



TUGAS AKHIR - SF184801

**PENGARUH KEDALAMAN POSISI TURBIN
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
PUSARAN AIR DENGAN MENGGUNAKAN
GEARBOX BERBASIS BASIN KERUCUT**

Ach Rizki
NRP 0111154000031

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 KEDALAMAN POSISI TURBIN
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
PUSARAN AIR DENGAN MENGGUNAKAN
GEARBOX BERBASIS BASIN KERUCUT**

Ach Rizki
NRP 0111154000031

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

**THE EFFECT OF TURBINE POSITION IN
WATER VORTEX POWER PLANTS USING
GEARBOX BASED ON BASIN CONE**

Ach Rizki
NRP 0111154000031

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”

LEMBAR PENGESAHAN

Pengaruh Kedalaman Posisi Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran Air Dengan Menggunakan *Gearbox* Berbasis Basin Kerucut

TUGAS AKHIR

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

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

Oleh :
ACH RIZKI
NRP 0111154000031

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 2015042002

()



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PENGARUH KEDALAMAN POSISI TURBIN PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PUSARAN AIR
DENGAN MENGGUNAKAN *GEARBOX* BERBASIS BASIN
KERUCUT**

Nama Mahasiswa : Ach Rizki
NRP : 01111540000031
Departemen : Fisika, Fakultas Sains dan Analitika
Data ITS
Pembimbing I : Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Pembimbing II : Iim Fatimah, M.Si.

ABSTRAK

Pengaruh Kedalaman Posisi Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran Air Dengan Menggunakan *Gearbox* Berbasis Basin Kerucut dengan menggunakan generator DC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa torsi yang dihasilkan, rotasi per menit, tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga pusaran gravitasi air serta membandingkan pengaruh kedalaman posisi turbin pada hasil data yang didapatkan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan basin kerucut yang memiliki diameter input 50 cm sedangkan diameter outputnya 3 cm, menggunakan turbin 6 sudu berbentuk trapesium dan menggunakan variasi kedalaman penempatan sudu turbin pada kedalaman 16 cm, 14 cm, 12 cm, 10 cm dan 8 cm dihitung dari permukaan air, debit yang digunakan tetap yaitu sebesar 146,76 L/m. Torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 0,4786 Nm, nilai RPM terbesar yang dihasilkan dengan menggunakan basin kerucut yaitu 70 rpm. Sedangkan besar tegangan dan arus yang dihasilkan adalah sebesar 3,6328 V dan 1,9172 mA dengan kedalaman 16 cm. Kedalaman posisi turbin yang terbesar menghasilkan data yang maksimal.

Kata Kunci: *Gearbox*, Torsi, *Vortex*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

THE EFFECT OF TURBINE POSITION IN WATER VORTEX POWER PLANTS USING *GEARBOX* BASED ON BASIN CONE

Name : Ach Rizki
NRP : 01111540000031
Department : Physics, Faculty of Sciences and Data
Analytics, ITS
Advisor I : Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Advisor II : Iim Fatimah, M.Si.

ABSTRACT

The Effect Of Turbine Position In Water Vortex Power Plants Using *Gearbox* Based On Basin Cone by using DC power generator. This study aims to determine how much torque is generated, rotation per minute, voltage, current, and power generated by the gravitation water power plant and compare the influence of turbine depth on the results of the data obtained. The study was conducted using a cone basin that has an input diameter of 50 cm while the output diameter is 3 cm, using a trapezoid 6 blade turbine and using variations in the placement height of the turbine blade at an altitude of 16 cm, 14 cm, 12 cm, 10 cm and 8 cm calculated from the water surface of each basin, this study used a fixed debit value 146,76 L / m. The maximum torque produced using a cone *basin* is 0,4786 N.m, the maximum RPM produced using cone basin is 70 rpm, while the voltage and current values are 3,6328 V and 1,9172 mA in the placement height of the turbine blade at an altitude of 16 cm. The position of the largest turbine produces maximum value.

Keywords : *Gearbox*, Torque, *Vortex*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Segala puji bagi Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayahnya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Kedalaman Posisi Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran Air Dengan Menggunakan Gearbox Berbasis Basin Kerucut”** ini. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing dan memberikan jalan dalam menuntun kami dari jalan kegelapan menuju cahaya kebenaran. Pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan saudara-saudara saya tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Bachtera Indarto, M.Si dan Iim Fatimah, M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan dan petunjuk dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Dr. Yono Hadi Pramono M,si selaku Kepala Departmen Fisika Fakultas Sains ITS dan Zaenal Arifin selaku Dosen Wali penulis.
4. Seluruh Dosen Pengajar di Jurusan Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Elektronika yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh anggota tim tugas akhir *vortex*, Arya, Gilang dan Rizki Dwi yang telah bekerjasama dan membantu dalam merancang alat dan pengambilan data tugas akhir ini.
6. Seluruh staff Laboratorium Fisika Dasar dan anggota penghuni Lab UPMB sekaligus rekan seperjuangan tugas akhir yang telah membantu semua kegiatan dalam pengerjaan tugas akhir.

7. Keluarga Fisika ITS Angkatan 2015 dan teman-teman angkatan lain yang memberikan dukungannya selama pengerjaan tugas akhir ini

Semoga laporan tugas akhir ini dapat menjadi referensi dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini maupun masa depan. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan baik isi maupun penulisan. Sehingga kritik dan saran sangat diharapkan agar terciptanya laporan yang lebih baik.

Surabaya, 20 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
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.....	7
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)\.....	7
2.2 PLTMH <i>Vortex</i>	8
2.3 Turbin Air	11
2.3.1 Turbin Vortex	12
2.3.2 Prinsip Kerja Turbin Vortex	13
2.4 Basin.....	14
2.5 Torsi.....	15
2.6 Pegas.....	16
2.7 Debit Air	17

2.8	Generator	18
2.9	Daya Listrik	18
BAB III METODOLOGI		21
3.1	Tahap-tahap Penelitian	21
3.2	Studi Literatur	22
3.3	Perancangan Alat dan Basin	22
3.4	Pembuatan Alat.....	25
3.5	Pengambilan Data	26
3.5.1.	Pengukuran konstanta pegas	26
3.5.2.	Pengukuran Torsi	27
3.5.3.	Pengukuran rpm	28
3.5.4.	Pengukuran tegangan dan arus.....	28
3.5.5.	Pengukuran Debit.....	28
3.6	Pembuatan Laporan	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Torsi pengereman	29
4.2	Rotasi Per Menit (RPM).....	31
4.3	Tegangan, Arus, dan Daya Listrik.....	33
BAB V KESIMPULAN		39
DAFTAR PUSTAKA.....		41
LAMPIRAN		43
BIODATA PENULIS.....		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Prinsip kerja PLTMH	8
Gambar 2. 2. Skema PLTMH <i>Vortex</i>	9
Gambar 2. 3. Tubin Vorteks.....	13
Gambar 2. 4. Basin berbentuk kerucut.....	14
Gambar 2. 5. Torsi pada sebuah benda.....	15
Gambar 2. 6.. Percobaan Konstanta pegas	17
Gambar 3. 1. Diagram alur penelitian	21
Gambar 3. 2. Rancang bangun PLTV	22
Gambar 3. 3. <i>Basin</i> kerucut.....	23
Gambar 3. 4. Turbin dengan 6 sudu <i>blade</i> tampak atas	24
Gambar 3. 5. Turbin dengan 6 sudu <i>blade</i> tampak samping	24
Gambar 3. 6. Rancang bangun PLTV <i>basin</i> kerucut.....	25
Gambar 3. 7. Pengukuran konstanta pegas metode statis.....	26
Gambar 3. 8.. Pengukuran torsi turbin	27
Gambar 4. 1. Grafik Torsi terhadap kedalaman turbin.....	32
Gambar 4. 2. Grafik RPM pada setiap kedalaman turbin.....	32
Gambar 4. 3 Grafik Tegangan dan arus.....	34
Gambar 4. 4. Grafik Tegangan terhadap kedalaman turbin	35
Gambar 4. 5.. Grafik arus terhadap pembebanan	35

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. . Data Torsi, RPM, Tegangan, dan Arus.....	43
Lampiran 2. Biodata.....	51

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting dan vital yang tidak lepas dari kehidupan sehari-hari. Kebutuhan manusia terhadap energi listrik sangat tinggi dimana peralatan elektronik mulai dari peralatan kerja, penerangan hingga hiburan seperti computer, lampu, televisi pasti membutuhkan energi listrik. Oleh sebab itu kesinambungan dan ketersediaan energi listrik harus dipertahankan. Saat ini kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk serta kemajuan teknologi informasi. Menurut data riset dari kementerian komunikasi dan informasi, pada Tahun 2019 Indonesia memiliki kebutuhan akan energi listrik yang sangat tinggi dan mencapai 50.000 Mega Watt. Energi memiliki peran yang sangat penting bagi pergerakan ekonomi Indonesia. Bila kita melihat kondisi saat ini, perkembangan industri di Indonesia semakin pesat. Di antara sektor pengguna energi yang lainnya, industri merupakan sektor pengguna energi terbesar, khususnya energi listrik. Sektor industri mengonsumsi 30% dari total penggunaan energi di Indonesia pada tahun 2012 (ESDM, 2013).

Peningkatan penggunaan energi listrik dapat dijadikan sebagai indikator meningkatnya kemakmuran suatu masyarakat. Namun pada waktu yang sama timbul masalah dalam upaya penyediannya. Hal ini disebabkan semakin menipisnya persediaan minyak bumi di Indonesia. Perkembangan teknologi dan perindustrian serta pertumbuhan penduduk yang pesat membuat kebutuhan akan listrik terus meningkat setiap tahunnya. Satu-dua abad lalu manusia menjadi amat bergantung pada bahan bakar fosil seperti minyak, batubara, dan gas alam untuk menghasilkan listrik. Ketika sumber BBM itu mulai menipis, melihat kondisi

tersebut maka sangatlah perlu dikembangkan energi alternatif terbarukan. Indonesia memiliki potensi yang besar untuk dikembangkannya energi alternatif terbarukan semisal dengan memanfaatkan panas bumi, energi matahari, angin, air, dan sebagainya (DJLPE-DESDM, 2005). Manusia kembali ke pembangkit energi alami yang murah bahkan mencoba pembangkit alternatif energi baru terbarukan.

Di Indonesia sendiri, seiring dengan menipisnya cadangan minyak dan gas bumi berdasarkan Outlook Energi Indonesia 2016 yang diterbitkan oleh Dewan Energi Nasional, Pemerintah mendorong untuk mengembangkan energi baru terbarukan sebagai prioritas utama untuk mengganti penggunaan energi fosil sebagai sumber energi, mengingat Indonesia memiliki potensi energi baru terbarukan yang cukup besar namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu proyek yang dikembangkan oleh pemerintah saat ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro (PLTMH). Proyek ini telah dikembangkan diberbagai desa di tanah air (Outlook Energi Indonesia, 2016)

Pada penelitian ini, untuk mengatasi ketersediaan energi listrik di Indonesia, penulis melakukan penelitian tentang pembangkit listrik yang memanfaatkan energi baru terbarukan dalam hal ini salah satunya yaitu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang merupakan pembangkit listrik ramah lingkungan. PLTMH menerapkan konsep energi, yakni mengubah energi kinetik maupun energi potensial air yang berupa kecepatan aliran, kedalaman, dan tekanan menjadi energi mekanik untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik sehingga muncul energi listrik. Salah satu pengembangan PLTMH yaitu pembangkit listrik tenaga *vortex*. Oleh karena itu, untuk lebih mengembangkan sistem PLTMH yang lebih ramah lingkungan, maka dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Kedalaman Posisi Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran Air Menggunakan *Gearbox* Berbasis Basin Kerucut” sebagai solusi untuk energi alternatif yang ada di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah yang terdapat pada penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Berapa RPM yang dihasilkan WGVPP dengan menggunakan gearbox?
2. Berapa Torsi maksimal yang dihasilkan WGVPP dengan menggunakan gearbox?
3. Berapa arus dan tegangan listrik yang dihasilkan WGVPP dengan menggunakan gearbox?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Mengetahui nilai RPM yang dihasilkan WGVPP dengan menggunakan gearbox
2. Mengetahui Torsi maksimal yang dihasilkan WGVPP dengan menggunakan gearbox
3. Mengetahui besar arus dan tegangan yang dihasilkan WGVPP dengan menggunakan gearbox

1.4 Manfaat Penelitian

Alat ini diharapkan dapat memberikan manfaat yakni, dapat meminimalisasi penggunaan energi fosil karena diperoleh sumber energi baru yang dapat dibangkitkan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan WGVPP dan Mengurangi kelangkaan energi listrik, terutama di daerah-daerah terpencil karena PLTMH WGVPP dapat diterapkan di berbagai daerah tanpa menyebabkan polusi dan hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan energi alternatif

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Debit air yang digunakan tetap yaitu 146,76 L/m.
2. Bentuk basin yang digunakan kerucut dengan diameter inlet 50cm sedangkan diameter outlet 3cm dan tinggi basin 60cm.
3. Bentuk Blade turbin yang digunakan pada penelitian ini hanya berbentuk Trapesium dengan 6 sudu.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini meliputi 5 bab sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir tentang beberapa materi penunjang untuk melakukan penelitian ini

BAB III: METODOLOGI

Bab ini berisi tentang metode dan tahap pengambilan data pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang data-data yang diperoleh dari penelitian dan analisa data

BAB V : PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisikan identitas buku, jurnal, situs web, maupun hal lain yang dijaikan referensi dalam penulisan.

LAMPIRAN

Lampiran berisikan data penelitian, biodata penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

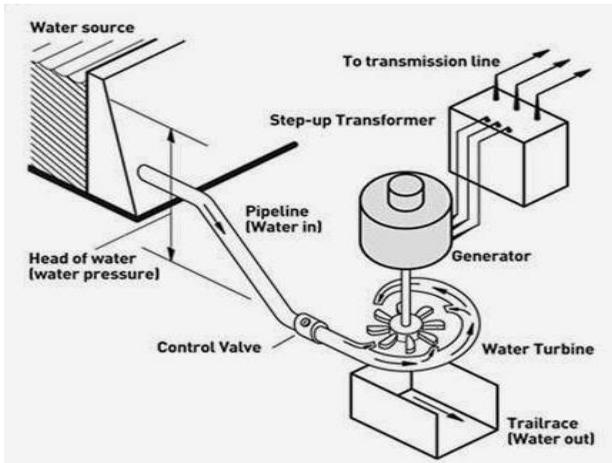
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

PLTMH adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Semakin besar kapasitas aliran maupun kedalamannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. PLTMH menerapkan konsep energi, yakni mengubah energi kinetik maupun energi potensial air yang berupa kecepatan aliran, kedalaman, dan tekanan menjadi energi mekanik untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik sehingga muncul energi listrik. Memperlihatkan ketika air memasuki sebuah wadah (*basin*) yang melingkar dengan *inlet* secara *tangensial* dan *outlet* pada pusat basin yang alirannya ke arah bawah sehingga mendapat pengaruh dari gravitasi bumi akibat adanya perbedaan tinggi permukaan air dan outlet (*head*). Pusaran yang terjadi disebut *vortex*. Torsi yang dihasilkan dari pusaran air dimanfaatkan untuk memutar turbin yang diletakkan di bagian tengah pusaran yang kecepatan rotasinya yang paling besar. Putaran turbin menghasilkan energi mekanik yang kemudian bisa dirubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator (Power, 2016).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil dengan output di bawah 100 KW yang memanfaatkan potensi aliran air yang terdapat di pedesaan sebagai sumber tenaga misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun alam. PLTMH memiliki konstruksi yang sederhana, mudah dioperasikan, mudah dalam perawatan serta dengan biaya investasi yang terjangkau sehingga cocok diterapkan untuk menerangi wilayah pedesaan yang tidak terjangkau aliran listrik PLN.

Pada dasarnya pembangkit listrik tenaga mikro hidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat

diubah menjadi energi listrik. Secara teknis, pembangkit listrik tenaga mikro hidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut



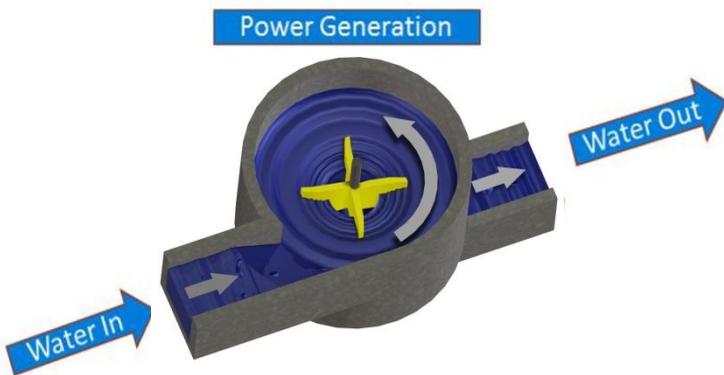
Gambar 2. 1. Prinsip kerja PLTMH (Theraja, 2001)

2.2 PLTMH *Vortex*

PLTMH *vortex* adalah suatu pembangkit listrik bertenaga air skala kecil yang menggunakan kaidah vortex atau pusaran air. PLTMH vortex mampu bekerja pada head yang rendah dengan turbin konvensional untuk Energi Baru Terbarukan (EBT). PLTMH *vortex* pertama kali dirancang oleh peneliti Austria bernama Franz Zotloterer ketika beliau sedang mencari cara yang paling efisien untuk memanfaatkan air. PLTMH vortex ini termasuk penemuan EBT yang ramah lingkungan dan tidak berbahaya untuk makhluk hidup di dalam air karena memiliki kecepatan putar turbin yang rendah (Dhakar, S., Timilsina, A. B., 2015).

Dibawah basin yang berbentuk lingkaran tersebut, terdapat outlet untuk keluarnya air dimana diameter pada outlet lebih kecil

dibanding diameter inlet. Pusaran air akan terbentuk didalam basin ketika air mengalir menuju outlet akibat adanya gravitasi. Turbin pada PLTMH vortex ini tidak bergerak karena adanya perbedaan tekanan namun bergerak karena gaya dinamik pada vortex. Prinsip kerja PLTMH *vortex* adalah air memasuki sebuah inlet yang berukuran besar dan bergerak melalui sebuah saluran menuju sebuah basin berbentuk lingkaran, kemudian air bergerak secara tangensial dapat dilihat pada Gambar 2.2. (Dhakal, S., Timilsina, A. B., 2015).



Gambar 2. 2. Skema PLTMH *Vortex*

(Nauman Hanif Khan, 2016)

Vortex adalah sebuah aliran potensial dasar, di mana aliran tadi mengalir dalam lintasan-lintasan berbentuk lingkaran yang sepusat. *Vortex* adalah kebalikan dari konsep *source* dan *sink*. Kalau *source* dan *sink* kecepatan yang arahnya tangensial (v_θ) adalah nol, maka *Vortex* kecepatan yang arahnya radial (v_r) yang nol. Sehingga, alirannya divisualisasikan seperti aliran fluida yang bergerak dalam lintasan melingkar

Ingat kembali persamaan fungsi arus dan potensial kecepatan pada *source* dan *sink*, sekali lagi ditekankan bahwa pada *source*

dan *sink* kurva dari fungsi arusnya adalah garis-garis yang keluar atau masuk titik, sementara kurva dari potensial kecepatannya adalah lingkaran-lingkaran yang konsentris. Karena *vortex* merupakan kebalikan dari konsep *source* dan *sink*, di mana kurva dari fungsi arusnya (garis arus) adalah lingkaran-lingkaran yang konsentris sementara kurva dari potensial kecepatannya adalah garis-garis yang keluar dari pusat lingkaran konsentris tadi. Sehingga persamaan potensial kecepatan *source* dan *sink* sebagai fungsi arus untuk *vortex* ditunjukkan Persamaan 2.1.

$$\Psi = -K \ln r \quad (2.1)$$

$$\Phi = K\theta \quad (2.2)$$

Dengan K adalah suatu konstanta pengganti ($m/2\pi$) pada *source* dan *sink*. Sehingga kita dapat menentukan kecepatan tangensial (v_θ) dari *vortex*,

$$v_\theta = \frac{\partial \Phi}{r \partial \theta} = \frac{\partial K\theta}{r \partial \theta} = \frac{K}{r} \frac{\partial \theta}{\partial \theta} = \frac{K}{r} \quad (2.3)$$

Tafsiran dari persamaan di atas, kecepatan tangensial dari *vortex* akan berbanding terbalik dari jarak titik yang ingin diketahui kecepatan tangensialnya dari pusat *vortex*. Yang apabila nilai dari $r = 0$ dalam artian pada pusat dari *vortex*, kecepatan tangensialnya menjadi tak terdefinisi atau memiliki singularitas (singularitas dalam matematika adalah suatu titik di mana objek tidak dapat didefinisikan secara matematis).

Vortex dibedakan menjadi dua, yaitu *free vortex* (*vortex* bebas) dan *forced vortex* (*vortex* paksa). Yang membedakan di antara keduanya adalah sifat fluida yang mengalir dalam aliran *vortex* tadi. *Free vortex* adalah aliran *vortex* di mana fluida yang mengalir bersifat *irrotational*. Contoh yang paling mudah dari aliran *vortex* bebas ini adalah tornado atau pusaran air pada buangan bak mandi. Dan *forced vortex* adalah aliran *vortex* di

mana fluida yang mengalir bersifat *rotational*. Oleh karena itu *forced vortex* tidak akan dibahas, karena bukan merupakan aliran potensial yang disebabkan sifat alirannya yang *rotational*.

Dalam pembahasan *vortex*, kita perlu mengenal suatu konsep yang disebut dengan sirkulasi. Sirkulasi yang dilambangkan sebagai “*gamma capital*” atau (Γ) secara matematika didefinisikan sebagai integral dari perkalian kecepatan tangensial suatu objek dengan lintasannya sepanjang lintasannya yang tertutup. Dan dituliskan dalam Persamaan 2.4.

$$\Gamma = \oint V \cdot ds \quad (2.4)$$

(Sihombing, 2014)

2.3 Turbin Air

Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk industry pembangkit listrik. Sekarang lebih umum dipakai untuk generator listrik. Turbin ini dimanfaatkan secara luas dan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharukan. Kincir air sudah sejak lama digunakan untuk industri tenaga listrik. Pada mulanya yang dipertimbangkan adalah ukuran kincirnya, yang membatasi debit dan head yang dapat dimanfaatkan. Perkembangan kincir air menjadi turbin modern membutuhkan jangka waktu yang cukup lama. Perkembangan yang dilakukan dalam waktu revolusi industry menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Mereka juga mengembangkan teknologi material dan metode produksi baru pada saat itu.

Kata "*turbine*" ditemukan oleh seorang insinyur Perancis yang bernama *Claude Bourdin* pada awal abad 19, yang diambil dari terjemahan bahasa Latin dari kata "*whirling*"(pusaran) atau "*vorteks*" (pusaran air). Perbedaan dasar antara turbin air awal dengan kincir air adalah komponen putaran air yang memberikan energi pada poros yang berputar. Komponen tambahan ini

memungkinkan turbin dapat memberikan daya yang lebih besar dengan komponen yang lebih kecil. Turbin dapat memanfaatkan air dengan putaran lebih cepat dan dapat memanfaatkan head yang lebih tinggi. (Untuk selanjutnya dikembangkan turbin impulse yang tidak membutuhkan putaran air).

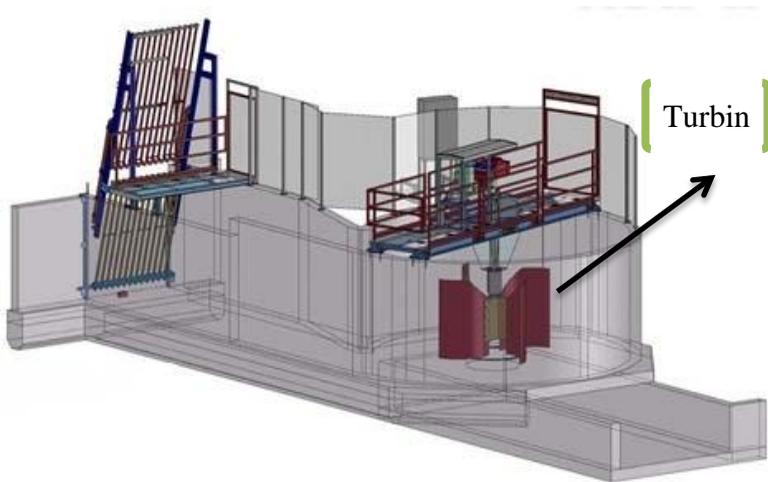
Turbin – turbin hidrolik berfungsi mengubah energi air menjadi energi kinetik, kemudian energi kinetik akan diubah menjadi energi listrik oleh generator. Hal ini menyebabkan setiap pembahasan tentang turbin hidrolik akan mengikutsertakan generator sebagai pembangkit listrik. Air mengalir melalui turbin akan memberikan tenaga pada penggerak (*runner*) turbin dan membuat *runner* itu berputar. Poros dari penggerak turbin berhubungan dengan poros generator sehingga energi kinetik turbin menjadi input bagi generator dan diubah menjadi energi listrik. Jadi turbin – turbin hidrolik menempati kunci dalam bidang teknik hidrolik dan memberikan kontribusi yang besar dari seluruh biaya proyek, terutama untuk PLTA skala besar.

2.3.1 Turbin Vortex

Turbin ini dinamakan sebagai Gravitation Water *Vorteks* Power Plant (GWVPP) oleh penemunya Frans Zotleterer berkebangsaan Austria, tetapi nama turbin ini dikenal juga sebagai turbin *Vorteks* atau turbin pusaran air. Sesuai dengan namanya pusaran air ini memanfaatkan pusaran air buatan untuk memutar sudu turbin dan kemudian energi pusaran air diubah menjadi energi putaran pada poros. Prosesnya air dari sungai dialirkan melalui saluran masuk ke tanki turbin yang berbentuk lingkaran dan di bagian tengah dasar tanki terdapat saluran buang berupa lingkaran kecil. Akibat saluran buang ini maka air mengalir akan membentuk aliran pusaran air. Ketinggian air (*head*) yang diperlukan untuk turbin berkisar 0,7 – 2 m dan debit berkisar 1000 liter per detik. Turbin ini sederhana, mudah dalam perawatannya, kecil, kuat, dan bertahan hingga 50 – 100 tahun.

2.3.2 Prinsip Kerja Turbin Vortex

Sistem PLTA pusaran air adalah sebuah teknologi baru yang memanfaatkan energi yang terkandung dalam pusaran air yang besar yang dibuat dengan menciptakan melalui perbedaan *head* rendah di sungai. Cara kerjanya dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.

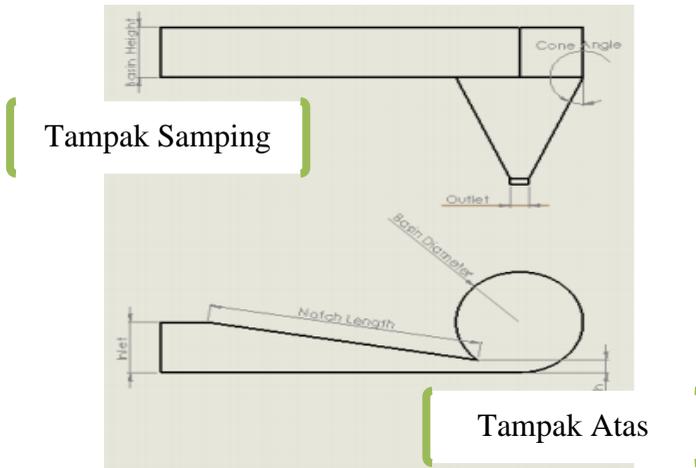


Gambar 2. 3. Turbin Vorteks (Rajput Rames, 2000)

1. Air Sungai dari tepi sungai disalurkan dan diarahkan ke tangki sirkulasi. Tangki sirkulasi ini memiliki suatu lubang lingkaran pada dasarnya.
2. Tekanan pada lubang dasar tangki dan kecepatan air pada titik masuk tangki sirkulasi mempengaruhi kekuatan aliran *vorteks*.
3. Energi potensial seluruhnya diubah menjadi energi kinetik rotasi di inti *vortex* yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.
4. Air kemudian kembali kesungai melalui saluran keluar

2.4 Basin

Basin atau tempat penampung air yang nantinya akan terjadi pembentukan *vortex* ini, pada umumnya hanya dibentuk kerucut seperti pada Gambar 2.4.

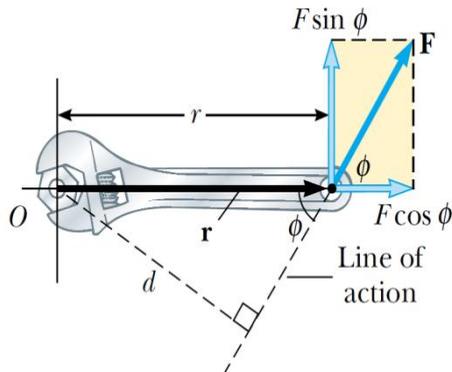


Gambar 2. 4. Basin berbentuk kerucut (Dhakai, 2015)

Basin adalah wadah yang menghasilkan *vortex* dari aliran air sekaligus sebagai tempat diletakkannya turbin sehingga turbin dapat berputar mengikuti pusaran air berdasarkan kedalaman gravitasi. Pusaran air atau *vortex* yang terbentuk pada basin akan menggerakkan turbin sehingga energi gerak potensial dan kinetik yang terjadi pada basin dapat dikonversikan menjadi listrik pada generator nantinya. Basin dapat terjadi *vortex* apabila diameter inlet pada harus lebih besar daripada diameter outlet pada basin.

2.5 Torsi

Pada saat suatu gaya diberikan pada suatu benda dan berputar terhadap sebuah sumbu putarnya, maka benda akan cenderung berputar terhadap sumbu tersebut. Kecenderungan benda berputar terhadap suatu sumbu akibat suatu gaya disebut dengan torsi. Sebuah gaya diberikan pada suatu benda seperti pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 5. Torsi pada sebuah benda

(serway,2014)

Pada Gambar 2.5 bila suatu gaya F diberikan pada suatu benda dengan kemiringan ϕ sehingga benda berotasi terhadap sumbu O maka torsi τ yang terbentuk adalah:

$$\tau = F \sin\phi \cdot r = Fr \quad (2.5)$$

Untuk r adalah garis tegak lurus gaya F terhadap titik O (serway, 2014).

Perubahan panjang pegas yang digunakan untuk mendapatkan nilai torsi yang dihasilkan oleh turbin. Sehingga Persamaan 2.5 dapat berubah menjadi:

$$\tau = k \cdot \Delta x \cdot r \quad (2.6)$$

Dengan :

$$\tau = \text{Torsi (N/m)}$$

- k = konstanta pegas
 Δx = perubahan panjang pegas (m)
 r = jari-jari poros turbin

2.6 Pegas

Pegas adalah salah satu contoh benda elastis yang digunakan untuk menyimpan energi mekanis. Oleh karena sifat elastisnya ini, suatu pegas yang diberi gaya tekan atau gaya renggang akan kembali ke keadaan setimbangnya mula-mula apabila gaya yang bekerja padanya dihilangkan. Jika sebuah pegas ditarik dengan gaya tertentu, maka panjangnya akan berubah. Semakin besar gaya tarik yang bekerja, semakin besar pertambahan panjang pegas tersebut. Ketika gaya tarik dihilangkan, pegas akan kembali ke keadaan semula. Jika beberapa pegas yang berbeda ditarik dengan gaya yang sama, pertambahan panjang setiap pegas akan berbeda. Perbedaan ini disebabkan oleh karakteristik setiap pegas. Karakteristik suatu pegas dinyatakan dengan konstanta pegas (k).

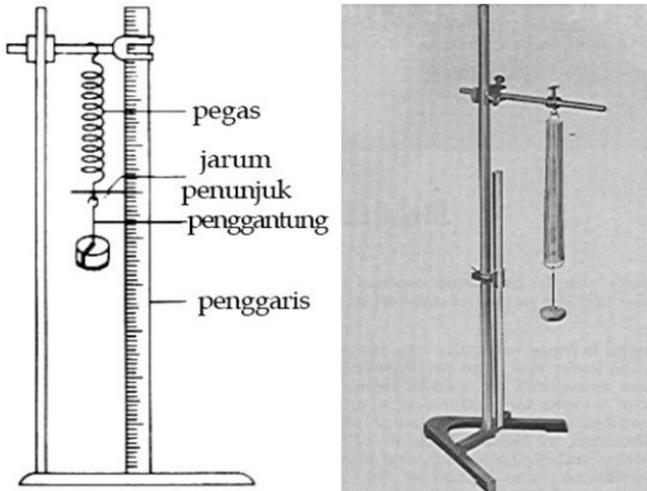
Hukum Hooke

Jika gaya yang bekerja pada sebuah pegas dihilangkan, pegas tersebut akan kembali ke keadaannya semula. Hooke menyimpulkan bahwa sifat elastis pegas tersebut ada batasnya dan besar gaya pegas sebanding dengan pertambahan panjang pegas.

Pegas apabila ditarik dengan gaya tertentu di daerah yang berada dalam batas kelentingannya akan bertambah panjang sebesar Δx . Dari hasil percobaan, juga didapatkan bahwa besar gaya pegas pemulih sebanding dengan pertambahan panjang pegas Δx . Secara matematis, pernyataan tersebut dapat ditunjukkan oleh Persamaan 2.7.

$$F = -k \Delta x. \quad (2.7)$$

Dengan k = tetapan pegas / konstanta pegas (N/m)



Gambar 2. 6.. Percobaan Konstanta pegas

2.7 Debit Air

Debit merupakan pengertian volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu. Pengertian lain debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Dwiyanto, 2016). Debit dapat dihitung dengan Persamaan 2.8:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.8)$$

dimana:

Q = Debit (m^3/s)

V = Volume wadah (m^3)

t = waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi wadah (s)

Beberapa parameter yang diukur adalah tampang lintang sungai, elevasi muka air, dan kecepatan aliran (Dwiyanto, 2016).

Selanjutnya, debit aliran dihitung dengan mengalikan luas penampang dan kecepatan aliran.

2.8 Generator

Generator listrik memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Walau generator dan motor punya banyak kesamaan, tetapi motor adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tetapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel lilitannya. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tetapi tidak menciptakan air di dalamnya. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apa pun sumber energi mekanik yang lain.

2.9 Daya Listrik

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsinya. Daya listrik pada Rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dihitung menggunakan

hukum Joule, sesuai nama fisikawan Britania James Joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik, dan sebaliknya melalui Persamaan 2.9 berikut.

$$P = V.I \quad (2.9)$$

Dimana,

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

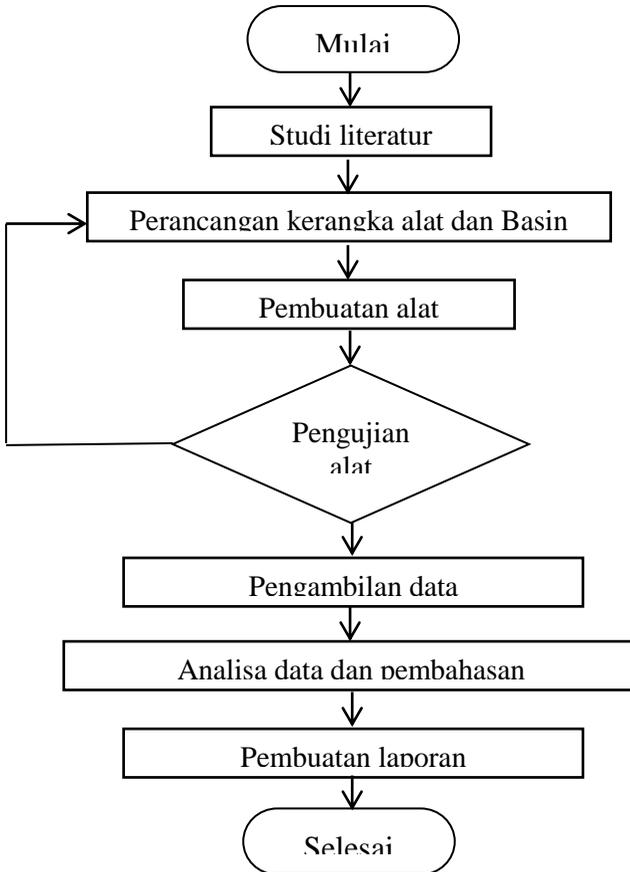
I = Arus Listrik (Ampere)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alur pada Gambar 3.1



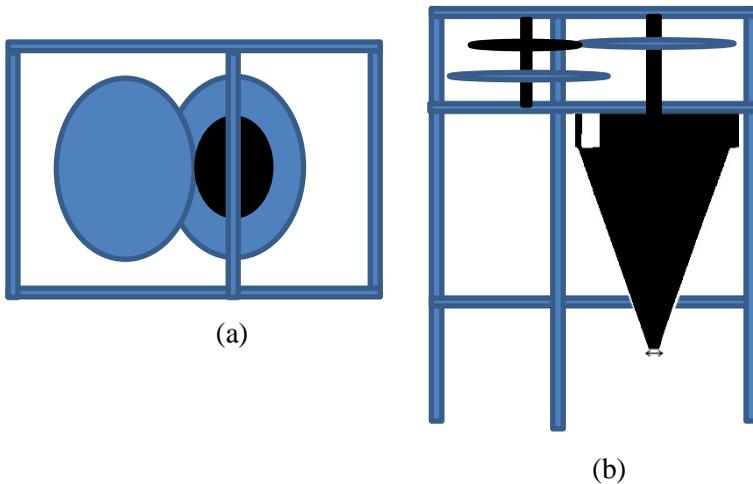
Gambar 3. 1. Diagram alur penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dengan melakukan pencarian terhadap berbagai sumber tertulis, baik berupa buku-buku, arsip, majalah, artikel, dan jurnal, atau dokumen-dokumen yang relevan dengan permasalahan yang dikaji. Sehingga informasi yang didapat dari studi kepustakaan ini dijadikan rujukan untuk memperkuat argumentasi-argumentasi yang ada. Studi literatur ini dilakukan setelah menentukan topik penelitian dan ditetapkannya rumusan permasalahan, sebelum terjun ke lapangan untuk mengumpulkan data yang diperlukan

3.3 Perancangan Alat dan Basin

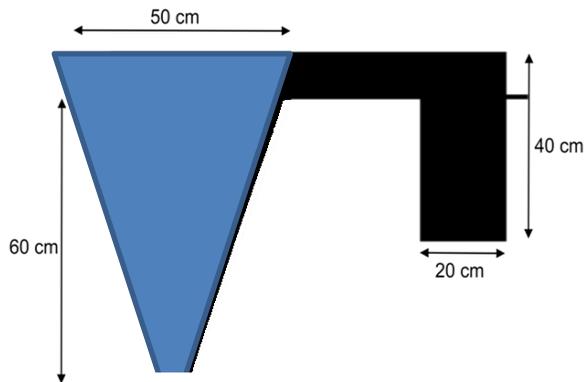
Perancangan alat dan basin dilakukan setelah melakukan studi literatur dari referensi-referensi yang telah dibaca. Dan selanjutnya akan dirancang seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2. Rancang bangun PLTV (a) Tampak atas (b) Tampak samping

Gambar 3.2 menunjukkan rancangan alat dari PLTV ini dengan bahan dasar dari alat ini adalah besi berbentuk L sebagai penyangga *basin* PLTV dan segala komponen lainnya. Komponen utama dari rancang bangun PLTV ini adalah *basin* PLTV dan Gear yang terdapat pada kerangka alat

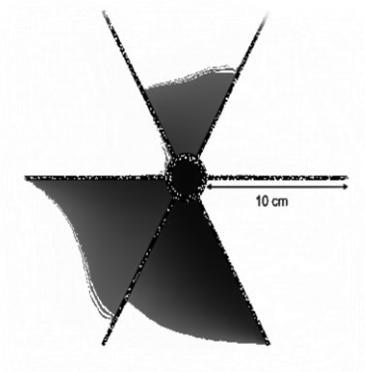
Basin yang digunakan pada penelitian ini yaitu *basin* yang berbentuk kerucut, dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



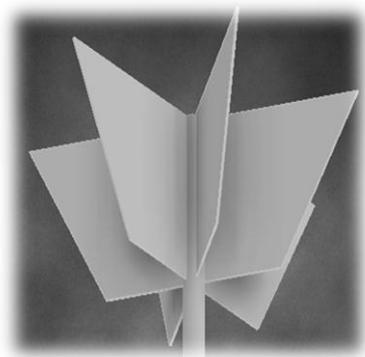
Gambar 3.3. *Basin* kerucut

Gambar 3.3 menunjukkan *basin* yang memiliki ukuran tinggi 60cm dan memiliki diameter 50cm pada permukaan atasnya sedangkan outputnya berdiameter 3 cm.

Perancangan turbin dapat dilihat pada gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3. 4. Turbin dengan 6 sudu *blade* tampak atas



Gambar 3. 5. Turbin dengan 6 sudu *blade* tampak samping

Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 menunjukkan turbin yang digunakan memiliki 6 sudu dengan bentuk trapesium

3.4 Pembuatan Alat

Pembuatan alat dilakukan setelah perancangan alat dan basin yang telah dilakukan pada tahap sebelum, berikut proses pembuatan alat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.6.



(a)



(b)

Gambar 3. 6. Rancang bangun PLTV *basin* kerucut

(a) Tampak depan (a) Tampak samping

Pada Gambar 3.6 merupakan hasil dari pembuatan rancang bangun PLTV dengan menggunakan basin kerucut. Rancang bangun ini telah disesuaikan dengan rancang bangun dan untuk dilakukan pengujian serta pengambilan data. Pada proses

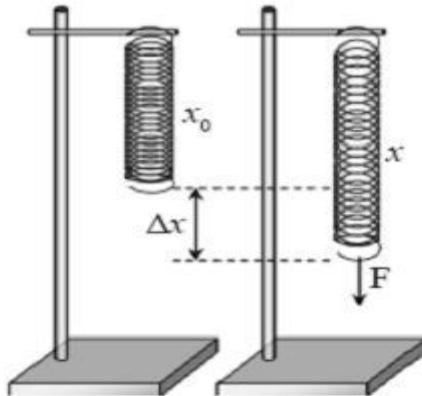
pengambilan data pengaliran air dengan menggunakan pompa dengan debit sebesar 146,76 liter/menit. Pengukuran debit air didapatkan dengan pada pengisian kotak penampungan air yang memiliki volume 9m^3 .

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 dihsaikan oleh generator serta nilai daya total yang diperoleh pembangkit listrik tenaga pusanan air. Pada penelitian ini menggunakan variasi berupa kedalaman letak sudu turbin dengan 5 variasi kedalaman yang dihitung dari permukaan *basin*, yaitu 16 cm, 14 cm, 12 cm dan 10 cm dan 8 cm.

3.5.1. Pengukuran konstanta pegas

Pengukuran konstanta pegas dilakukan dengan cara percobaan statis seperti pada Gambar 3.7

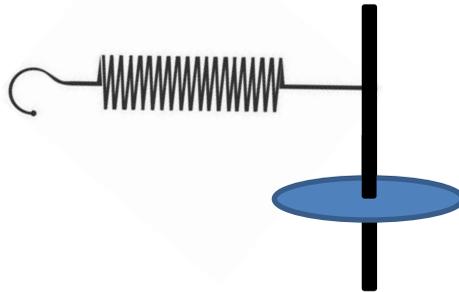


Gambar 3. 7. Pengukuran konstanta pegas metode statis

Pada Gambar 3.7 beban yang digunakan sebanyak 5 variasi beban yang dilakukan selama 10 kali pengulangan sehingga akan mendapat nilai konstanta pegas yang maksimal.

3.5.2. Pengukuran Torsi

Pengukuran Torsi dilakukan dengan cara percobaan seperti pada Gambar 3.7 dengan menggunakan pegas yang sama pada tahap pengambilan data konstanta pegas yang selanjutnya akan dicari dengan menggunakan Persamaan 2.6



Gambar 3. 8.. Pengukuran torsi turbin

Skema pengambilan data torsi yang terlihat pada Gambar 3.8 dengan menggunakan pegas yang digunakan sebagai rem pada poros turbin, maka akan didapatkan perubahan panjang pegas yang digunakan untuk mendapatkan nilai torsi yang dihasilkan oleh turbin melalui Persamaan 2.6. Dapat dilihat bahwa ketika turbin telah berputar kemudian dihubungkan dengan sebuah pegas melalui tali, maka perputaran turbin akan melemah dan berhenti setelah beberapa saat karena efek pengereman dari pertambahan panjang pegas.

3.5.3. Pengukuran rpm

Pengukuran rpm dilakukan dengan menggunakan metode klasik menggunakan analisa perputaran turbin pada setiap menitnya. Rpm diukur dengan cara menghitung jumlah putaran pada turbin selama waktu 1 menit. Rpm dihitung dengan menyambungkan kawat pada besi turbin kemudian dihitung berapa kali kawat menyentuh tangan dalam waktu 1 menit.

3.5.4. Pengukuran tegangan dan arus

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

3.5.5. Pengukuran Debit

Pengukuran debit dilakukan dengan cara pertama yaitu menghitung jumlah volume pada balok dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 40 cm, kemudian mengalirkan air dari pompa ke balok dengan menghitung waktu sampai balok tersebut penuh sehingga akan didapat nilai debit air yaitu

3.6 Pembuatan Laporan

Setelah semua tahapan diatas telah dilakukan dan didapatkan data berupa Torsi, rpm, tegangan, dan arus, kemudian dibuat laporan hasil penelitian yang telah dilakukan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

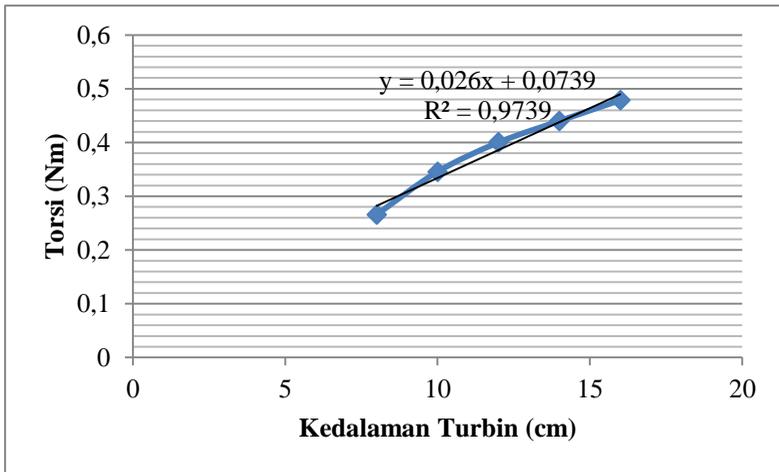
4.1 Torsi pengereman

Torsi pengeremandidapatkan dengan dilakukan menggunakan pegas yang sama pada saat mencari nilai konstanta pegas. Konstanta pegas yang didapatkan yaitu 153,9140 N/m. Pada penelitian kali ini menggunakan basin kerucut dan turbin dengan jumlah 6 sudu. Karena pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rivian dan Haswin di dapatkan nilai maksimal pada basin kerucut dibandingkan basin silinder. Torsi didapatkan menggunakan pegas yang diikat dengan tali untuk pada poros turbin yang berputar akibat pusaran air vortex untuk melakukan pengereman. Pada saat putaran poros turbin akan berhenti dan maksimal maka akan disambungkan dengan tali yang terhubung dengan pegas sehingga pegas akan memanjang sekaligus melakukan pengereman pada putaran poros turbin. Perubahan panjang pegas diperoleh dari nilai x_1 yaitu panjang pegas ketika melakukan pengereman pada poros turbin yang dikurangi dengan panjang awal pegas tanpa perlakuan, dengan kata lain merupakan delta dari kondisi awal dan akhir dari pegas itu sendiri. Jari-jari dari poros turbin memiliki ukuran 0,9 cm.

Dengan menggunakan Persamaan 2.6 nilai torsi didapatkan seperti pada tabel 2 pada lampiran. Pada Tabel 2 nilai torsi yang didapatkan pada penelitian ini memiliki nilai yang berbeda pada setiap variasi kedalaman turbin. Pada variasi kedalaman turbin nilai torsi pada kedalaman 16 cm dari permukaan basin memiliki nilai yang paling besar yaitu dengan nilai 0,4786 Nm. Kemudian nilai torsi terbesar kedua dihasilkan untuk kedalaman turbin 14 cm dari permukaan basin dengan nilai 0,4400 Nm. Nilai torsi pada kedalaman 12 cm dari permukaan basin adalah senilai 0,4000 Nm. Sedangkan pada kedalaman turbin 10 cm dari permukaan basin memiliki nilai sebesar 0,3455 Nm. Dan nilai

torsi terkecil dihasilkan oleh turbin dengan penempatan 8 cm dari permukaan basin atau yang paling atas dengan nilai 0,2658 Nm.

Grafik nilai Torsi terhadap kedalaman turbin, nilai yang didapatkan terlihat bahwa semakin dalam penempatan sudu terhadap permukaan air maka semakin besar juga torsi yang akan dihasilkan. Begitupun sebaliknya semakin dekat penempatan sudu turbin terhadap permukaan air, maka akan semakin kecil nilai torsi yang dihasilkan. Dapat terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1. Grafik Torsi terhadap kedalaman turbin

Gambar 4.1 yang menunjukkan perbandingan antara nilai torsi terhadap variasi kedalaman penempatan turbin bahwa perbandingan nilai torsi terhadap kedalaman penempatan sudu turbin adalah linier. Hal ini dipengaruhi oleh gaya tekan air ketika terbentuk *vortex* pada basin, selain itu juga dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang terjadi pada pusaran air. Dengan adanya gaya gravitasi bumi yang mengakibatkan aliran air menuju kebawah dengan cepat sehingga membentuk pusaran air. Karena gaya gravitasi inilah kekuatan pusaran air yang ada di bagian bawah

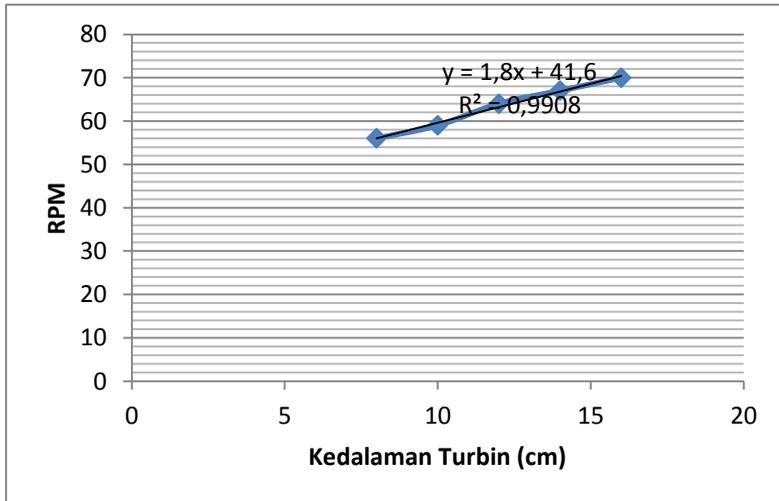
juga semakin kuat daripada gaya pusaran air di bagian permukaan atau atas. Sehingga kekuatan dari pusaran air inilah yang menyebabkan bertambahnya kecepatan rotasi turbin yang kemudian akan meningkatkan nilai torsi yang dihasilkan. Pusaran air yang terjadi akibat dari debit air yang mengalir dari pompa, semakin besar debit air maka semakin besar torsi yang dihasilkan.

4.2 Rotasi Per Menit (RPM)

Rotasi turbin terjadi karena adanya fenomena vortex yang ada pada basin kerucut, sehingga air yang berputar dari atas sampai kebawah membentur turbin yang menyebabkan turbin tersebut bergerak rotasi. Pada penelitian ini perputaran turbin dihitung dan dinyatakan dalam rotasi per menit (RPM) yang diukur dengan menggunakan cara klasik. Pengambilan data dilakukan dengan cara menghitung jumlah putaran turbin dalam waktu 1 menit. Nilai kecepatan rotasi turbin dapat dilihat pada Tabel 4 pada lampiran. dengan menggunakan variasi kedalaman turbin terhadap permukaan basin sebesar 8 cm, 10 cm, 12 cm 14 cm dan 16 cm.

Terlihat perbandingan nilai rpm pada setiap kedalaman bahwa semakin dalam penempatan sudu turbin atau bisa dikatakan semakin jauh penempatan sudu turbin dari permukaan air maka nilai rotasi per menit yang dihasilkan akan semakin besar, begitu pun sebaliknya semakin tinggi penempatan sudu turbin maka nilai rpm yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan pengaruh gaya gravitasi bumi yang mempengaruhi aliran dan pusaran air sehingga semakin kebawah datau dalam, maka pusaran air yang terbentuk akan semakin kuat dan hal ini akan diikuti oleh kecepatan rotasi dari turbin. Karena hal inilah mengapa penempatan sudu turbin berpengaruh pada nilai rotasi per menit yang dihasilkan oleh turbin. Untuk pengaruh variasi kedalaman penempatan sudu turbin, nilai tertinggi didapatkan pada jarak 16 cm dari permukaan air atau merupakan yang terdalam jika ditinjau dalamnya peletakan sudu turbin pada basin,

pada kedalaman tersebut rpm dari turbin adalah sebesar 70 rpm. Grafik perbandingan nilai RPM pada setiap kedalaman posisi turbin dari permukaan basin dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Grafik RPM pada setiap kedalaman turbin

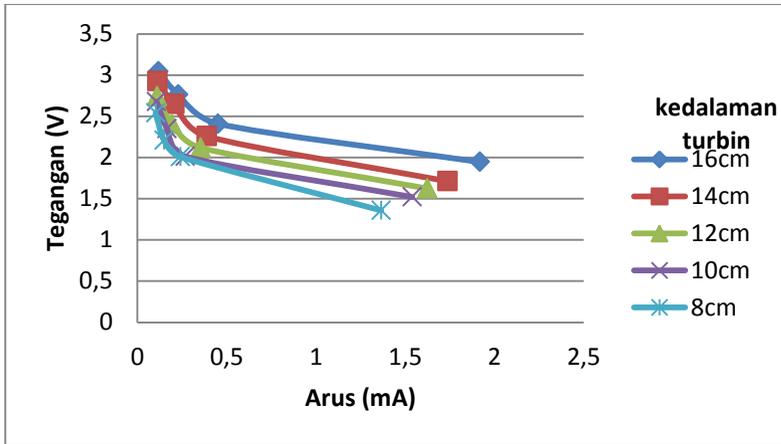
Dapat dilihat nilai rpm pada turbin didapatkan nilai terbesar dengan nilai rpm maksimum didapatkan nilai sebesar 70 rpm. Rpm menandakan kecepatan angular dari suatu benda yang berputar pada porosnya, pada sistem *vortex* ini terdapat hubungan antara kecepatan berputarnya turbin dengan pusaran air atau *vortex* yang terbentuk. Karena kecepatan turbin akan semakin meningkat ketika pusaran semakin bagus, sehingga akan menyebabkan kecepatan turbin mengalami percepatan, karena dalam penelitian ini pusaranlah yang akan menggerakkan turbin sehingga turbin berputar dan akan dikonversikan menjadi daya dengan menggunakan generator. Sehingga ketika terbentuk dengan pusaran yang kuat maka akan menghasilkan putaran turbin yang juga semakin cepat.

Sedangkan nilai rpm terendah dihasilkan oleh penempatan sudu turbin pada jarak 8 cm dari permukaan air, yaitu dengan nilai sebesar 56 rpm.

4.3 Tegangan, Arus, dan Daya Listrik

Generator yang digunakan pada penelitian ini adalah generator DC. Pengambilan data tegangan dan arus pada penelitian ini dengan menggunakan multimeter yang dihubungkan dengan generator yang diulang sebanyak 20 kali pengambilan data. Data dari tegangan dan arus dapat dilihat pada Tabel 7. Tegangan yang dihasilkan variasi kedalaman turbin untuk tegangan terbesar yaitu pada penempatan sudu dengan jarak 16 cm dari permukaan basin dengan nilai 3,6328 V. Kemudian nilai tegangan terbesar kedua dihasilkan untuk kedalaman turbin 14 cm dari permukaan basin dengan nilai 3,3165 V. Nilai tegangan pada kedalaman 12 cm dari permukaan basin adalah senilai 3,2265 V. Sedangkan pada kedalaman turbin 10 cm dari permukaan basin memiliki nilai sebesar 3,1475 V. Dan nilai tegangan terkecil dihasilkan oleh turbin dengan penempatan 8 cm dari permukaan basin atau yang paling atas dengan nilai 2,9595 V.

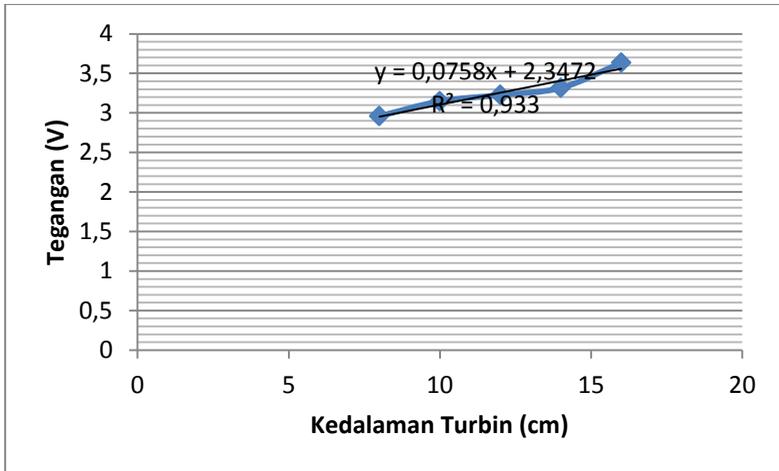
Gambar 4.4 merupakan grafik perbandingan antara kedalaman turbin dari permukaan basin untuk nilai tegangan. Sedangkan untuk pengukuran arus pada generator dilakukan pengambilan data dengan menggunakan pembebanan resistor, pada penelitian ini, beban resistor yang digunakan adalah sebesar 1 k Ω , 10 k Ω , 12 k Ω dan 14 k Ω . Hasil dari pengambilan data arus dengan menggunakan pembebanan resistor dapat dilihat pada Tabel 7. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan basin kerucut dan tabung, didapatkan hasil bahwa nilai arus terbesar yang dihasilkan adalah sebesar 1,9172 mA yaitu terdapat pada variasi kedalaman turbin 16 cm dari permukaan air dan dengan menggunakan pembebanan resistor 1 k Ω .



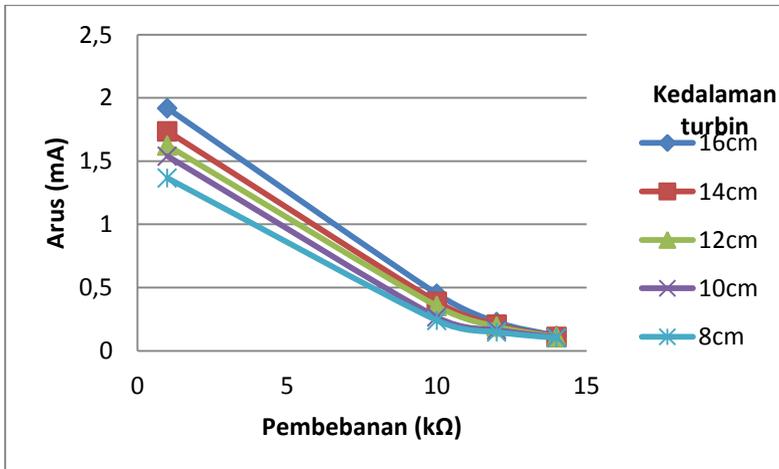
Gambar 4. 3 Grafik Tegangan dan arus

Pada Gambar 4.3 adalah grafik perbandingan nilai tegangan dan arus pada variasi kedalaman 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm dan 16 cm. Dimana nilai arus dengan pembebanan 1 k Ω memiliki nilai yang paling besar daripada dengan menggunakan Pembebanan 10 k Ω , 12 k Ω , dan 14 k Ω . Besarnya nilai arus yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 7.

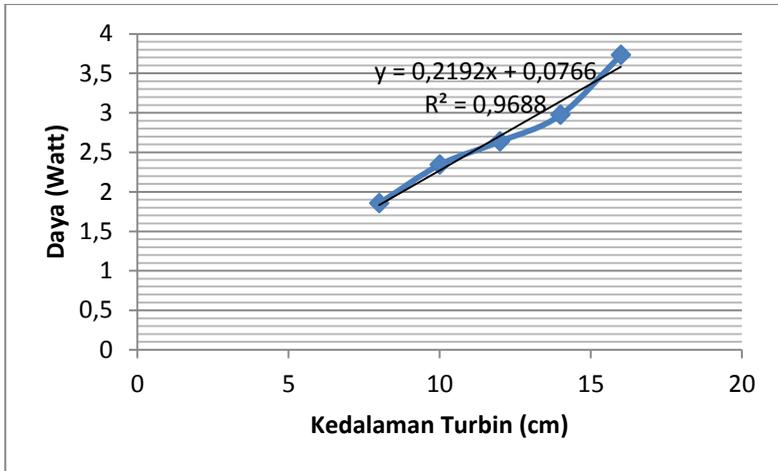
Kemudian didapatkan nilai daya listrik yang dihasilkan oleh generator yang didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2.5 dari data arus dan tegangan yang diperoleh dengan menggunakan pembebanan resistor dengan variasi 4 buah resistor yaitu 1 k Ω , 10 k Ω , 12 k Ω dan 14 k Ω dan dapat dilihat pada Tabel 5. Didapatkan nilai daya terbesar yang dihasilkan adalah sebesar 3,7299 Watt dengan nilai terkecil yang dihasilkan adalah 0,2580 Watt. Grafik pengaruh kedalaman turbin terhadap nilai tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.4. Sedangkan pengaruh nilai kedalaman turbin terhadap nilai arus listrik dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 4. Grafik Tegangan terhadap kedalaman turbin



Gambar 4. 5. Grafik arus terhadap pembebanan



Gambar 4. 6. Grafik Daya terhadap kedalaman turbin

Nilai daya terkecil dihasilkan oleh kedalaman sudu turbin 8 cm dari permukaan basin, yaitu senilai 0,2580 Watt. didapatkan kesimpulan semakin besar posisi kedalaman sudu turbin maka nilai daya yang dihasilkan juga akan semakin besar. Pada Gambar 4.6 menunjukan perbandingan daya yang dihasilkan pada setiap variasi kedalaman. pembebanan resistor juga sangat berpengaruh terhadap nilai daya yang dihasilkan. Dari Tabel 5. didapatkan nilai terbesar dimiliki oleh variasi nilai resistor yaitu pembebanan dengan resistor sebesar 1 k Ω . Sedangkan nilai daya terkecil didapatkan dengan menggunakan variasi pembebanan resistor sebesar 14 k Ω .

RPM, Torsi dan daya listrik yang didapatkan melalui perhitungan arus dan tegangan hasil penelitian. Ketiga data tersebut memiliki hubungan yang saling mempengaruhi hasil satu dengan yang lainnya. Dapat dilihat pada data sebelumnya bahwa semakin tinggi nilai torsi yang dihasilkan oleh turbin, maka akan semakin besar juga nilai rpm yang dihasilkan, begitu pun sebaliknya, semakin kecil torsi turbin, maka semakin kecil

pula rpm yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan secara umum nilai dari torsi dan rpm adalah berbanding lurus, sehingga data yang diperoleh sesuai dengan teori yang digunakan dalam penelitian. Kecepatan rotasi dari turbin sendiri dipengaruhi oleh kecepatan pusaran air yang terjadi pada basin, karena semakin besar pusaran yang dihasilkan basin maka akan semakin cepat turbin berputar dan torsi yang dihasilkan pun juga akan semakin besar. Sementara daya listrik yang dihasilkan oleh generator nilainya juga berbanding lurus dengan kecepatan rotasi dari turbin. Semakin cepat turbin berputar maka akan semakin besar juga daya yang dihasilkan oleh generator, begitu juga sebaliknya, semakin lambat perputaran pada turbin maka daya yang dihasilkan oleh generator juga semakin kecil. Hubungan ini terjadi karena turbin yang mempengaruhi kinerja dari generator yang digunakan. Kecepatan perputaran turbin akan mempengaruhi kecepatan berputar generator sehingga secara langsung memberikan pengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh generator. Pada generator sendiri prinsip kerjanya adalah dengan menghasilkan energi listrik berupa arus dan tegangan dengan merupakan energi mekanik pada baling-baling generator yang diubah menjadi energi listrik. Sehingga semakin cepat generator berputar maka daya yang dihasilkan juga akan semakin besar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pusaran dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Besar Torsi maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 0,4786 Nm dengan variasi kedalaman posisi sudu turbin 16 cm, sedangkan besar torsi terkecil yaitu 0,2658
2. Nilai tertinggi didapatkan pada jarak 16 cm dari permukaan basin, kedalaman tersebut rpm dari turbin adalah sebesar 70 rpm. Sedangkan nilai rpm terendah dihasilkan oleh penempatan sudu turbin pada jarak 8 cm dari permukaan air, yaitu dengan nilai sebesar 56 rpm.
3. Besar tegangan terbesar adalah sebesar 3,6328 V sedangkan nilai arus yang terbesar adalah 1,9172 mA

5.2. Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan variasi jumlah blade
2. Membuat basin dengan variasi yang lain
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh besar diameter input dan output terhadap daya maksimum yang dihasilkan.
4. Daya yang dihasilkan generator perlu wadah penyimpanan
5. Membuat blade dengan bentuk melengkung
6. Dinamo yang digunakan memiliki spesifikasi sesuai dengan torsi yang dihasilkan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Azhad Faizur, dkk. 2015. *Comparison of cylindrical and conical basins with optimum position of runner: Gravitational water vortex power plant*. Renewable and Sustainable Energi Reviews 48 662–669
- Christine Power, Aonghus McNabola, et al, 2016, “A Parametric Experimental Investigation of the Operating Conditions of Gravitational Vortex Hydropower (GVHP)”, *Journal of Clean Energy Technologies*, vol. 4 No. 2, 112-119.
- Dhakal, S., Timilsina, A. B., et al., 2015, “Mathematical modeling, design optimization and experimental verification of conical basin : Gravitational water vortex power plant”, dalam *World Largest Hydro Conference*
- DJLPE-DESDM. 2005. *Indonesia Energi Outlook & Statistic 2004*. Jakarta: Kementrian ESDM.
- Dwiyanto, Very. 2016. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Lampung: Universitas Lampung.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2013. *Kajian Supply dan Demand Energi*. Jakarta: Kementrian ESDM.
- Nauman Hanif Khan, 2016, “Blade Optimization of Gravitational Water Vortex Turbine”, Tesis MT, Teknik Mesin, Ghulam Ishaq Khan Institute of Engineering Sciences and Technology.
- 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.
- W.A. Doble.1899, *The Tangential Water Whwwl*. Transactions of the American Institute of Mining Engineers, Vol. XXIX

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. . Data Torsi, RPM, Tegangan, dan Arus

Tabel 1. Hasil Pengambilan data torsi (Nm)

Kedalaman sudu turbin (cm)				
16 cm	14 cm	12 cm	10 cm	8 cm
0,4803	0,4390	0,3990	0,3483	0,2629
0,4830	0,4430	0,4016	0,3456	0,2682
0,4777	0,4377	0,3963	0,3389	0,2696
0,4830	0,4443	0,3990	0,3443	0,2629
0,4763	0,4363	0,4030	0,3416	0,2669
0,4817	0,4457	0,4016	0,3469	0,2696
0,4723	0,4363	0,3950	0,3443	0,2616
0,4763	0,4377	0,4003	0,3496	0,2629
0,4803	0,4443	0,3990	0,3469	0,2669
0,4750	0,4377	0,4016	0,3443	0,2629
0,4723	0,4430	0,3990	0,3483	0,2696
0,4777	0,4377	0,4003	0,3443	0,2656
0,4790	0,4363	0,4030	0,3509	0,2642
0,4803	0,4443	0,3963	0,3429	0,2682
0,4777	0,4377	0,4043	0,3483	0,2656
0,4790	0,4403	0,3950	0,3443	0,2669
0,4763	0,4430	0,4030	0,3429	0,2629
0,4790	0,4363	0,4003	0,3469	0,2696
0,4830	0,4390	0,4003	0,3483	0,2616
0,4817	0,4403	0,4016	0,3429	0,2669

Tabel 2. Torsi Hasil Pengukuran

Kedalaman (cm)	Torsi (N m)
16	0,4786
14	0,4400
12	0,4000
10	0,3455
8	0,2658

Tabel 3. Hasil Pengambilan data RPM (rpm)

Kedalaman sudu turbin (cm)				
8 cm	10 cm	12 cm	14 cm	16 cm
56	59	64	67	70
55	59	64	67	70
56	60	65	67	70
57	58	64	67	70
58	59	66	69	70
56	60	63	66	71
56	59	64	66	70
54	57	63	67	69
56	59	63	67	70
56	60	64	69	70

Tabel 4. RPM Hasil Pengukuran

Kadalaman (cm)	Kecepatan Angular (rpm)
16	70
14	67
12	64

10	59
8	56

Tabel 5. Hasil Pengambilan data Tegangan (V)

Kedalaman sudu turbin (cm)				
16 cm	14 cm	12 cm	10 cm	8 cm
3,68	3,31	3,25	3,15	2,96
3,69	3,31	3,22	3,15	2,96
3,69	3,32	3,22	3,14	2,96
3,63	3,32	3,22	3,15	2,96
3,64	3,31	3,23	3,15	2,95
3,63	3,31	3,23	3,15	2,95
3,63	3,32	3,23	3,15	2,95
3,65	3,32	3,22	3,14	2,96
3,63	3,32	3,21	3,11	2,96
3,65	3,32	3,20	3,12	2,94
3,60	3,32	3,25	3,15	2,97
3,60	3,31	3,25	3,16	2,95
3,64	3,32	3,23	3,15	2,96
3,65	3,32	3,23	3,14	2,97
3,66	3,31	3,22	3,15	2,97
3,66	3,32	3,21	3,16	2,96
3,66	3,31	3,20	3,16	2,96
3,60	3,32	3,20	3,16	2,96
3,63	3,32	3,25	3,16	2,97
3,62	3,32	3,26	3,15	2,97

Tabel 6. Tegangan Hasil Pengukuran

Tinggi (cm)	Tegangan (V)
16	3,6328
14	3,3165
12	3,2265
10	3,1475
8	2,9595

Tabel 7. Hasil Pengambilan data Arus

Kedalaman Sudu Turbin (cm)	R = 1000 Ω		R = 1000 Ω		R = 12000 Ω		R = 14000 Ω	
	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)
16	1,90	1,92	2,40	0,45	2,76	0,22	3,09	0,11
	1,99	1,90	2,41	0,45	2,76	0,22	3,00	0,12
	1,99	1,90	2,41	0,45	2,76	0,22	3,00	0,10
	1,98	1,98	2,41	0,45	2,77	0,22	3,09	0,11
	1,98	1,99	2,40	0,44	2,77	0,22	3,09	0,11
	1,99	1,99	2,40	0,45	2,76	0,21	3,09	0,11
	1,80	1,90	2,41	0,45	2,77	0,22	3,00	0,11
	1,99	1,90	2,42	0,44	2,77	0,20	3,00	0,11
	1,80	1,91	2,41	0,46	2,77	0,21	3,09	0,11
	1,98	1,92	2,41	0,45	2,76	0,22	3,09	0,11
	1,99	1,91	2,42	0,45	2,75	0,22	3,00	0,11
	1,99	1,99	2,42	0,46	2,76	0,20	3,01	0,11
	1,80	1,99	2,40	0,45	2,77	0,22	3,01	0,11
	1,90	1,90	2,40	0,45	2,77	0,22	3,01	0,12
	1,90	1,91	2,41	0,45	2,76	0,22	3,02	0,10
	1,98	1,99	2,42	0,46	2,77	0,22	3,09	0,11
	1,99	1,90	2,43	0,45	2,77	0,22	3,09	0,11

	1,99	1,99	2,40	0,44	2,76	0,23	3,00	0,11
	1,98	1,99	2,40	0,45	2,77	0,22	3,00	0,11
	1,99	1,91	2,41	0,46	2,76	0,22	3,09	0,11
14	1,71	1,73	2,27	0,37	2,69	0,21	2,93	0,11
	1,71	1,73	2,27	0,37	2,61	0,21	2,93	0,11
	1,70	1,74	2,26	0,39	2,69	0,20	2,94	0,11
	1,70	1,74	2,26	0,39	2,68	0,20	2,92	0,11
	1,71	1,72	2,27	0,39	2,60	0,20	2,93	0,11
	1,71	1,73	2,25	0,39	2,60	0,21	2,93	0,11
	1,72	1,72	2,20	0,38	2,61	0,21	2,92	0,09
	1,72	1,74	2,22	0,38	2,69	0,21	2,95	0,11
	1,76	1,72	2,22	0,39	2,69	0,21	2,94	0,08
	1,72	1,73	2,25	0,38	2,69	0,20	2,92	0,10
	1,71	1,73	2,26	0,39	2,60	0,20	2,92	0,10
	1,71	1,72	2,26	0,39	2,60	0,20	2,92	0,10
	1,70	1,75	2,25	0,39	2,68	0,20	2,93	0,10
	1,70	1,75	2,27	0,37	2,69	0,21	2,92	0,11
	1,70	1,74	2,28	0,37	2,69	0,22	2,92	0,11
	1,72	1,76	2,28	0,37	2,61	0,21	2,92	0,11
	1,71	1,76	2,27	0,38	2,60	0,20	2,91	0,11
	1,72	1,75	2,27	0,38	2,60	0,20	2,92	0,11
	1,71	1,74	2,27	0,37	2,69	0,21	2,92	0,11
	1,71	1,72	2,28	0,37	2,69	0,20	2,92	0,11
12	1,62	1,62	2,11	0,35	2,40	0,19	2,75	0,11
	1,62	1,62	2,11	0,35	2,40	0,19	2,75	0,10
	1,62	1,62	2,11	0,35	2,40	0,18	2,75	0,10
	1,63	1,66	2,11	0,36	2,41	0,18	2,74	0,10
	1,61	1,65	2,11	0,36	2,41	0,19	2,76	0,10
	1,63	1,63	2,11	0,35	2,42	0,19	2,76	0,10
	1,62	1,65	2,12	0,36	2,42	0,10	2,74	0,10
	1,62	1,62	2,12	0,35	2,42	0,20	2,75	0,10

	1,62	1,62	2,12	0,35	2,42	0,20	2,75	0,10
	1,63	1,65	2,11	0,35	2,41	0,19	2,74	0,10
	1,63	1,63	2,11	0,36	2,40	0,19	2,73	0,10
	1,63	1,65	2,12	0,36	2,40	0,19	2,73	0,10
	1,63	1,66	2,12	0,36	2,40	0,19	2,73	0,10
	1,62	1,65	2,12	0,35	2,40	0,19	2,74	0,10
	1,62	1,65	2,13	0,35	2,41	0,19	2,75	0,10
	1,63	1,62	2,13	0,35	2,40	0,19	2,73	0,10
	1,63	1,62	2,12	0,35	2,41	0,19	2,73	0,10
	1,62	1,63	2,12	0,36	2,42	0,18	2,74	0,10
	1,62	1,62	2,12	0,36	2,41	0,20	2,75	0,10
	1,63	1,62	2,12	0,35	2,40	0,19	2,73	0,10
10	1,52	1,56	2,02	0,26	2,38	0,16	2,68	0,10
	1,52	1,56	2,02	0,27	2,30	0,16	2,68	0,10
	1,52	1,55	2,01	0,26	2,38	0,16	2,68	0,10
	1,52	1,55	2,01	0,26	2,38	0,17	2,68	0,10
	1,53	1,56	2,02	0,26	2,30	0,17	2,67	0,10
	1,52	1,52	2,02	0,27	2,39	0,16	2,67	0,10
	1,53	1,54	2,00	0,25	2,39	0,17	2,67	0,10
	1,54	1,53	2,00	0,25	2,39	0,16	2,67	0,09
	1,53	1,58	2,03	0,25	2,30	0,16	2,68	0,09
	1,54	1,56	2,03	0,25	2,33	0,18	2,68	0,09
	1,51	1,55	2,00	0,26	2,33	0,18	2,68	0,10
	1,52	1,52	2,00	0,26	2,33	0,16	2,68	0,10
	1,52	1,52	2,01	0,26	2,33	0,18	2,68	0,10
	1,50	1,53	2,02	0,25	2,38	0,18	2,67	0,10
	1,50	1,53	2,02	0,26	2,39	0,16	2,68	0,09
	1,52	1,54	2,02	0,25	2,39	0,17	2,68	0,09
	1,53	1,52	2,01	0,25	2,38	0,16	2,68	0,09
	1,50	1,52	2,00	0,25	2,30	0,16	2,67	0,10
	1,53	1,52	2,00	0,26	2,30	0,16	2,69	0,10

	1,52	1,53	2,02	0,25	2,31	0,16	2,68	0,10
8	1,37	1,39	2,00	0,25	2,20	0,16	2,54	0,10
	1,37	1,39	2,00	0,25	2,21	0,15	2,55	0,10
	1,37	1,38	2,01	0,24	2,22	0,15	2,56	0,10
	1,35	1,39	2,01	0,24	2,21	0,15	2,55	0,10
	1,35	1,39	2,03	0,24	2,21	0,15	2,54	0,10
	1,36	1,39	2,01	0,24	2,21	0,16	2,54	0,10
	1,36	1,38	2,01	0,23	2,20	0,15	2,55	0,10
	1,35	1,36	2,00	0,23	2,20	0,15	2,55	0,10
	1,35	1,36	2,00	0,24	2,20	0,15	2,55	0,11
	1,36	1,36	2,00	0,24	2,21	0,15	2,55	0,10
	1,36	1,35	2,00	0,23	2,21	0,14	2,54	0,10
	1,36	1,35	2,02	0,25	2,21	0,14	2,54	0,10
	1,36	1,36	2,01	0,23	2,22	0,16	2,56	0,10
	1,37	1,35	2,01	0,24	2,20	0,15	2,55	0,09
	1,37	1,35	2,01	0,24	2,20	0,15	2,53	0,09
	1,34	1,36	2,01	0,23	2,21	0,14	2,53	0,09
	1,34	1,35	2,01	0,25	2,21	0,14	2,51	0,10
	1,35	1,35	2,01	0,25	2,20	0,15	2,52	0,10
1,35	1,35	2,01	0,25	2,20	0,14	2,53	0,10	
1,36	1,35	2,01	0,24	2,21	0,15	2,55	0,10	

Tabel 8. Arus Hasil Pengukuran

R (Kohm)	Arus (mA)				
	16cm	14cm	12cm	10cm	8cm
1	1,9172	1,7360	1,6240	1,5395	1,3655
10	0,4505	0,3875	0,3540	0,2665	0,2405
12	0,2275	0,2055	0,1925	0,1660	0,1490
14	0,1175	0,1110	0,1090	0,1065	0,1015

Tabel 9. Daya yang dihasilkan generator

R (Kohm)	Daya (watt)				
	16cm	14cm	12cm	10cm	8cm
1	3,7299	2,9729	2,6373	2,3415	1,8536
10	1,0854	0,8749	0,7494	0,5364	0,4830
12	0,6289	0,5441	0,4635	0,3899	0,3288
14	0,3575	0,3247	0,2989	0,2851	0,2580

Lampiran 2.

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis yaitu Ach. Rizki, dengan nama panggilan Rizki. Penulis dilahirkan di Sampang pada tanggal 25 Juli 1997. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Abdul Razak (Alm) dan Samsiyah dari lima bersaudara. Riwayat pendidikan penulis yaitu, SDN Dharma Tanjung IV lulus tahun 2009, SMPN 1 Camplong lulus tahun 2012, SMAN 1 Sampang lulus tahun 2015. Tahun 2015 masuk ke Departemen Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN. Penulis mengambil bidang minat Instrumentasi Elektronika. Pengalaman Organisasi semasa kuliah yaitu sebagai staff Departemen Kaderisasi JMMI ITS tahun 2016, Staff Departemen Syiar FOSIF ITS 2016. Kerja Praktek penulis dilaksanakan di PT PENTA INTI PERSADA. Motto hidup yaitu Bersyukurlah atas segala sesuatu yang terjadi, karena kita tidak tahu apakah itu baik atau buruk untuk kehidupan kita selanjutnya.

E-mail : rizkiach@gmail.com