen penguji juga merupakan salah satu penyebab mundurnya *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2.

Bertambahnya jumlah rencana anggaran biaya (RAB) dari yang sudah ditentukan sebelumnya dikarenakan masih terdapat beberapa komponen yang belum dimasukkan ke dalam rancangan awal. Hal tersebut dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan yang didapatkan setelah melakukan uji coba dengan menggunakan seluruh perencanaan dan rencana anggaran biaya (RAB) yang sudah ditentukan pada Tugas Akhir 1. Oleh sebab itu perlu adanya penambahan beberapa fitur yang berfungsi untuk meningkatkan hasil keluaran dari sistem rancangan. Berikut ini beberapa fitur yang ditambahkan, yaitu:

- Bagian depan kaki pembangkit listrik di perpanjang sampai sepanjang 70 cm yang

sebelumnya hanya 35 cm. Penambahan panjang pada bagian depan kaki pembangkit listrik digunakan untuk menyesuaikan dengan posisi jatuhnya air pada embung ke dalam turbin.

- Untuk membuat aliran air yang jatuh ke arah turbin menjadi lebih maksimal dibutuhkan sebuah wadah penampung yang dapat menahan aliran air agar dapat tetap memutar seluruh turbin sehingga mendapatkan hasil putaran turbin yang tinggi. Dengan menggunakan galvalum aliran air yang mengalir ke arah turbin dapat memutar seluruh bagian turbin. Tidak seperti sebelum diberikan galvalum, air yang mengalir pada turbin hanya dapat memutar bagian depan turbin saja, karena air yang mengalir ke arah bagian belakang turbin sudah jatuh ke dasar aliran embung.
- Untuk memudahkan pengguna melihat parameter dari hasil yang dibangkitkan oleh generator maka dibutuhkan volt ampere meter digital yang dapat langsung menampilkan nilai tegangan serta arus yang dihasilkan pada saat proses penggunaan pembangkit listrik. Dan juga memudahkan untuk melihat tegangan pada Aki.
- Volt ampere meter digital dapat digunakan dengan memberikan sumber tegangan maksimal sebesar minimal 4 volt, dengan menggunakan *buck converter* listrik dari aki akan di turunkan tegangannya, lalu keluaran dari *buck converter* akan menjadi suplai daya volt ampere meter.
- Agar dapat menambahkan atau mengurangi beban lampu dibutuhkan sebuah terminal kabel yang berfungsi memudahkan pengguna untuk mengatur seberapa banyak lampu yang akan dipakai.
- Sistem rancangan ini juga dilengkapi dengan saklar agar pengguna dapat dengan mudah mengatur keinginan kondisi lampu berada pada posisi hidup atau mati. Selain untuk mengatur kondisi lampu saklar juga berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan pengisian daya dari generator ke dalam aki.
- Dengan adanya berbagai komponen elektronik yang digunakan dalam sistem rancangan maka dibutuhkan suatu kotak pelindung agar dapat membantu melindungi komponen tersebut dari cipratan air yang mengalir. Oleh sebab itu ditambahkan pada bagian samping generator sebuah kotak yang tertutup rapat sehingga komponen elektronik dapat terlindungi dari cipratan air serta dapat tersusun rapih didalam kotak. Volt ampere meter, *bar* voltmeter dan saklar dapat di monitor pada bagian luar kotak elektronik.

BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis

Rancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) terdiri dari beberapa bagian utama, yakni generator DC, *pulley* dengan *vanbelt*, perangkat elektronik yang terdiri dari kabel, lampu DC, *buck converter*, voltmeter dan amperemeter yang berupa layar monitor, dan juga baterai. Lalu terdapat turbin berjenis turbin ulir dan rangka untuk menyangga turbin dan komponen lainnya yang terbuat dari besi berongga. Pembangkit listrik ini memiliki dimensi akhir yaitu 120cm x 35cm x 35cm (minimal).

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan di tiga tempat, yaitu Embung Pelangi UII, Embung Klakuan UII dan Sungai di Barat rektorat, didapat tempat terbaik untuk mengimplementasikan sistem dengan debit air terbesar adalah di Embung Pelangi.

5.1 Hasil Rancangan Pengujian Sistem

Pengujian sistem dirancang untuk memenuhi parameter berikut:

1. Turbin dapat berputar dengan stabil dan tahan terhadap benturan arus air di Embung Pelangi UII.
2. *Box* elektronik dan pelindung generator kedap terhadap air.
3. Rangkaian elektronik dapat menurunkan tegangan, menyearahkan tegangan dan mengisi daya pada baterai tanpa adanya arus balik.
4. Lampu DC 20 watt (beban) dapat menyala dengan terang.
5. Produk mudah dimobilisasi dan diatur sudut kemiringannya.

Dari Metode yang digunakan pada pengujian pertama dilakukan secara langsung di Embung Pelangi UII. Hasil dari pengujian tahap pertama, turbin dapat berputar stabil dan tahan terhadap terpaan arus air. Pengujian dilakukan selama kurang lebih satu jam. Lalu untuk pengujian yang kedua dilakukan di laboratorium Power. Rangkaian elektronik dapat bekerja dengan baik, dimana *buck converter* dapat menurunkan tegangan input sebesar 35 volt menjadi 12 volt. Rangkaian juga dapat menyearahkan tegangan hanya menuju ke baterai dengan adanya dioda. Dan hasil akhir dari pengujian kedua, rangkaian dapat mengisi daya pada baterai (aki). Lalu pada pengujian yang ketiga, dilakukan langsung di Embung Pelangi UII. *Box* elektronik dan pelindung generator dipasang pada rangka, lalu hasilnya pada tutup generator tidak terdapat celah sehingga generator tetap kering, sedangkan pada *box* elektronik masih perlu adanya perbaikan, pada saat melakukan pengujian, penutup *box* saat tertutup tidak terdapat celah, namun monitor tegangan dan arus terdapat didalam *box*, sehingga saat ingin melihat berapa output dari generator, harus membuka *box*, dan akan membuat *box* bagian dalam terkena cipratan air. Perbaikan ini diperlukan

agar monitor tegangan dan arus dapat dilihat tanpa membuka penutup *box*. Pengujian produk terakhir dilakukan langsung di Embung Pelangi UII. Pengujian memerlukan alat ukur yaitu multimeter dan tachometer. Dengan memvariasikan sudut kemiringan produk. Produk berhasil menghasilkan listrik dengan tegangan dan arus tertentu yang dipengaruhi oleh kemiringan sudut produk dan juga debit air. Salah satu acuan produk berhasil adalah produk dapat menyalakan lampu DC dengan daya 20 watt dengan terang dan stabil.

5.1.2 Hasil Uji Sistem di Embung Pelangi UII

Tabel 5.1. Pengukuran debit air

Data ke - n	Waktu Pengambilan Data	Lama Waktu Pengisian Air (detik)	Debit Air (L/menit)
1	29 Juni 2022 (14.00)	0,21	11,90
2	29 Juni 2022 (16.00)	0,22	12,50
3	2 Juli 2022 (11.00)	0,280	8,928
4	2 Juli 2022 (16.00)	0,339	7,353
5	3 Juli 2022 (10.00)	0,342	7,302
6	3 Juli 2022 (13.00)	0,529	4,721
7	4 Juli 2022 (13.00)	0,470	5,319
8	4 Juli 2022 (16.30)	0,508	4,921
9	5 Juli 2022 (14.00)	0,478	5,221
10	5 Juli 2022 (17.00)	0,534	4,631

Berikut merupakan rumus untuk menghitung jumlah debit air

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

Dimana:

Q = Debit Air (L/detik)

V = Volume pengisian air (L)

t = Lama pengisian air pada bak hingga penuh (detik)

Dari data pada tabel diatas, dapat ditentukan berapa rata-rata debit air dari Embung Pelangi UII selama pengambilan data tersebut. Berikut merupakan klasifikasi data dari tabel diatas

$$Q_r = \frac{\sum Q_n}{n}$$

$$Q_r = \frac{11,9 + 11.232 + 8,928 + 7,353 + 7,302 + 4,721 + 5,319 + 4,921 + 5,221 + 4,631}{10}$$

$$Q_r = \frac{71,528}{10}$$

$$Q_r = 7,1528 \text{ L/detik}$$

Dimana:

Q_r = Rata-rata debit air (L/detik)

Q_n = Debit air pada data ke-n (L/detik)

n = jumlah data

Tabel 5.2. Pengujian sudut turbin terhadap permukaan air

Data ke-n	Tinggi kaki belakang (cm)	Tinggi kaki depan (cm)	Inklinasi (°)	Kecepatan turbin (rpm)
1	34	51	9,207	113
2	34	55	11,537	145
3	34	58,9	13,827	224
4	34	61	15,070	275
5	34	64,5	17,157	289
6	34	67	18,663	184

Sudut pada tabel 5.2 diatas adalah sudut antara permukaan air dengan kemiringan turbin. Diketahui bahwa ketinggian air dari dasar hingga permukaan air 34 cm. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung inklinaasi dari turbin:

$$\sin x = \frac{y}{z}$$

Dimana:

x = sudut kemiringan turbin

y = tinggi kaki depan terhadap permukaan air.

z = Panjang turbin (100 cm)

Data pada tabel 5.2 diatas, diambil pada waktu yang berlangsung sama. Sehingga didapat sudut inklinaasi terbaik yaitu pada sudut 17,157°. sehingga pengambilan data berikutnya dilakukan dengan sudut 17,157°.

Tabel 5.3. Pengujian sistem berdasarkan sudut inklinasi terbaik

Data ke-n	Waktu	Inklinasi (°)	Tanpa Beban			Dengan beban (Lampu DC 20 watt)		
			Kecepatan (rpm)	Tegangan DC (V)	Arus (A)	Kecepatan (rpm)	Tegangan DC (V)	Arus (A)
1	29 Juni 2022 (14.00)	17,157	289	18,1	0	269	9,6	0,89
2	29 Juni 2022 (16.30)	17,157	268	17,8	0	268	9,0	0,912
3	2 Juli 2022 (11.00)	17,157	299	19,2	0	252	9,9	0,82
4	2 Juli 2022 (16.00)	17,157	265	17,1	0	250	9,5	0,82
5	3 Juli 2022 (10.00)	17,157	252	16,8	0	248	9,6	0,8
6	3 Juli 2022 (13.00)	17,157	258	17,0	0	172	11,8	0,36
7	4 Juli 2022 (13.00)	17,157	205	16,4	0	203	9,7	0,48
8	4 Juli 2022 (16.30)	17,157	203	16,0	0	215	10,1	0,38
9	5 Juli 2022 (14.00)	17,157	204	16,2	0	224	9,4	0,47
10	5 Juli 2022 (17.00)	17,157	190	14,1	0	231	11	0,34

Berdasarkan hasil data uji coba sistem di Embung Pelangi UII, tim mengklasifikasikan data sebagai berikut:

$$V_r = \frac{\sum V_n}{n}$$

Dimana:

V_n = Tegangan yang dihasilkan pada data ke-n (VDC)

V_r = Tegangan rata-rata (VDC)

N = Jumlah data

$$I_r = \frac{\sum I_n}{n}$$

Dimana:

I_n = Arus yang dihasilkan pada data ke-n (A)

I_r = Arus rata-rata (A)

N = Jumlah data

Berikut adalah persamaan daya listrik yang dihasilkan alat dengan debit air Embung Pelangi UII.

$$P = V \times I$$

Dimana:

P = Daya listrik (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus Listrik (A)

Tabel 5.4. Daya yang dihasilkan pada saat pengujian

Data ke-n	Waktu	Debit(L/detik)	Kecepatan turbin (rpm)	Daya (W)
1	29 Juni 2022 (14.00)	11,904	269	8,544
2	29 Juni 2022 (16.30)	11,232	268	8,214
3	2 Juli 2022 (11.00)	8,928	252	8,118
4	2 Juli 2022 (16.00)	7,353	250	7,79
5	3 Juli 2022 (10.00)	7,302	248	7,68
6	3 Juli 2022 (13.00)	4,721	203	3,894
7	4 Juli 2022 (13.00)	5,319	231	4,656
8	4 Juli 2022 (16.30)	4,921	215	4,242
9	5 Juli 2022 (14.00)	5,221	224	4,418
10	5 Juli 2022 (17.00)	4,631	172	3,74

Berdasarkan dengan hasil uji alat di Embung Pelangi UII diatas, tim mengklasifikasikan data menjadi berikut:

$$Pr = \frac{\sum Pn}{n}$$

Dimana:

P_n = Daya yang dihasilkan pada data ke-n (W)

$\sum P_n$ = Total daya yang dihasilkan (W)

P_r = Daya rata-rata (W)

n = jumlah data uji coba

5.1.3 Hasil Uji Coba Ketahanan Turbin, Kedap air *Box* Elektronik dan Generator

Tabel 5.5. Pengujian pada kualitas sistem perancangan

Data ke-n	Waktu	Debit (L/detik)	Lama Pengujian	Kondisi Turbin	Kondisi <i>box</i> Elektronik	Kondisi Pelindung Generator
1	13 Juni 2022	9,12	±35 menit	Tidak Aman	Aman	Aman
2	15 Juni 2022	8,928	± 90 menit	Aman	Aman	Aman
3	26 Juni 2022	11,904	±180 menit	Pada menit ke 170 tidak aman	Aman	Aman
4	4 Juli 2022	5,319	± 240 menit	Aman	Aman	Aman
5	5 Juli 2022	5,221	±180 menit	Aman	Aman	Aman

$$Qr = \frac{\sum Qn}{5}$$

$$Q_r = \frac{(9,12 + 8,928 + 11,904 + 5,319 + 5,221)}{5}$$

$$Q_r = 8,0984 \text{ l/detik}$$

Dimana:

Q_n = Debit air tabel ke-n (L/detik)

Q_r = Rata-rata debit air (L/detik)

Berdasarkan pada tabel 96 diatas, kriteria dari *box* elektronik dan pelindung generator aman selama pengujian. *Box* elektronik dan pelindung generator dapat dikatakan aman jika air tidak masuk ke generator dan tidak mengenai perangkat elektronik.lalu kriteria generator dapat dikatakan aman adalah Ketika blade turbin tidak terlepas dari poros turbin. Pengujian yang telah dilaksanakan dengan total waktu ± 725 menit dan dengan rata-rata debit air 8,0984 L/detik, kondisi turbin dapat dikatakan aman, hanya pada saat pengujian ketiga, blade turbin pada bagian depan sedikit terbuka. Tetapi setelah dilakukan perbaikan pada turbin, pengujian selanjutnya turbin dapat bertahan.

5.1.4 Hasil Uji Pengisian Baterai

Hasil dari pengujian pengisian baterai menggunakan pembangkit listrik ini dilakukan langsung di pintu air Embung Pelangi UII. Dengan kapasitas baterai 12V 4 Ah, dilakukan uji pengisian baterai pada tanggal 7 Juli 2022, pukul 14.00. Debit air pada saat itu adalah 4,807 L/detik. Pengisian daya pada baterai dihubungkan dengan *battery charge regulator* agar pengisian baterai stabil. Dengan debit air 4,807 L/detik, sudut turbin 17,157 dari permukaan air, generator menghasilkan listrik sebesar 16,1 volt, ditunjukkan pada gambar 5.1 . Lalu dari generator, listrik dialirkan ke *battery charge regulator*, lalu *battery charge regulator* menurunkan tegangan dan melakukan pengisian daya baterai menggunakan tegangan 12.1 volt, terlihat seperti pada gambar 5.2.

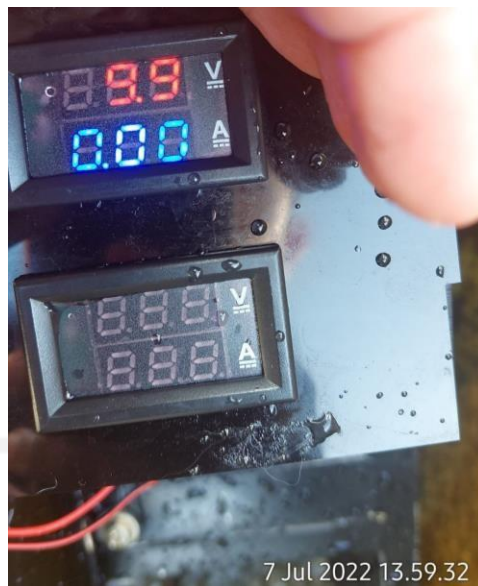


Gambar 5.1. Tegangan generator



Gambar 5.2. Tegangan pada SCC pada saat pengisian daya

Kondisi baterai *low* pada saat belum dikoneksikan dengan *battery charge controller*, yaitu 9,9 volt seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.3. Pengisian daya baterai ini berlangsung selama kurang lebih 36 menit. Dengan waktu pengisian 36 menit, daya baterai terisi hingga 12,2 volt. Pada uji pengisian baterai yang pertama ini, tidak dilakukan pengukuran arus dikarenakan terdapat beberapa kendala peralatan, sehingga tidak dapat dilakukan perhitungan secara matematis.



Gambar 5.3. Baterai pada kondisi low



Gambar 5.4. Tegangan pada baterai setelah dilakukan pengisian daya

Selain pengujian langsung di Embung Pelangi UII, pengujian juga dilakukan di tempat tinggal tim. Pengujian kedua ini memerlukan bor sebagai penggerak dengan kecepatan 1500 rpm. Bor dihubungkan langsung kepada poros generator. dengan menggunakan bor sebagai penggerak, pengujian ini ditujukan untuk mengetahui kemampuan dari sistem untuk mengisi daya dengan putaran tinggi. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini yang merupakan keluaran dari sistem saat penggerak generator menggunakan bor.



Gambar 5.5. Keluaran sistem dengan penggerak bor 1500 rpm.

Dengan rumus daya, dapat diketahui bahwa pada kecepatan putaran poros generator 1500 rpm, sistem dapat menghasilkan daya sebesar 86,49 watt. Jika dengan kecepatan tersebut digunakan untuk melakukan pengisian daya pada aki, maka akan mendapatkan kecepatan maksimal. Berdasarkan pada spesifikasi aki merk Daytona SuperCharge 12 volt 4 Ah. Saran pengisian baterai adalah pada arus 2 ampere untuk pengisian cepat dengan tegangan 12,8 volt sampai dengan 14 volt. Untuk itu diperlukan SCC untuk menurunkan dan menjadi penstabil dalam pengisian daya. SCC akan menurunkan tegangan Berikut merupakan perhitungan kecepatan pengisian aki dengan kapasitas 12 volt 4 Ah dengan arus 2 Ampere.

$$t = \frac{4 \text{ Ah}}{2 \text{ A}}$$

$$t = 2 \text{ jam}$$

Dimana :

t = lama waktu pengisian daya pada aki 12 V 4 Ah.

Pengisian daya aki dengan arus 2 Ampere adalah pengisian dengan arus paling maksimal. Jika menggunakan arus diatas 2 Ampere, maka akan memperpendek umur dari aki itu sendiri. Maka jika debit air besar, pemanfaatan pembangkit akan lebih efisien jika menggunakan aki dengan kapasitas yang lebih besar juga.

5.1.5 Efisiensi Generator

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, tegangan tertinggi didapat sebesar 19,2 V dengan arus sebesar 0,82 A. dengan drop sikat sebesar. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung efisiensi generator.

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\%$$

Dimana:

η = Efisiensi Generator (%)

P_{out} = Daya Keluar (watt)

P_{in} = Daya keluar (watt)

$$P_{Out} = I_L \times V_L$$

Dimana:

P_{out} = Daya keluar (W)

I_L = Arus beban (A)

V_L = Tegangan beban (V)

$$P_{in} = I_a \times E_g$$

Dimana:

P_{in} = Daya masuk (W)

I_a = Arus jangkar (A)

E_g = Tegangan jangkar (V)

$$E_g = (I_a \times R_a) + V_L + V_{sik}$$

Dimana:

E_g = Tegangan jangkar (V)

I_a = Arus jangkar (A)

R_a = Resistansi jangkar (Ω)

V_L = Tegangan beban (V)

V_{sik} = Tegangan *drop* sikat (V)

$$E_g = (0,82 \times R_a) + 19,2 + V_{sik}$$

$$E_g = 19,845 \text{ V}$$

Dengan begitu, dapat dihitung daya masukannya sebesar:

$$P_{in} = I_a \times E_g$$

$$P_{in} = 0,82 \text{ A} \times 19,845 \text{ V}$$

$$P_{in} = 16,2729 \text{ W}$$

Dengan rangkaian seri pada pembangkit, maka arus jangkar sama besar dengan arus beban, dengan begitu dapat dihitung besaran dari daya keluar dengan perhitungan berikut:

$$P_{out} = I_L \times V_L$$

$$P_{out} = 0,82 \text{ A} \times 19,2 \text{ V}$$

$$P_{out} = 15,744 \text{ W}$$

Dari perhitungan diatas, maka dapat ditentukan berapakah besar efisiensi dari generator

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\%$$

$$\eta = \left(\frac{15,744 \text{ W}}{16,2729 \text{ W}} \right) \times 100\%$$

$$\eta = 96,750 \%$$

Berdasarkan dengan data dari hasil ujicoba yang telah dilaksanakan di Embung Pelangi UII, didapatkan efisiensi dari generator yang digunakan yaitu sebesar 96,750% . Perhitungan matematis dari efisiensi pembangkitan energi listrik tenaga air atau disingkat η PLTMH dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_{PLTPH} = \left(\frac{P_g}{P_H} \right) \times 100\%$$

Dimana:

η_{PLTPH} = Efisiensi sisitem PLPH (%)

P_g = Daya Generator (W)

P_H = Daya Hidrolisis (W)

$$P_H = \rho \times Q \times g \times H$$

Dimana:

P_H = Daya Hidrolisis

ρ = Massa jenis fluida (0,998 g/cm³)

Q = debit air rata-rata (8,0984 L/detik)

G = Gaya gravitasi (9,807 m/s²)

H = Ketinggian Air Jatuh (m)

$$P_H = \rho \times Q \times g \times H$$

$$P_H = 0,998 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 8,0984 \text{ L/detik} \times 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,645 \text{ m}$$

$$P_H = 51,12$$

$$\eta_{PLTPH} = \left(\frac{P_g}{P_H} \right) \times 100\%$$

$$\eta_{PLTPH} = \left(\frac{8,544}{51,12} \right) \times 100\%$$

$$\eta_{PLTPH} = 16,71 \%$$

5.2 Pengalaman Pengguna

Pada saat melakukan proses uji coba di Embung Pelangi UII, tim merangkum terkait dengan pengalaman penggunaan rancangan sistem. Tim mengklasifikasikan pengalaman tim pada poin fungsi dari alat, kemudahan dalam menggunakan alat, kualitas alat, dan kendala saat mengimplementasikan alat tersebut. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan hasil pengalaman implementasi rancangan sistem di Embung Pelangi UII yang telah terangkum.

Tabel 5.6. Pengalaman Pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Fungsi sebagai pembangkit listrik tenaga air di Embung Pelangi UII	Dipertahankan
2	Kemudahan	Pengaturan sudut turbin di berbagai ketinggian air jatuh	Kaki pada rangka diperpanjang
3	Keamanan	Alat dapat bertahan dan tidak berkarat disaat diimplementasikan di air.	Perlu perlindungan terhadap bearing agar lebih sedikit perawatan pada saat setelah pemakaian.
4	Kendala	Bagian pengunci kaki pada rangka beberapa kali terlepas	Perlu pengelasan ulang dan jika dibutuhkan kaki dirubah menggunakan besi <i>hollow</i> (kotak) yang sebelumnya adalah silinder

Fungsi dari alat dapat membangkitkan listrik dengan daya yang tidak besar. Hal tersebut salah satunya dipengaruhi oleh generator yang dipakai. Jika generator disambungkan langsung dengan beban, generator dapat menyalakan lampu DC sebanyak dua buah dengan daya 9 watt dan 20 watt dengan terang. Pembangkitan listrik dapat lebih ditingkatkan dengan melakukan penggantian generator dengan kemampuan yang lebih besar, salah satu kendala dari tim adalah mencari generator yang mempunyai spesifikasi yang diinginkan sangat sulit.

Tingkat kesulitan dari penggunaan alat dapat dikatakan sangat mudah. Hal tersebut dikarenakan pengaplikasian alat pada pintu air Embung Pelangi UII hanya membutuhkan satu orang saja. Pengaturan sudut turbin juga sangat mudah hanya membutuhkan kunci pas saja. Sedangkan pada kualitas dari sistem yang telah dibuat, Sebagian besar komponen memiliki ketahanan terhadap karat, dan benturan air. Hanya saja bearing pada turbin perlu diberikan perlakuan khusus yaitu dengan memberikan pelumas atau oli setiap sesudah pengaplikasian sistem. Perbaikan dapat dilakukan dengan mengganti bearing biasa menjadi bearing keramik, tetapi harga terpaut jauh.

Kendala yang tim dapatkan selama pengaplikasian sistem pada Embung Pelangi UII adalah pada bagian selongsong untuk kaki. Penguncian kaki yang menggunakan baut, pada bagian pengelasan murnya tidak rapi, yang mengakibatkan mur terangkat dan perlu pengelasan ulang. Perbaikan terbaik adalah dengan mengganti kaki yang sebelumnya berbentuk silinder menjadi balok. Balok dipilih untuk perbaikan karena penguncian menggunakan kaki berbentuk balok atau kotak lebih efektif disbanding berbentuk silinder, karena pada kaki silinder, penguncian harus menahan kaki agar tidak berputar, sedangkan pada kaki yang berbentuk balok, penguncian cukup mengunci kaki agar tidak turun saja, karena kaki berbentuk balok dengan selongsong balok. tidak akan membuat kaki berputar.

5.3 Dampak Implementasi Sistem

Setelah proses perancangan pembangkit listrik sudah berhasil diimplementasikan maka akan timbul berbagai dampak bagi teknologi atau inovasi, sosial, ekonomi dan lingkungan. Berikut ini adalah dampak positif dari implementasi sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro.

5.3.1 Teknologi/Inovasi

Hasil dari rancangan sistem pembangkit listrik yang akan dibuat tentu saja memerlukan beberapa referensi dari teknologi terdahulu yang berkaitan dengan pembangkit listrik tenaga pikohidro maupun mikrohidro. Dari berbagai referensi, beberapa referensi dipilih untuk menjadi bahan pertimbangan dalam proses perancangan sekaligus menjadi perbandingan keluaran yang dihasilkan oleh sistem yang telah dibuat. Tabel 5.7 merupakan perbandingan dari sistem yang telah dibuat dengan beberapa referensi terdahulu.

Tabel 5.7. Perbandingan teknologi/inovasi dari perancangan terdahulu

No	Fitur	Sistem yang dibuat	Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Ulir dengan Head Rendah [10].	Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Mikrohidro [12].	RPG-Table: Rancang Bangun Pembangkit Listrik Pikohidro Portabel [13].
1	Dimensi sistem (p x l x t)	120 cm x 35 cm x 35 cm	150 cm x 26 cm x 26 cm	32 cm x 15 cm x 18 cm	50 cm x 30 cm x 30 cm
2	Daya terukur	8,544 watt	11,1 watt	10,6 watt	4,279 watt

3	Ketinggian air jatuh	0,65 meter	1,5 meter	6 meter	0,65 meter
4	Efisiensi pembangkitan listrik	16,71 %	11,8 %	8,32 %	-

5.3.2 Sosial

Pada saat alat dipasang dan diterapkan di Embung Pelangi UII, di area sekitar Embung dan juga jalan raya yang melewati Embung Pelangi UII akan mendapatkan penerangan, dimana manfaat tersebut akan dirasakan oleh masyarakat yang melewati jalan di sekitar Embung Pelangi UII dan juga para pemancing yang memancing di Embung Pelangi UII. Titik gelap pada embung Pelangi adalah pada jalan utama yaitu jalan Nglanjaran. Dibutuhkan 4 lampu untuk menerangi jalan. Dengan 4 buah lampu 10 watt, sistem dapat menerangi jalan sepanjang waktu selama debit air debit air diatas 4,807 liter per detik.

Selain itu, peletakan alat yang dapat dilihat oleh siapapun yang melintasi jalan di Embung Pelangi UII secara tidak langsung akan menarik perhatian masyarakat dan anak anak khususnya terhadap pembangkit energi listrik selain energi fosil.

5.3.3 Ekonomi

Pembangkit listrik tenaga pikohidro dampak berdapak ekonomi yang baik bagi pengguna rancangan tersebut. Rancangan pembangkit dibuat dengan harga yang cukup ekonomis dengan komponen yang memiliki kualitas yang baik sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama serta dapat mengurangi biaya konsumsi penggunaan listrik di sekitar lingkungan pembangkit listrik.

5.3.4 Lingkungan

Penempatan pembangkit listrik dapat mempengaruhi keadaan lingkungan sekitar dan ekosistem yang ada di lingkungan tersebut. Oleh sebab itu kami membuat desain yang ramah lingkungan serta menempatkan pada posisi yang tidak mengganggu ekosistem yang ada di sekitar embung pelangi UII.

BAB 6 : Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan dan pengujian terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses perancangan sistem pembangkit listrik memerhatikan Batasan Batasan yang telah tim tentukan. Sehingga hasil dari perancangan sistem pembangkit listrik dapat memenuhi syarat *Project Capstone Design* dengan memenuhi batasan-batasan yang sudah ditentukan.
2. Terdapat beberapa perubahan dari sistem. Perubahan tersebut antara lain adalah jumlah blade turbin, dan juga penambahan kaki pada rangka. Perubahan tersebut ditujukan untuk meningkatkan keluaran dari sistem dan agar sistem dapat lebih fleksibel mengikuti ketinggian jatuh air.
3. Hasil pengujian sistem dengan memvariasikan sudut kemiringan turbin terhadap permukaan air, didapat sudut turbin yang menghasilkan nilai kecepatan putaran turbin tercepat mencapai 289 *Rotate Per Minute* (RPM). Sudut turbin terbaik pada 17,157°.
4. Berdasarkan hasil pengujian sistem pada Embung Pelangi UII dengan debit rata-rata 7.1532 L/detik dapat membangkitkan daya maksimal 8,544 watt dengan tegangan rata-rata 16,87 volt. Sistem dapat melakukan pengisian daya pada aki berkapasitas 12 volt 4 Ah dengan debit air 4,807 L/detik pada kondisi low, yaitu 9,9 V sampai dengan 12,2 V dengan waktu 36 menit. Efisiensi generator yang digunakan pada rancangan sistem ini mencapai 96,75%. Lalu efisiensi pembangkitan listrik bertenaga air (pikohidro) ini mencapai 16,71%, dimana nilai efisiensi tersebut lebih besar dari referensi-referensi yang dipakai oleh tim. Dari hasil perhitungan, daya maksimal pembangkitan listrik dari debit air aliran Embung Pelangi UII dengan debit air sebesar 8,0984 L/detik adalah 51,12 watt. Dengan putaran 1500 rpm pada generator, sistem dapat membangkitkan listrik sebesar 86,49 watt. Jika sistem ditempatkan di debit air yang tinggi, Kapasitas penyimpanan listrik (aki) dapat diperbesar agar dapat mengefisiensikan pembangkitan energi listrik.
5. Sistem dapat menerangi titik gelap embung Pelangi sebanyak 4 titik dengan lampu 10 watt empat buah. Lampu dapat menyala terus menerus selama aliran air pada Embung tidak kurang dari 4,807 liter per detik.

6.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisis yang sudah kami lakukan mengenai Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH), maka kami sebagai penulis ingin memberikan saran pada alat yang sudah kami buat agar dapat dikembangkan menjadi lebih baik dari sebelumnya, berikut ini saran yang akan kami berikan:

1. Pada bagian besi yang berfungsi sebagai *adjustable* ketinggian turbin dapat diubah yang semula menggunakan besi lingkaran, diubah dengan menggunakan besi *hollow* berbentuk kotak agar pada saat menentukan ketinggian turbin dapat lebih mudah ketika baut dikunci
2. Pada bagian pipa poros dapat menggunakan pipa yang lebih tebal agar *blade* dapat merekat dengan kuat dan lebih tahan terhadap arus air yang sangat deras.
3. Jika ingin membuat pembangkit listrik dengan skala yang lebih besar disarankan menggunakan besi sebagai bahan dari turbin ulir dikarenakan pipa PVC yang berukuran besar tidak ada dijual dipasaran.
4. Melakukan uji alur sistem kelistrikan terlebih dahulu berdasarkan teori sebelum membuat sistem kelistrikan secara langsung agar dapat meminimalkan kerusakan yang terjadi pada komponen.

Daftar Pustaka

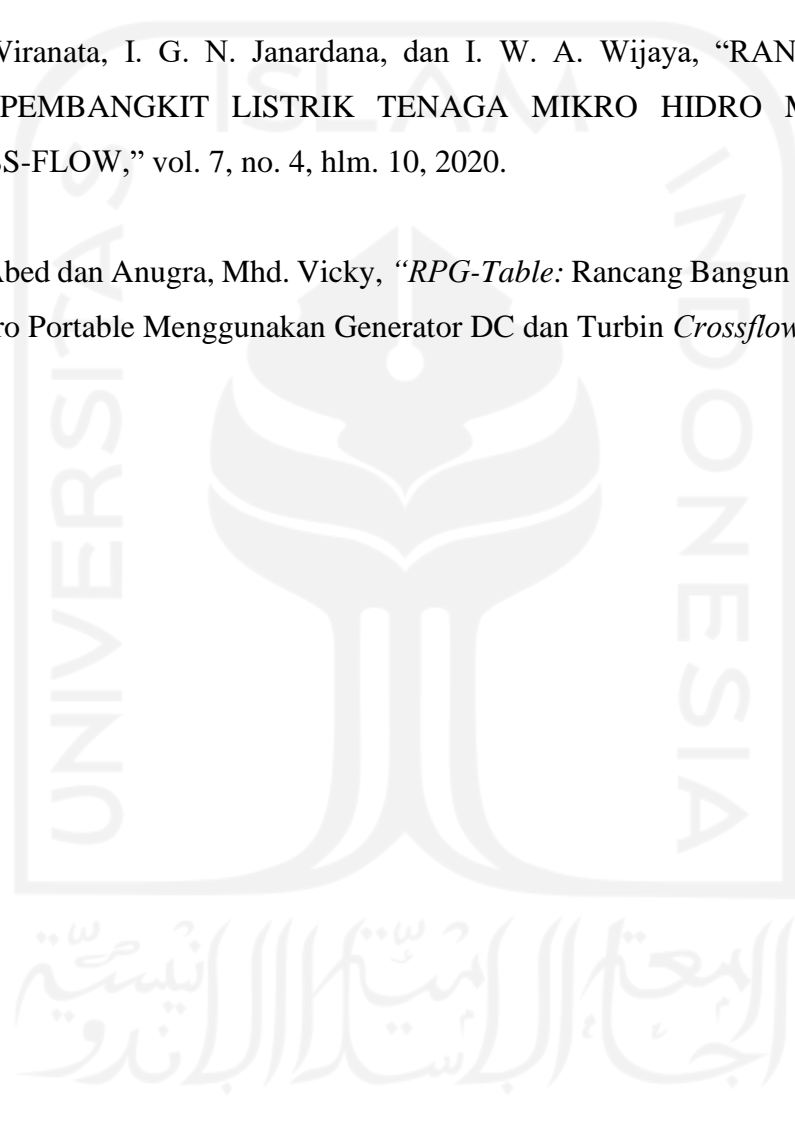
- [1] Pangestu, Dwi Ajis dan Nurwijayanti, “Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Air Dengan Teknik *Turbulent Whirlpool*”, vol.5, no 3, 2021.
- [2] I. Kholiq, “PEMANFAATAN ENERGI ALTERNATIF SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN UNTUK MENDUKUNG SUBSTITUSI BBM”, no. 2, hlm. 17, 2015.
- [3] Fitriani, Feni Freycinetia, “Pembangkit Listrik Tenaga Uap - Pengertian, Sejarah, Cara Kerja, Kelebihan & Kekurangan PLTU”, 17 Juli 2021.(diakses 27 Februari 2022).
- [4] Asmara, Silvester Sandy, “STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO DI ALIRAN SUNGAI SEKITAR BANGUNMULYO GIRIKERTO, TURI, SLEMAN”, vol. 1, no 1-5, Mei 2016.
- [5] T. Haryani, W. Wardoyo, dan A. Hidayat, “PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI SALURAN IRIGASI MATARAM,” *J. Hidroteknik*, vol. 1, no. 2, hlm. 75, September 2015.
- [6] Pasaribu, Remon, “RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO TERAPUNG MENGGUNAKAN TURBIN CROSSFLOW”, 2020.
- [7] Nandar, Alfi, “ANALISIS DAYA DAN EFISIENSI TURBIN ULIR *ARCHIMEDES* TIGA SUDU DENGAN VARIASI *HEAD*”, 2021.
- [8] A. Havendri, Y. Hizhar, dan O. S. Perdana, “Kaji eksperimental pengaruh debit dan kemiringan poros terhadap daya mekanik prototype turbin ulir tipe AH-01 dan AH-02,” *Met. J. Sist. Mek. Dan Termal*, vol. 5, no. 1, hlm. 17–22, 2021.
- [9] A. Havendri dan H. Lius, “Perancangan dan Realisasi Model Prototipe Turbin Air Type Screw (Archimedean Turbine) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan Head Rendah di Indonesia,” *J. Tek.*, vol. 31, 2009.

[10] I. P. Juliana, A. I. Weking, dan L. Jasa, “Pengaruh Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir Terhadap Daya Putar Turbin Ulir Dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, hlm. 393, Desember 2018.

[11] A. T. Saputra, A. I. Weking, dan I. W. Artawijaya, “Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 1, hlm. 83, Mei 2019.

[12] I. P. A. Wiranata, I. G. N. Janardana, dan I. W. A. Wijaya, “RANCANG BANGUN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO MENGGUNAKAN TURBIN CROSS-FLOW,” vol. 7, no. 4, hlm. 10, 2020.

[13] Fauzi, M. Abed dan Anugra, Mhd. Vicky, “RPG-Table: Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Portable Menggunakan Generator DC dan Turbin *Crossflow*”, 2022.



LAMPIRAN – LAMPIRAN


- Lampiran 1. *Logbook* Kegiatan Selama Proses Tugas Akhir 2

Tanggal	Deskripsi Kegiatan
29 Maret 2022	pembelian komponen.
30 Maret 2022	pemotongan pipa PVC.
1 1 April 2022	pembelian komponen
2 April 2022	meratakan pipa PVC dengan menggunakan oven
4 April 2022	membuat lubang poros untuk turbin.
5 April 2022	pembelian peralatan untuk membuat turbin.
6 dan 7 April 2022	membuat lubang poros untuk turbin.
11 April 2022	2 memotong lingkaran pada pipa PVC untuk turbin
14 dan 15 April 2022	pembentukan ulir
18 Mei 2022	embentukan kerangka menggunakan besi
19 Mei 2022	memasang generator, pulley, turbin dan aki pada kerangka
20 Mei 2022	menyusun technical report 201.
02 juni 2022	bimbingan dan merangkai rangkaian filter
03 juni 2022	bimbingan dengan dosen pembimbing
05 juni 2022	desain box elektronik
06 juni	membuat pelindung generator
07 juni 2022	memasang box elektronik dan pelindung generator dan baterai
10 Juni 2022	memasang galvalum
13 Juni 2022	menambahkan bagian pada rangka
14 Juni 2022	melakukan assembly
15 Juni 2022	Bimbingan dengan bu iftitah, menyelesaikan trp 202 dan mengambil data di embung Pelangi UII
23 Juni	Uji alat menggunakan bor
24 Juni 2022	Pengambilan data di Embung Pelangi UII
26 Juni 2022	Pengambilan data di Embung Pelangi UII
29 Juni 2022	Pengambilan data di Embung Pelangi UII
02 Juli 2022	Pengambilan data di Embung Pelangi UII
03 Juli 2022	Pengambilan data di Embung Pelangi UII
04 Juli 2022	Pengambilan data di Embung Pelangi UII

5 Juli 2022	Pengambilan data di Embung Pelangi UII
7 Juli 2022	Pengujian Pengisian Daya Aki di Embung Pelangi UII
15 Juli 2022	Pengujian Pengisian Daya Aki menggunakan bor sebagai penggerak
16 Juli 2022	Penimbangan berat alat
9 – 13 Juli 2022	Pengolahan data dari hasil pengujian
28 Juni – 17 Juli 2022	Penyusunan laporan akhir Project Capstone
17- 18 Juli 2022	Penyusunan keluaran project capstone berupa artikel, ppt dan video



TECHNICAL REPORT**IDENTITAS**

Dokumentasi Proses	TA201
Topik / Judul Capstone Design	Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro <i>Portable</i> di Lingkungan UII
Nama Lengkap	Millen Febiansyah Enaya Kafka Garuda Novtrianda
No. Induk Mahasiswa (NIM)	18524077 18524136
Dosen Pembimbing 1	Iftitah Imawati, S.T., M.Eng.
Dosen Pembimbing 2	Husein Mubarak, S.T., M.Eng. 

Spesifikasi Sistem

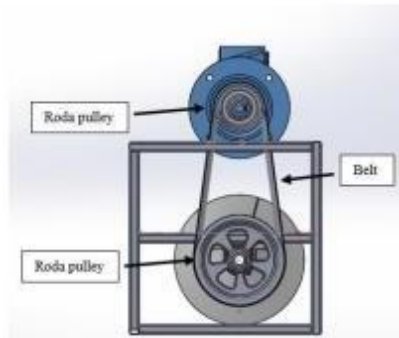
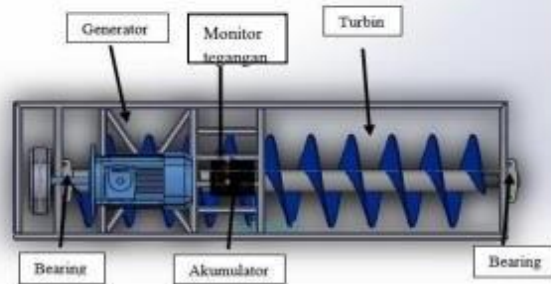
Tabel Spesifikasi turbin ulir

	Spesifikasi 1	Spesifikasi 2
Sudut <i>blade</i>	28 ⁰	28 ⁰
Panjang Turbin	1 meter	1 meter
Diameter Turbin	26 cm	26 cm
Lebar <i>screw</i>	10 cm	10 cm
Diameter poros turbin	6 cm	6 cm
<i>Screw pitch</i>	16 cm	16 cm
Berat	± 12 kilogram	± 5 kilogram
Jenis Bahan	Logam	PVC

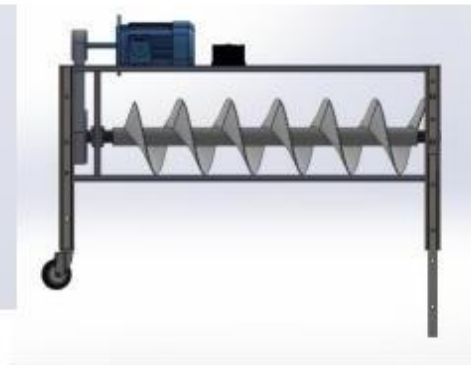
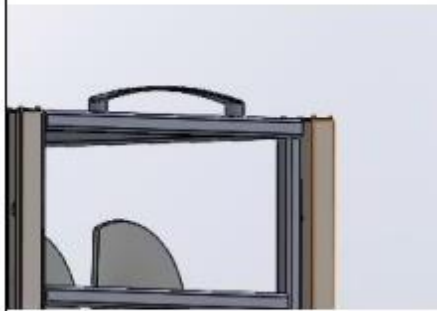
- Alat dibuat *portable* sehingga dapat mempermudah mobilitas Pembangkit untuk mendapatkan lokasi yang memiliki debit air tinggi.
- Alat dapat membangkitkan listrik dengan kapasitas maksimal mencapai 150 watt.
- Alat dapat membangkitkan listrik di debit air yang rendah.
- Alat dapat membaca arus dan tegangan pembangkitan.
- Alat menggunakan akumulator berkapasitas 12 volt 5 Ah.



Desain rancangan awal



Desain rancangan akhir



Gambar diatas merupakan desain rancangan akhir dengan ditambahkan kaki-kaki pada bagian depan dan roda pada bagian belakang yang ketinggiannya bisa disesuaikan dengan yang diinginkan, sehingga mempermudah pada saat mengatur ketinggian atau kerendahan pada alat saat digunakan di aliran embung atau sungai yang ada di sekitaran UH. Turbin dibagi menjadi 2 turbin yaitu turbin dengan 6 ulir dan 10 ulir. Turbin dengan 6 ulir digunakan untuk mempermudah aliran air yang akan memutar turbin pada saat aliran air yang didapatkan tidak terlalu deras, sedangkan jika aliran air cukup deras maka dapat menggunakan turbin dengan 10 ulir.





Turbin dengan 6 ulir

Turbin dengan 10 ulir

الجمهورية الإسلامية البليزية

Production Costs

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Generator DC 200 Watt	Pes	Rp. 350.000, -	1	Rp. 350.000, -
2	Besi Hollow 2x2cm	Pes	Rp. 20.000, -	10	Rp. 200.000, -
3	Jasa Las	Pes	Rp. 120.000, -	1	Rp. 120.000, -
4	Set Pulley 3 inch dan 2 inch	Paket	Rp. 59.000, -	1	Rp. 59.000, -
5	Aki GS Astra Power 12V 5Ah	Pes	Rp. 200.000, -	1	Rp. 200.000, -
6	Monitor Tegangan	Pes	Rp. 30.000, -	1	Rp. 30.000, -
7	Kabel 2 x 1,5mm	Pes	Rp. 10.000, -	2	Rp. 20.000, -
8	Pipa PVC 2,5inch	Pes	Rp. 25.000, -	2	Rp. 50.000, -
9	Pipa PVC 6 inch	Pes	Rp. 30.000, -	4	Rp. 120.000, -
10	Ball Bearing 3x8x4mm	Pes	Rp. 25.000, -	2	Rp. 50.000, -
11	Baut M10 x 20mm	Pes	Rp. 20.000, -	1	Rp. 20.000, -
12	Heat String 12mm	Pes	Rp. 5.000, -	1	Rp. 5.000, -
13	Gas Torch Flame g 920	Pes	Rp. 58.300,-	1	Rp. 58.300,-
14	Pipa 4 inch	Pes	Rp. 83.000,-	1	Rp. 83.000,-
15	Pralon 4 inch	Pes	Rp. 40.000,-	1	Rp. 40.000,-
16	Pralon 2 inch	Pes	Rp. 30.000,-	1	Rp. 30.000,-
17	Gergaji besi	Pes	Rp. 15.000,-	1	Rp. 15.000,-
Total Belanja					Rp. 1.405.300, -

Logs / Catatan Aktivitas (meliputi perencanaan, aktivitas/tugas, dan capaiannya)

1. Pada tanggal 29 Maret 2022 melakukan pembelian komponen.
2. Pada tanggal 30 Maret 2022 melakukan pemotongan pipa PVC.
3. Pada tanggal 1 April 2022 melakukan pembelian komponen.
4. Pada tanggal 2 April 2022 meratakan pipa PVC dengan menggunakan oven.
5. Pada tanggal 4 April 2022 membuat lubang poros untuk turbin.
6. Pada tanggal 5 April 2022 melakukan pembelian peralatan untuk membuat turbin.
7. Pada tanggal 6 dan 7 April 2022 membuat lubang poros untuk turbin.
8. Pada tanggal 11 April 2022 memotong lingkaran pada pipa PVC untuk turbin.
9. Pada tanggal 14 dan 15 April melakukan pembentukan ulir.
10. Pada tanggal 18 Mei melakukan pembentukan kerangka menggunakan besi.
11. Pada tanggal 19 Mei memasang generator, pulley, turbin dan aki pada kerangka.
12. Pada tanggal 20 Mei menyusun *technical report* 201.



- Lampiran 3. Dokumen TA202

TECHNICAL REPORT

IDENTITAS

Dokumentasi Proses	TA202
Topik / Judul Capstone Design	Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Portable di Lingkungan UII
Nama Lengkap	Millen Febiansyah Enaya Kafka Garuda Novtrianda
No. Induk Mahasiswa (NIM)	18524077 18524136
Dosen Pembimbing 1	[tanda tangan] <<Iftitah Imawati, S.T., M.Eng.>> 
Dosen Pembimbing 2	[tanda tangan] <<Husein Mubarak, S.T., M.Eng.>>

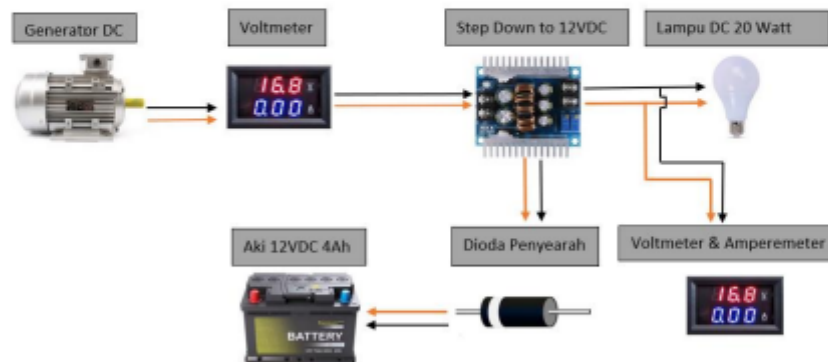


Metode / Rancangan Pengujian Sistem

Rancangan pengujian sistem dilakukan beberapa tahap. Tahap pertama adalah melakukan uji pada turbin. Pengujian dilakukan di aliran air pada embung Pelangi UII. Pengujian ini memerlukan turbin, dan juga rangka. Pengujian dapat dikatakan berhasil apabila turbin dapat berputar dengan stabil dan tahan terhadap terpaan arus air yang deras.

Pengujian kedua adalah melakukan test pada rangkaian elektronik berupa diode, kabel, buck Converter dan juga baterai (aki). Uji kedua dilakukan di lab Power Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia. Dengan menggunakan power supply, rangkaian diuji apakah dapat mengisi daya pada aki, lalu selanjutnya diuji menggunakan generator yang diputar oleh motor berkapasitas 200 Watt. Pengujian kedua dinyatakan berhasil saat rangkaian dapat menurunkan input tegangan diatas 12 volt menjadi tidak lebih dari 12 volt agar dapat mengisi daya pada baterai (aki) tanpa adanya arus balik.

Uji selanjutnya adalah menguji ketahanan box peralatan elektronik dan pelindung generator agar tahan terhadap air. Di dalam box tersebut terdapat rangkaian elektronik dan juga baterai (aki) yang sensitif terhadap air. Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui apakah terdapat celah dari box dan tutup generator yang dapat menyebabkan air masuk. Lalu pengujian terakhir adalah melakukan uji terhadap produk. Pengujian tersebut melihat berapa nilai tegangan dan arus yang dapat dihasilkan dengan sudut tertentu. Sudut yang digunakan adalah sudut antara kemiringan turbin dan garis horizontal. Pengujian juga menggunakan beban berupa lampu DC 20 watt. Berikut merupakan desain rancangan elektronis dari produk.



Gambar 1.1. rangkaian akhir untuk uji produk.

Gambar diatas digunakan untuk menguji apakah produk dapat menghasilkan listrik dan dapat mengisi daya pada baterai (aki) atau tidak. Dari generator, tegangan dibaca menggunakan voltmeter, lalu listrik mengalir ke buck converter atau step down ke 12 Volt DC. Listrik diturunkan ke 12 Volt karena generator menghasilkan tegangan diatas 12 volt dengan arus yang cukup kecil, maka tegangan diturunkan untuk mendapatkan arus yang lebih besar dan juga agar pada pengisian daya baterai (aki) tidak menimbulkan kerusakan. Lalu dari buck converter, listrik akan di baca tegangan dan arusnya. Pembacaan arus dan tegangan difungsikan agar dapat mengetahui hasil dari step down menunjukkan tidak lebih dari 12 volt. Dari buck converter juga akan diteruskan ke dioda dan lalu ke baterai. Dioda diletakkan di kutub positif, dioda digunakan untuk menyearahkan arus listrik agar listrik mengalir hanya dari buck converter, dan tidak ada arus balik dari baterai.

Dengan beberapa pengujian yang dilakukan, dapat dilihat apakah produk dapat bekerja dengan baik dan efisien. Adapun beberapa parameter yang dapat dijadikan sebagai acuan bahwasanya produk dapat memenuhi standar kebutuhan yang diajukan, antara lain sebagai berikut:

1. Turbin dapat berputar dengan stabil dan tahan terhadap benturan arus air yang deras.
2. Box elektronik dan pelindung generator kedap terhadap air.
3. Rangkaian elektronik dapat menurunkan tegangan, menyearahkan tegangan dan mengisi daya baterai (aki) tanpa ada arus balik.
4. Lampu DC 20 watt (beban) dapat menyala dengan terang.
5. Produk mudah dimobilisasi dan diatur sudut kemiringannya.

Metode Pengukuran untuk pengujian Sistem

Metode yang digunakan pada pengujian pertama dilakukan secara langsung di Embung Pelangi UII. Hasil dari pengujian tahap pertama, turbin dapat berputar stabil dan tahan terhadap terpaan arus air. Pengujian dilakukan selama kurang lebih satu jam. Lalu untuk pengujian yang kedua dilakukan di laboratorium Power. Rangkaian elektronik dapat bekerja dengan baik, dimana buck converter dapat menurunkan tegangan input sebesar 35 volt menjadi 12 volt. Rangkaian juga dapat menyearahkan tegangan hanya menuju ke baterai dengan adanya dioda. Dan hasil akhir dari pengujian kedua, rangkaian dapat mengisi daya pada baterai (aki). Lalu pada pengujian yang ketiga, dilakukan langsung di Embung Pelangi UII. Box elektronik dan pelindung generator dipasang pada rangka, lalu hasilnya pada tutup generator tidak terdapat celah sehingga generator tetap kering, sedangkan pada box elektronik masih perlu adanya perbaikan, pada saat melakukan pengujian, penutup box saat tertutup tidak terdapat celah, namun monitor tegangan dan arus terdapat didalam box, sehingga saat ingin melihat berapa output dari generator, harus membuka box, dan akan membuat box bagian dalam terkena cipratan air. Perbaikan ini diperlukan agar monitor tegangan dan arus dapat dilihat tanpa membuka penutup box.

Pengujian produk terakhir dilakukan langsung di Embung Pelangi UII. Pengujian memerlukan alat ukur yaitu multimeter dan tachometer. Dengan memvariasikan sudut kemiringan produk. Produk berhasil menghasilkan listrik dengan tegangan dan arus tertentu yang dipengaruhi oleh kemiringan sudut produk dan juga debit air. Salah satu acuan produk berhasil adalah produk dapat menyalakan lampu DC dengan daya 20 Watt dengan terang dan stabil. Namun perlu adanya perbaikan pada kaki *adjustable* bagian depan supaya dapat lebih banyak memvariasikan sudut. Hasil dari uji ini dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil Pengujian Sistem

Inklinasi (°)	Put (rpm)	Tanpa beban		Dengan beban		
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)
0	73,7	5,5	0	5,1	83	0,423
17,457	86,7	8,3	0	8	326	2,608
23,578	335	10,5	0	5,6	740	4,144
28,85	336	73,7	0	7,6	730	5,548

Tabel 1. Hasil uji produk di Embung Pelangi UII

Data pada tabel satu didapat dengan menguji produk langsung di Embung Pelangi UII pada tanggal 15 Juni 2022 pukul 15.00. Perbedaan hasil kecepatan putaran, tegangan dan arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh inklinasi atau sudut turbin. Sudut turbin diberikan beberapa variasi antara lain 0, 17,457, 23,578 dan 28,85. Diambil sudut tersebut dikarenakan tinggi kaki bagian depan yang dapat di *adjustable* dengan Panjang maksimal 35 cm. dari data yang didapat, putaran tercepat turbin terjadi pada sudut inklinasi 28,85°. Dengan diberikan beban berupa lampu Dc 20 watt, daya yang dapat dibangkitkan produk dengan sudut 28,85° adalah 5,548 watt. Sedangkan dengan sudut 0°, yang berarti produk sejajar dengan permukaan air, produk hanya dapat membangkitkan daya 0,423 watt. Dengan demikian, dapat dipastikan bahwa dari data yang didapat, semakin tinggi sudut inklinasi turbin, produk dapat menghasilkan daya lebih tinggi. Hasil dari data diatas tentu saja dipengaruhi oleh factor eksternal antara lain sampah yang menyumbat aliran air, debit air dan juga tinggi air yang mengenai turbin. Pada percobaan ini, tinggi head air kurang lebih 45cm.

Logs / Catatan Aktivitas (meliputi perencanaan, aktivitas/tugas, dan capaiannya)

- 02 Juni 2022 bimbingan dan merangkai rangkaian filter
- 03 Juni 2022 bimbingan dengan dosen pembimbing
- 05 Juni 2022 desain box elektronik
- 06 Juni membuat pelindung generator
- 07 Juni memasang box elektronik dan pelindung generator dan baterai
- 10 Juni 2022 membuat pelindung generator menggunakan galvalum
- 13 Juni 2022 menambahkan bagian pada rangka
- 14 Juni 2022 melakukan *assembly*



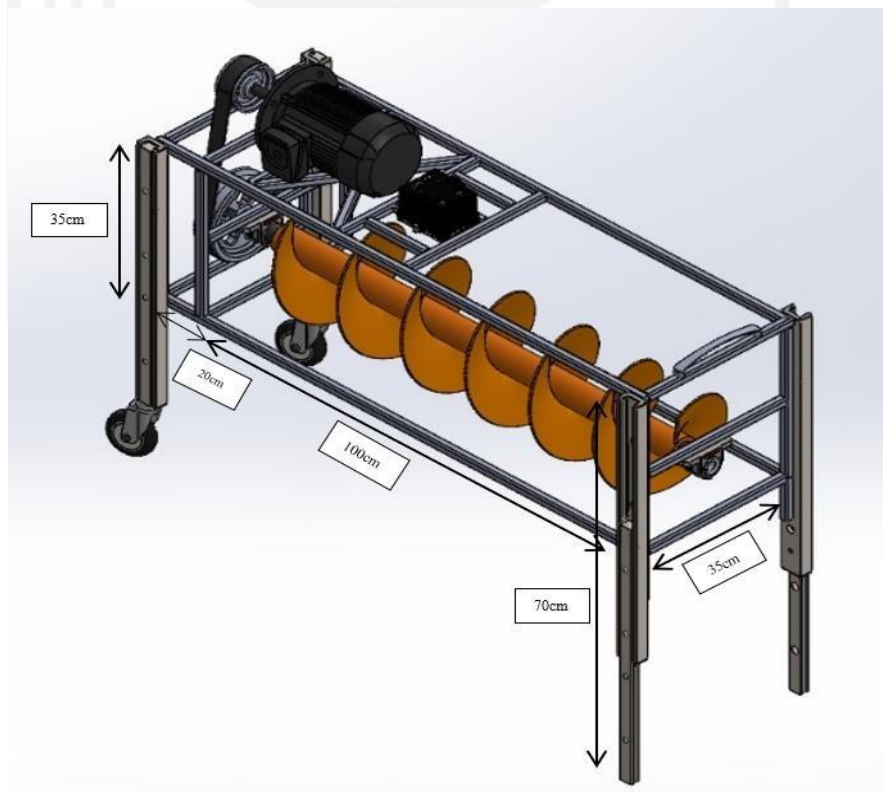
9. 15 Juni 2022 Bimbingan dengan bu iftitah, menyelesaikan trp 202 dan mengambil data di embung Pelangi UII

Catatan tambahan

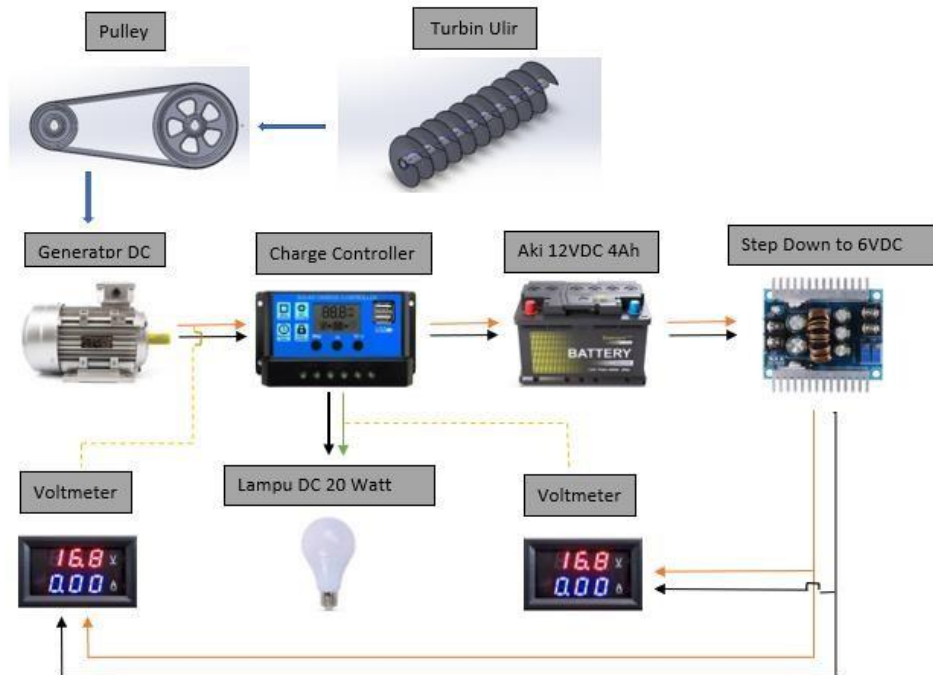
Referensi (menggunakan format IEEE dalam penulisan referensi)

Rahmawaty, Suherman, Surya Dharma, Ali Sa'In. Kajian Eksperimental pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil. Medan. 2022

- Lampiran 4. Desain produk



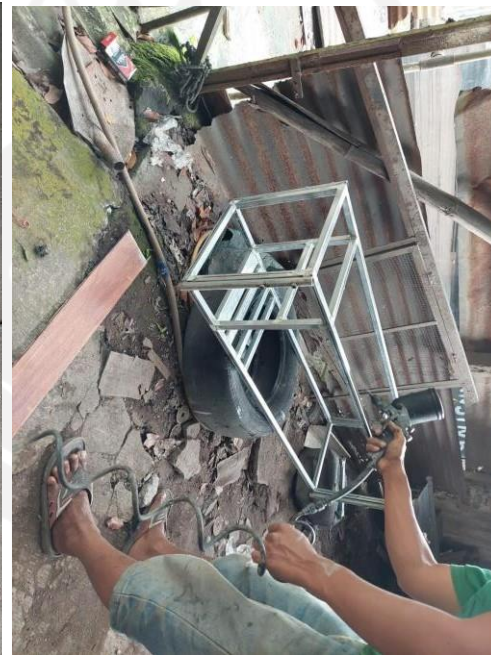
- Lampiran 5. Skematik elektronik keseluruhan



- Lampiran 6. Dokumentasi keuangan (tabel excelnya saja, tidak perlu nota dsb)\

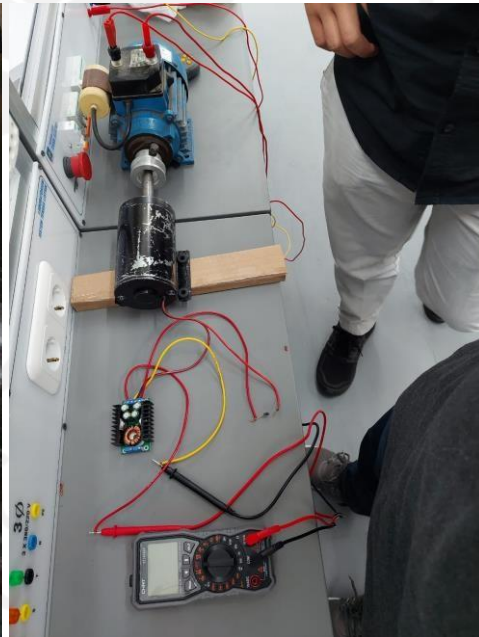
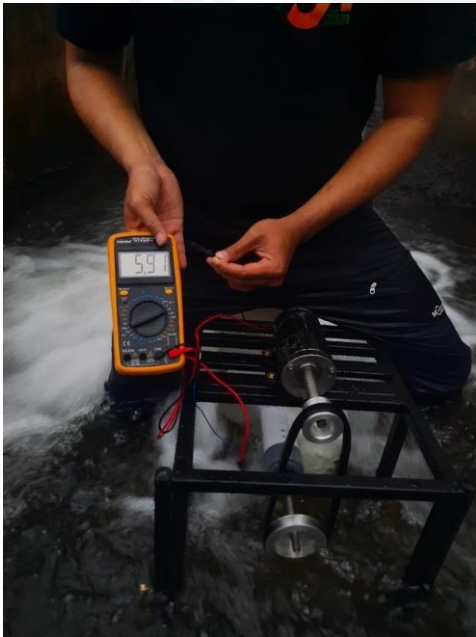
No	Jenis Pengeluaran	Tanggal Pembelian	Kuantitas	Total Harga
1	Generator DC 200 watt	12 Mei 2022	1	Rp. 184.000, -
2	Besi beton 12mm (120cm)	19 Mei 2022	1	Rp. 50.000, -
3	Jasa pembuatan rangka beserta bahan (las, besi hollow 2x2mm, 1,5x1,5mm hollow, besi beton 12mm)	19 Mei 2022	1	Rp. 825.000, -
4	Set Pulley 3 inch dan 2 inch	17 Mei 2022	1	Rp. 66.500, -
5	Aki GS Astra Power 12V 5Ah	20 Mei 2022	1	Rp. 200.000, -
6	VA meter	14 Juni 2022	1	Rp. 35.000, -
7	Voltmeter bar	30 Mei 2022	1	Rp. 40.000,-
8	Kabel 2 x 1,5mm	30 Mei 2022	2	Rp. 20.000, -
9	Pipa PVC 2,5inch	29 Mei 2022	2	Rp. 50.000, -
10	Pipa PCC 4inch	18 Mei 2022	4	Rp. 120.000, -
11	Ball Bearing 3x8x4mm	12 Mei 2022	2	Rp. 56.000, -
12	Baut, mur dan ring (12mm 8pcs, 10mm 4pcs, 8mm 18pcs)	07 Juni 2022	30	Rp. 48.000, -
13	Heat String 12mm		1	Rp. 5.000, -
14	Roda	24 Mei 2022	2	Rp. 52.000,-
15	Buck Converter 9A	30 Mei 2022	1	Rp. 58.000,-
16	Solar Charge Controller (SCC PWM)	15 Juni 2022	1	Rp. 39.000,-
17	Galvalum (1 meter)	10 Juni 2022	1	Rp. 32.000,-
18	Bubut (pulley,bosh as generator, poros turbin)	18 Mei 2022	1	Rp. 167.000,-
19	Terminal kabel	30 Mei 2022	1	Rp. 13.000,-
20	Pipa stainless	28 Juni 2022	1	Rp. 72.000,-
21	Box elektronik (acrlyic3mm dan laser cutting)	06 Juni 2022	1	Rp.139.500,-
22	Cat semprot	07 Juni 2022	3	Rp. 96.000,-
23	Saklar	22 Juni 2022	2	Rp. 4.000,-
Total Pengeluaran				Rp. 2.372.000,-

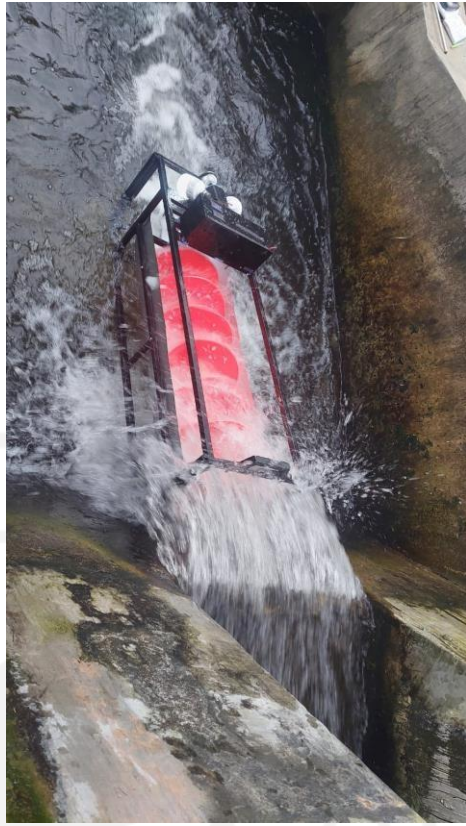
- Lampiran 7. Proses pembuatan alat





- Lampiran 8. Proses pengambilan data





الجامعة الإسلامية
الاستدراكية