TUGAS AKHIR – SF184801

PENGARUH DEBIT PADA RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PUSARAN AIR (*VORTEX*)

Gilang Fajariyan Mohamad
NRP 01111540000048

Dosen Pembimbing:
Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Iim Fatimah , M.Si

DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS AKHIR– SF 184801

PENGARUH DEBIT PADA RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PUSARAN AIR(*VORTEX)*

Gilang Fajariyan Mohamad
NRP 01111540000048

Dosen Pembimbing:
Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Iim Fatimah , M.Si

DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

FINAL PROJECT– SF 184801

DEBIT EFFECT ON POWER PLANT DESIGN USING WATER VORTEX ENERGY

Gilang Fajariyan
NRP 01111540000048

Advisor:
Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Iim Fatimah , M.Si

PHYSICS DEPARTMENT
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN

Pengaruh Debit Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran Air(*Vortex*)

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir Program Strata 1

Departemen Fisika,
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
GILANG FAJARIYAN MOHAMAD
NRP 01111540000048

Disetujui oleh tim pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
NIP. 19610404 199102.1.001 (.....)

Dosen Pembimbing II:
Iim Fatimah, M.Si
NIP. 19870108 201504.2.002 (.....)

Surabaya, Juni 2020

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
DEPARTEMEN FISIKA

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

PENGARUH DEBIT PADA RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PUSARAN AIR(*VORTEX)*

Nama Mahasiswa : Gilang Fajariyan Mohamad
NRP : 01111540000048
Departemen : Fisika, FSAD ITS
Pembimbing I : Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Pembimbing II : Iim Fatimah, M.Si.

ABSTRAK

Telah dielesaikan penelitian rancang bangun pembangkit listrik tenaga pusaran air (*vortex*) dengan variasi debit. Variasi debit yang digunakan adalah 162,7485 liter/menit; 147,2991 liter/menit; 136,3642 liter/menit; 130,4340 liter/menit. Penelitian ini menggunakan turbin dengan *blade* 6 sudu dan dipasang pada kedalaman 16 cm. Torsi maksimum yang dihasilkan adalah pada debit 162,7485 liter/menit, yaitu sebesar (0,5696 ± 0,0098) Nm. Nilai rpm tertinggi adalah pada debit 162,7485 liter/menit, yaitu sebesar (114,961 ± 0,999) rotasi/menit. Sedangkan nilai RPM yang terendah adalah pada debit 130,454 liter/menit yaitu (80,626 ± 1,500) rotasi/menit. Daya listrik tertinggi didapat pada saat debit 162,7485 liter/menit dengan penggunaan resistor 1K Ohm, yaitu sebesar 4,015 Watt. Sedangkan yang terendah didapat pada debit 130,454 liter/menit dengan penggunaan resistor 18K Ohm, yaitu sebesar 0,389 Watt.

(0,6786 ± 0,0520) N.m

Kata Kunci: *Debit, Generator, Torsi, Vortex*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DEBIT EFFECT ON POWER PLANT DESIGN USING WATER VORTEX ENERGY

Nama Mahasiswa	**:**	**Gilang Fajariyan Mohamad**
NRP	**:**	**01111540000048**
DepartmenT	**:**	**Physics, FSAD ITS**
Pembimbing I	**:**	**Drs. Bachtera Indarto, M.Si.**
Pembimbing II	**:**	**Iim Fatimah, M.Si.**

ABSTRACT

The research of debit effect on power plant design using water vortex energy has been finished. This research used 6 blade turbine that located 16 cm under the surface. There are 4 variations of debit : 162,7485 litre/minute; 147,2991 litre/minute; 136,3642 litre/minute; and 130,4340 litre/minute. Use of 162,7485 litre/menit debit generated the maximum torque and RPM value : (0,5696 ± 0,0098) Nm and (114,961 ± 0,999) rotation/minute. The highest power value generated is 4,015 Watt, by using 162,7485 litre/minute debit and 1K Ohm resistor. Meanwhile the lowest power value generated is 0,389 Watt, by using 130,4340 litre/menit debit and 18K Ohm resistor.

Keywords *: Debit, Generator, Torque, Vortex*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb.
Salam sejahtera bagi kita semua
Om Swastyastu
Namo Buddhaya

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat dan hidayahnya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "Pengaruh Debit pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran Air (*vortex*)" ini. Tak lupa shalawat serta salam tercurahkan kepada nabi besar junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, semoga di hari akhir nanti kita memperoleh syafaat dari-Nya. Pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Bachtera Indarto dan Ibu Iim Fatimah, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Gatut Yudoyono MT selaku Kepala Departmen Fisika ITS dan Bapak Drs. Gontjang Prajitno, M.Si selaku dosen wali
4. Seluruh Staff Pengajar di Jurusan Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Elektronika, dan juga segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh anggota tim *vortex*, Arya Sula, Ach Rizki, dan Rizki Dwi Putra yang telah bekerjsama dalam diskusi dan pengambilan data Tugas Akhir ini.
6. Para pendahulu tim *vortex*, Haswin dan Rivan yang telah membantu dalam Tugas Akhir ini.

7. Teman-teman kontrakan, kos dan yang suka menginap di kos penulis karena senantiasa mengingatkan penulis untuk sholat sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini
8. Seluruh staff Lab FisDas dan anggota penghuni Lab UPMB sekaligus rekan seperjuangan TA yang telah membantu semua kegiatan dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Teman-teman seangkatan yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat menjadi referensi penelitian dimasa mendatang dan bermanfaat bagi nusa dan bangsa. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini sehingga kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan.

Sidoarjo, 19 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN v
ABSTRAK ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR TABEL xviii
DAFTAR LAMPIRAN xx
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 3
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro 6
2.2 *Gravitation Water Vortex Power Plant* 8
2.2.1 *Basin* 10
2.2.2 Turbin 11
2.2.3 Penghubung Turbin dengan Generator 12
2.3 Torsi 12
2.4 Konstanta Pegas 13
2.5 Rotasi Per Menit 14
2.6 Debit Air 14
2.7 Daya Listrik 15
2.8 Generator Listrik 16
BAB III METODOLOGI 18
3.1 Tahap – Tahap Penelitian 18
3.2 Studi Literatur 19
3.3 Perancangan Alat 19
3.4 Pengujian Alat 21
3.5 Pengambilan data 22
3.5.1 Pengukuran Torsi 22

3.5.2 Pengukuran Debit 23
3.5.3 Pengukuran RPM 23
3.5.4 Pengukuran Tegangan dan Arus 23
3.6 Pembuatan Laporan 23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 24
4.1 Debit 24
4.2 Torsi 25
4.3 Rotasi Per Menit 26
4.4 Arus, Tegangan, dan Daya Listrik 27
BAB V KESIMPULAN 36
5.1 Kesimpulan 36
5.2 Saran 36
DAFTAR PUSTAKA 38
LAMPIRAN 39
BIODATA PENULIS 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema GWVPP 8
Gambar 2.2 *Basin Vortex* 10
Gambar 2.3 Jenis turbin 11
Gambar 2.4 Sistem turbin 12
Gambar 2.5 Torsi …….....13
Gambar 2.5 Percobaan konstanta pegas 14

Gambar 3.1 Diagam alir penelitian 18
Gambar 3.2 Rancang bangun PLTV 19
Gambar 3.3 *Basin* kerucut 20
Gambar 3.4 Proses perancangan alat 20
Gambar 3.5 Turbin dengan 6 sudu *blade* tampak atas 21
Gambar 3.6 Turbin dengan 6 sudu *blade* tampak samping 21
Gambar 3.7 Pengujian Rancang Bangun PLTV 21

Gambar 4.1 Grafik torsi pada tiap variasi debit 25
Gambar 4.2 Grafik RPM pada tiap variasi debit 27
Gambar 4.3 Grafik tegangan pada tiap variasi debit 28
Gambar 4.4 Grafik arus pada tiap variasi debit 29
Gambar 4.5 Grafik arus dan tengangan 31
Gambar 4.6 Grafik daya yang dihasilkan 33

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi PLTA 7

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi merupakan faktor yang sangat penting dalam berbagai sektor kehidupan seperti industri, pendidikan, hiburan, serta dalam kehidupan bermasyarakat .Terlebih dalam upaya peningkatan produktivitas dan perekonomian negara. Indonesia menempati posisi ketiga di dunia setelah China dan India dalam hal pertumbuhan ekonomi pada tahun 2012. Sangat berbeda bila dibandingkan dengan kondisi saat ini, dimana china sudah melaju pesat sementara Indonesia masih harus berjuang dalam meningkatkan perekonomiannya. Faktor terpenting dalam perkembangan ekonomi terletak pada perkembangan sektor teknologi industri. Bila kita melihat kondisi saat ini, perkembangan industri di Indonesia semakin pesat, terutama dengan masuknya era industri 4.0 yang menuntut efisiensi tinggi.Dalam hal ini industri menempati peringkat teratas dalam penggunaan energi, khususnya energi listrik. Sektor industri mengonsumsi 30% dari total penggunaan energi di Indonesia pada tahun 2012 (ESDM, 2013). Dengan begitu, perkembangan industri harus dibarengi dengan penigkatan suplai energi listrik yang cukup. Demi meningkatkan perekonomian Indonesia dan mewujudkan kesejahteraan masyarakat Indonesia.

Berdasarkan uraian diatas, bisa ditarik kesimpulan bahwa tingkat konsumsi energi listrik sangatlah tinggi. Terlebih lagi menurut data Kementrian ESDM 2015, jumlah konsumsi energi listrik terus mengalami kenaikan yakni sebesar 107.000 GWh pada tahun 2005 menjadi 202.000 GWh pada tahun 2015. Pada tahun 2019, Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Perusahaan Listrik Negara (PLN) menyebutkan bahwa hanya mampu menyediakan 57% energi listrik dari total kebutuhan masyarakat. Hal ini menyebabkan timbulnya berbagai masalah, khususnya pada kehidupan masyarakat yang berada pada daerah terpencil jauh dari

jangkauan pemerintah pusat. Penulis dalam hal ini memiliki pengalaman pribadi pada saat menjalankan *project* pemasangan internet dan aplikasi desa di Kabupaten Kepulauan Sangihe dan Talaud, Provinsi Sulawesi Utara. Dimana pada daerah tersebut masih banyak titik yang tidak terjangkau listrik khususnya pada pulau-pulau terluar yang jauh dari pusat Kepulauan. Fakta ini semakin menunjukkan bahwa dibutuhkan pasokan tambahan untuk memenuhi kebutuhan energi di berbagai sektor terutama energi listrik.

Dengan begitu pengembangan teknologi energi terbarukan memegang peran penting dalam menambah pasokan energi bagi negara, disamping sumber energi fosil yang sudah umum digunakan. Kondisi geografis Indonesia menunjukkan bahwa Indonesia merupakan negara yang sangat mungkin dalam pengembangan energi terbarukan dengan memanfaatkan panas bumi, energi matahari, angin, air, dan sebagainya (DJLPE-DESDM, 2005). Dalam upaya pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia, penulis melakukan penelitian mengenai sistem pembangkit listrik tenaga pusaran air. Solusi ini merupakan salah satu opsi teknologi yang sedang dikembangkan dalam upaya pemanfaatan energi alternatif.Sistem ini memiliki banyak keunggulan diantaranya tidak menyebabkan polusi lingkungan, sumber energi yang bisa dimanfaatkan secara kontinu dan melimpah di alam luas, dan tidak memerlukan lahan luas. (Rosaira dan Hermawati, 2007). Oleh karena itu dalam upaya pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga air, maka dilakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Debit Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran Air (*vortex)*" sebagai solusi untuk pengembangan teknologi energi alternatif yang ada di Indonesia. Penelitian ini dilakukan sebagai karakterisasi dan optimalisasi sumber energi yang berasal dari sungai atau sumber air dengan aliran yang tidak terlalu deras. Dengan begitu diharapkan dapat meningkatkan perekonomian Indonesia yang perdampak pada meningkatnya kesejahteraan seluruh rakyat Indones

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Berapa torsi maksimal yang dihasilkan?
2. Berapa rpm yang dihasilkan ?
3. Berapa daya listrik tertinggi dan terendah yang dihasilkan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah disusun maka diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut:

1 Mengetahui besar torsi maksimal yang dihasilkan *vortex*.

2 Mengetahui besar rpm yang dihasilkan *vortex* dari semua variasi debit.

3 Mengetahui besar daya listrik yang dihasilkan *vortex* dari dari variasi debit.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat bagi beberapa pihak, yaitu

1. Bagi Pemerintah Indonesia

   Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan solusi dalam upaya meminimalisasi penggunaan energi fosil dan sebagai pasokan energi tambahan. Sehingga dapat meningkatkan perekonomian Negara.

2. Bagi Masyarakat Indonesia

   Penelitian ini dapat mengurangi terjadinya kelangkaan energi listrik pada daerah terpencil, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah diantaranya sebagai berikut.

1. Menggunakan basin kerucut dengan diameter inlet 50cm dan diameter outlet 3cm, dengan tinggi 60 cm.
2. Menggunakan turbin bentuk lurus dengan *blade* 6 sudu.
3. Turbin dipasang pada kedalaman 16cm.

3.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang dilakukan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab, yakni:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang beberapa materi penunjang untuk melakukan penelitian ini, seperti materi tentang energi listrik,PLTMH, *vortex*,dan generator.

BAB III : METODOLOGI

Bab ini berisi tentang jadwal penelitian, tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, *flowchart* penelitian, dan prosedur penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penjelasan data yang diperoleh, meliputi data hasil penelitian dan pembahasan dari data yang diperoleh

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisikan referensi yang digunakan dalam penulisan.

LAMPIRAN

Lampiran berisikan data penelitian, biodata penulis, dan biodata dosen pembimbing.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Salah satu jenis pembangkit listrik adalah PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) yang memanfaatkan tenaga air sebagai media utama untuk membangkitkan listrik. Konsep energi yang digunakan pada PLTMH adalah konversi energi kinetik maupun energi potensial air menjadi energi mekanik turbin yang kemudian dikonversi lagi menjadi energi listrik. Prinsipnya adalah dengan memanfaatkan energi potensial dan kinetik air yang berupa kecepatan aliran, kedalaman, dan tekanan untuk mendapatkan energi mekanik penggerak turbin. Kemudian energi mekanik dari gerakan turbin dirubah oleh generator menjadi energi listrik.Daya yang mampu dibangkitkan oleh PLTMH adalah daya skala di bawah 100 kiloWatt(Notosudjono, 2002).

Karena PLTMH menggunakan energi air sebagai sumber daya dalam proses menghasilkan energi, maka dalam prosesmenghasilkan energi listrik terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya, seperti tinggi terjunan (*head* dalam meter) dan jumlah debit airnya (m^3/detik).Dengan begitu, alat ini harus dijalankan dengan ketinggian dan debit tertentu yang diatur sedemikian rupa agar mendapatkan hasilsesuai dengan yang diharapkan (Sugiono, 2009). Semakin besar kapasitas aliran maupun kedalamannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Dalam prosesnya nanti PLTMHdisusun sedemikian rupa agar aliran air sungai langsung mengarah ketempat dimana akan menghasilkan terjunan air atau beda tinggi tertentu untuk dapat memutar turbin di dalam pembangkit yang kemudian digunakan untuk memutar turbin. Dalam proses menghasilkan energi listrik dibutuhkan beberapa komponen pentingyang digunakan pada PLTMH meliputi air, rumah turbin, turbin, dan generator. Air merupakan komponen utama yang berperan sebagai sumber energi untuk menggerakkan turbin agar berputar, yang kemudian turbin akan memutar gear dan generator.

Lalu generator akan menghasilkan energi listrik yangakan masuk ke sistem kontrol arus listrik yang kemudian dialirkan ke rumah-rumah ataukeperluan lainnya (beban) (Sugiono, 2009).

Prinsip kerja dari alat ini adalahkonversi energi potensial dan kinetik menjadi energi listrik. Proses perubahan dari energi potensial sampai menjadi energi listrik melalui beberapa proses, yaitu:

- Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik
- Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik
- Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik

Tenaga potensial adalah tenaga air yang dipengaruhi kedalaman. Sedangkan energi kinetik adalah tenaga air yang dipengaruhi kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga dari kecepatan air yang terus menggerakkan turbin hingga berputar. Tenaga listrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya turbin. Berdasarkan kapasitas keluarannya, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dapat diklasifikasikan pada Tabel 2.1:

Tabel 2. 1.Klasifikasi PLTA
(Prayogo, 2003)

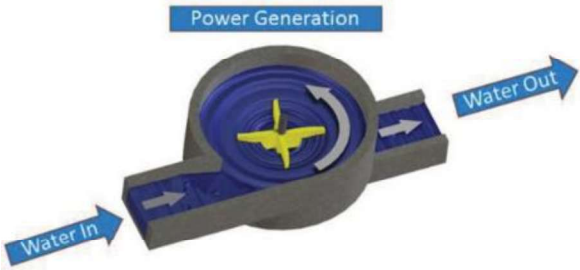
No.	**Jenis PLTA**	**Kapasitas**
1.	PLTA Besar	>100 MW
2.	PLTA Menengah	13-100 MW
3.	PLTA Kecil	1-15 MW
4.	PLTM (minihidro)	100 kW-1 MW
5.	PLTMH (mikro hidro)	5-100 kW
6.	Picohidro	<5 kW

Penggunaan PLTMH memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan PLTMH lebih murah dibandingkan pembangkit listrik jenis lain karena kontruksinya yang sederhana dan memanfaatkan sumber energi alam yang terbarukan yang melimpah. Dikarenakan menggunakan sumber energi dari alam, maka dalam prosesnya menghasilkan listrik PLTMH tidak menimbulkan pencemaran.

Selain itu, PLTMH juga dapat dipadukan dengan program lain dari masyarakat sekitar seperti pengairan sawah ataupun perikanan (Dwiyanto, 2016).

2.2 Gravitation Water Vortex Power Plant(GWVPP)

GWVPP atau pembangkit listrik tenaga pusaran gravitasi air adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan terbentuknya pusaran air sebagai sumber daya utama dalam membangkitkan listrik**.** Air dari sumber akan masuk ke dalam basin dan memutar turbin kemudian akan mengalir keluar kembali ke asalnya, seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema *GWVPP* (Mulligan,2011).

Pada Gambar 2.1 menunjukkan proses air memasuki sebuah wadah (*basin*) yang melingkar dengan *inlet* secara *tangensial* dan *outlet* pada pusatnya akibat pengaruh dari gaya gravitasi bumi dikarenakan adanya perbedaan tinggi permukaan air dan outlet (*head*). Proses terjunnya air mengakibatkan pusaran dan pusaran yang terjadi inilah yang disebut *vortex*. Pusaran tersebut mengakibatkan adanya torsi yang kemudian dimanfaatkan untuk memutar turbin. Turbin diletakkan di bagian tengah pusaran karena disitulah kecepatan rotasinya yang paling besar. Putaran turbin menghasilkan energi mekanik yang kemudian bisa dirubahmenjadi energi listrik dengan menggunakan generator (Power, 2016).

Dalam prosesnya, seperti halnya PLTMH alat ini memanfaatkan beda kedalaman dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air inilah yang akan terjun ke dalam *basin* berperan sebagai energi kinetik dan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan dihasilkan listrik. Pada implementasinya alat ini dipengaruhi oleh dua faktor penting, yaitu debit air dan kedalaman jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat diproses untuk menghasilkan listrik. (Donald et all., 1994).

Cara kerja turbin *vortex* adalah air sungai dari tepi sungai disalurkan kedalam *basin* dengan lubang lingkaran pada dasarnya yang kemudian akan membentuk pusaran air atau *vortex*. Tekanan rendah pada lubang dasar tangki dan kecepatan air pada titik masuk tangki sirkulasi mempengaruhi kekuatan aliran *vortex*. Pusaran air inilah yang akan menggerakkan turbin dan juga generator dan kemudian menghasilkan energi listrik. Lubang lingkaran pada dasar *basin* berfungsi sebagai saluran keluar air.

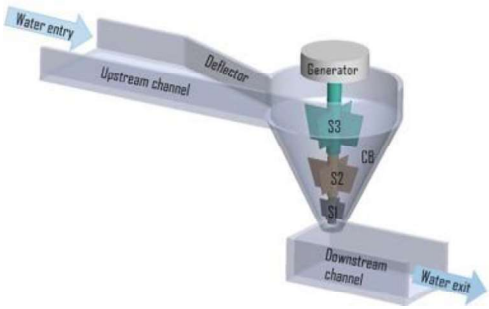
Vortex aliran cairan yang berputar dan biasanya turbulen. Pada aliran *vortex*partikel-partikel fluida bergerak berputar dengan garis arus *(streamline*) membentuk lingkaran konsentris.*Vortex* juga dapat diartikan sebagai sebuah gerakan spiral pada aliran yang tertutup. Gerakan *vortex* berputar disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antara lapisan fluida yang berdekatan. Hal ini dapat terjadi karena adanya gerakan alamiah fluida yang diakibatkan oleh parameter kecepatan dan tekanan. Viskositas sangat berpengaruh pada fenomena terbentuknya *Vortex* sebagai pusaran yang merupakan efek dari putaran rotasional. Pada dasarnya *vortex*adalah sebuah aliran potensial dasar, di mana aliran tadi mengalir dalam lintasan-lintasan berbentuk lingkaran yang sepusat. *Vortex* memiliki kecepatan yang arahnya radial (*v*r) bernilai nol. Sehingga, alirannya divisualisasikan seperti aliran fluida yang bergerak dalam lintasan melingkar(Sihombing, 2014).

Dalam pembuatan rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis *Vortex* ini dibutuhkan beberapa

komponen. Komponen-komponen ini yang nanti akan bekerja secara sistematis mengubah energi potensial dari air sampai menjadi energi listrik. Komponen-komponen tersebut meliputi *basin,* generator, turbin, penghubung turbin dengan generator. Pembahasan mengenai komponen-komponen tersebut akan disajikan pada butir **Bab 2.2** sebagai berikut.

2.2.1 *Basin*

Basin adalah tempat air mengalir dan tempat diletakkannya turbin. Dan di tempat inilah terjadi fenomena pusaran air *(vortex)* yang akan menggerakkan turbin dan nantinya akan menghasilkan listrik. Proses yang terjadi pada *basin* diperlihatkan pada Gambar 2.2.



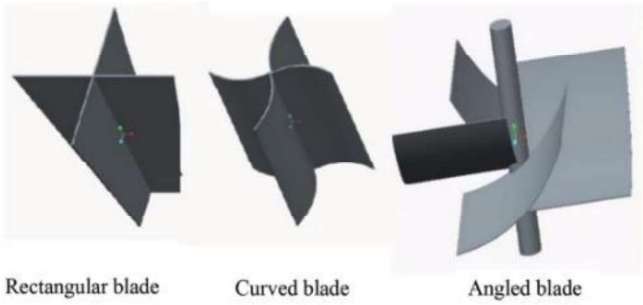
Gambar 2.2 *Basin vortex*

(Rahman dkk,2015)

Pada Gambar 2.2 pusaran air atau *vortex* yang terbentuk pada *basin* akan berperan sebagai energi kinetik yang nantinyamenjadi energi mekanik penggerak turbin kemudian dikonversikan menjadi listrik oleh generator nantinya. Dalam prosesnya *basin* pada *vortex* memiliki syarat agar dapat membentuk *vortex*, yaitu diameter inlet atau diameter masukan air harus lebih besar daripada diameter outlet atau diameter keluarnya aliran air. Syarat ini haruslah dipenuhi agar *vortex* mudah terbentuk alat bekerja dengan baik dan mendapatkan hasil yang diinginkan(Sihombing, 2014)..

2.2.2 Turbin

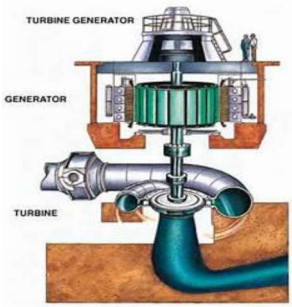
Kata turbin berasal dari bahasa latin *turbo*, turbinis yang berarti *vortex* atau pusaran. Pada umumnya turbin adalah suatu alat atau mesin yang berputar dengan mengambil energi dari aliran fluida(Ahzad, 2015). Turbin merupakan mesin penggerak yang memanfaatkan energi dari aliran fluida (air, angin, gas) untuk menggerakan beban seperti generator ataupun pompa. Turbin bekerja secara gerak rotasi, dimana energi fluidanya dipergunakan untuk memutar roda turbin melalui nosel diteruskan ke sudu-sudunya. Bagian turbin yang berputar dinamakan rotor atau roda turbin, sedangankan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak di dalam rumah turbin dan memutar poros daya yang menggerakan atau memuutar generator listrik. Terdapat beberapa jenis turbin seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Jenis Turbin (Dhakal, 2015)

Pada Gambar 2.3 terdapat 3 jenis turbin, yaitu *rectangular blade, curved blade,* dan *angled blade.*

Dalam program PLTMH ini turbin memegang peranan penting sebagai penerima energi potensial dan kinetic air dan mengubahnya menjadi putaran (energi mekanik), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem turbin (Faizur Ahzad, 2015)

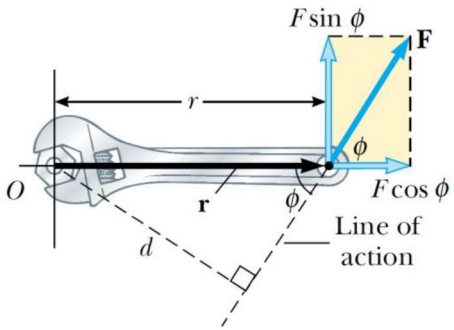
Pada Gambar 2.4 terlihat sistem kerja turbin. Putaran turbin dihubungkan dengan generator yang kemudian diubah menjadi listrik.Turbin dapat bergerak dikarenakan terdapat sudu pada dasar turbin atau pada bagian yang terendam air yang kemudian tergerak oleh pusaran air.Sudu dari turbin inilah yang menggerakkan turbin karena mengikuti aliran *vortex* atau pusaran air yang terbentuk pada *basin*. Turbin akan dihubungkan dengan gear yang dipasangkan dengan gear pada generator untuk menggerakan generator dari perputaran turbin yang terjadi pada PLTMH..

2.2.3 Penghubung Turbin dengan Generator

Dalam proses mengubah energi mekanik putaran turbin menjadi energy listrik pada generator dibutuhkan penghubung antara turbin dan generator. Penghubung turbin dengan generator atau sistem transmisi energi mekanik ini dapat berupa *belt*, roda gerigi atau dihubungkan langsung pada porosnya.*Belt* digunakan jika putaran per menit (rpm) turbin belum memenuhi putaran rotor pada generator, jadi *belt* berfungsi untuk menurunkan atau menaikan rpm generator. Pada dasarnya, roda gerigi mempunyai sifat yang sama dengan *belt* yaitu sebagai alat untuk menyesuaikan rpm (Dwiyanto, 2016).

2.3 Torsi

Torsi adalah suatu kecenderungan benda berputar pada suatu sumbu akibat gaya yang diberikan. Apabila ada gaya yang diberikan kepada benda kaku dan berputar terhadap sebuah sumbu, maka benda akan berputar terhadap sumbu tersebut. Apabila suatu gaya F diberikan pada suatu benda dengan kemiringan θ terlihat pada Gambar 2.5(serway,2014).



Gambar 2.5 Torsi

Pada Gambar 2.5 sebuah benda berotasi terhadap sumbu O diakibatkan oleh pemberian gaya F pada kemiringan θ, maka torsi (τ) yang terjadi adalah

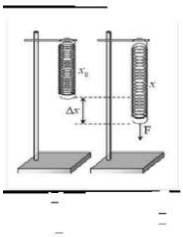
$$\tau = r\,F\,cos\,\theta = Fr \tag{2.1}$$

2.4 Konstanta Pegas

Pegas adalah suatu komponen yang dapatmeerima beban dinamis dan memiliki kemampuan untuk kembali ke keadaan semula. Kemampuan pegas dalam mempertahankan kondisinya disebut dengan elastisitas. Elastisitas adalah sifat yang memungkinkan suatu benda untuk kembali ke keadaan semula setelah mengalami perubahan yang diakibatkan adanya gaya*external* yang bekerja dalam

bentuk tarikan ataupun dorongan. Dalam penelitian ini pegas digunakan untuk mengukur torsi dari turbin yang digunakan Pegas nantinya akan diukur konstanta pegasnya terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai torsi dari turbin yang digunakan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 berikut (Haliday . 2001).

.



Gambar 2.6 Percobaan konstanta pegas

Pada Gambar 2.6 terlihat bagaimana skema percobaan untuk mengetahui konstanta pegas dari sebuah pegas. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung konstanta pegas mengacu pada hukum Hooke sperti di bawah ini.

$$Fp = -\mathrm{k}\,\Delta\mathrm{x} \tag{2.2}$$

Sehingga didapatkan nilai k adalah

$$k = \frac{\mathrm{F}}{\Delta\mathrm{x}} = \frac{m\,.g}{\Delta\mathrm{x}} \tag{2.3}$$

2.5 Rotasi per Menit (rpm)

Penelitian ini memanfaatkan pusaran air yang memutar turbin sebagai sumber daya utamanya, sehingga penelitian ini sangatlah berkitan dengan kecepatan perputaran turbin atau bisa dikenal dengan rotasi per menit(rpm). Apabila ada sebuah benda yang bergerak membentuk suatu lingkaran dengan laju konstan maka benda tersebut mengalami gerak melingkar beraturan.Gerak melingkar sering kita jumpai pada kehidupannsehari-hari antara laingerakan baling-baling kipas angin, gerakan pada *blade* dari

blender, dan gerakan dari roda kendaraan bermotor.Gerakan melingkar akan menimbulkan kecepatan sudut yang merupakan besarnya sudut yang ditempuh saat gerak melingkar tiap satuan waktu. Kecepatan sudut dilambangkan ω (omega). Periode adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali putaran.Parameter yang sering digunakan dalam mengukur kecepatan rotasi benda yang bergerak melingkar adalah rpm atau rotasi per menit, yaitu banyaknya putaran suatu gerak melingkar terhadap porosnya selama 1 menit.Secara teori rotasi per menit atau biasa disebut dengan rpm menujukan kecepatan dari perputaran suatu benda.Dimana nilai rotasi per menit dapat dicari dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$RPM = \frac{rotasi}{waktu} . 60 \tag{2.4}$$

Dimana rotasi menunjukan bayaknya putaran yang ditempuh selama kurun waktu yang ditentukan, lalu waktu adalah kurun waktu yang ditentukan, dan 60 menyatakan waktu putaran dalam menit(Notosudono, 2002).

2.6 Debit Air

Kecepatan turbin berputar memiliki beberapa factor yang mempengaruhi, salah satunya adalah debit aliran air. Debit adalah laju aliran air atau nilai volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu, misalnya liter/menit atau liter/detik. Dalam sistem SI, besarnya debit dinyatakan dalam meter kubik per detik (m^3/s). Nilai debit dapat diketahui dengan mengukur volume suatu wadah danwaktu yang diperlukan aliran air untuk memenuhi wadah tersebut (Dwiyanto, 2016). Adapun persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{2.5}$$

Q = Debit (m^3/s)
V = Volume wadah (m^3)
t = waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi wadah (s)

Dalam implementasinya di alam, pengukuran debit dapat dilakukan dengan memanfaatkan stasiun pengamatan atau penampungan air seperti pada bendungan.Selanjutnya, debit aliran dihitung dengan mengalikan luas penampang dan kecepatan aliran.Terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan seperti tampang lintang sungai, elevasi muka air, dan kecepatan aliran.Debit di lokasi yang ditinjau dihitung berdasarkan perbandingan luas DAS yang ditinjau dan DAS stasiun referensi.

2.7 Daya Listrik

Daya listrik merupakan jumlah/besar energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit atau rangkaian. Dapat dikatakan juga bahwa energi listrik adalah besaran tingkat energi yang dikonsumsi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Dalam konsep daya listrik. sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan dan memperbesar daya listrik sedangkan beban akan menyerap daya listrik tersebut. Sistem kerja daya listrik dapat dijumpai pada kehidupan sehari-hari, misalnya pada lampu pijar yang menyerap daya listrik dan diubah menjadi cahaya sedangkan pemanas air akan mengubah daya yang telah diserap menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsinya.

Fisikawan asal Britania, James Joule mengemukakan bahwa energi mekanik dapat berubah menjadi energi listrik dan juga sebaliknya.Teori tersebut kemudian dikenal dengan hukum joule dan menghasilkan persamaan berikut.

$$P = v.I \tag{2.6}$$

Simbol “P” merupakan representasi dari *power* yang juga berarti daya, sementara v dan I adalah tegangan dan arus.Satuan Internasional (SI) dari Daya Listrik adalah Watt yang disingkat dengan W. Watt sama dengan satu joule per detik (Watt = Joule / detik)(Theraja, 2001).

2.8 Generator Listrik

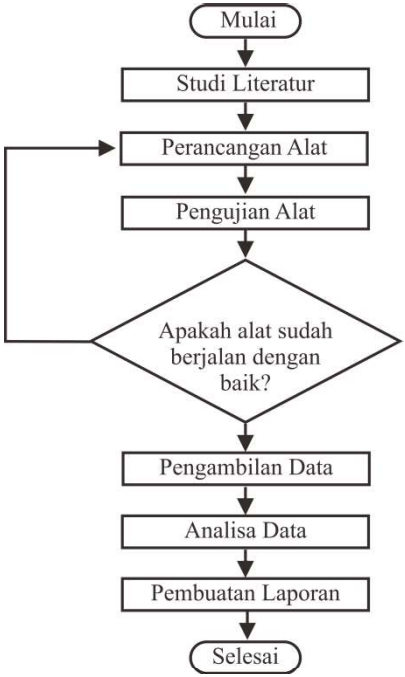
Generator listrik adalah suatu mesin yang sering dimanfaatkan sebagai penghasil listrik. Prinsip kerja generator listrik adalah dengan merubah energi mekanik ke energi listrik.Prinsip konversinya didasarkan pada konsep induksi magnetik *(emf)*. Ketika konduktor memotong fluks magnetik, maka secara dinamis akan terbentuk induksi *emf* sesuai dengan hukum Faraday induksi elektromagnetik. Adanya induksi *emf*inilah yang menyebabkan terbentuknya arus listrik. Dalam penggunaanya, generator yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan, karena generator memiliki spesifikasi dan kemampuannya masing-masing. Kemampuan generator dalam menghasilkan listrik biasanya dinyatakan dalam Volt Ampere (VA) atau dalam kilo Volt Ampere (kVA). Pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) generator listrik berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin yang digerakkan oleh pusaran air menjadi energi listrik. Besarnya nilai yang dihasilkan oleh generator bergantung pada pusaran yang dihasilkan untuk menggerakkan turbin. Generator yang digunakan pada PLTMH dapat bervariasi macamnya disesuaikan dengan kebutuhan, tergantung pada kondisi lapangan dan besarnnya aliran air yang terjadi pada sungai tempat PLTMH tersebut dibangun. Biasanya generator yang digunakan adalah generator AC, tetapi untuk PLTMH dalam skala kecil biasanyadigunakan generator DC. Penggunaan generator DC cocok digunakan pada aliran yang kurang terlalu kencang atau bisa dikatakan pusaran air yang terbentuk tidak terlalu kuat dalam menggerakkan turbin.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah sesuai degan diagram alir pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk memperdalam pengetahuan mengenai penelitian ini, baik secara teori maupun dalam merancang yang akan diguunakan. Kemudian dilakukan perancangan alat berdasarkan spesifikasiyang dibutuhkan.Setelah alat terancang, maka dilakukan pengujian alat terlebih dahulu dan dilakukan evaluasi mengenai kinerja alat.Apabila ada bagian yang perlu perbaikan, maka akan

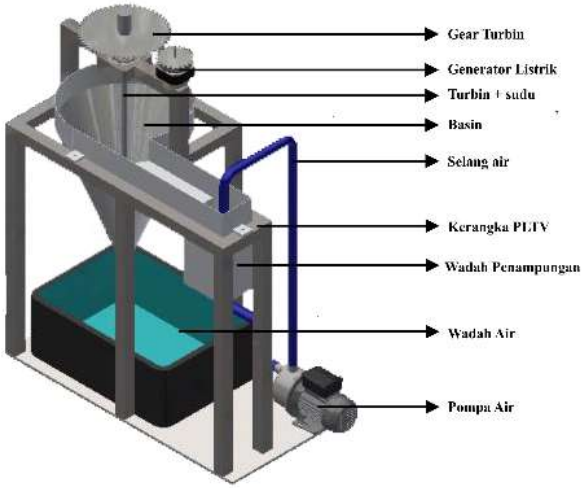
dilakukan perbaikan seperlunya agar alat berfungsi dengan baik. Setelah semua sistem siap alat dipasang di lapangan.Kemudian dilakukan pengambilan data.Data yang didapat kemudian diolah dan dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah prosedur awal yang dilakukan dalam memulia penelitian ini.Studi literatur berupa pendalaman materi-materi yang dibutuhkan meliputi dasar teori, prosedur menjalankan sistem alat, metode akuisisi data, hingga metode penulisan laporan yang baik dan benar.Referensi studi literatur bisa didapat dari buku, *ebook*, artikel, jurnal ilmiah dan internet.

3.3 Perancangan Alat

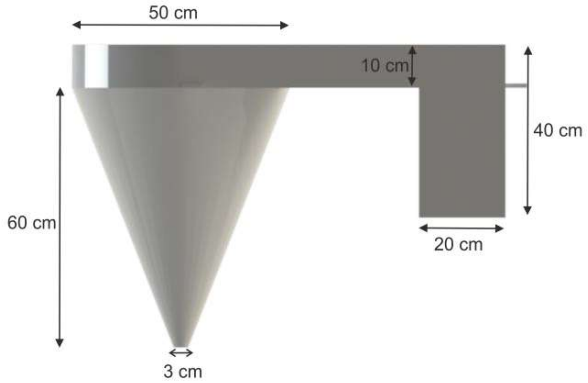
Skemaalat pada pembangkit listrik tenaga pusaran *air (vortex)* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rancang bangun PTLV

Bahan yang digunakan sebagai konstruksi alat ini adalah besi. Komponen utama dari rancang bangun PLTV ini meliputi*basin*

PLTV lengkap dengan tempat penampungan airnya sebagai tempat mengalirnya air dan tempat terjadinya pusaran air, turbin dengan *blade* 6 sudu yang nantinya akan digerakkan oleh pusaran air dan generator untuk mengubah energi mekanik dari putaran turbin menjadi energi listrik. Adapun *Basin* yang digunakan adalah *basin* berbentuk kerucut, seperti pada skema yang ditunjukkan Gambar 3.3.

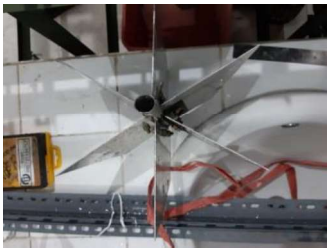


Gambar 3.3*Basin* kerucut

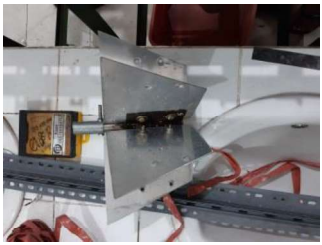
Pada proses konstruksi alat PLTV dilakukan juga pengelasan agar alat lebih kuat dan tidak goyah ketika proses berjalan, seperti terlihat pada Gambar 3.4

Gambar 3.4 Proses Perancangan Alat

Turbin yang digunakan adalah turbin dengan *blade* 6 sudu, dengan sisi pada masing-masing sudu sebesar 10 cm seperti terlihat pada Gambar 3.5 dan 3.6



Gambar 3.5 Turbin dengan 6 sudu *blade* tampak atas



Gambar 3.6 Turbin dengan 6 sudu *blade* tampak samping

3.4 Pengujian alat

Sebelum alat digunakan untuk pengambilan data, dilakukan pengujian alat terlebih dahulu, seperti terlihat pada Gambar 3.7 di bawah ini.

Gambar 3.7 Pengujian rancang bangun PLTV

Pada Gambar 3.7 terlihat proses pengujuan alat yang ditujukan untuk mengetahui peforma alat dan memastikan semuanya berjalan dengan lancer. Pada proses ini harus diperhatkan setiap detail dalam prosesnya seperti kelancaran aliran air, ada atau tidaknya kebocoran, bagaimana putaran turbin, dan bagaimana kekuatan konstruksi alat. Setelah itu dilakukan evaluasi dan perbaikan pada bagian-bagian yang belum berfungsi dengan baik.Setelah semua berfungsi dengan baik, maka alat sudah siap untuk digunakan.

3.5 Pengambilan Data

Setelah berhasil dilakukan pengujian alat, maka selanjutnya adalah dilakukan pengambilan data. Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah berupa torsi dan rpm yang dihasilkan oleh turbin, tegangan dan arus yang dihsailkan oleh generator serta nilai daya total yang diperoleh pembangkit listrik tenaga pusaran air. Pada penelitian ini selain menggunakan variasi bentuk *basin*, juga menggunakan variasi berupa kedalaman letak sudu turbin dengan 5 variasi kedalaman, yaitu 20 cm, 18 cm, 16 cm dan14 cm dan 12 cm dihitung dari permukaan *basin*.

3.5.1. Pengukuran torsi

Pengukuran torsi pada turbin dilakukan dengan menggunakan pegas. Caranya adalah dengan menempatkan pegas sebagai rem disaat turbin digerakkan oleh pusaran air. Penambahan panjang pegas setelah turbin berhenti kemudian diukur dan nilainyadimasukkan pada persdamaan di bawah ini.

$$\tau = k \,.\, \Delta x \,.\, r$$

Dengan :

τ = Torsi (N/m)

k = konstanta pegas

Δx = perubahan panjang pegas (m)

r = jari-jari poros turbin

Dari persmaan tersebut kita dapat mengetahui nilai torsi pada turbin.

3.5.2. Pengukuran Debit

Pada penelitian ini menggunakan 4 pompa dengan jenis dan debit yang berbeda. Sehingga perlu dilakukan pengukuran debit gabungan yang akan mengalir pada *basin.* Pengukuran debit dilakukan dengan mengukur jumlah waktu tempuh yang diperlukan aliran air untuk memenuhi sebuah wadah yang telah diketahui volumenya. Data waktu yang didapat kemudian dimasukkan pada persamaan 2.5 sehingga didapatkan nilai debit aliran.

3.5.3. Pengukuran rpm

Pengukuran rpm pada turbin menggunakan metode konvensional dengan melakukan perhitungan jumlah rotasi yang terjadi pada kurun waktu 60 detik.Pertama ditetapkan jumlah rotasi yang dijadikan acuan, kemudian diukur kurun waktu untuk menempuh jumlah rotasi tersebut. Data waktu yang didapat kemudian dimasukkan pada persamaan 2.4.

3.5.4. Pengukuran tegangan dan arus

Pengambilan data untuk tegangan dan arus yang dihasilkan oleh PLTV dilakukan menggunakan multimeter digital. Nilai yang terbaca pada multimeter adalah nilai tegangan dan arus yang diproduksi oleh PLTV.

3.6 Pembuatan Laporan

Setelah didapatkan semua data penelitian yang diinginkan meliputitorsi, rpm, debit aliran, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan pembangkit listrik makaselanjutnya dilakukan analisa data dan pembuatan laporan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Pembuatan laporan dilakukan sebagai sarana dokumentasi dan mendapatkan kesimpulan mengenai hasil dari penelitian PLTV ini. Sehingga dapat dimanfaatkan untuk

kepentingan berikutnya, meliputi penelitian lanjutan atau implementasi di lapangan secara langsung.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Debit

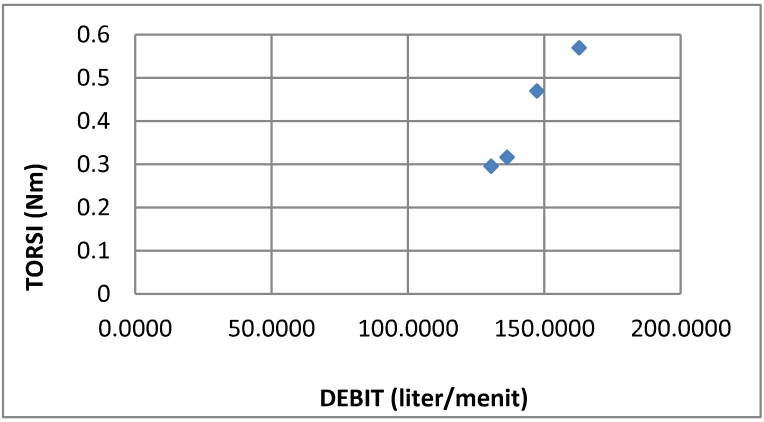
Debit merupakan factor yang paling penting dalam penelitian pembangkit listrik tenaga air (*vortex*)ini. Nilai debit yang dialirkan akan mempengaruhi kekuatan pusaran air dalam menggerakkan turbin, sehingga akan mempengaruhi kecepatan rotasi dari turbin. Jadi secara tidak langsung nilai debit akan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Pada penelitian ini menggunakan 4 jenis pompa dengan spesifikasi debit yang berbeda-beda. Keempat pompa tersebut kemudian digabungkan dan nantinya dialirkan ke dalam basin untuk membentuk pusaran air yang akan menggerakkan turbin. Penelitian ini menggunakan 4 variasi debit, dimulai dari debit tertinggi hingga debit terendah. Pengurangan debit pada setiap variasi dilakukan dengan menggunakan *water valve.* Pada variasi debit pertama *water valve* ditutup sepenuhnya, sehingga debit dari keempat pompa mencapai debit tertinggi. Kemudian pada variasi kedua *water valve* akan dibuka dengan sudut tuas 30°, sehingga debit akan sedikit berkurang. Pengurangan dilakukan pada variasi ketiga dan keempat sebesar 60° dan terbuka seluruhnya 90°.

Pengambilan data debit dilakukan dengan mengukur kurun waktu yang diperlukan aliran untuk memenuhi wadah dengan volume tertentu. Kemudian dari data waktu yang didapat dilakukan perhitungan dengan persamaan 2.5.Keempat pompa disambungkan dengan selang, lalu keempat selang tersebut digabungkan dengan pipa yang memiliki *water valve* dibagian bawah nya sebagai madia pengurangan debit.Wadah yang digunakan memiliki volume 9 Liter. Setalah dilakukan pengambilan data dan dilakukan perhitungan, maka didapatkan debit dari keempat variasi seperti disajikan pada lampiran Tabel 1. Dimana debit terbesar yang didapat adalah 162,745 Liter/Menit dan yang terendah adalah 130,4340.

4.2 Torsi

Pada penelitian ini nilai torsi menunjukkan peforma turbin yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga pusaran air (*vortex*). Pengukuran torsi dilakukan menggunakan pegas dengan konstanta pegas sebesar 153,9140 N/m. Data yang didapat adalah berupa selisih panjang pegas yang kemudian dihitung dengan persamaan pada bab 3.5.1. Pengukuran diawali dengan pegas yang diikat dengan tali pada poros turbin. Tujuannya adalah agar pegas melakukan pengereman pada saat turbin berputar. Rotasi turbin akan perlahan berhenti dikeranakan adanya pegas yang menahannya. Pada saat turbin berhenti berputar, maka pegas akan mencapai panjang maksimalnya. Kemudian panjang maksimal pegas diukur dan dikurangi dengan panjang awal pegas. Sehingga didapatkan selisih panjang pegas, yang kemudian dimasukkan pada perhitungan. Pengukuran dilakukan dengan 20 kali pengulangan.

Adapun hasil dari pengambilan data kemudian dilakukan perhitungan dan didapatkan nilai torsi seperti pada lampiran Tabel 2, sedangakan rata-ratanya pada Tabel 3. Terdapat juga grafik perubahan torsi pada setiap variasi yang disajikan pada Gambar 4.1 mengenai grafik hubungan torsi dengan debit aliran air.

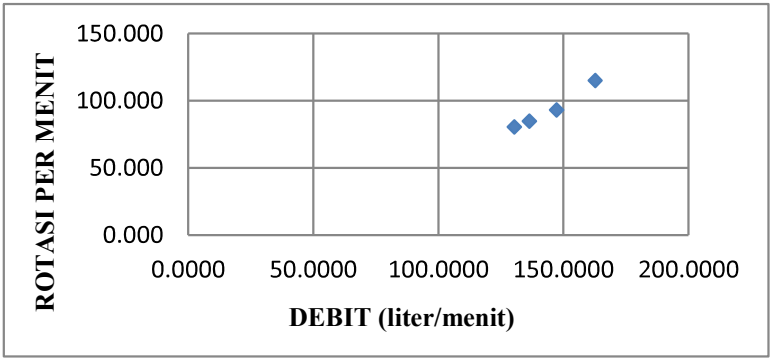


Gambar 4.1 Grafik torsi pada tiap variasi debit

Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengukuran torsi pada setiap variasi debit. Dari data tersebut diketahui bahwa nilai torsi tertinggi didapat saat debit 162,7485 Liter/Menit, yaitu sebesar (0,5696 ± 0,001) Nm. Sedangkan yang terendah didapat saat debit air 130,434 Liter/Menit, yaitu sebesar (0,2958 ± 0,002) Nm. Dari grafik juga bisa diketahui bahwa semakin tinggi debit aliran air, maka semakin tinggi nilai torsinya. Hal ini disebabkan karena nilai debit aliran air berpengaruh pada pusaran air yang dihasilkan. Semakin besar debit aliran air maka semakin kuat pula pusaran air yang dihasilkan.

4.3 Rotasi Per Menit (RPM)

Terjadinya pusaran air pada *basin* mengakibatkan adanya gaya yang menggerakkan turbin, sehingga menyebabkan rotasi turbin. Kecepatan turbin dalam berputar dinyatakan dengan rotasi per menit (rpm). Pengukuran rotasi permenit dari turbin dilakukan dengan cara konvensional, yaitu dengan menghitung kurun waktu yang dibutuhkan dari jumlah rotasi tertentu yang terjadi pada turbin. Kemudian data waktu yang didapat dihitung dengan persamaan 2.4 dan didapatkan nilai rpm. Pengambilan data rpm dilakukan pada tiap variasi debit dengan 20 pengulangan guna mengetahui perubahan dan pengaruh debit pada rotasi per menit dari turbin. Hasil pengukuran rpm dapat dilihat pada lampiran Tabel 4 dan grafik pada Gambar 4.2.

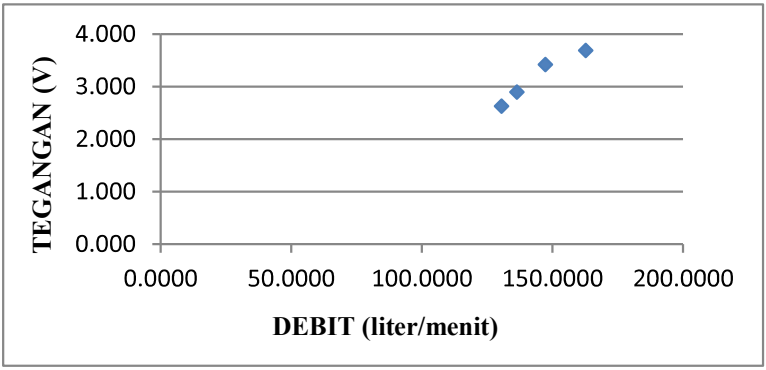


Gambar 4.2 Grafik RPM pada tiap variasi debit

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengukuran RPM pada setiap variasi debit. Dari data tersebut kemudian didapat rata-rata rpm pada setiap variasi. Sehingga diketahui RPM tertinggi didapat saat debit 162,7485 liter/menit yaitu (114,961 ± 0,117) rotasi/menit. Sedangkan yang terendah didapat pada debit 130,434 liter/menit yaitu sebesar (80,626 ± 0,143) rotasi/menit. Terdapat pula grafik yang menyatakan perubahan rpm pada tiap variasi debit yang disajikan pada Gambar 4.2. Dari grafik tersebut diketahui bahwa semakin tinggi debit aliran maka semakin tinggi nilai rpm yang dihasilkan, sehingga putaran turbin menjadi semakin cepat. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi debit aliran, maka akan semakin kuat pusaran yang terbentuk, sehingga gaya yang mendorong turbin akan semakin besar. Selain itu dikarenakan debit yang semakin besar, menyebabkan pusaran air mendorong lebih banyak bagian dari *blade* pada turbin. Kecepatan turbin dalam berotasi ini nantinya akan berpengaruh pada daya yang dihasilkan.

4.4 Arus, Tegangan, dan Daya Listrik

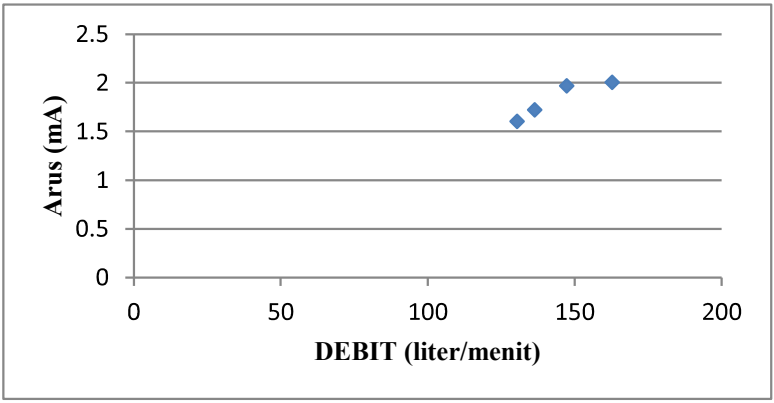
Arus dan tegangan pada penelitian ini dihasilkan dari generator DC yang terhubung dengan turbin. Data arus dan tegangan diambil menggunakan multimeter digital. Pengambilan dilakukan dengan pengulangan sebanyak 20 kali. Pada pengambilan data tegangan didapatkan data seperti pada lampiran Tabel 6. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa tegangan tertinggi yang dihasilkan terjadi pada saat debit 162,7485 liter per menit, yaitu sebesar (3,684 ± 0,003) Volt. Sedangkan yang terendah terjadi saat debit aliran 130,434 liter per menit, yaitu sebesar 2,624 ± 0,001) volt. Pada setiap variasi debit, pengukuran tegangan menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap variasi debit. Perubahan tegangan pada tiap variasi debit dapat dilihat pada Gambar 4.3.



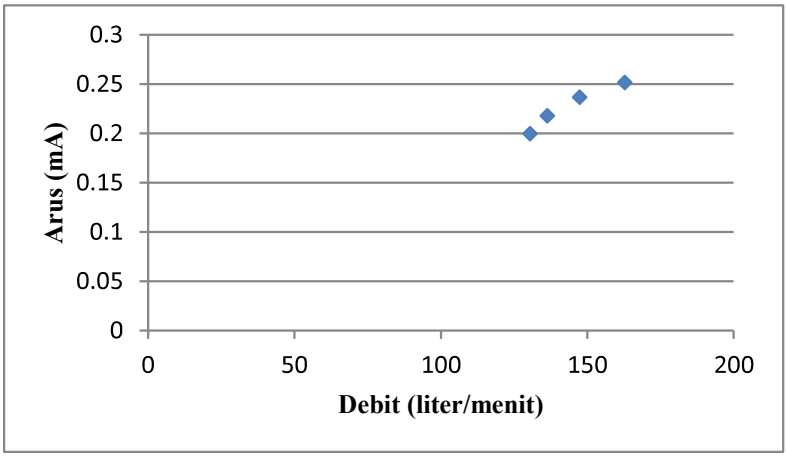
Gambar 4.3 Grafik tegangan pada tiap variasi debit

Pada gambar 4.3 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada setiap variasi debit. Dari grafik tersebut diketahui bahwa tegangan meningkat seiring dengan besar nilai debit yang diberikan.

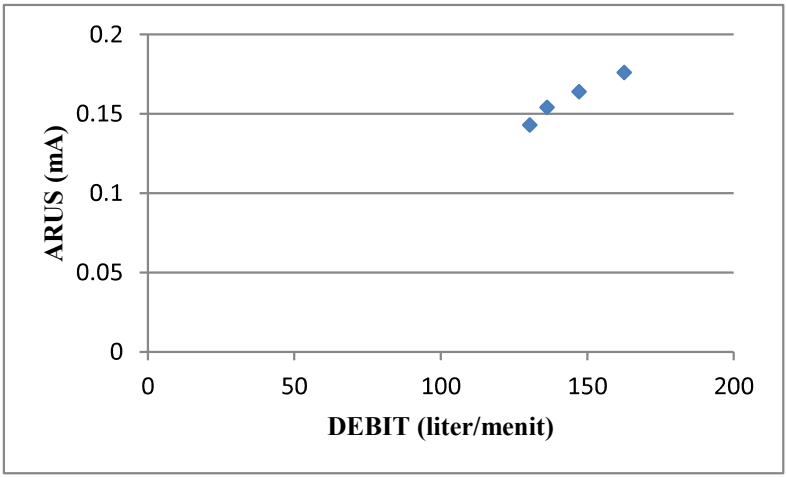
Pengukuran arus yang dihasilkan pada penelitian ini menggunakan resistor 1K Ohm, 10K Ohm, 14K Ohm, dan 18K Ohm.Dari pengukuran yang telah dilakukan didapatkan deta yang disajikan pada lampiran Tabel 8. Perubahan arus pada setiap variasi debit dan resistor dapat dilihat pada Gambar 4.4.



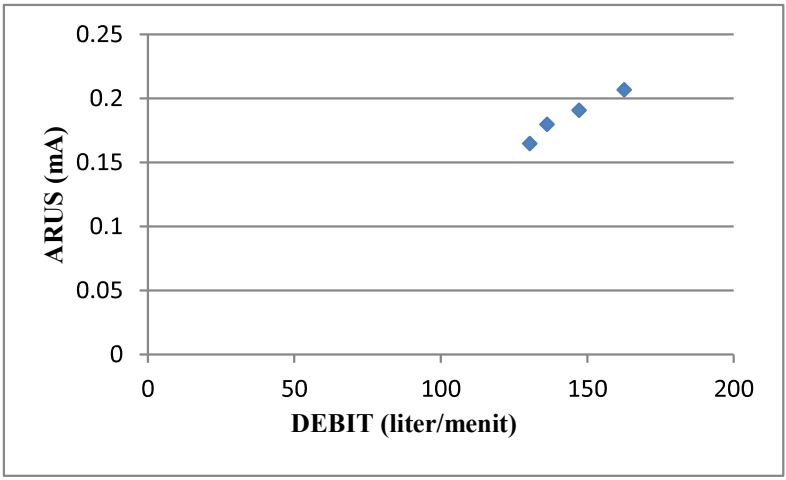
Gambar 4.4 (a) Grafik arus pada tiap variasi debit dengan resistor 1K Ohm



Gambar 4.4 (b) Grafik arus pada tiap variasi debit dengan resistor 10K Ohm

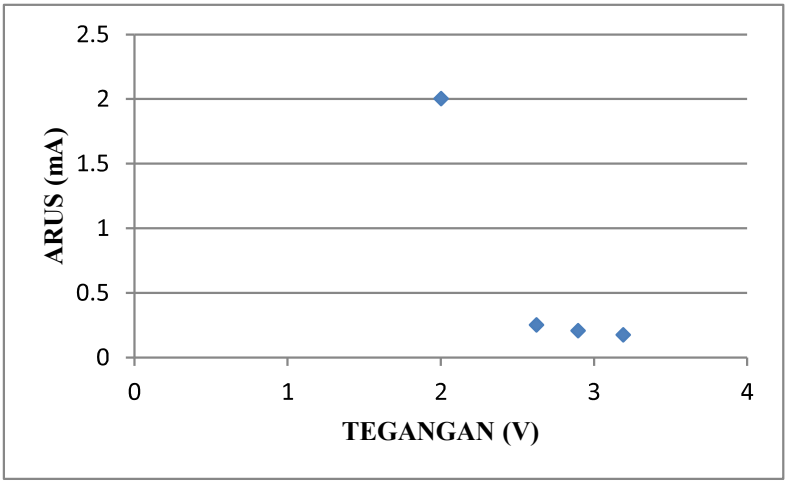


Gambar 4.4 (c) Grafik arus pada tiap variasi debit dengan resistor 18K Ohm

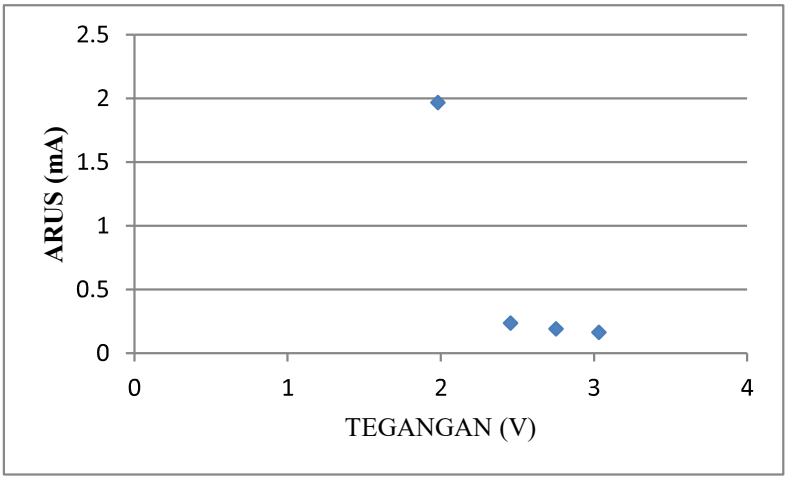


Gambar 4.4 (d) Grafik arus pada tiap variasi debit dengan resist14K Ohm

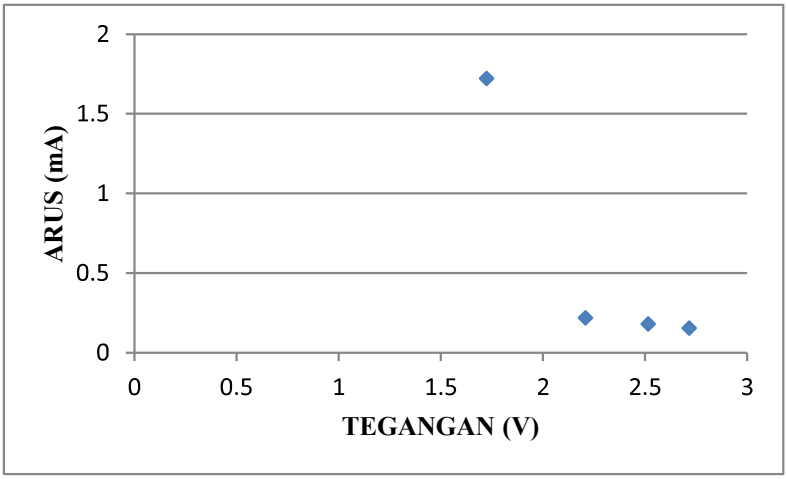
Grafik pada Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengukuran arus pada setiap variasi debit dan resistor. Dari tabel dan data yang telah tersaji diketahui bahwa nilai arus tertinggi adalah pada debit 162,7485 liter/menit dengan resistor 1K Ohm, yaitu sebesar (2,003 ± 0,003) mA. Sementara yang terendah adalah pada debit 130,434 liter/menit dengan resistor 18K Ohm, yaitu sebesar (0,143 ± 0,002) mA. Dari grafik juga dapat dilihat dimana semakin besar debit aliran maka semakin tinggi nilai arus yang digunakan, dan juga sebaliknya. Sedangkan untuk penggunaan resistor, semakin tinggi nilai resistor maka nilai arus yang terbaca oleh multimeter akan semakin kecil. Kemudian dilakukan peninjauan terhadap hubungan arus yang dihasilkan dengan tegangan yang dihasilkan pada setiap variasi debit dan resistor. Adapun hubungan antara tegangan dan arus yang dihasilkan pda tiap variasi disajikan pada grafik Gambar 4.5.



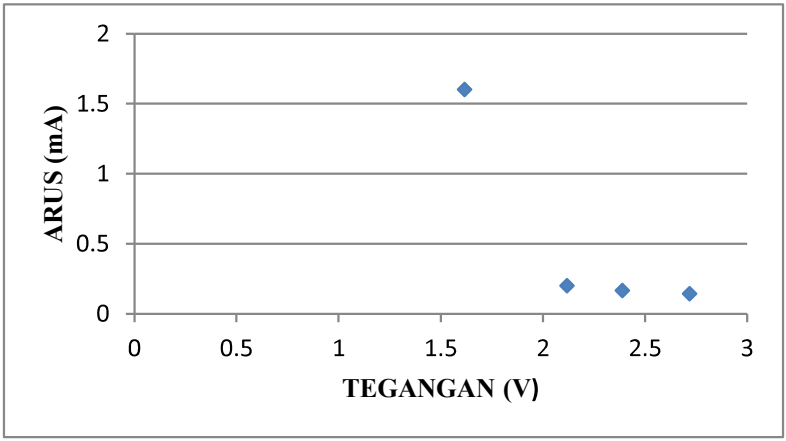
Gambar 4.5 (a) Grafik arus dan tegangan pada debit 162,7485 liter/menit



Gambar 4.5 (b) Grafik arus dan tegangan pada debit 147,2991 liter/menit



Gambar 4.5 (c) Grafik arus dan tegangan pada debit 136,3642 liter/menit

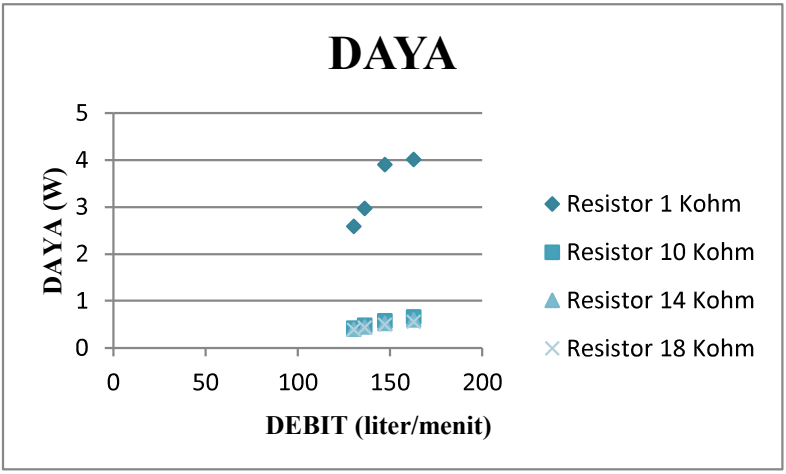


Gambar 4.5 (d) Grafik arus dan tegangan pada debit 130,4340 liter/menit

Dari grafik pada Gambar 4.5 tersebut dapat dilihat bahwa tegangan dan arus berbanding terbalik, dan keduanya meningkat

seiring dengan bertambahnya nilai debit. Tegangan dan arus tertinggi yang dihasilkan terjadi pada penggunaan debit 162,7485 liter/ menit dan yang rerendah pada debit 130,434 liter/menit.

Kemudian dilakukan perhitungan daya listrik yang dihasilkan pada penelitian ini. Perhitungan dilakukan berdasarkan data tegangan dan arus yang telah didapatkan dari pengukuran menggunakan persamaan 2.6. Data hasil perhitungan daya listrik untuk setiap variasi debit dan resistor tersaji pada lampiran tabel 10 dan grafik Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik daya yang dihasilkan

Diketahui dari tabel dan grafik Gambar 4.6 yang telah tersaji bahwa nilai daya tertinggi didapat pada saat debit 162,7485 liter/menit dengan penggunaan resistor 1K Ohm, yaitu sebesar (4,015 ± 0,011) Watt. Sedangkan yang terendah didapat pada debit 130,454 liter/menit dengan penggunaan resistor 18K Ohm, yaitu sebesar (0,389 ± 0,014) Watt.

Dari hasil akhir penelitian ini dapat diketahui bahwa nilai debit, torsi, rpm, tegangan, arus, dan daya listrik saling berhubungan. Besarnya debit aliran air akan mempengaruhi seberapa besar pusaran air yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai

debit maka semakin besar pula pusaran airnya. Pusaran air inilah yang akan mempengaruhi kecepatan rotasi turbin tiap menitnya (rpm). Semakin tinggi nilai turbin nya maka akan semakin besar rpm nya. Gerakan berputar dari turbin juga tidak lepis dari nilai torsi yang dihasilkan saat pusaran air mendorong turbin. Kemudian kecepatan dan kekuatan turbin dalam berotasi ini akan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Semakin tinggi rpm maka akan semakin besar daya yang dihasilkan. Sehingga dapat diketahui bahwa besarnya nilai debit aliran yang digunakan berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian pada rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran Air (*Vortex*) dengan menggunakan variasi debitmaka diperoleh kesimpulan berikut.

1. Torsi maksimum yang dihasilkan adalah pada debit 162,7485 liter/menit, yaitu sebesar (0,5696 ± 0,001) Nm.
2. Nilai rpm tertinggi adalah pada debit 162,7485 liter/menit, yaitu sebesar (114,961 ± 0,117) rotasi/menit. Sedangkan yang terendah adalah pada debit 130,454 liter/menit yaitu (80,626 ± 0,143) rotasi/menit.
3. Daya listrik tertinggi didapat pada saat debit 162,7485 liter/menit dengan penggunaan resistor 1K Ohm, yaitu sebesar (4,015 ± 0,011) Watt. Sedangkan yang terendah didapat pada debit 130,454 liter/menit dengan penggunaan resistor 18K Ohm, yaitu sebesar (0,389 ± 0,014) Watt.

5.2 Saran

Adapun saran yang diajukan penulis untuk penelitian berikutnya adalah:

1. Sebaiknya perlu digunakan sistem kontrol untuk penelitian pengaruh variasi debit.
2. Sebaiknya perlu digunakan generator dengan spesifikasi yang cocok dengan turbin
3. Sebaiknya perlu dilakukan penyimpanan energi atau daya yang dihasilkan generator .
4. Sebaiknya perlu diadakan pengkajian mengenai implementasi secara langsung.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Azhad Faizur, dkk. 2015. *Comparison of cylindrical and conical basins with optimum positionof runner: Gravitational water vortex power plant*. Renewable and Sustainable Energi Reviews 48 662–669

Bappenas. 2014. *Perencanaan Pembangunan Edisi 02*. Jakarta: Kementrian PPN/Bappenas.

DJLPE-DESDM. 2005. *Indonesia* Energi *Outlook & Statistic 2004*. Jakarta: Kementrian ESDM.

Dwiyanto, Very. 2016. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Lampung: Universitas Lampung.

Ismono H.A. 1999. *Perencanaan Turbin Air Tipe Cross Flow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Institut Teknologi Nasional Malang*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang

Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2013. *Kajian Supply dan Demand Energi*. Jakarta: Kementrian ESDM.

Notosudjono, D. 2002. *Perencanaan PLTMH di Indonesia*. Jakarta: BPPT.

Prayogo, E. 2003. *Teknologi Mikrohidro dalam Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Menunjang Pembangunan Pedesaan*. Makasar: Semiloka Produk-produk Penelitian Departement Kimpraswill.

Rosaura, Ishelina dan Wati Hermawati. 2007. *Dampak Listrik PLTMH Terhadap Kehidupan Sosial Masyarakat di Susun Gunung Sawur, Desa Sumber Rejo Candipuro, Lumajang*. Prosiding Konferensi dan Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna Tahun 2014.

Sihombing J Ray 2014. Analisa Efisiensi Turbin *Vortex* Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Pada Sudu Berdiameter 56 Cm Untuk 3 Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar. Medan: USU.

Sugiono, Agus. 2009. *Pemberdayaan Masyarakat dalam Mengelola Potensi Sumber Daya Air melalui Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mini/Mikro Hidro*. Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan Vo. 1(3). Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Theraja, BL. 2001. *Electrical of Technology, 8th*. New York: Prentice Hall International Inc.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

Tabel 1. Hasil Pengukuran Debit

Kondisi Katup	Debit (Liter/Menit)
Ditutup	162,7485
Dibuka 30°	147,2991
Dibuka 60°	136,3642
Dibuka 90°	130,4340

Tabel 2. Hasil Pengambilan data torsi (Nm)

Debit (Liter/Menit)			
162,7485	147,2991	136,3642	130,4340
0,5756	0,4756	0,3241	0,2957
0,5741	0,4781	0,3086	0,3142
0,5672	0,4732	0,3053	0,3091
0,5632	0,4654	0,3161	0,3102
0,5599	0,4598	0,3242	0,2991
0,5712	0,4671	0,3216	0,2942
0,5691	0,4663	0,3251	0,2883
0,5698	0,4677	0,3303	0,2896
0,5682	0,4743	0,3290	0,2861
0,5679	0,4677	0,3216	0,2813
0,5598	0,4730	0,3190	0,2923
0,5711	0,4657	0,3261	0,2903
0,5707	0,4663	0,3254	0,2949
0,5745	0,4743	0,3253	0,2959
0,5731	0,4717	0,3213	0,2983

0,5694	0,4703	0,3234	0,3013
0,5684	0,4730	0,2931	0,3009
0,5727	0,4763	0,2783	0,2919
0,5719	0,4590	0,3023	0,2883
0,5737	0,4703	0,3106	0,2943

Tabel 3. Torsi Hasil Pengukuran

Debit (Liter/Menit)	Torsi (Nm)
162,7485	0.5696
147,2991	0,4698
136,3642	0,3165
130,4340	0,2958

Tabel 4. Hasil Pengambilan data RPM (rpm)

Debit (Liter/Menit)			
162,7485	147,2991	136,3642	130,4340
114,67	92,75	85,51	80,24
114,29	92,59	84,53	80,24
114,72	93,62	84,65	80,43
115,25	92,64	84,36	80,56
114,84	92,65	83,56	79,12
114,67	93,65	84,64	80,40
114,93	93,84	85,55	80,41
115,54	92,75	85,27	80,53
115,91	92,64	85,53	79,89
115,72	93,76	85,36	79,88
115,67	93,44	84,81	80,79
115,32	93,52	84,62	81,20

115,16	92,81	85,21	81,32
115,39	92,64	84,67	81,46
114,68	93,33	83,99	80,77
114,49	92,66	84,13	81,71
114,61	93,29	84,33	80,33
113,98	93,17	85,21	80,48
114,45	92,55	84,89	81,49
114,93	92,94	85,36	81,27

Tabel 5. RPM Hasil Pengukuran

Debit (Liter/Menit)	Kecepatan Angular (rpm)
162,7485	114,961
147,2991	93,062
136,3642	84,809
130,4340	80,626

Tabel 6. Hasil Pengambilan data Tegangan (V)

Debit (Liter/Menit)			
162,7485	147,2991	136,3642	130,4340
3,78	3,46	2,95	2,65
3,79	3,46	2,92	2,65
3,69	3,46	2,92	2,64
3,63	3,46	2,92	2,65
3,64	3,47	2,83	2,60
3,64	3,42	2,83	2,60
3,64	3,36	2,82	2,60
3,65	3,35	2,82	2,60
3,63	3,37	2,81	2,61

3,65	3,42	2,82	2,62
3,61	3,42	2,95	2,62
3,64	3,41	2,95	2,62
3,64	3,42	2,93	2,62
3,71	3,42	2,93	2,62
3,76	3,42	2,92	2,63
3,72	3,39	2,92	2,66
3,66	3,41	2,91	2,62
3,69	3,42	2,91	2,62
3,79	3,42	2,91	2,62
3,72	3,42	2,91	2,62

Tabel 7. Tegangan Hasil Pengukuran

Debit (Liter/Menit)	Tegangan (V)
162,7485	3,684
147,2991	3,419
136,3642	2,894
130,4340	2,624

0

Tabel 8. Hasil Pengambilan data Arus

Debit (Liter/ Menit)	R = 1000Ω		R = 10000Ω		R = 14000Ω		R = 18000Ω	
	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)
162,748	2,01	2,02	2,60	0,26	2,91	0,21	3,19	0,18
	2,01	2,01	2,60	0,25	2,91	0,21	3,20	0,18
	1,99	2,01	2,61	0,25	2,91	0,20	3,20	0,18
	1,99	1,99	2,61	0,25	2,91	0,21	3,19	0,18
	1,99	1,99	2,60	0,26	2,91	0,21	3,19	0,17
	1,99	1,99	2,62	0,25	2,91	0,20	3,19	0,17
	2,00	2,01	2,61	0,25	2,91	0,21	3,20	0,18
	2,01	2,02	2,58	0,25	2,87	0,21	3,19	0,18
	2,01	2,02	2,61	0,25	2,87	0,21	3,19	0,18

	1,99	2,02	2,67	0,25	2,91	0,21	3,19	0,18
	1,99	1,99	2,67	0,25	2,90	0,21	3,18	0,17
	1,99	1,99	2,67	0,26	2,91	0,20	3,18	0,17
	2,01	1,99	2,67	0,25	2,91	0,21	3,18	0,17
	2,01	2,01	2,63	0,25	2,91	0,21	3,18	0,17
	2,01	2,01	2,63	0,25	2,89	0,20	3,18	0,17
	2,02	1,99	2,63	0,26	2,85	0,20	3,20	0,18
	2,02	1,99	2,63	0,25	2,89	0,21	3,21	0,18
	2,02	1,99	2,63	0,24	2,89	0,21	3,21	0,18
	2,02	2,00	2,63	0,25	2,89	0,21	3,20	0,18
	2,01	2,02	2,63	0,25	2,89	0,20	3,19	0,17
147,299	1,99	1,97	2,47	0,24	2,76	0,20	3,03	0,16
	1,99	1,98	2,45	0,24	2,76	0,19	3,04	0,17
	1,99	1,97	2,46	0,24	2,76	0,19	3,04	0,17
	1,99	1,96	2,46	0,24	2,76	0,19	3,04	0,17
	1,99	1,96	2,47	0,23	2,76	0,19	3,04	0,16
	1,98	1,97	2,45	0,23	2,75	0,19	3,04	0,17
	1,98	1,97	2,46	0,23	2,74	0,19	3,03	0,16
	1,99	1,97	2,46	0,23	2,76	0,19	3,03	0,16
	1,98	1,97	2,46	0,23	2,76	0,19	3,03	0,16
	1,98	1,98	2,46	0,24	2,74	0,18	3,04	0,16
	1,98	1,98	2,46	0,24	2,74	0,18	3,04	0,16
	1,98	1,98	2,46	0,24	2,74	0,19	3,04	0,17
	1,98	1,97	2,46	0,24	2,75	0,19	3,04	0,16
	1,98	1,97	2,45	0,24	2,76	0,19	3,02	0,16
	1,98	1,97	2,45	0,24	2,76	0,19	3,02	0,16
	1,98	1,96	2,45	0,24	2,76	0,19	3,03	0,16
	1,98	1,96	2,44	0,24	2,76	0,19	3,03	0,16
	1,98	1,97	2,46	0,24	2,76	0,20	3,04	0,17
	1,98	1,97	2,46	0,24	2,76	0,20	3,04	0,17

	1,98	1,97	2,46	0,23	2,76	0,20	3,04	0,17
136,364	1,73	1,71	2,21	0,22	2,52	0,18	2,84	0,16
	1,72	1,71	2,20	0,21	2,52	0,18	2,85	0,16
	1,72	1,72	2,20	0,21	2,51	0,18	2,83	0,15
	1,73	1,72	2,21	0,22	2,51	0,18	2,83	0,15
	1,71	1,72	2,21	0,22	2,51	0,17	2,83	0,15
	1,73	1,72	2,21	0,22	2,52	0,18	2,84	0,16
	1,72	1,72	2,21	0,22	2,52	0,18	2,84	0,16
	1,72	1,72	2,21	0,22	2,52	0,18	2,84	0,16
	1,72	1,72	2,21	0,22	2,52	0,18	2,84	0,16
	1,73	1,72	2,20	0,22	2,52	0,18	2,84	0,16
	1,73	1,72	2,20	0,21	2,52	0,18	2,83	0,15
	1,73	1,73	2,21	0,21	2,51	0,17	2,83	0,15
	1,73	1,73	2,21	0,22	2,51	0,17	2,83	0,15
	1,72	1,73	2,21	0,22	2,51	0,18	2,83	0,15
	1,73	1,72	2,22	0,22	2,52	0,18	2,83	0,15
	1,72	1,72	2,21	0,22	2,52	0,18	2,83	0,15
	1,72	1,72	2,21	0,22	2,52	0,19	2,83	0,15
	1,73	1,72	2,21	0,22	2,52	0,19	2,84	0,15
	1,73	1,72	2,22	0,22	2,52	0,19	2,84	0,15
	1,73	1,72	2,23	0,22	2,52	0,18	2,84	0,16
130,434	1,62	1,62	2,12	0,20	2,39	0,17	2,72	0,15
	1,61	1,60	2,12	0,19	2,39	0,17	2,71	0,14
	1,60	1,60	2,11	0,19	2,39	0,17	2,71	0,14
	1,61	1,60	2,11	0,19	2,39	0,17	2,73	0,15
	1,62	1,60	2,12	0,19	2,39	0,16	2,71	0,15
	1,62	1,62	2,12	0,20	2,39	0,16	2,72	0,15
	1,62	1,62	2,12	0,20	2,39	0,16	2,72	0,15
	1,62	1,60	2,12	0,20	2,39	0,16	2,72	0,14
	1,62	1,60	2,12	0,20	2,39	0,16	2,72	0,14

	1,62	1,60	2,12	0,20	2,38	0,16	2,72	0,14
	1,62	1,60	2,12	0,21	2,38	0,16	2,72	0,14
	1,62	1,60	2,12	0,21	2,38	0,16	2,71	0,14
	1,62	1,60	2,11	0,21	2,39	0,17	2,71	0,14
	1,60	1,61	2,10	0,19	2,39	0,17	2,73	0,15
	1,60	1,59	2,12	0,19	2,39	0,17	2,72	0,15
	1,61	1,59	2,12	0,20	2,39	0,16	2,72	0,15
	1,62	1,59	2,12	0,20	2,39	0,16	2,71	0,13
	1,62	1,60	2,12	0,20	2,39	0,17	2,71	0,13
	1,62	1,60	2,12	0,21	2,39	0,17	2,71	0,13
	1,62	1,60	2,12	0,21	2,38	0,17	2,72	0,15

Tabel 9. Arus Hasil Pengukuran

Debit (liter/menit)	**Arus (mA)**			
	1 Kohm	10 Kohm	14 Kohm	18 Kohm
162,7485	2,003	0,252	0,207	0,176
147,2991	1,970	0,237	0,191	0,164
136,3642	1,721	0,218	0,180	0,154
130,4340	1,602	0,200	0,165	0,143

Tabel 10. Daya yang dihasilkan generator

Debit (liter/menit)	**Daya (Watt)**			
	1 Kohm	10 Kohm	14 Kohm	18 Kohm
162,7485	4,015	0,661	0,600	0,562
147,2991	3,907	0,582	0,526	0,498
136,3642	2,968	0,482	0,453	0,437
130,4340	2,588	0,422	0,394	0,389

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS

Gilang Fajariyan Mohamad, dilahirkan di Kabupaten Sidoarjo pada tanggal 26 Juni 1997. Anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Juminaryo dan Ibu Suistiniwati. Penulis menyelesaikan pendidikan SD sampai SMA di kabupaten Sidoarjo. Penulis memulai pendidikan pertama pada tahun 2003 tingkat Sekolah Dasar di SDN Percobaan selama 6 tahun. Kemudian pada tahun 2009, penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Sidoarjo. Setelah itu, dilanjutkan dengan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Sidoarjo pada tahun 2012. Pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN. Selama menjalani kuliah di ITS, penulis aktif dalam kepengurusan Himpunan Mahasiswa Fisika (Himasika) sebagai staff Departemen Luar Negeri Himasika ITS 2016/2017 dan Wakil Ketua Himasika ITS 2017/2018. Penulis juga aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Sains sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa 2016/2017. Selain di dalam kampus, penulis juga aktif di bidang *startup bussiness* dan pernah mengikuti Gerakan 1000 Startup Digital hingga babak terakhir, babak inkubasi.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"