

LAPORAN AKHIR
PROGRAM PENGEMBANGAN TEKNOLOGI INDUSTRI
Bidang Teknologi Energi



**PENGEMBANGAN TURBIN ULIR ARCHIMEDES UNTUK
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO HEAD RENDAH**

TIM PENGUSUL
(Politeknik Negeri Manado : Dr. Tineke Saroinsong, SST.,M.Eng)
(Politeknik Negeri Manado : Ir. Ever Notje Slat, MT)
(Politeknik Negeri Manado : Alfred Noufie Mekel, SST.,MT)
(Politeknik Negeri Manado : Donald Bastian Noya, SST.,MT)

POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK MESIN
DESEMBER 2019

HALAMAN PENGESAHAN
PROGRAM PENGEMBANGAN TEKNOLOGI INDUSTRI

Judul Riset : **Pengembangan Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Head Rendah**

Bidang Program PPTI : Teknologi Energi

Peneliti Utama/Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Dr. Tineke Saroinsong, SST.,M.Eng
- b. Nomor HP : 081221520933
- c. Alamat surel (e-mail) : tinekesaroinsong@gmail.com
- d. Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Manado

Lembaga Pengusul

- a. Nama Lembaga : Politeknik Negeri Manado
- b. Nama Pimpinan Lembaga : Ir. Ever Notje Slat, MT
- c. Alamat : Jl. Politeknik Ds. Buha, Kec. Mapanget, Kota Manado
- d. Alamat Surel/e-mail : www.polimdo.ac.id, informasi@polimdo.ac.id
- e. Telepon : 0431-815192, 0431- 815212.

Tingkat Kesiaapterapan Teknologi (TKT) 7

Lama Keseluruhan Riset : Satu Tahun

Usulan Riset Tahun Ke- : 1 (satu)

Biaya Riset Keseluruhan : Rp. 740.000.000,-

Biaya Riset

- diusulkan ke DPTI : Rp. 740.000.000,-
- dana internal Lembaga : Rp. 50.000.000,- (*Inkind*) : laboratorium Teknik Mesin
- dana institusi lain : Rp. -

Manado, 10 Desember 2019

Mengetahui,
Direktur



Ir. Ever Notje Slat, MT
NIP. 195911101993031002

Ketua Peneliti

Dr. Tineke Saroinsong, SST.,M.Eng
NIP. 19760127 200312 2001

RINGKASAN

Masalah krisis energi listrik yang terjadi di dunia saat ini menjadi perhatian untuk meneliti energi alternative (*renewable energy*), karena masih banyak desa-desa terpencil di Indonesia sampai saat ini belum dijangkau listrik dari PLN. Penelitian turbin ulir Archimedes untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro sedang dikembangkan dalam satu dekade ini. Turbin ulir memiliki keunggulan antara lain tidak memerlukan pipa pesat, *fish-friendly*, dan dapat dioperasikan pada *head* rendah. Selain aliran sungai, aliran dari saluran irigasi juga dapat dimanfaatkan sebagai potensi energi yang bisa menggerakkan turbin ulir Archimedes menjadi pembangkit listrik tenaga Mikrohidro. Geometri turbin ulir Archimedes dirancang menyesuaikan studi kelayakan aliran sungai atau saluran irigasinya. Parameter eksternal ditentukan oleh *head* dan debit aliran, namun parameter internal bebas dipilih untuk mengoptimalkan kinerja dari turbin ulir. Setelah melakukan studi eksperimental skala laboratorium dan skala lapangan, maka perlu dilakukan pengembangan prototipe turbin ulir Archimedes untuk pengujian langsung pada aliran saluran irigasi. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototipe turbin ulir Archimedes untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro head rendah. Lokasi yang dipilih adalah Desa Tatelu Kabupaten Minahasa Utara. Di desa ini terdapat potensi aliran sungai yang memiliki debit rata-rata $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit yang dibutuhkan untuk pembangkitan daya turbin ulir Archimedes sebesar 20 kW hanya $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Kebutuhan listrik di desa Tatelu untuk mesin-mesin pertanian (pengolahan hasil tanaman padi dan jagung) dan penerangan lokasi peternakan ayam yang masih menggunakan bahan bakar bensin/solar. Metode yang dipakai adalah survey lokasi dan pembuatan dengan tahapan perencanaan, persiapan alat dan bahan, proses pembuatan, pemasangan dan pengujian kinerja. Bentuk geometri turbin ulir tiga sudu, sudut ulir 30° , jarak kisar $2,4R_o$. Diharapkan dengan adanya pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan turbin ulir Archimedes kapasitas daya generator 20 kW dapat membantu masyarakat Desa Tatelu dalam meningkatkan perekonomian khususnya petani padi dan jagung juga peternak ayam. Selain itu, dapat mengajak masyarakat Desa Tatelu untuk lebih memperhatikan kelestarian hutan sebagai sumber aliran sungai. Hasil penelitian ini akan menjadi pilot project hilirisasai turbin ulir Archimedes untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Indonesia bagian Timur. Sehingga teknologi industri manufaktur turbin ulir Archimedes dapat dikembangkan di Politeknik Negeri Manado bekerja sama dengan industri pengguna dan pemerintah daerah.

Kata kunci : pengembangan, energi terbarukan, turbin ulir, mikrohidro, listrik.

PRAKATA

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Kuasa dan Maha Kasih atas rahmat dan karuniaNYA sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir penelitian Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI) dengan judul “**Pengembangan Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Head Rendah**”. Laporan akhir ini merupakan kewajiban peneliti untuk melaporkan pelaksanaan kegiatan penelitian.

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Bapak Bambang Brojonegoro selaku Menteri Riset Teknologi/BRIN, terimakasih juga kepada Bapak Hotmatua Daulay selaku Direktur Pengembangan Teknologi Industri, dan Bapak Ever N. Slat selaku Direktur Politeknik Negeri Manado yang sudah memberi dukungan dana dan motivasi dalam melaksanakan kegiatan penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk masyarakat.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna, sehingga diharapkan saran dan koreksi dari reviewer penelitian yang ditugaskan. Terimakasih.

Manado, Desember 2019
Penulis

Tineke Saroinsong

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	3
PRAKATA.....	4
DAFTAR ISI.....	5
BAB 1. PENDAHULUAN	6
1.1. Latar Belakang.....	6
1.2 Kebaruan dan atau Terobosan Teknologi.....	8
BAB 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	11
2.1 Tujuan Dan Sasaran Penelitian.....	11
2.2 Manfaat Penelitian.....	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Bagan Penelitian.....	12
BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	19
4.1 Output Yang Dihasilkan	19
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	24
5.1 Kesimpulan	24
5.2 Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA	25
Lampiran 1 : Foto- foto Proses Pembuatan Dan Pemasangan Turbin Ulir Archimedes.	27
Lampiran 2. SPTB 100 %	32

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penelitian energi terbarukan sekarang ini dikembangkan antara lain pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang memanfaatkan energi aliran air sungai. Jenis-jenis turbin yang banyak dikenal dan diaplikasikan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah turbin crossflow, turbin kaplan, turbin propeller, turbin turgo, turbin francis dan turbin pelton. Turbin ulir merupakan jenis turbin yang baru diteliti satu dekade ini, dan cocok digunakan pada *head* rendah ($H < 10$ m). Turbin ulir diadopsi dari teori *Archimedean screw* yang digunakan sebagai pompa. Melihat potensi aliran sungai yang ada di Indonesia rata-rata memiliki *head* rendah, karena itu turbin ulir sangat cocok untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Indonesia. Selain sungai, bisa memanfaatkan potensi saluran irigasi. Turbin ulir memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan jenis turbin lainnya. Turbin ulir tidak membutuhkan pipa pesat dan sistem kendali khusus, peralatan dan generator standar, mudah dalam pemasangan, mudah perawatan, dan tidak merusak ekologi sungai atau *fish-friendly* (David Kilama Okot, 2013).

Dalam waktu satu dekade ini beberapa peneliti mengembangkan penelitian turbin ulir baik dari segi perancangan teoritis maupun eksperimental yang berhubungan dengan efisiensi turbin ulir. Optimasi perancangan numerik bentuk geometri ulir oleh (Rorres 2000) menyatakan bahwa rasio kisar bergantung pada jumlah sudu dan rasio radius (R_1/R_0) sama dengan 0,54. kemudian (Müeller Gerald 2009) menyederhanakan teori ulir Archimedes berdasarkan parameter-parameter geometris dan proses konversi energy ideal untuk satu putaran heliks. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa efisiensi turbin ulir dipengaruhi oleh bentuk geometri dan rugi aliran. Selanjutnya (Nuembergk Dirk M., Rorres 2013) memperkenalkan model analitis aliran masuk turbin ulir dengan memperhitungkan kemungkinan aliran bocor pada celah antara ulir dan silinder luar (*casing*) dan juga kelebihan air pada pusat pipa. Simulasi MATLAB turbin ulir untuk pembangkit listrik tenaga air pada *head* rendah sudah dilakukan oleh (Ali Raza dkk 2013). Modeling dan teoritis dari (Müeller Gerald 2009), (Nuembergk Dirk M., Rorres 2013), dan (Ali Raza dkk 2013) ini mereka bandingkan dengan eksperimen dari Brada (1996a) dan Brada (1996b). Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Havendry Adly dan Hendro Lius (2010) mengenai penentuan sudut ulir optimum pada turbin ulir dengan variasi sudut ulir 23° , 26° dan 29° . Dalam laporannya menjelaskan bahwa sudut ulir 29° menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan sudut ulir 23° dan 26° . Kemudian Hizhar Yul (2011)

meneliti mengenai pengaruh perbedaan kisar (*pitch*) dan kemiringan poros (*slope*) terhadap kinerja model turbin ulir dua sudu pada aliran *head* rendah. Hasil penelitiannya adalah kisar $2R_o$ menghasilkan kecepatan putar lebih tinggi dari $1,6R_o$ dan $1,2R_o$. Dan daya terbesar dihasilkan pada sudut peletakan 35° dari sudut peletakan lainnya 25° , 30° , 40° .

Hasil-hasil penelitian turbin ulir tersebut secara garis besar adalah perancangan geometris mengenai jarak kisar, jumlah sudu, sudut ulir dan model analitis aliran masuk turbin. Hal yang menarik dari Müller Gerald (2009) bahwa efisiensi turbin ulir adalah fungsi dari geometri dan rugi-rugi aliran yang belum diidentifikasi. Sama halnya dengan Nuembergk Dirk M (2013) yang membuat model aliran masuk turbin dengan memperhitungkan kemungkinan aliran bocor pada celah antara silinder luar (*casing*) dan ulir, tapi belum mengidentifikasi fenomena aliran diantara sudu-sudu. Saroinsong Tineke (2015) melaporkan hasil penelitiannya mengenai kinerja turbin ulir Archimedes tiga sudu dengan menganalisa fenomena aliran fluida yang terjadi pada sudu turbin, dimana efek Bilangan Froude sangat mempengaruhi kinerja turbin. Semakin tinggi Bilangan Froude semakin rendah efisiensi turbin. Kemudian Saroinsong Tineke (2016) menyatakan dalam hasil penelitian turbin ulir Archimedes bahwa kemiringan poros dan kedalaman aliran masuk turbin mempengaruhi kinerja turbin ulir. Efisiensi maksimum sebesar 89 % dalam variabel penelitian terjadi pada kemiringan poros 25° . Prototipe turbin ulir Archimedes tiga sudu sudah dihasilkan melalui penelitian internal Politeknik Negeri Manado skim produk terapan. Tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) penelitian turbin ulir Archimedes tiga sudu sudah berada pada TKT 6 sehingga penelitian ini perlu dikembangkan dan dihilirisasi pada masyarakat. Target penelitian ini membuat prototipe pada satu desa di propinsi Sulawesi Utara yang sangat membutuhkan energi listrik dan menjadi pilot project Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Indonesia bagian Timur.

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 19 Tahun 2015 (Permen ESDM 19/2015), pemerintah menetapkan Feed in Tariff yang dinilai ekonomis untuk listrik yang dihasilkan pembangkit listrik mikro hidro (PLTMH), yaitu sekitar Rp 1.560-2.080/kWh. Dalam RAPBN 2017 juga disiapkan subsidi energi baru terbarukan (EBT) sebesar Rp 1,3 triliun, Rp 520 miliar di antaranya untuk mikro hidro. Kebijakan-kebijakan ini diambil pemerintah untuk mendorong pengembangan EBT di Indonesia, termasuk energi mikro hidro.

Diharapkan regulasi-regulasi itu dapat menarik minat investor untuk menggarap potensi energi mikro hidro di Indonesia, terutama di daerah-daerah terpencil di Indonesia Timur yang masih

kekurangan pasokan listrik. PT PLN (Persero) pun ingin PLTMH lebih banyak di Indonesia Timur. Sebab, harga listrik dari mikro hidro memang relatif mahal untuk Pulau Jawa yang sudah didominasi oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Dengan bahan bakar batu bara, biaya produksi listrik hanya sekitar Rp 800/kWh, jauh di bawah harga listrik dari mikro hidro. Tapi untuk melistriki Indonesia Timur, PLTMH terhitung cukup efisien. Pulau-pulau di Maluku misalnya, banyak yang terpaksa masih menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) berbahan bakar solar, biaya produksi listriknya mencapai Rp 3.600/kWh. Sedangkan harga listrik dari mikro hidro hanya separuhnya. Kendati demikian, PLTMH masih minim di Indonesia Timur, lebih banyak berkembang di Jawa dan Sumatera. Dari 84 PLTMH yang memasok listrik jaringan PLN, 47 di antaranya ada Jawa, 15 di Sumatera, sisanya di Nusa Tenggara dan Sulawesi.

Pengembangan produk turbin ulir Archimedes untuk Pembangkit listrik tenaga mikrohidro sangat penting dilakukan karena kebutuhan listrik dan ketersediaan sumber energi terbarukan (sungai) di Indonesia untuk mengatasi masalah krisis energi listrik di desa-desa yang belum teraliri listrik. Turbin ulir Archimedes juga bisa di pasang pada saluran-saluran irigasi.

1.2 Kebaruan dan atau Terobosan Teknologi

Turbin ulir diadopsi dari teori *Archimedes screw* baru dikembangkan pada satu dekade ini. Penelitian mengenai turbin ulir Archimedes adalah penerapan ilmu dan teknologi tepat guna yang sangat bermanfaat untuk membantu memecahkan masalah krisis energi listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan aliran sungai atau saluran irigasi. Turbin ulir Archimedes diaplikasikan pada aliran sungai, saluran irigasi yang merupakan aliran dengan permukaan bebas/terbuka. Gaya penggerak utama dari aliran terbuka adalah berat fluida yang dipengaruhi oleh gravitasi, dan distribusi tekanannya adalah hidrostatik. Turbin ulir Archimedes merupakan turbin yang bekerja pada tekanan hidrostatik sehingga tidak dikategorikan sebagai turbin reaksi ataupun turbin impuls.

Perbedaan dengan penelitian orang lain adalah kajian mengenai rugi aliran diantara sudu-sudu turbin terjadi *vortex* jika pemasangan poros turbin di atas 30°. Untuk mengurangi rugi aliran tersebut maka pemasangan poros turbin akan dipasang pada **kemiringan 15°**. Selain itu hal yang berbeda dengan penelitian orang lain adalah jumlah sudu dan jumlah lilitan sudu sangat mempengaruhi torsi/daya turbin sehingga dalam penelitian ini **jumlah sudunya 3 dan**

jumlah lilitan sudu sebanyak 15 lilitan. Dari segi geometri ulir, hal ini **kebaruan/novelty** penelitian.

Kebaruan penelitian ini dikaji melalui kinerja turbin ulir Archimedes bergantung pada daya hidrolis $P_{hyd} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$ dimana ρ adalah massa jenis air, g adalah gravitasi, Q adalah debit aliran, H adalah *head* (kemiringan poros turbin). Jika debit konstan, semakin tinggi *head* maka semakin besar daya hidrolis yang dikonversikan menjadi energi mekanis turbin, namun *head* yang tinggi menimbulkan gejolak aliran atau *vortex* aliran diantara sudu ulir. *Vortex* bisa menyedot energi kinetik air dan mengurangi momentum pada sudu dan mengurangi torsi turbin. Akibatnya daya turbin akan turun. *Vortex* dapat dikurangi dengan cara menurunkan posisi kemiringan poros turbin atau menurunkan *head*. Keadaan ini membuktikan bahwa turbin ulir Archimedes cocok dimanfaatkan pada aliran sungai/saluran yang memiliki *head* rendah dengan debit yang besar.

Terobosan teknologi turbin ulir Archimedes adalah hanya memanfaatkan potensi aliran sungai atau saluran irigasi yang memiliki *head* yang rendah bisa menghasilkan energi listrik. Beberapa keunggulan dari turbin ulir Archimedes dibandingkan dengan jenis turbin air lainnya adalah :

- Persyaratan teknik/bangunan sipil relatif rendah
- Tekanan air yang terjadi pada turbin tidak merusak ekologi sungai yaitu ikan (*fish-friendly*)
- Umur turbin lebih tahan lama jika dioperasikan dengan putaran rendah.
- Mudah untuk melakukan perawatan dan inspeksi pada turbin.
- Tidak memerlukan system kontrol yang sangat rumit seperti turbin lainnya.
- Tidak membutuhkan *draft tube*, sehingga dapat mengurangi pengeluaran untuk penggalian pemasangan *draft tube*.
- Penggunaan unit peralatan standar dan generator standar dengan biaya yang rendah.
- Efisiensi tinggi
- Mudah pengoperasiannya dan biaya pemeliharaan yang rendah.

Persamaan dengan penelitian orang lain adalah penelitian Rorres (2000) yaitu jarak kisar $2,4R_o$, sudut ulir $\beta = 30^\circ$, dan rasio radius 0,54.

Perbedaan dengan penelitian orang lain adalah Kajian mengenai rugi aliran diantara sudu-sudu turbin terjadi *vortex* jika pemasangan poros turbin di atas 30° . Untuk mengurangi rugi aliran tersebut maka pemasangan poros turbin akan dipasang pada **kemiringan 15°** . Selain itu hal yang berbeda dengan penelitian orang lain adalah jumlah sudu dan jumlah lilitan sudu sangat mempengaruhi torsi/daya turbin sehingga dalam penelitian ini mengambil **jumlah sudunya 3 dan jumlah lilitan sudu sebanyak 15 lilitan**. Dari segi geometri ulir, hal ini **kebaruan/novelty** penelitian.

BAB 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

2.1 Tujuan Dan Sasaran Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menghasilkan prototipe turbin ulir Archimedes laik industri
2. Untuk mengembangkan teknologi industri manufaktur tubin ulir Archimedes di Politeknik Negeri Manado untuk PLTMH Wilayah Indonesia bagian Timur.

Sasaran dari penelitian ini adalah :

1. Desa-desa yang belum dijangkau listrik dari PLN dan memiliki daerah aliran sungai atau saluran irigasi.
2. Penerangan jalan, lokasi peternakan, lokasi pengolahan pertanian (penggilingan padi, jagung dan lainnya)
3. Pengembangan daerah wisata yang belum ada listrik
4. Bendungan air yang bias dijadikan wisata turbin ulir Archimedes dengan pemasangan parallel.

2.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- 1 Mendapatkan Prototipe turbin ulir Archimedes tiga sudu untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).
- 2 Memberikan informasi dan referensi bagi para peneliti yang ingin mengembangkan pemanfaatan energy terbarukan khususnya pembangkit listrik tenaga mikrohidro jenis turbin ulir.
- 3 Membantu pemerintah dan masyarakat dalam mengatasi krisis energy listrik khususnya desa-desa yang belum dijangkau listrik dari PLN, industry, pertanian dan lain sebagainya.
- 4 Membantu meningkatkan perekonomian masyarakat Desa Tatelu
5. Mensosialisasikan kepada masyarakat Tatelu mengenai pentingnya menjaga kelestarian hutan. Karena hutan adalah sumber energi terbarukan yang menghasilkan air sungai sehingga ketersediaan energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) menggunakan turbin ulir Archimedes akan terus ada.

BAB 3. METODE PENELITIAN

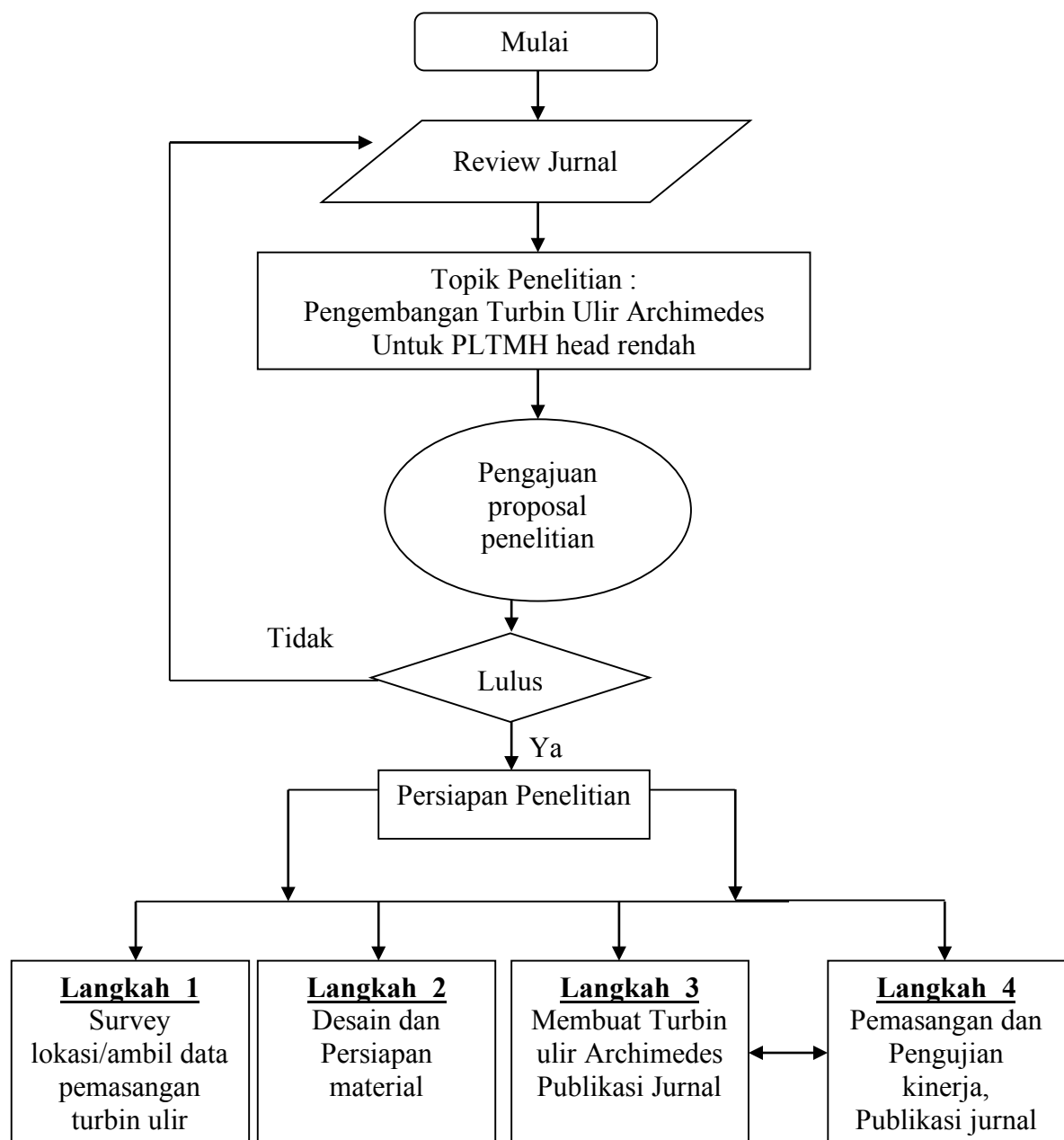
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado dan Lokasi Aliran sungai Desa Tatelu Kabupaten Minahasa Utara. Penelitian dimulai dari Juni sampai Desember 2019.

3.2 Bagan Penelitian

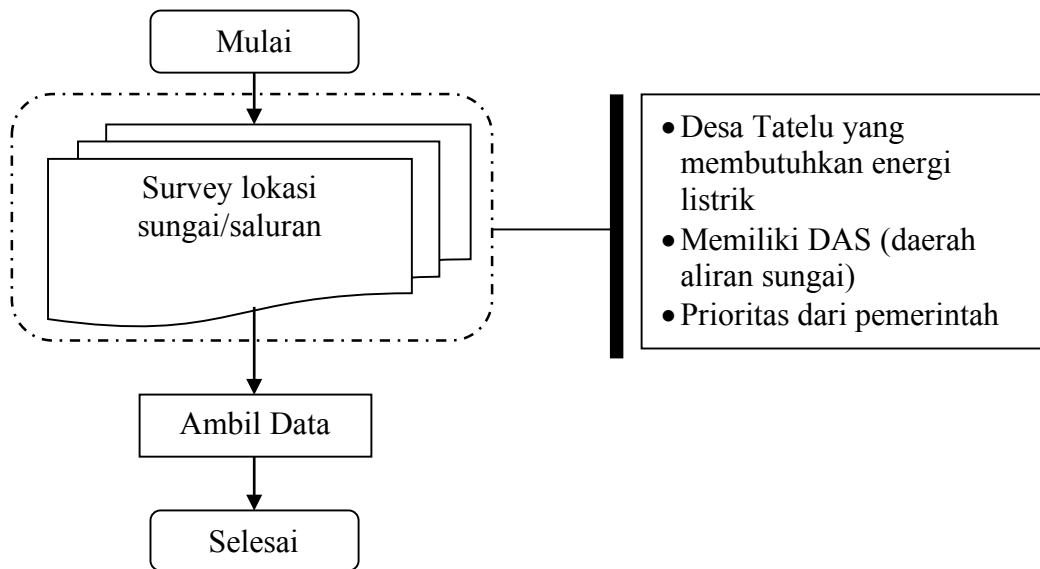
Penelitian ini mengikuti bagan yang direncanakan dengan tahapan sebagai berikut :

A. Tahap Persiapan

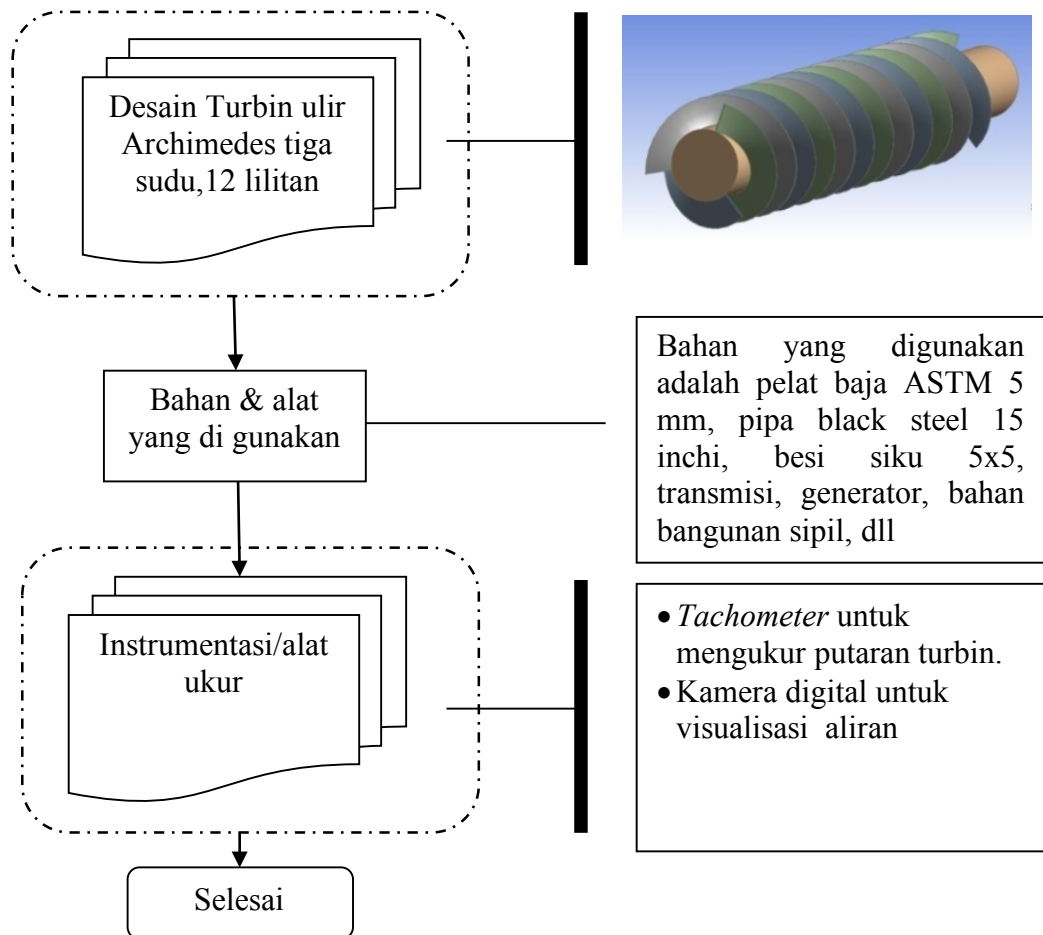


B. Bagan Tahapan Penelitian

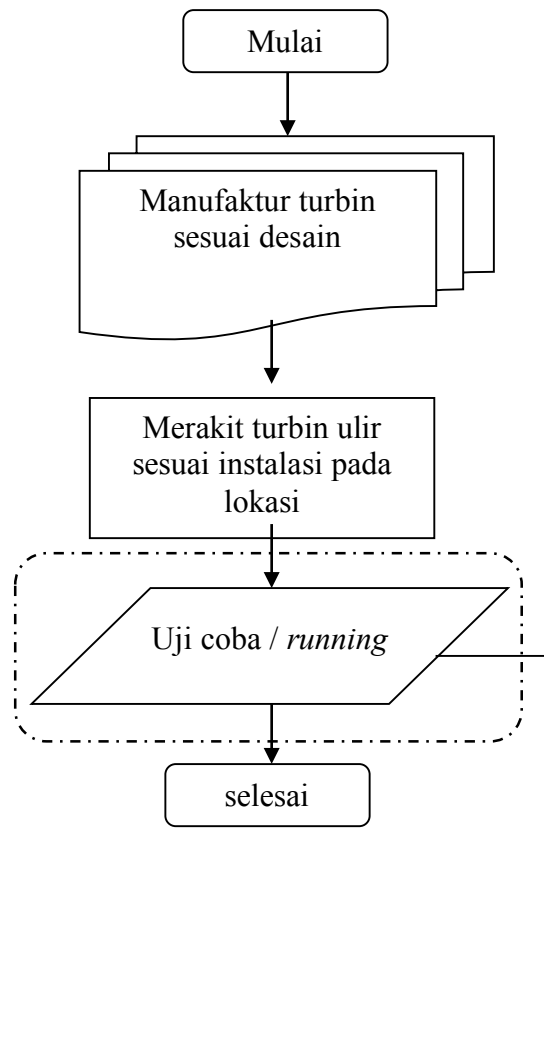
➤ Langkah 1 : Survey Lokasi



➤ Langkah 2 : Desain dan Persiapan material

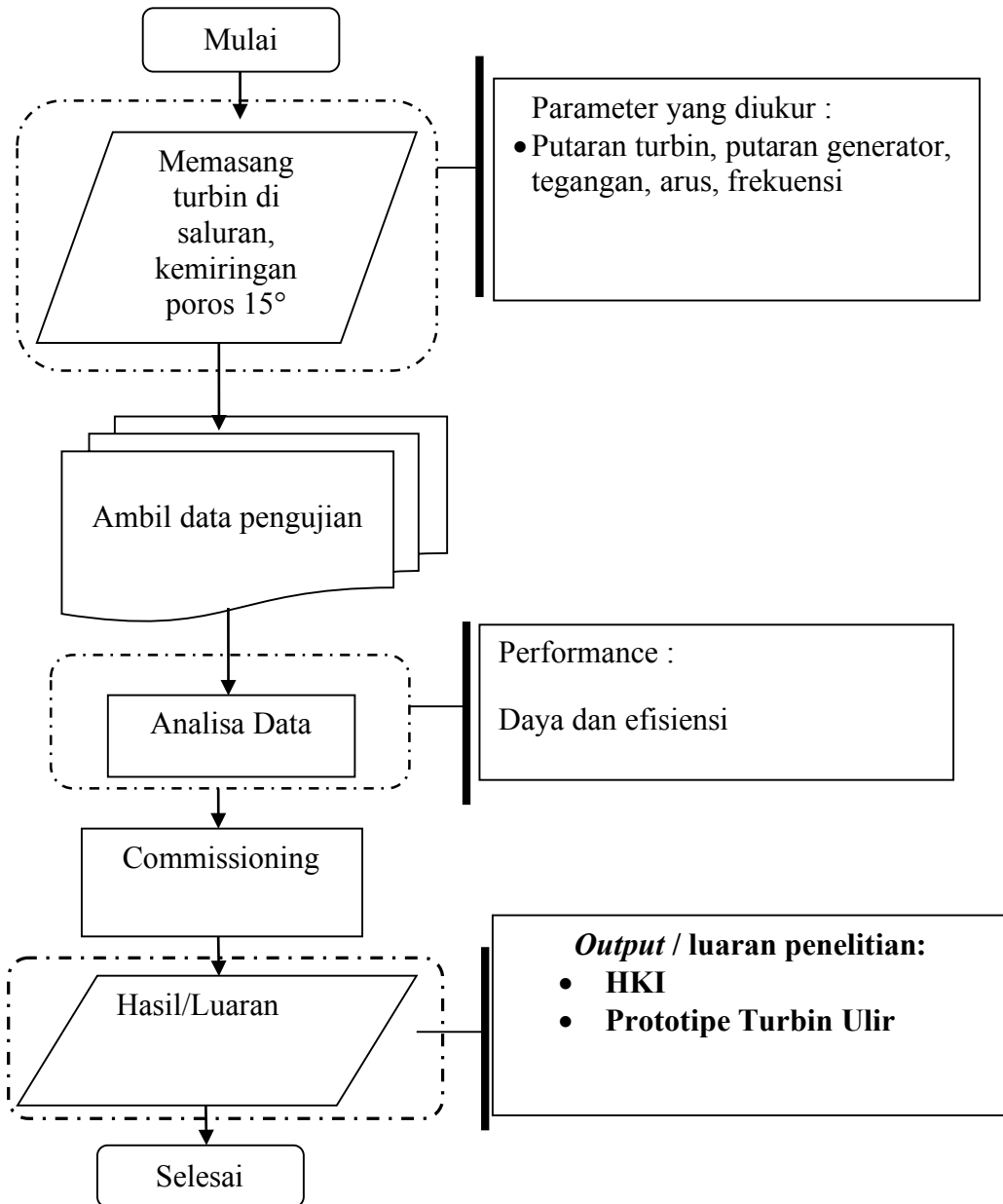


➤ **Langkah 3 : Manufaktur Turbin Ulir Archimedes**



Gambar. PLTMH Turbin ulir Archimedes

➤ **Langkah 4 : Pemasangan dan Pengujian Kinerja Turbin**



B. Prosedur Pembuatan

Setelah proses perancangan selesai, akan dilanjutkan dengan pembuatan turbin ulir tiga sudu untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro di bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado. Salah satu proses pembuatan turbin ulir Archimedes yang pernah dibuat di laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar. Foto proses pembuatan turbin ulir Archimedes di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri manado

- Alat yang akan digunakan dalam pembuatan turbin ulir adalah :
 1. Mesin potong pelat untuk memotong pelat yang akan di buat sudunya
 2. Mesin las listrik untuk mengelas sudu-sudu ke pipa, menyambung casing, dudukan generator dan dudukan transmisi.
 3. Mesin bubut untuk membubut poros turbin tempat bearing dan poros transmisi tempat pulley dan sabuk.
 4. Mesin frais untuk membuat pasak sambungan poros ke pulley.
 5. Mesin bor untuk membuat lubang dudukan generator sebagai tempat sambungan baut-baut, dan lubang pada rangka tempat menyambung casing dan ulir.
 6. Mesin roll pelat untuk membuat casing
 7. SST (special service tools) antara lain kunci pas, kunci ring, kunci L, kunci inggris dan peralatan lainnya seperti mistar baja, penggores, penitik, dan lainnya.
- Bahan yang akan di gunakan adalah :
 1. Pelat baja untuk pembuatan sudu-sudu turbin dan casing.
 2. Pipa black steel untuk dudukan sudu/ulir

3. Besi pejal untuk pembuatan poros
 4. Besi siku untuk dudukan generator, dudukan poros transmisi dan dudukan casing
 5. Bearing untuk dudukan poros turbin dan poros transmisi.
 6. Pulley dan sabuk.
 7. Generator 10.000 watt.
- Secara garis besar tahapan pembuatan turbin ulir tiga sudu adalah :
- Pembuatan ulir.
 1. Lukis bentuk dan ukuran sudu yang akan di buat pada pelat baja.
 2. Potong pelat sesuai bentuk yang sudah di lukis.
 3. Bentuk sudu/ulir sesuai ukuran.
 4. Las sudu-sudu pada pipa.
 - Pembuatan poros
 1. Bubut poros turbin sesuai ukuran
 2. Bubut poros transmisi sesuai ukuran
 - Pembuatan casing
 1. Potong pelat sesuai ukuran
 2. Roll pelat sesuai ukuran
 3. Potong besi siku
 4. Bor besi siku dan pelat casing
 - Pembuatan dudukan generator dan dudukan transmisi
 1. Potong besi siku sesuai ukuran
 2. Sambung dengan las besi siku yang sudah di potong

C. Prosedur Pemasangan

- Alat Dan Bahan yang akan digunakan pada tahap pemasangan turbin ini adalah :
1. Turbin ulir tiga sudu yang dibuat.
 2. Generator daya 10.000 watt, fungsi sebagai penghasil arus listrik.
 3. Multitester untuk mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan
 4. Tachometer untuk mengukur putaran turbin.
 5. SST (Special Service Tools) antara lain : kunci inggris, kunci pas, kunci L, Palu, obeng, dan lain sebagainya.
- Tahapan pemasangan turbin ini adalah :
1. Memindahkan turbin dari tempat pembuatan (bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado) ke lokasi Sungai Desa Tatelu Minahasa Utara

2. Pemasangan dan setting turbin ulir
 3. Setting Pintu air pada saluran untuk pengaturan debit aliran sesuai rancangan turbin.
 4. Pengukuran putaran awal dari turbin dan putaran generator.
 5. Pengukuran tegangan generator.
- Tahapan distribusi listrik
1. Membuat jaringan listrik dari genertor ke panel kontrol

BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

4.1 Output Yang Dihasilkan

Capaian penelitian ini disesuaikan dengan target luaran dan waktu penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Termin	Bulan	Rincian Kegiatan	Output Kegiatan
I (70 %)	Juni	1. Tanda tangan kontrak penelitian 2. Survey Kelayakan lokasi 3. Ambil data Debit aliran 4. Pembelian Material	1. Lokasi yang layak 2. Data Debit 3. Material/bahan manufaktur turbin dan Bangunan sipil
	Juli	1. Mulai manufaktur turbin 2. Mulai pembuatan Bendungan dan saluran air	1. Turbin Ulir Archimedes 2. Bangunan Sipil
	Agustus	1. Melanjutkan manufaktur turbin 2. Melanjutkan pembuatan Bendungan dan saluran air	1. Turbin Ulir Archimedes 2. Bangunan Sipil
	September	1. Pembuatan pintu air 2. Pemasangan turbin di saluran	1. Pintu air
II (30 %)	Oktober	1. Pembuatan Rumah turbin 2. Pembuatan panel listrik	1. Rumah turbin 2. Panel listrik
	Nopember	1. Setting up untuk tes running 2. Tes running	1. Prototipe PLTMH
	Desember	Selesai	

Detail Desain Turbin Ulir Archimedes

Spesifikasi Turbin :

Spesifikasi Bagian Pendukung :

- Jenis Turbin : Turbin Ulir Archimedes Tiga sudu
- Daya Generator : 10 kW
- Head Turbin : 2 meter
- Panjang turbin : 4 m
- Jarak Pitch : 2,4 Ro
- Sudut peletakan turbin (α) : $15^0 - 30^0$
- Rasio Radius : 0,54

- Jumlah sudu turbin (Z) : 3 buah
- Tebal sudu turbin (t) : 5 mm
- Sudut screw turbin (β) : 30^0
- Material turbin baja carbon ASTM A 53.

Spesifikasi Bagian Pendukung

a) Poros

- Diameter Poros (d_s) : 100 mm
- Material poros : baja karbon konstruksi JIS G4501 S40C

b) Pasak

- Ukuran pasak : 10 x 8
- Material pasak : S30C

c) Baut : M10 , Material baut : S20C

4.2 Hasil Pembuatan Turbin Ulir Archimedes

Hasil kegiatan pembuatan turbin ulir Archimedes seperti Gambar dibawah ini.



Gambar. Prototipe Turbin ulir Archimedes Tiga Sudu

Pembuatan turbin ulir Archimedes tiga sudu menggunakan material poros pipa diameter 8 Inchi, dan pelat baja ASTM tebal 5 mm untuk sudu, dan besi siku 4 x 4 Cm untuk rangka/dudukan poros turbin, pelat 2 mm untuk casing, profil U untuk dudukan generator dan transmisi. Proses Pembuatan prototipe Turbin ulir menggunakan mesin Las, mesin bubut, mesin rol pelat, mesin frais, mesin gerinda, dan kerja bangku. Proses pembuatannya adalah sebagai berikut :

1. Membuat sudu ulir dan rangka



Gambar. Foto Proses Pembuatan Sudu Ulir dan Rangka

3. Membuat flens dan poros *bearing*



Gambar. Foto Pembuatan flens dan poros *bearing*

4. Proses Pembuatan casing menggunakan pelat baja ASTM tebal 2 mm.



5. Pembuatan Bendungan dan Saluran tempat pemasangan turbin ulir



Gambar.Foto Pembuatan Bendungan dan saluran

6. Pemasangan Turbin di Saluran



7. Uji coba Turbin



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pelaksanaan kegiatan penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Desain dan pembuatan prototipe turbin ulir Archimedes berhasil di buat dan dipasang di Saluran Desa Tatelu Kabupaten Minahasa Utara.
2. Proses pembuatan menggunakan menggunakan material poros pipa diameter 8 Inchi, dan pelat baja ASTM tebal 5 mm untuk sudu, dan besi siku 4 x 4 Cm untuk rangka/dudukan poros turbin, pelat 2 mm untuk casing, profil U untuk dudukan generator dan transmisi. Proses Pembuatan prototipe Turbin ulir menggunakan mesin Las, mesin bubut, mesin rol pelat, mesin frais, mesin gerinda, dan kerja bangku.
3. Pengujian kinerja melalui pengukuran putaran poros turbin, putaran generator, tegangan generator, arus dan frekuensi.
4. Daya generator yang dipasang adalah 10 kW.
5. Tegangan output sebesar 230 Volt, frekuensi 50 Hz, Debit air yang diinput melalui pintu air sebesar 0,40 m³/detik. Debit yang diinput sesuai kebutuhan pembangkitan daya Generator 10 kW.

5.2 Saran

Prototipe turbin ulir Archimedes untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro perlu dibuat sistem kontrol debit secara otomatis, agar jika kondisi musim hujan ataupun musim kemarau debit aliran dapat dikendalikan secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Brada, K (1996a). *Schnecken-trogpumpe als Mikroturbine, in Wasserkraftanlagen-Klein-und Kleinstraftwerke*, 1st Ed., expert-Verlag, Malsheim
- Brada, K (1996b). **Wasserkraftschnecke-Eigenschaften und Verwendung**. Proc.,Sixth Int. Symp. On Heat Exchange and Renewable Energi, Szczecin, 43-52.
- Brada, K (1999). *Hydraulic screw generates electricity from micro hydropower station*, Maschinenmarkt Wurzburg, Mitteilung 14, 52-56. (in German).
- David Kilama Okot, 2013. *Review of Small Hydropower Technology*. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 26 (2013) 515-520. Elsevier.
- Havendri Adly, Hendro lius. 2009. Artikel Teknik No 31 vol 2, Thn XVI, April 2009, Fakultas teknik Universitas Andalas, Padang.
- Havendri Adly, Irvan Arnif. 2010. **Prosiding SNNTM ke- 9 Palembang 13-15 Oktober 2010**. Fakultas teknik Universitas Andalas, Padang.
- Hellmann, HD, 2003. *Report on determination of hydraulic screw efficiency manufactured by Ritz-Astro Ltd*. Technical University, Kaiserslautern Germany.
- Hizhar Yul . (2011). Artikel, *Design and experimental study of the differences of pitches and shaft slope to mechanics performance of 2-blades screw turbine model in low head flow*. UGM Yogyakarta.
- Lashofer, A., Kaltenberger, F., and Pelikan, F. (2011). *“Wie gut bewahrt sich die wasserkraftschnecke in der Praxis.”* Wasserwirtschaft, 7-8, 76-82.
- Munson, (2002). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. 4th. Ed Wiley, 2002.
- Müller. G (2009). *Simplyfied theory of Archimedean screw*, Journal of Hydraulic. Vol 47, pp. 666-669. University of Southamton, UK.
- Nagel, G. (1968). *Archimedean screw pump handbook*. Prepared for Ritz-Astro Pumpwerksbau GMBH Roding, Nürnberg, Germany.
- Nuembergk Dirk. M and Chris Rorres (2013). *Analytical Model for Water Inflow of an Archimedes Screw Used in Hydropower Generation*. Journal of Hydraulic Engineering, vol. 139, no. 2.
- Rorres, C (2000). *The turnoff the screw : Optimal design of the Archimedean screw*. Journal of Hydraulic. 126(1), 72-80
- Williamson S.J at all (2014). *Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis*. Journal of Renewable Energi, vol 61 (2014) 43-50. Elsevier.

Saroinsong Tineke, et al. (2015) ***The Effect of Head Inflow and Turbine Axis Angle Towards The Three Row Bladed Screw Turbine Efficiency***. International Journal of Applied Engineering Research. Vol.10, no 7, pp 16977-16984. RIP, India

Saroinsong Tineke, et al. (2016). ***Fluid Flow Phenomenon in a Three-Bladed Power Generating Archimedes Screw Turbine***. Journal of Engineering Science and Technology Review. Vol.9, no 2, pp. 72-79. Kavala Institute of Technology, Greece (Yunani)

Saroinsong Tineke, et al. (2016). ***Performance of Three-Bladed Archimedes Screw Turbine***. ARPN journal of Engineering and Applied Sciences. Vol.11, No 15, pp 9491-9495. ARPN Journals, Pakistan

Saroinsong Tineke, et al. (2016). ***Effect of Froude Numbers On Three-Bladed Archimedes Screw Turbine Efficiency***. International Journal of Renewable Energy Research. Vol.6, No 3, pp 1153-1158. Gazi University, Turkey.

Lampiran 1 : Foto- foto Proses Pembuatan Dan Pemasangan Turbin Ulir Archimedes.
Menandai Poros pipa untuk membentuk geometri sudu ulir.



Memotong pelat baja ASTM tebal 5 mm menggunakan mesin las untuk pembuatan sudu ulir.



Mulai las sudu ulir diporos pipa 14 Inchi.





Monev Lapangan







Lampiran 2. SPTB 100 %



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO

Alamat Kantor : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado-95254
(0431) 815288; 815212, 815217, 815193 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144
Website : www.polimdo.ac.id e-mail : informasi@polimdo.ac.id



SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA (100%)

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Tineke Saroinsong, SST.,M.Eng

Alamat : Perumahan Politeknik Indah Blok CC.10 Kairagi Dua Manado.

Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset Dan Pengembangan Nomor 16/E/KPT/2019 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 01/G2/PPK/E/E4/2019 Mendapatkan Anggaran Penelitian " PENGEMBANGAN TURBIN ULIR ARCHIMEDES UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO HEAD RENDAH" Sebesar 740.000.000.

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan penelitian di bawah ini meliputi :

No	Uraian	Jumlah (Rp)
01	Belanja Bahan : ➢ Material(bahan bangunan sipil/bendungan, Talut pinggir sungai dan saluran irigasi) ➢ Material Turbin (Pipa black steel 20 Inchi, pelat baja ASTM 5mm, pelat baja ASTM 2 mm, Besi Siku 6x6, Besi siku 5x5, poros pejal 100 mm, transmisi, generator, bearing)	400.000.000 128.500.000
02	Pengumpulan Data Survey lokasi dan debit aliran sungai	5.000.000
03	Gaji dan Upah (Termasuk Sewa Peralatan) ➢ Sewa Alat Berat (penggalian saluran dan bendungan, angkat turbin saat pemasangan di saluran) ➢ Sewa Alkon dan Dry molen untuk mencampur material coran bendungan ➢ Upah pekerja bendungan dan saluran 10 orang selama 70 hari ➢ Upah pekerja membuat turbin (pekerja las, gerinda, bubut, frais, roll pelat) 4 orang selama 60 hari	12.000.000 7.000.000 83.500.000 30.000.000
04	Perjalanan Dinas ➢ PP Manado-Jakarta 1 orang tanda tangan kontrak ➢ PP Manado-Jakarta 3 orang mengikuti pameran PPTI di Mall Lippo Puri Indah ➢ PP Manado- Bali 1 orang mengikuti Rakor PPTI dan Hateknas	9.000.000 24.000.000 7.000.000
05	Lain-Lain ➢ Pembuatan miniature turbin ulir Archimedes dan mengikuti pameran PPTI di Mall Lippo Puri Indah Jakarta	34.000.000
	Jumlah	740.000.000

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan penelitian dimaksud.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Manado, 10 Desember 2019



Dr. Tineke Saroinsong, SST.,M.Eng
NIP. 197601292003 12 2001