

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTM) MENGGUNAKAN TURBIN PELTON SEBAGAI
SUMBER DAYA LISTRIK UNIVERSITY SMART GARDEN**

SKRIPSI

Oleh:

AINURRAHMAN
NIM. 18640067



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PENGAJUAN

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTM) MENGGUNAKAN TURBIN PELTON SEBAGAI
SUMBER DAYA LISTRIK UNIVERSITY SMART GARDEN**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)**

**Oleh:
AINURRAHMAN
NIM. 18640067**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
(PLTM) MENGGUNAKAN TURBIN PELTON SEBAGAI SUMBER DAYA
LISTRIK UNIVERSITY SMART GARDEN

SKRIPSI

Oleh:
AINURRAHMAN
NIM. 18640067

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

Pada tanggal: 13 Desember 2022

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP.19740730 200312 1 002

Pembimbing II



Arista Romadani, M.Sc
NIP. 19900905 201903 1 018

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP.19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

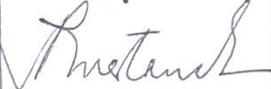
RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTM) MENGGUNAKAN TURBIN PELTON SEBAGAI SUMBER DAYA LISTRIK UNIVERSITY SMART GARDEN

SKRIPSI

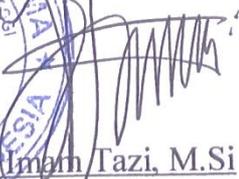
Oleh:

AINURRAHMAN
NIM. 18640067

Telah Dipertahankan di depan dewan penguji dan
diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 20 Desember 2022

Penguji Utama	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji	<u>Drs. Cecep Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D</u> NIP. 19590729 198602 1 001	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP.19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji	<u>Arista Romadani, M.Sc</u> NIP. 19900905 201903 1 018	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP.19740730 200312 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ainurrahman

NIM : 18640067

Prodi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
(PLTM) Menggunakan Turbin Pelton Sebagai Sumber Daya
Listrik University Smart Garden

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 20 Desember 2022
Yang Membuat Pernyataan



Ainurrahman
NIM. 18640067

MOTTO

"Learn To Be Someone Else, But Don't Be Someone Else"

**"Belajarliah Untuk Menjadi Orang Lain, Tapi Jangan Sampai Menjadi
Orang Lain Itu"**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayahnya serta memberikan nikmat sehat, kesabaran, pendidikan, dan ilmu pengetahuan sehingga tulisan ini dapat terselesaikan. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari jaman jahiliyah menuju jaman islamiyah yang terang dan penuh dengan teknologi. Semoga kita semua bisa mendapatkan syafa'at beliau sampai esok Fi Yaumul Qiyamah. Aamiin.

Tulisan ini saya persembahkan kepada:

1. Ibu Atmawiyah dan Daeng Silasa selaku kedua orang tua saya, Bapak Saleman dan Ibu Mahrawi selaku kakek dan nenek saya dan Samsul Arifin selaku kakak saya yang tiada henti mendo'akan, merawat, mendukung, memberi saran dan dukungannya kepada saya sehingga proses-proses ini terselesaikan dengan baik. Hanya ucapan terimakasih yang tiada bata, rasa cinta teriring do'a yang saya berikan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kelancaran, kemudahan, kesehatan, kebahagiaan dan perlindungan di dunia dan akhirat. Aamiin.
2. Seluruh keluarga saya yang selalu mendo'akan, memotivasi dan memberikan semangat untuk menyelesaikan tulisan ini.
3. Dr. Sri Harini. M,Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi yang selalu memberikan arahan , motivasi dan saran kepada saya selama menjadi mahasiswa.

4. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku ketua prodi dan pembimbing skripsi saya yang selalu memberikan arahan, motivasi dan saran kepada saya selama menjadi mahasiswa.
5. Para Dosen, Pembimbing, Penguji, Admin Jurusan dan laboran yang selalu memberikan ilmu pengetahuan, saran, masukan dan pengalaman. Semoga hal yang telah diberikan bisa memberikan manfaat kepada orang lain dan sekitar. Aamiin.
6. Arum Sekar Ayu Kinanti yang selalu mendampingi dan memberikan *support* terhadap saya dalam pengerjaan skripsi ini.
7. Teman-teman fisika angkatan 2018 (Great of Physics 18), Sahabat-sahabati PMII Rayon *Pencerahan* Galileo angkatan 2018 (Galaksi) dan Sahabat-sahabati PMII Komisariat Sunan Ampel UIN Malang periode 2022 yang selalu memberikan saran, *support* dan masukan terhadap saya selama mengerjakan skripsi ini.

Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah mendo'akan, memberi saran dan motivasi kepada saya. Semoga Allah SWT membalas seluruh kebaikan kalian dan menjadikan kita semua insan yang sukses dan selamat di dunia dan di akhirat. Aamiin.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTM) MENGGUNAKAN TURBIN PELTON SEBAGAI SUMBER DAYA LISTRIK UNIVERSITY SMART GARDEN”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Sains (S.Si). Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW. para sahabat, dan segenap orang yang mengikuti jejaknya.

Banyak sekali manfaat yang didapat oleh penulis selama penulisan skripsi ini diantaranya adalah meningkatkan kemampuan yang lebih di bidang penelitian fisika. Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Untuk itu, Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penyelesaian laporan ini.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus dosen pembimbing skripsi.
4. Arista Romadani, M.Sc selaku pembimbing integrasi skripsi.

5. Farid Samsu Hananto, M.T selaku ketua penguji skripsi.
6. Drs. Cecep Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D selaku anggota penguji skripsi.
7. Dg. Silasa selaku Ayah saya dan Atmawiyah selaku Ibu saya yang selalu mendo'akan dan memberi dukungan untuk putranya dalam segala hal.
8. Seluruh Dosen Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah memberikan ilmu, membimbing dan memberikan pengarahan selama perkuliahan.

Semoga Allah SWT membalas seluruh kebaikan dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat kelak, aamiin. Penulis berharap semoga laporan tugas akhir (skripsi) ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca laporan ini, serta menjadi tambahan wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, 20 Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
ملخص المحتوى	xix
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	5
BAB II	6
2.1 Definisi Turbin Air	6
2.2 Komponen Turbin Air	7
2.2.1 Rotor	7
2.2.2 Stator	8
2.3 Jenis-Jenis Turbin Air	8
2.3.1 Turbin Reaksi	9
2.3.2 Turbin Impuls	9
2.4 Turbin Pelton	10
2.4.1 Prinsip Kerja Turbin Pelton	12
2.4.2 Bagian-Bagian Turbin Pelton	12
2.5 Fluida Dinamis	18
2.6 Hukum Bernouli	18
2.7 Daya Listrik yang Dihasilkan	22
2.8 Perancangan Alat PLTM	25
2.8.1 Hubungan Kecepatan Pancar Air dan Kecepatan Tangensial	25
2.8.2 Nosel	26
2.8.3 Turbin	27
BAB III	31
3.1 Jenis Penelitian	31
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	31

3.3	Alat dan Bahan	31
3.3.1.	Alat Penelitian	31
3.3.2.	Bahan Penelitian.....	32
3.4	Tahapan Penelitian	32
3.4.1.	Diagram alir.....	32
3.4.2.	Perancangan Alat.....	33
3.4.3.	Cara Kerja Alat.....	33
3.4.4.	Perhitungan Alat.....	34
3.4.5.	Pembuatan Alat	39
3.4.6.	Pengambilan Data	40
3.4.7.	Variabel yang diukur.....	41
3.4.8.	Variabel yang divariasi.....	41
3.4.9.	Tabel variabel yang diukur.....	41
3.4.10.	Grafik hasil	42
BAB IV	43
4.1.	Hasil Penelitian	43
4.1.1.	Data Hasil Pengukuran Debit Air (Q).....	43
4.1.2.	Data Hasil Pengukuran pada Diameter Nosel 1,5”	43
4.1.3.	Data Hasil Pengukuran pada Diameter Nosel 1”	43
4.1.4.	Data Hasil Pengukuran pada Diameter Nosel ¾”	43
4.2.	Perhitungan.....	44
4.2.1.	Perhitungan Debit air (Q).....	44
4.2.2.	Perhitungan Daya dan Efisiensi pada Diameter Nosel 1,5”.....	45
4.2.3.	Perhitungan Daya dan Efisiensi pada Diameter Nosel 1”.....	47
4.2.4.	Perhitungan Daya dan Efisiensi pada Diameter Nosel ¾”	50
4.3.	Pembahasan	52
4.3.1.	Hubungan Debit Air (Q) Terhadap Diameter Nosel	52
4.3.2.	Hubungan Beban terhadap Putaran yang Dihasilkan pada Debit Air dan Nosel Tertentu	53
4.3.3.	Hubungan Daya Keluar terhadap Putaran yang Dihasilkan pada Diameter Nosel 1,5”,1” dan ¾”.....	54
4.3.4.	Hubungan Efisiensi Turbin terhadap Putaran yang Dihasilkan pada Diameter Nosel 1,5”,1” dan ¾”.....	55
4.4.	Perspektif Islam dalam Energi	58
BAB V	60
5.1.	Kesimpulan.....	60
5.2.	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Pelton	11
Gambar 2.2 Runner Turbin Pelton	13
Gambar 2.3 Bucket Runner	14
Gambar 2.4 Poros Runner	14
Gambar 2.5 Piringan Runner	15
Gambar 2.6 Nosel Turbin	15
Gambar 2.7 Rumah Turbin	16
Gambar 2.8 Pulley Turbin	16
Gambar 2.9 dua roda yang dihubungkan tali	17
Gambar 2.10 Bantalan Poros Turbin	18
Gambar 2.11 Konsep Hukum Bernoulli	19
Gambar 2.12 Konsep Persamaan Kontinuitas	21
Gambar 2.13 Skema rangkaian generator DC	23
Gambar 2.14 Grafik Perbandingan D/d dan Jumlah Sudu Turbin Pelton	28
Gambar 2.15 Desain bucket/sudu turbin	28
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	32
Gambar 3.2 Cara kerja alat	34
Gambar 5.1 PLTM menggunakan turbin pelton	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor-faktor koreksi daya yang akan di transmisikan (f_c)	30
Tabel 3.1 Kecepatan spesifik	36
Tabel 3.2 variabel yang di ukur	41
Tabel 4.1 data hasil pengukuran debit air	43
Tabel 4.2 data hasil pengukuran pada diameter nosel 1,5"	43
Tabel 4.3 data hasil pengukuran pada diameter nosel 1"	43
Tabel 4.4 data hasil pengukuran pada diameter nosel 3/4"	43
Tabel 4.5 hasil perhitungan debit air	45
Tabel 4.6 hasil perhitungan daya dan efesiensi turbin pada diameter nosel 1,5" ..	47
Tabel 4.7 hasil perhitungan daya dan efesiensi turbin pada diameter nosel 1"	49
Tabel 4.8 hasil perhitungan daya dan efesiensi turbin pada diameter turbin 3/4" ..	52

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1 hubungan debit air terhadap diameter nosel	42
Grafik 3.2 hubungan beban terhadap putaran	42
Grafik 3.3 hubungan daya keluar terhadap putaran	42
Grafik 3.4 hubungan efesiensi terhadap putaran	42
Grafik 4.1 Hubungan debit air terhadap diameter nosel	52
Grafik 4.2 Hubungan beban terhadap putaran yang dihasilkan	53
Grafik 4.3 Hubungan daya keluar terhadap putaran yang dihasilkan	54
Grafik 4.4 Hubungan efesiensi turbin terhadap putaran yang dihasilkan	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data Hasil Percobaan Tegangan dan Arus yang Dihasilkan Generator dengan 10 Pengulangan	66
Lampiran B Dokumentasi pengabilan Data dan Instalasi Kabel	67

ABSTRAK

Ainurrahman, 2022. Rancangan Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) Menggunakan Turbin Pelton Sebagai Sumber Daya Listrik University Smart Garden, Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing : (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Arista Romadani, M.Sc

Kata Kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro; Turbin; Turbin Pelton; Generator DC; Debit; Daya Listrik.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya aliran sungai dan anak sungai di Indonesia serta pemanfaatan aliran tersebut untuk pembangkit listrik. Penelitian ini dilakukan di aliran anak sungai depan Gedung Rektorat UIN Maulana Malik Ibrahim Malang menggunakan metode eksperimental dengan tujuan untuk mengetahui hasil pengaruh debit air dan putaran terhadap daya yang dihasilkan oleh generator DC serta hasil uji efisiensi turbin. Pengukuran daya dihasilkan dengan mengukur arus dan tegangan pada generator DC dengan variasi beban lampu 3 watt, 5 watt, 6 watt, 9 watt, 10 watt, dan 15 watt dengan variasi diameter nosel 1,5", 1" dan $\frac{3}{4}$ ". Pada diameter nosel 1,5" dengan beban lampu 3 watt dihasilkan debit air 0,00197 m³/s, putaran 342,6 RPM, daya 4,151 watt dan efisiensi turbin 30,68%. Diameter nosel 1" dengan beban lampu 3 watt dihasilkan debit air 0,00161 m³/s, putaran 297,4 RPM, daya 2,635 watt dan efisiensi turbin 23,78%. Diameter nosel $\frac{3}{4}$ " dengan beban lampu 3 watt dihasilkan debit air 0,00151 m³/s, putaran 253,7 RPM, daya 1,515 watt dan efisiensi turbin 21,01%. Dari data tersebut disimpulkan bahwa semakin besar diameter nosel maka semakin besar pula debit air, putaran turbin, daya pada generator dan efisiensi pada turbin. Berdasarkan hasil kesimpulan tersebut dapat dinyatakan bahwa nosel yang paling efisien untuk digunakan adalah nosel dengan diameter 1,5".

ABSTRACT

Ainurrahman, 2022. Design and Build Of a Micro Hydro Power Plant (PLTM) Using a Pelton Turbine as a Power Source University Smart Garden. Thesis. Departement Of Physisc, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Of Maulana Malik Ibrahim Malang.

Supervisor : (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Arista Romadani, M.Sc

Keywords : Micro-hidro Power Plant; Turbine; Pelton Turbine; DC Generator; Discharge; Power.

This research is motivated by the large number of rivers and tributaries in Indonesia and the utilization of these flows for power generation. This research was conducted in the tributary in front of the Rectorate Building of UIN Maulana Malik Ibrahim Malang using an experimental method with the aim of knowing the effect of water discharge and rotation on the power generated by the DC generator and the results of efficiency turbinePower measurements are generated by measuring the current and voltage on the DC generator with variations in light load of 3 watts, 5 watts, 6 watts, 9 watts, 10 watts and 15 watts with variations in nozzle diameter of 1.5", 1" and ¾". Diameter of nozzle 1.5" with a 3 watt light load, a water discharge of 0.00197 m³/s, a rotation of 342.6 RPM, a power of 4.151 watts and a turbine efficiency of 30.68% is produced. A 1" nozzle diameter with a 3 watt lamp load produces a water discharge of 0.00161 m³/s, a rotation of 297.4 RPM, a power of 2.635 watts and a turbine efficiency of 23.78%. The diameter of the nozzle is ¾" with a light load of 3 watts resulting in a water discharge of 0.00151 m³/s, a rotation of 253,7 RPM, 1.515 watts of power and efficiency of turbine 21.01%. From these data it can be concluded that the larger the diameter of the nozzle, the greater the water discharge, turbine rotation, generator power and turbine efficiency. Based on the results of these conclusions it can be stated that the most efficient nozzle to use is a nozzle with a diameter of 1.5".

ملخص المحتوى

عين الرحمن ، 2022. تصميم وبناء محطة لتوليد الطاقة المائية الدقيقة (PLTM) باستخدام توربين بيلتون كمصدر للطاقة الحديقة الذكية للجامعة ، أطروحة. برنامج دراسة الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة ولاية مولانا مالك إبراهيم مالانج.
المستشار: (I) د. الإمام التازي ، ماجستير (II) أريستا الرمذاني ، ماجستير

الكلمات المفتاحية: محطة توليد الطاقة الكهرومائية الدقيقة، التوربينات ; توربين بيلتون ; مولد التيار المستمر ; التفريغ ; الطاقة الكهربائية.

هذا البحث مدفوع بالعدد الكبير من الأنهار والروافد في إندونيسيا واستخدام هذه التدفقات لتوليد الطاقة. تم إجراء هذا البحث في الرافد أمام مبنى إدارة جامعة العين مولانا مالك إبراهيم مالانج باستخدام طريقة تجريبية بهدف معرفة تأثير تصريف المياه والدوران على الطاقة المولدة بواسطة مولد التيار المستمر ونتائج اختبارات كفاءة التوربينات. يتم إنشاء قياسات القدرة عن طريق قياس التيار والجهد على مولد التيار المستمر مع اختلافات في الحمل الخفيف من 3 وات ، 5 واط ، 6 واط ، 9 واط ، 10 واط ، 15 واط مع اختلافات في قطر الفوهة 1.5 ، "1" و "3/4". عند قطر فوهة بقطر 1.5 بوصة مع حمل خفيف 3 وات ، يتم إنتاج تصريف مياه $0,00197 \text{ m}^3/\text{s}$ ، ودوران 342,6 RPM ، وبقوة 4.151 وات وكفاءة توربينية بنسبة 30,68% . نتج عن فوهة قطرها 1 بوصة مع حمل خفيف 3 وات تصريف مياه قدره $0,00161 \text{ m}^3/\text{s}$ ، ودوران 297,4 RPM ، و 2.635 واط من الطاقة 23,78% . يبلغ قطر الفوهة 3/4 " مع حمل خفيف يبلغ 3 واط ينتج عنه تصريف مياه قدره $0,00151 \text{ m}^3/\text{s}$ ، ودوران 253,7 RPM ، و 1.515 وات من الطاقة و كفاءة التوربينات 21,01% . من هذه البيانات يمكن استنتاج أنه كلما زاد قطر الفوهة ، زاد تصريف المياه ودوران التوربين وقوة المولد وكفاءة التوربين. بناءً على نتائج هذه الاستنتاجات ، يمكن القول أن الفوهة الأكثر كفاءة للاستخدام هي فوهة بقطر 1.5 بوصة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan ilmu pengetahuan tidak akan lepas dari bentuk, situasi, kondisi dan proses dari setiap fenomena alam yang terjadi. Fluida atau lebih spesifiknya adalah air merupakan salah satu perkembangan ilmu pengetahuan yang saat ini banyak dikembangkan oleh para ilmuwan khususnya dalam bidang teknologi energi terbarukan. Dalam hal ini, berbicara tentang fluida kita tidak akan terlepas dari sungai. Dimana sungai merupakan suatu ekosistem yang sangat bermanfaat bagi makhluk hidup baik dalam bidang pertanian, perhubungan dan teknologi. Sungai menurut syarifuddin pada buku sains geografi yang terbit pada tahun 2000 adalah suatu aliran air di permukaan yang besar serta berbentuk memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) ke hilir (muara). Indonesia merupakan suatu negara yang memiliki banyak sungai. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh kementerian lingkungan hidup, Indonesia memiliki sungai utama sedikitnya 5.590 dan 65.017 anak sungai yang tersebar di nusantara. Hal ini merupakan suatu anugerah yang diberikan tuhan kepada kita semua untuk dimanfaatkan dalam kehidupan kita.

Disebutkan pula dalam al-qur'an tentang sungai yakni pada QS. An-nahl ayat 15 yang berbunyi :

وَأَلْقَى فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ وَأَنْهَارًا وَسُبُلًا لَعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ

“Dan Dia menancapkan gunung di bumi agar bumi itu tidak goncang, bersama kamu, (dan Dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk” (QS. An-nahl : 15).

Dari ayat di atas dapat disimpulkan bahwa Allah SWT menciptakan gunung dan menancapkannya dengan kuat agar bumi tidak goyang sehingga manusia agar nyaman dalam melaksanakan kegiatan sehari-harinya dalam mendekati diri kepadanya. Allah SWT juga menciptakan sungai-sungai agar bisa di manfaatkan oleh makhluk hidup sesuai dengan kebutuhan setiap makhluk hidup dan Allah SWT juga melarang kita untuk merusak alam seperti yang disebutkan pada QS. Ar-Rum ayat 41 dan juga di jelaskan pada tafsir Al-Mishbah Volume 10.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ
يَرْجِعُونَ

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. Ar-Rum : 41).

Dalam Tafsir Al-Mishbah Volume 10 pada QS. Ar-Rum ayat 41 dijelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan alam raya (baik daratan maupun lautan) dalam suatu sistem yang serasi dan seimbang sesuai dengan kehidupan manusia. Apabila dalam melakukan suatu kegiatan manusia bersikap buruk dengan merusak alam, maka akan terjadi ketidakseimbangan dalam sistem kerja alam. Semakin banyak perusakan terhadap lingkungan, semakin besar pula dampak buruknya terhadap manusia. Dan semakin besar pula dosa manusia, semakin besar pula kerusakan alam yang terjadi (Rhofita, 2016).

Berdasarkan ayat-ayat di atas, dapat kita artikan bahwa manusia senantiasa untuk selalu menjalankan perintah Allah SWT dan percaya terhadap hukum alam, tidak merusak alam dan selalu menjaga serta memanfaatkan alam sesuai dengan kebutuhan setiap manusia. Seperti halnya dalam penelitian ini yang akan

memanfaatkan aliran air sungai untuk terciptanya alat pembangkit listrik menggunakan aliran air.

Meningkatnya kebutuhan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari dikarenakan jumlah pemakaian energi listrik baik secara individu maupun industri semakin bertambah. Hal ini terjadi karena bertambahnya populasi manusia, Sehingga diperlukan penambahan jumlah energi listrik yang bisa di aplikasikan dalam hal tersebut. Maka dari itu dibutuhkan penggunaan sumber daya lain yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk menanggulangi permasalahan tersebut mengingat sumber energi yang umum digunakan pada saat ini yakni menggunakan bahan energi fosil dimana penggunaan bahan energi fosil ini banyak merugikan lingkungan dan suatu saat akan habis.

Maka dari itu energi baru terbarukan (EBT) merupakan suatu hal yang bisa memenuhi kriteria di atas. Sumber daya dari EBT sendiri banyak macamnya, meliputi air, angin, cahaya matahari serta panas bumi. Indonesia merupakan negara yang memiliki ribuan sungai dan anak sungai, maka dari itu sumber daya air merupakan hal yang sangat cocok untuk pengembangan serta pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM).

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan air sebagai sumber tenaga penggerakannya, seperti aliran sungai, saluran irigasi, air terjun dan lain sebagainya dengan cara memanfaatkan ketinggian dan jumlah debit air. PLTM ini merupakan salah satu energi baru terbarukan yang memanfaatkan air sebagai sumber energi, serta PLTM ini adalah bentuk skala kecil dari pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Pembangkit ini secara teknis memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai

sumber energi, turbin sebagai penggerak generator dan generator sebagai penghasil energi listrik dengan mengubah energi mekanik.

Turbin adalah komponen yang sangat penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) dimana kecepatan serta jenis turbin yang digunakan harus sesuai dengan kriteria tempat (aliran sungai) yang akan di jadikan sebagai sumber tegangan guna untuk memaksimalkan cara kerja alat.

Hasil dari penelitian ini adalah daya listrik yang dihasilkan dari alat yang mana akan di gunakan sebagai *power supply* dari University Smart Garden yang dimana terdiri dari beberapa penelitian dengan sentuhan fisika di dalamnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam uraian diatas terdapat beberapa rumusan masalah seperti berikut:

1. Bagaimana merancang alat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM)?
2. Bagaimana pengaruh debit air terhadap putaran turbin pelton?
3. Bagaimana pengaruh putaran turbin terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh generator dengan beberapa variasi beban?
4. Bagaimana menguji efisiensi turbin pelton sesuai dengan tempat pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM)?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Dihasilkannya alat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM).
2. Mengetahui hasil pengaruh debit air terhadap putaran turbin pelton.
3. Mengetahui hasil pengaruh putaran turbin terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh generator dengan beberapa variasi beban.

4. Mengetahui hasil uji efisiensi turbin pelton sesuai dengan tempat pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat alat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM).
2. Mengukur serta menganalisis pengaruh debit air dan putaran turbin terhadap daya listrik yang di hasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM).

1.5 Manfaat

Manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai sumber daya University Smart garden.
2. Sebagai bahan pembelajaran, mini riset dan pengetahuan bagi mahasiswa dan masyarakat.
3. Bisa diterapkan di daerah-daerah yang memiliki potensi untuk dibuat pembangkit listrik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Turbin Air

Turbin awalnya digunakan untuk tenaga industri pada abad ke 19 yang mana mengutamakan ukuran pada kincirnya untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sehingga bias dimanfaatkan dengan semestinta. Kata turbine diambil dari terjemahan bahasa Latin dari kata “whirling” yang memiliki arti putaran dan ditemukan oleh Calude Bourdin seorang insinyur prancis pada awal abad ke 19. Turbin air adalah suatu alat yang memanfaatkan atau menggunakan fluida air atau aliran air untuk memutar suatu generator dengan kecepatan, debit serta ketinggian tertentu untuk menghasilkan energi putaran pada turbin serta mengubah energi potensial menjadi energi mekanik sehingga menghasilkan energi listrik (Muis, 2010).

Pemanfaatan aliran air terhadap pembangkit listrik tenaga mikrohidro juga dijelaskan dalam QS. Ar-Ra'd ayat 17 dan di tafsirkan pada Tafsir Al-Mishbah volume 6.

أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَابِيًا

“Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah ia (air) di lembah-lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih yang mengambang” (QS. Ar-Ra'd : 17).

Dalam tafsir Al-Mishbah yang dijelaskan oleh M. Quraish Shihab menyatakan bahwa air yang diturunkan oleh Allah SWT melalui hujan tidak menjangkau terhadap semua tempat, tidak pula mengalir di semua lembah, ada lembah yang menampung air dalam jumlah banyak dan ada pula yang tidak dapat

menampung air sama sekali. Semua air yang diturunkan oleh Allah SWT mempunyai manfaat bagi kehidupan manusia.

Berdasarkan ayat dan tafsir di atas dijelaskan bahwa air yang mengalir dan tertampung pada sebuah lembah sangat bisa dimanfaatkan untuk proses pembuatan pembangkit listrik tenaga air baik skala besar maupun kecil. Salah satu cara adalah membuat konstruksi bangunan berupa bendungan dan lain sebagainya untuk menstabilkan debit air dan ketinggian air sesuai dengan kebutuhan.

Turbin air juga diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula menggunakan energi fluida berupa air atau aliran air yang digunakan langsung untuk memutar roda turbin. Turbin merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dimana turbin berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi energi kinetik air menjadi energi mekanik (putaran). Sehingga energi mekanik yang dihasilkan akan di konversi menjadi energi listrik oleh generator (Arismunandar, 2004).

2.2 Komponen Turbin Air

Untuk memaksimalkan cara kerja serta karakteristiknya, turbin memiliki beberapa bagian komponen dengan fungsi dan tugas pada masing-masing komponennya. secara garis besar komponen tersebut terbagi menjadi dua bagian yakni rotor dan stator (Abdul Nasir, 2014).

2.2.1 Rotor

Rotor adalah bagian dari turbin yang bergerak memutar serta berfungsi menerima tekanan atau momentum dari air. Rotor terdiri dari beberapa bagian diantaranya:

a. Poros Turbin/*runner*

Poros turbin atau yang sering disebut *runner* merupakan bagian yang berfungsi untuk menyalurkan energi mekanik yang dihasilkan oleh sudu turbin.

b. Sudu-sudu turbin

Sudu turbin merupakan bagian turbin yang berfungsi sebagai penerima beban semburan atau momentum dari air yang disemurkan oleh nosel

c. Bantalan

Bantalan merupakan bagian dari turbin yang berfungsi untuk mengurangi gesekan antara komponen poros dan rumah turbin.

2.2.2 Stator

Stator merupakan bagian dari turbin yang diam pada sistem. Stator memiliki beberapa bagian yakni:

a. Nosel

Nosel berfungsi sebagai penyalur aliran fluida (air) yang masuk terhadap sudu turbin serta pengatur kecepatan aliran air masuk agar lebih besar. Nosel juga berfungsi sebagai pengarah dari aliran air yang akan diterima oleh sudu turbin.

b. Rumah turbin

Rumah turbin berfungsi sebagai tempat dari semua komponen turbin serta melindungi bagian-bagian turbin dari gangguan dari luar.

2.3 Jenis-Jenis Turbin Air

Lokasi dan kondisi dari suatu tempat sangat penting dalam penentuan jenis turbin yang akan digunakan. Hal ini dikarenakan pergerakan turbin sangat bergantung terhadap debit, kecepatan dan tekanan aliran fluida tersebut. Secara

garis besar pusat tenaga air dapat di bedakan menjadi dua yakni pusat tenaga air tekanan rendah dan pusat tenaga air tekanan tinggi. Tekanan air ini bergantung terhadap ketinggian air, dimana semakin tinggi permukaan air maka semakin besar pula tekanan yang akan di peroleh. Maka dengan inilah terdapat beberapa jenis-jenis turbin dengan beberapa karakteristik yang dimiliki oleh masing-masing turbin.

Turbin air secara garis besar dibedakan menjadi dua jenis yakni turbin reaksi dan turbin impuls.

2.3.1 Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah jenis turbin yang memiliki tekanan yang berbeda. Tekanan berbeda yang dimaksud adalah tekanan air keluar lebih kecil dari tekanan yang masuk. Hal ini disebabkan desain (profil) khusus yang dimiliki oleh turbin reaksi sehingga mampu membuat penurunan tekanan air yang melewati sudu. Perbedaan tekanan pada sisi masuk dan keluar turbin inilah yang memberikan gaya dorong terhadap sudu turbin sehingga menyebabkan runner berputar. Posisi runner pada turbin reaksi tercelup sepenuhnya dalam air yang berada dalam rumah turbin. Berdasarkan konstruksinya, terdapat dua jenis dari turbin reaksi yaitu turbin francis dan turbin kaplan (Yani, 2017).

2.3.2 Turbin Impuls

Turbin implus merupakan jenis turbin tekanan sama, yakni tekanan yang dihasilkan pada aliran air yang keluar dari nosel turbin dan tekanan pada atmosfer lingkungan sekitar turbin bersifat sama besar. Turbin ini mengkonversi energi potensial yang ada dalam ketinggian air yang mengalir

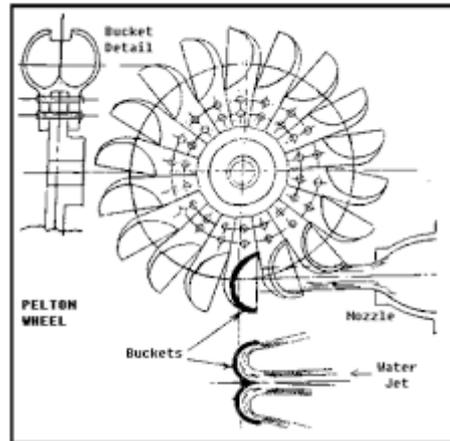
menjadi energi kinetik melalui suatu pipa pesat sebelum air masuk terhadap bagian ujung pipa yang disebut nosel (Mafruddin & Irawan, 2020).

Penampang nosel memiliki diameter yang lebih kecil dari pipa sehingga kecepatan air yang keluar dari nosel semakin tinggi saat membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum yang mengakibatkan roda turbin akan berputar. Adapun jenis-jenis dari turbin impuls yakni turbin pelton, turbin *cross-flow* dan turbin turgo.

2.4 Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan jenis turbin impuls atau turbin tekanan sama yang akan mengkonversi energi potensial yang dihasilkan oleh aliran fluida (air) berdasarkan ketinggian aliran dan debit tersebut menjadi energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran turbin. Sehingga energi mekanik pada putaran turbin dikonversi menjadi energi listrik oleh generator (Mafruddin, 2020).

Turbin Pelton adalah turbin impuls yang dipakai untuk tinggi air jatuh yang besar. Aliran fluida dalam pipa akan keluar dengan kecepatan tinggi yang disebabkan oleh tinggi air jatuh (h) dan dikeluarkan melalui nosel. Tekanan air yang keluar dari nosel akan mengenai bagian tengah – tengah sudu. Pancaran air yang mengenai sudu turbin akan belok dan ada kemungkinan pancaran air bisa balik secara tegak lurus. Untuk itu penampang ember dan sudu – sudunya harus ditinjau, agar mendapatkan pemindahanang sempurna (Irawan, 2014).



Gambar 2.1 Turbin Pelton

Turbin pelton ditemukan pada tahun 1872 oleh ilmuwan yang bernama S.N. Knight dan N.J. Colena pada tahun 1873. Turbin ini merupakan salah satu pengembangan dari turbin impuls dengan menggunakan desain sudu yang berbentuk seperti mangkok pada runner atau piringan turbin. Selanjutnya turbin ini dikembangkan oleh ilmuwan amerika bernama Lester G. Pelton pada tahun 1880 dengan melakukan perbaikan atau desain modifikasi pada sudu atau mangkok turbin. Perbaikan tersebut dilakukan dengan membuat desain mangkok ganda yang simetris dan punggung yang membelah sehingga membagi semburan aliran air pada nosel menjadi dua bagian yang sama dan dibalik menyamping (Mafruddin, 2020).

Turbin Pelton ini merupakan turbin aksi atau impuls yang terdiri dari satu set mangkok yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Nosel adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai penyalur dan pengarah aliran air sebelum disemprotkan pada sudu turbin, dalam hal ini nosel yang ada pada turbin pelton memiliki diameter yang lebih kecil daripada pipa air. Hal ini berfungsi untuk menambah kecepatan aliran air yang keluar dari nosel sehingga putaran turbin semakin cepat. Turbin Pelton adalah salah satu jenis

turbin yang paling efisien. Turbin pelton cocok digunakan untuk head tinggi (Maridjo, 2016).

2.4.1. Prinsip Kerja Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan salah satu turbin yang mengkonversi atau mengubah energi potensial menjadi energi kinetik pada aliran air yang melewati pipa penyalur sebelum dikeluarkan oleh nosel. Nosel dalam hal ini memiliki diameter yang lebih kecil dibanding diameter pipa penyalur yang berfungsi untuk mempercepat semburan air yang dikeluarkan oleh nosel sehingga air akan menumbuk sudu-sudu turbin sehingga terjadi perubahan momentum pada *runner* yang menyebabkan *runner* berputar. Putaran yang terjadi pada runner akan membuat generator berputar pula sehingga akan menghasilkan aliran listrik pada generator (Mafruddin, 2020).

2.4.2. Bagian-Bagian Turbin Pelton

Untuk menggerakkan turbin sehingga berfungsi secara normal, maka dibutuhkan beberapa bagian-bagian komponen turbin untuk mendukung kerja turbin. Diantaranya sebagai berikut:

a. Runner

Runner turbin pelton terdiri dari piringan dan sejumlah mangkok atau bucket yang terpasang di sekelilingnya. Piringan terpasang poros dengan sambungan pasak dan stopper.

Runner merupakan salah satu bagian yang berputar pada poros putarnya yang berfungsi untuk mengalihkan energi mekanik yang dihasilkan dari tekanan air yang keluar dari nosel. Hal ini sangat erat kaitannya dengan torsi atau momen gaya, dimana torsi atau momen gaya

adalah gaya atau tekanan pada poros (runner) yang bisa membuat benda bergerak berputar atau melingkar. Torsi atau momen gaya sangat di pengaruhi oleh besarnya gaya atau tekanan yang diterima dan jari-jari dari benda tersebut. persamaan torsi atau momen gaya dapat di tulis sebagai berikut.

$$\tau = rF \dots\dots\dots 2.1$$

dimana:

τ = torsi atau momen gaya (Nm)

r = Lengan gaya (m)

F = Gaya yang diberikan tegak lurus dengan lengan gaya (N)

Dari persamaan 2.1 dapat disimpulkan bahwa gaya atau tekanan berbanding terbalik dengan lengan gaya. Sehingga semakin panjang lengan gaya maka semakin kecil gaya yang akan diterima.



Gambar 2.2 Runner Turbin Pelton

Runner terdiri dari beberapa bagian diantaranya sebagai berikut:

– **Bucket**

Bucket turbin pelton biasanya disebut sudu merupakan alat untuk menerima semburan air yang dikeluarkan oleh nosel. Bentuk bucket pada turbin pelton yakni seperti dua mangkok yang digabung menjadi satu.

Bucket berfungsi untuk membagi pancaran air yang dikeluarkan oleh nosel menjadi 2 bagian. Gaya pada bucket berasal dari pancaran air yang keluar dari nosel dan di pantulkan setelah membentur sudu dengan arah kecepatan aliran yang berubah sehingga terjadi perubahan momentum. Gaya inilah yang disebut gaya impuls. Gambar bucket dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bucket Runner

– Poros

Poros merupakan penerus putaran yang terjadi pada runner. Poros di sambungkan ke runner menggunakan pasak. Putaran poros diteruskan ke transmisi sabuk, yang kemudian menuju poros generator. Gambar poros dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Poros Runner

– Piringan

Piringan atau biasa disebut disk, adalah bagian dari runner. Bahan piringan yang baik digunakan adalah bahan yang kuat dan ringan.

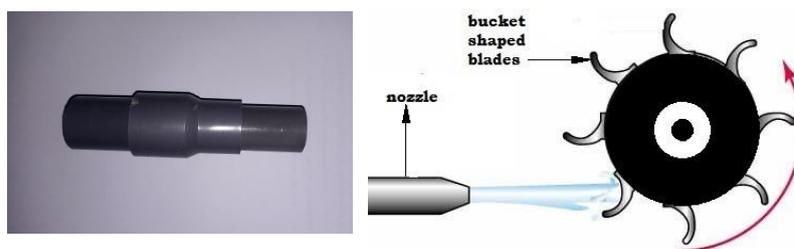
Piringan berfungsi sebagai tempat bucket dipasang. Gambar piringan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Piringan Runner

b. Nosel

Nosel merupakan bagian turbin pelton yang sangat penting yang memiliki fungsi sebagai pemancar aliran air ke arah sudu-sudu turbin. Nosel juga berfungsi untuk meningkatkan kecepatan air yang keluar. Air yang keluar dari nosel mempunyai kecepatan tinggi dalam membentur sudu turbin, hal ini karena diameter ujung nosel lebih kecil dari pangkal nosel atau saluran pipa. Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum.



Gambar 2.6 Nosel Turbin

c. Rumah Turbin

Rumah turbin berfungsi sebagai tempat nosel dan runner terpasang serta berfungsi membelokkan air agar keluar secara teratur. Rumah turbin

juga berfungsi untuk melindungi runner dari gangguan luar seperti kotoran dan cuaca.



Gambar 2.7 Rumah Turbin

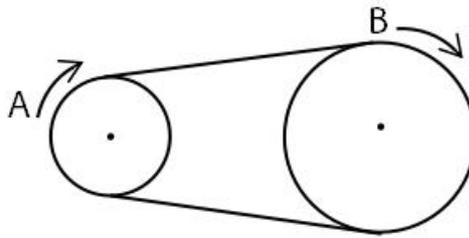
d. Pulley

Pulley adalah penerus putaran dari poros turbin ke poros generator. Pulley juga dapat berfungsi untuk menaikkan putaran pada generator. Pulley biasa disebut transmisi sabuk. Sabuk terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium.



Gambar 2.8 Pulley Turbin

Pulley sangat berpengaruh terhadap kecepatan putaran poros dinamo. Kecepatan putaran poros dinamo sangat berpengaruh kepada efisiensi dinamo untuk menghasilkan daya listrik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan diameter antar pulley yang terletak di poros turbin dan poros dinamo. Untuk menentukan kecepatan sudut putar tersebut dapat digunakan persamaan dua roda yang dihubungkan dengan tali seperti berikut.



Gambar 2.9 dua roda yang dihubungkan tali

$$v_A = v_B$$

$$\omega_A r_A = \omega_B r_B \dots\dots\dots 2.2$$

dimana:

v_A = Kecepatan linier roda A

v_B = Kecepatan linier roda B

ω_A = Kecepatan sudut roda A

ω_B = Kecepatan sudut roda B

r_A = Jari-jari roda A

r_B = Jari-jari roda B

Dari persamaan 2.2 di atas dapat disimpulkan bahwa kecepatan sudut putaran sangat dipengaruhi oleh besarnya jari-jari lingkaran. Semakin kecil jari-jari lingkaran maka semakin cepat kecepatan sudut yang diperoleh. Berdasarkan gambar 2.9 di atas dapat disimpulkan bahwa kecepatan sudut lingkaran A lebih besar dari kecepatan sudut lingkaran B ($\omega_A > \omega_B$).

e. Bantalan

Bantalan merupakan alat penopang poros turbin agar putaran dari poros turbin dapat berlangsung secara halus dan aman. Bantalan harus kokoh atau kuat untuk memungkinkan poros bekerja dengan baik.



Gambar 2.10 Bantalan Poros Turbin

2.5 Fluida Dinamis

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) menggunakan fluida (air) sebagai sumber tenaga utama. Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir. Hal tersebut menandakan bahwa bukan hanya zat cair yang masuk dalam kategori fluida, gas juga dapat dikatakan sebagai fluida.

Dalam dinamika fluida, perhitungan dan perumusan nilai fluida dilakukan dalam keadaan bergerak. Analisa dalam dinamika fluida memanfaatkan model-model ideal yang sederhana, tetapi didukung oleh hukum gerak Newton dan hukum kekekalan energi (Young, 2002).

Fluida dinamis adalah cabang keilmuan dari mekanika fluida yang membahas mengenai pergerakan fluida. Dalam mekanika fluida terdapat kecepatan aliran air di hitung berdasarkan ketinggian pada pipa dan perbedaan tekanan pada pipa sesuai dengan ukurannya. Pipa yang memiliki diameter lebih besar mempunyai tekanan lebih besar dibandingkan dengan pipa yang memiliki diameter kecil. Hal ini sesuai dengan bunyi dari asas dan hukum bernouli tentang kecepatan aliran fluida dan tekanan.

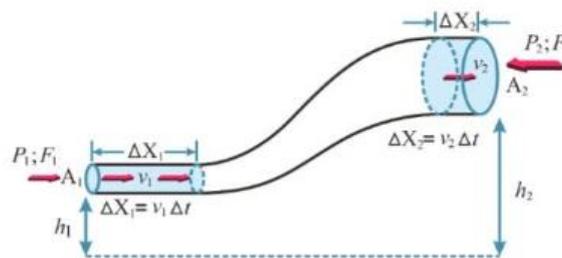
2.6 Hukum Bernouli

Hukum bernoulli adalah sebuah hukum yang membahas tentang energi mekanik yang diterapkan pada fluida bergerak atau dinamis. Dimana hukum

bernoulli membahas tentang hubungan antara tekanan, kecepatan, dan ketinggian aliran fluida dari dua titik dengan massa jenis fluida yang tetap (Giancoli, 2014).

Hukum bernoulli ditemukan oleh ilmuwan bernama Daniel Bernoulli. Daniel bernoulli lahir pada tanggal 8 Februari 1700 di Groningen belanda dan wafat di Basel, Republik Swiss pada 27 Maret 1782. Pada tahun 1738, Bernoulli berhasil mempublikasikan hasil penelitiannya terkait fluida mekanis dalam sebuah tulisannya yang berjudul "*Hydrodynamica*."

Hukum bernoulli adalah hukum kekekalan energi dan tekanan pada fluida. Hukum Bernoulli menyatakan bahwa jumlah tekanan energi potensial persatuan volume dan energi kinetik persatuan volume di setiap aliran memiliki nilai yang sama. Persamaan hukum bernoulli dapat di tulis sebagai berikut:



Gambar 2.11 Konsep Hukum Bernoulli

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \dots\dots\dots 2.3$$

dimana:

P = Tekanan (Pa)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian (m)

Tekanan pada tiap titik sangat dipengaruhi oleh gaya serta luas penampang. Tekanan berbanding lurus dengan gaya dan berbanding terbalik dengan luas penampang, sehingga semakin kecil luas penampang maka semakin besar tekanan yang dihasilkan dengan catatan besar gaya antar titik sama.

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots 2.4$$

dimana:

P = Tekanan (Pa)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (m²)

Kecepatan aliran fluida dan luas penampang pipa sangat erat kaitannya dengan persamaan kontinuitas dimana persamaan kontinuitas ini merupakan turunan dari debit yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

dimana:

Q = Debit (m³/s)

V = volume fluida (m³)

t = Selang waktu (s)

Apabila fluida tersebut mengalir melalui pipa, maka volume fluida akan mengikuti volume pipa tersebut. Pipa biasanya berbentuk silinder dan memiliki luas penampang serta panjang tertentu sehingga persamaan 2.5 bisa diturunkan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \rightarrow \frac{AL}{t} \dots\dots\dots 2.6$$

dimana:

A = Luas penampang (m²)

L = Panjang pipa (m)

t = Selang waktu (s)

Karena $v = s/t = L/t \rightarrow L = vt$, maka persamaan 2.6 dapat diturunkan menjadi berikut:

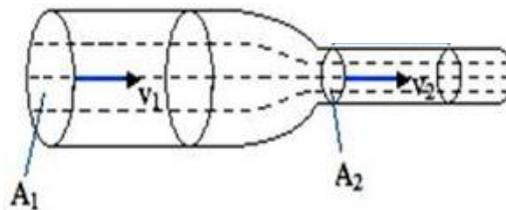
$$Q = \frac{V}{t} = \frac{AL}{t} = Av \dots\dots\dots 2.7$$

dimana:

A = Luas penampang (m^2)

v = Kecepatan (m/s)

Berdasarkan persamaan 2.7 diatas dapat di turunkan mejadi persamaan kontinuitas, dimana persamaan kontinuitas adalah aliran fluida dalam satu pipa yang memiliki luas penampang atau diameter yang berbeda.



Gambar 2.12 Konsep Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas sangat erat kaitannya dengan debit. Dimana debit memiiki nilai yang sama di semua titik meskipun terdapat perbedaan kecepatan maupun diameter atau luas penampang. Sehingga persamaan kontinuitas dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \dots\dots\dots 2.8$$

Berdasarkan Gambar 2.11 dan persamaan 2.3 sampai persamaan 2.8 dapat dijelaskan bahwa tekanan yang dihasilkan di titik 1 lebih besar dari tekanan yang di hasilkan di titik 2 ($P_1 > P_2$). Hal ini dikarenakan kecepatan yang di hasilkan di

titik 1 lebih besar dari titik 2 ($v_1 > v_2$) serta luas penampang dari titik 1 lebih kecil dari titik 2 ($A_1 < A_2$) serta hal ini juga di sebabkan oleh perbedaan ketinggian terhadap permukaan bumi dimana tekanan fluida di titik dekat bumi akan lebih besar dibanding yang jauh dari permukaan bumi ($h_1 < h_2$).

2.7 Daya Listrik Yang Dihasilkan

Generator merupakan komponen yang sangat penting pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM). Dimana generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik bolak-balik (AC) atau tenaga listrik searah (DC).

Generator sangat erat kaitannya dengan hukum *Faraday* tentang Induksi Elektromagnetik atau sering disebut Hukum Induksi *Faraday*. Hukum *Faraday* menyebutkan bahwa apabila ada kumparan kawat penghantar listrik berada dalam suatu medan magnet yang berubah-ubah dalam waktu tertentu, maka kumparan tersebut akan menghasilkan Gaya Gerak Listrik.

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots 2.9$$

dimana :

ε = Gaya gerak listrik (volt)

N = Jumlah liliran kumparan

$d\phi$ = Perubahan fluks magnet (Wb)

dt = perubahan waktu (detik)

Generator terbagi menjadi dua bagian, yakni:

- Rotor

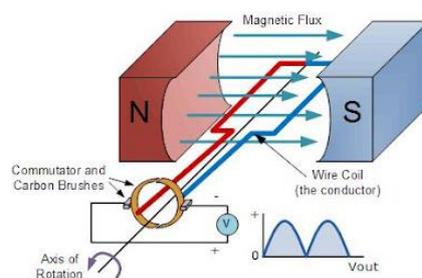
Rotor biasa disebut sebagai poros adalah bagian yang berputar yang menjadi satu dengan poros alternator. Pada rotor terdapat lilitan/kumparan kawat yang berfungsi sebagai kutub positif dan negatif. Rotor ditumpu oleh 2

buah bearing dan bagian depannya terdapat pulley yang dihubungkan terhadap turbin. Rotor berfungsi menghasilkan induksi medan magnet ke stator.

– Stator

Stator adalah suatu bagian yang diam yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet. Stator terdiri dari magnet permanen dan memiliki celah udara di tengahnya yang merupakan medan magnet.

Prinsip kerja pada generator DC adalah rotor yang didalamnya terdapat kumparan dengan dua ujung (ujung positif dan ujung negatif) berputar, pada ujung kumparan terdapat komulatur berbentuk lingkaran yang terbelah menjadi dua atau sering disebut dengan cincin belah. Stator generator terdiri dari dua magnet dengan kutub yang berbeda dan saling berhadapan, pada stator terdapat pula bagian yang kontak langsung atau bersentuhan dengan cincin belah yang disebut sikat karbon atau *carbon brush* yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik yang dihasilkan pada kumparan ke rangkaian diluar generator untuk dimanfaatkan sebagaimana mestinya. Skema rangkaian generator DC seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.13. Skema rangkaian generator DC

Tegangan yang dihasilkan oleh generator DC sangat dipengaruhi oleh banyaknya putaran pada rotor, arus jangkar, hambatan jangkar dan medan magnet. Hal ini dijelaskan pada persamaan berikut (Bagia, 2018).

$$V = E_b + I_a R_a \dots\dots\dots 2.10$$

$$n = K \frac{E}{\phi} \dots\dots\dots 2.11$$

Dari persamaan 2.9 dan 2.10 didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$n = K \frac{V - I_a R_a}{\phi} \dots\dots\dots 2.12$$

dengan :

n = Jumlah putaran (RPM)

K = Konstanta motor

V = Tegangan jepit (Volt)

I_a = Arus jangkar (Ampere)

R_a = Hambatan jangkar (Ohm)

E_b = EMF (GGL) lawan (Volt)

Berdasarkan persamaan 2.12 dapat dijelaskan bahwa semakin banyak putaran pada rotor maka semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh generator.

Turbin pelton identik dengan ketinggian air, kecepatan pancaran serta kapasitas air atau debit yang jatuh, sehingga daya yang akan dihasilkan oleh turbin dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut (Dietzel, 1996)

$$P_1 = Q \rho g H \eta_T \dots\dots\dots 2.13$$

dengan :

P_1 = Daya yang dihasilkan turbin (Watt)

ρ = Massa jenis air (Kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

Q = Debit air (m³/s)

H = Tinggi air jatuh (m)

η_T = Rendemen/Efisiensi turbin

Daya yang dihasilkan oleh generator dipengaruhi oleh tegangan listrik, kuat arus listrik, dan hambatan listrik. Ketiga besaran listrik tersebut menjadi penentu dari besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh peralatan listrik untuk bekerja secara optimal (Ponto, 2018).

$$P_2 = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots 2.14$$

dimana:

P_2 = Daya yang dihasilkan generator (Watt)

V = Beda potensial (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

R = Hambatan listrik (Ohm)

Efisiensi turbin atau rendemen sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\% \dots\dots\dots 2.15$$

dimana:

η = Efisiensi yang dihasilkan turbin (%)

P_2 = Daya yang dihasilkan generator (Watt)

P_1 = Daya yang dihasilkan turbin (Watt)

2.8. Perancangan Alat PLTM

2.8.1. Hubungan Kecepatan Pancar Air dan Kecepatan Tangensial

Hubungan kecepatan pancar air dan kecepatan tangensial adalah suatu hitungan pokok yang berfungsi untuk mendapatkan randemen turbin yang baik.

Kecepatan pancar air bisa didapatkan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \dots\dots\dots 2.16$$

Atau

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots 2.17$$

Dengan:

v = Kecepatan pancaran air (m/s)

Q = Debit air (m³/s)

g = Percepatan grafitasi (m/s²)

H = Tinggi air jatuh (m)

A = Luas penampang nosel (m²)

Kecepatan tangensial dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$u = \frac{v}{2} \dots\dots\dots 2.18$$

2.8.2. Nosel

Luas Permukaan pancaran air atau nosel (A) biasanya mengikuti luas bidang pancaran itu dapat juga di hitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots 2.19$$

Sehingga diameter pancaran air atau nosel (d) sebagai berikut:

$$d = 0,54 \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H}}} \dots\dots\dots 2.20$$

Diameter pancaran air atau nosel dapat juga dihitung menggunakan hubungan antara luas dan penampang nosel yang digunakan. Apabila penampang nosel berbentuk lingkaran maka persamaannya sebagai berikut.

$$d = \sqrt{\frac{4.A}{\pi}} \dots\dots\dots 2.21$$

2.8.3. Turbin

a. Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik adalah suatu besaran yang sangat penting dalam menentukan perencanaan dan ukuran turbin, karena digunakan untuk memilih kecepatan putar turbin.

Kecepatan spesifik (n_q) untuk satu nosel dapat di hitung menggunakan rumus:

$$n_q = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{0,75}} \dots\dots\dots 2.22$$

Dengan:

n_q = Kecepatan spesifik (rpm)

n = Kecepatan putar turbin (rpm)

Q = Debit air (m^3/s)

H = Tinggi air jatuh (m)

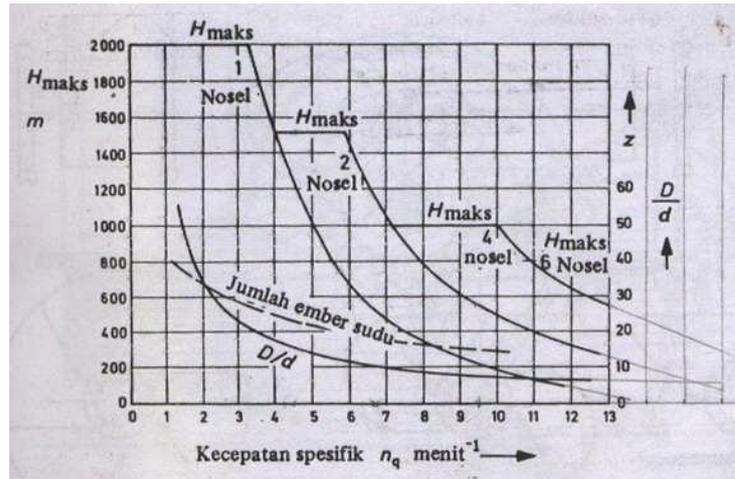
b. Diameter Roda/Piringan rata-rata (D)

Kecepatan putar turbin akan di dapatkan pada rumus kecepatan spesifik. Diameter roda/piringan rata-rata dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{60.u}{\pi.n} \dots\dots\dots 2.23$$

c. Perbandingan D/d

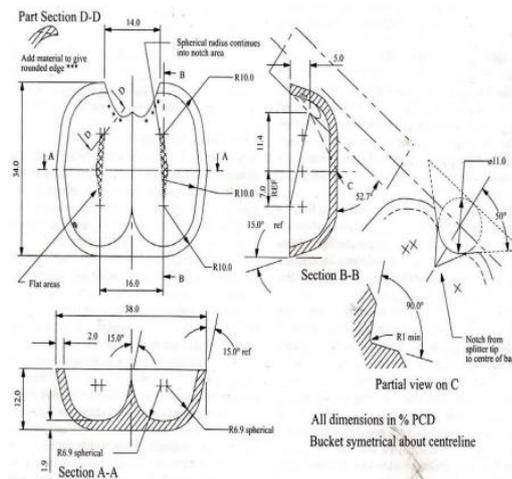
Hasil perbandingan D/d ini berfungsi untuk menentukan jumlah sudu yang akan di gunakan. Hasil perhitungan perbandingan D/d di cocokkan dengan grafik perbandingan D/d pada gambar 2.13 sehingga dapat diketahui apakah perbandingan D/d memenuhi syarat atau tidak.



Gambar 2.14 Grafik perbandingan D/d dan jumlah sudu turbin pelton

d. Ukuran Sudu Turbin

Ukuran desain turbin ditentukan berdasarkan gambar 2.14:



Gambar 2.15 Desain bucket/sudu turbin

Panjang sudu ditentukan sebesar:

$$p = 0,38 \cdot D \dots\dots\dots 2.24$$

Lebar sudu ditentukan sebesar:

$$l = 0,34 \cdot D \dots\dots\dots 2.25$$

Tinggi sudu ditentukan sebesar:

$$t = 0,12 \cdot D \dots\dots\dots 2.26$$

Rongga atas sudu ditentukan sebesar:

$$r_a = 0,14 \cdot D \dots\dots\dots 2.27$$

e. Poros

Diameter poros dihitung dengan persamaan berikut (Sularso, 2004):

$$P_d = fc \times P \dots\dots\dots 2.28$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n} \dots\dots\dots 2.29$$

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \cdot Sf_2)} \dots\dots\dots 2.30$$

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.31$$

Dengan:

d_s = Diameter poros (mm)

P = Daya yang ditransmisikan (kW)

n = Putaran poros (rpm)

fc = Faktor koreksi

P_d = Daya rencana (kW)

T = Momen puntir rencana (kg.mm)

τ_a = Tegangan geser yang terjadi

σ_B = Kekuatan tarik bahan (kg/mm²)

Sf_1 dan Sf_2 = Faktor keamanan. Untuk bahan S-C nilai $Sf_1 = 6$ dan nilai

$Sf_2 = 1,3-3,0$

C_b = Faktor C_b nilainya 1,2 sampai 2,3. apabila diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur maka $C_b = 1$

K_t = Faktor K_t dipilih 1,0 apabila beban dikenakan secara halus, 1,0-1,5 apabila sedikit beban kejutan atau tumbukan, dan 1,5-3,0 apabila beban kejutan atau tumbukan besar.

Faktor koreksi sebagai berikut (Sularso, 2004):

Daya yang akan ditransmisikan	<i>fc</i>
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2-2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8-1,2
Daya normal	1,0-1,5

Tabel 2.1 Faktor-faktor koreksi daya yang akan di transmisikan (*fc*)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental untuk mendeteksi pengaruh debit air sungai dan putaran turbin terhadap daya yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) menggunakan turbin pelton pada rancang bangun alat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai bulan November 2022 yang bertempat di aliran anak sungai depan gedung rektorat UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipakai dalam praktek ini sebagai berikut:

3.3.1. Alat Penelitian

Alat-alat penelitian yang di gunakan adalah sebagai berikut:

Generator DC	1 buah
Turbin pelton	1 buah
Poros turbin	1 buah
Nosel diameter $\frac{3}{4}$ " , 1" dan 1,5"	1 buah
Rumah turbin	1 buah
Pulley	2 buah
Belt (Sabuk)	1 buah
Bantalan poros	2 buah

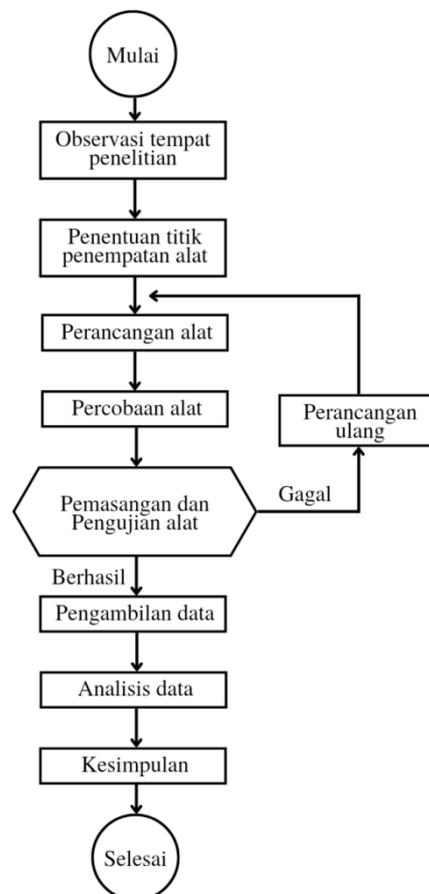
Stop kran ukuran 3"	1 buah
Pipa ukuran 4"	1 meter
Pipa ukuran 3"	5 meter
V-sock pipa ukuran 4" ke 3"	1 buah
V-sock ukuran 3" ke ¾", 1" dan 1,5"	1 buah
Kabel	1 set

3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aliran air sungai di depan gedung rektorat UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1. Diagram alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4.2. Perancangan Alat

Turbin pelton adalah suatu jenis turbin yang terdiri dari sudu atau bucket yang diputar oleh tekanan air yang dihasilkan oleh nosel. Perancangan alat yang pertama adalah menentukan ukuran turbin dengan beberapa perhitungan yang telah disesuaikan dengan kondisi tempat atau objek penelitian. Setelah perhitungan, langkah selanjutnya adalah pembuatan alat. Pembuatan alat yang pertama adalah bucket atau sudu turbin menggunakan 3D printer sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Kedua adalah membuat piringan runner berbentuk lingkaran yang terbuat dari bahan aluminium sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan.

Bucket yang telah dibuat, dipasang di sekeliling piringan runner dan dikancing dengan dua buah baut, kemudian dipasang pada poros dan poros dikancing dengan dua stopper agar kuat dan tidak mudah slip. Selanjutnya membuat rumah turbin menggunakan besi, aluminium dan akrilik agar turbin dan bagian-bagian lainnya tahan terhadap gangguan dari luar turbin. Setelah itu membuat aliran air menggunakan pipa ukuran 4" dan 3" serta diujung terdapat nosel yang terbuat dari pipa dengan ukuran yang lebih kecil dari pipa aliran air.

3.4.3. Cara Kerja Alat

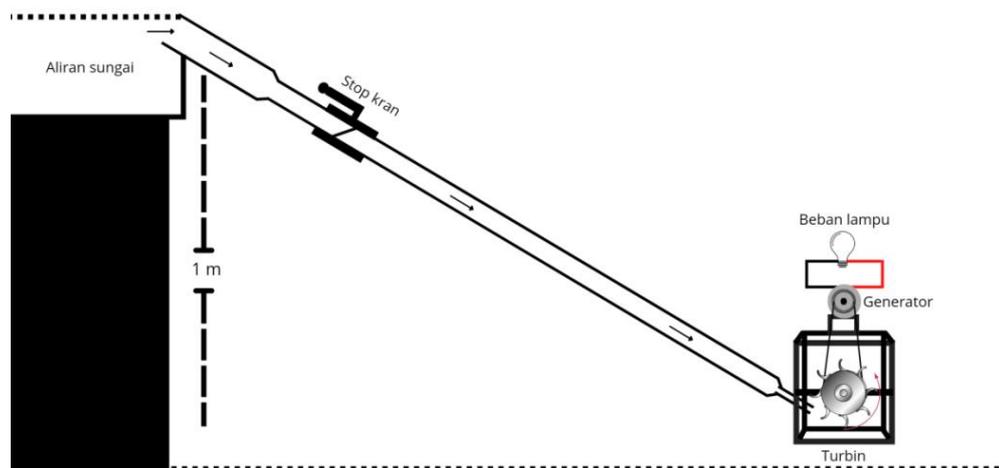
Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) menggunakan turbin pelton sangat bergantung pada ketinggian air atau energi potensial air, hal ini dapat menggunakan aliran air sungai atau bak air. Pada penelitian ini, sumber air menggunakan aliran sungai dengan ketinggian 1 meter yang dibendung.

Cara kerja alat sebagai berikut:

- a. Dibendung aliran air sungai

- b. Dialirkan air pada pipa ukuran 4” dan 3”
- c. Aliran air keluar dari nosel dengan variasi diameter $\frac{3}{4}$ ”, 1” dan 1,5”
- d. Aliran air dari nosel menabrak sudu-sudu turbin hingga turbin berputar
- e. Pulley pada poros turbin dihubungkan dengan pulley pada poros generator menggunakan vanbelt.
- f. Poros generator berputar dan menghasilkan tegangan listrik.
- g. Kabel pada generator dihubungkan dengan beban (lampu DC 12 Volt) dengan variasi beban sebesar 3 watt, 5 watt, 6 watt, 9 watt, 10 watt dan 15 watt untuk mendapatkan daya listrik yang dihasilkan
- h. Daya listrik dihasilkan oleh generator dan siap untuk digunakan.

Cara kerja alat dapat juga dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Cara Kerja Alat

3.4.4. Perhitungan Alat

Dalam perancangan alat di atas, terdapat beberapa variabel yang telah ditentukan untuk mendapatkan perhitungan beberapa alat lainnya. Variabel tersebut sebagai berikut dengan keterangan pengambilan data debit air menggunakan diameter nosel 1”:

Debit air (Q)	= 1,61 liter/s = 0,00161 m ³ /s
Tinggi air jatuh (H)	= 1 m
Randemen turbin (η_T)	= 70 %
Percepatan gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²
Massa jenis air (ρ)	= 1000 Kg/m ³

Dari variabel di atas didapat:

a. Daya yang Dihasilkan Turbin (P_1):

$$P_1 = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_T$$

$$P_1 = 0,00161 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot 0,7$$

$$P_1 = 11,05 \text{ W} = 0,01105 \text{ kW}$$

b. Kecepatan Pancaran Air (v)

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1}$$

$$v = 4,43 \text{ m/s}$$

c. Luas dan Diameter Permukaan Nosel (A)

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0,00161}{4,43}$$

$$A = 0,000363 \text{ m}^2 = 3,63 \text{ cm}^2$$

Karena permukaan nosel menggunakan pipa yang berbentuk lingkaran maka diameter nosel bagai berikut:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,63}{3,14}}$$

$$d = 2,15 \text{ cm}$$

d. Kecepatan Tangensial (u)

$$u = \frac{v}{2}$$

$$u = \frac{4,43}{2}$$

$$u = 2,215 \text{ m/s}$$

e. Kecepatan Spesifik (n_q)

$$n_q = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{0,75}}$$

$$n_q = n \frac{\sqrt{0,00161}}{1^{1,5}}$$

$$n_q = n \frac{0,0402}{1}$$

$$n_q = n \cdot 0,0402$$

Kecepatan putar turbin (rpm)	100	200	250	275	300	325
1 nosel n_q (rpm)	4,02	8,03	10,04	11,05	12,05	13,05

Tabel 3.1 Kecepatan Spesifik

Pada Tabel 3.1 terdapat beberapa variasi kecepatan putar turbin dan kecepatan spesifik. Berdasarkan tabel tersebut, putaran (n) yang diambil adalah 325 rpm, sehingga $n_q = 13,05$ rpm.

f. Diameter Roda/Piringan Rata-rata (D)

$$D = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot n}$$

$$D = \frac{60 \cdot 2,215}{3,14 \cdot 325}$$

$$D = 0,13 \text{ m} = 13 \text{ cm}$$

g. Perbandingan D/d

$$\frac{D}{d} = \frac{13}{2,15}$$

$$\frac{D}{d} = 6,04 \text{ cm}$$

Berdasarkan gambar 2.13 didapat D/d hitungan lebih besar dari D/d grafik sehingga perbandingan D/d memenuhi syarat. Berdasarkan hal tersebut maka jumlah sudu (z) yang digunakan berjumlah 12 buah.

h. Ukuran Sudu Turbin

Persamaan untuk mengitung ukuran sudu turbin dapat dilihat pada gambar 2.14.

$$\begin{aligned} \text{Panjang sudu} &= 0,38 \times 13 \\ &= 4,94 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar sudu} &= 0,34 \times 13 \\ &= 4,42 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sudu} &= 0,12 \times 13 \\ &= 1,56 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rongga atas sudu} &= 0,14 \times 13 \\ &= 1,82 \text{ cm} \end{aligned}$$

i. Poros

$$P_d = f_c \times P$$

Faktor koreksi dalam hal ini adalah 1,2, hal ini dikarenakan daya yang dibutuhkan adalah daya maksimum.

$$P_d = 1,2 \times 0,01105$$

$$P_d = 0,0133 \text{ kW}$$

Torsi:

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n}$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{0,0133}{325}$$

$$T = 39,86 \text{ kg.mm}$$

Bahan yang digunakan untuk pembuatan poros adalah dari baja S30C

(Sularso, 2004):

$$\sigma_B = 48 \text{ kg/mm}^2$$

$$Sf_1 = 6$$

$$Sf_2 = 2$$

Tegangan geser yang terjadi pada poros:

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \cdot Sf_2)}$$

$$\tau_a = \frac{48}{6 \cdot 2}$$

$$\tau_a = 4$$

Diameter poros:

Diameter minimal poros dihitung dengan persamaan (Sularso, 2004):

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot Kt \cdot Cb \cdot T \right]^{\frac{1}{3}}$$

Dengan $Kt = 1,5$ karena ada sedikit beban kejutan atau tumbukan dan $Cb = 1$ karena diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur.

$$d_s = \left[\frac{5,1}{4} \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 39,86 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = 4,18 \text{ mm}$$

Diameter poros menggunakan 10 mm, hal ini karena untuk mengurangi terjadinya kelenturan pada poros.

3.4.5. Pembuatan Alat

- a. Pembuatan Bucket/Sudu
 - Dibuat desain sudu menggunakan sketchup
 - Dimasukkan hasil desain pada software printer 3D
 - Desain di cetak pada printer 3D
 - Dibersihkan dan di rapikan sisa-sisa sudu yang telah di cetak.
- b. Pembuatan piringan
 - Disiapkan lembaran alumunium
 - Dipotong lembaran alumunium dengan berbentuk lingkaran
 - Dibolongin beberapa sisi dari lingkaran alumunium untuk dijadikan tatakan dari sudu
- c. Pembuatan Saluran Air
 - Disiapkan pipa dengan diameter 4 dim dan 3 dim
 - Dipotong panjang pipa sesuai dengan ukuran dan design yang telah di tentukan

- Disambung potongan antar pipa menggunakan perekat/lem pipa sehingga terbentuk pola sesuai dengan yang telah ditentukan

d. Pembuatan Nosel

- Disiapkan pipa dengan ukuran diameter $\frac{3}{4}$ " , 1" dan 1,5"
- Dipotong pipa ukuran $\frac{3}{4}$ " , 1" dan 1,5" sepanjang 7cm
- Disambungkan pipa ukuran $\frac{3}{4}$ " , 1" dan 1,5" ke pipa saluran air ukuran 3"

e. Pembuatan Rumah Turbin

- Disiapkan besi siku dan akrilik
- Dipotong besi siku dengan ukuran yang telah ditentukan
- Dipotong akrilik sesuai dengan ukuran
- Dihubungkan besi siku menggunakan las sehingga terbentuk kerangka dari rumah turbin
- Di tempel akrilik untuk menutupi kerangka rumah turbin

f. Pembuatan Poros turbin

- Disiapkan as besi dengan ukuran diameter 1 cm
- Disiapkan ring gerinda 1 pasang
- Dipotong besi sepanjang 31 cm
- Disambungkan ring gerinda ke as besi dan di las

3.4.6. Pengambilan Data

Langkah-langkah pengambilan data:

- a. Alat-alat yang diperlukan disiapkan dan dipasang sesuai dengan tempatnya
- b. Pipa dipasang pada bendungan dan rumah turbin

6								
7								
8								

Tabel 3.2 variabel yang di ukur

3.4.10. Grafik Hasil

- a. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap diameter nosel (“ atau dim)



Grafik 3.1 hubungan debit air terhadap diameter nosel

- b. Grafik hubungan beban terhadap putaran yang dihasilkan



Grafik 3.2 hubungan beban terhadap putaran

- c. Grafik hubungan daya keluar (P_2) terhadap putaran (RPM)



Grafik 3.3 hubungan daya keluar terhadap putaran

- d. Grafik hubungan efisiensi turbin (η) terhadap putaran (RPM)



Grafik 3.4 hubungan efisiensi terhadap putaran

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Setelah dilakukan pengukuran data pada PLTM menggunakan turbin pelton dengan 12 sudu, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

4.1.1. Data Hasil Pengukuran Debit Air (Q)

Wadah yang dibuat pengukuran berbentuk tabung.

No	Nosel	Jari-jari (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Waktu (s)
1	1,5"	0,135	0,325	0,0186	9,44
2	1"	0,135	0,325	0,0186	11,55
3	¾"	0,135	0,325	0,0186	17,71

Tabel 4.1 data hasil pengukuran debit air

4.1.2. Data Hasil Pengukuran pada Diameter Nosel 1,5"

No	Beban (Watt)	RPM	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	3	342,6	14,721	0,282
2	5	306,2	12,83	0,304
3	6	272,4	11,27	0,319
4	9	268,9	10,984	0,315
5	10	263	10,748	0,319
6	15	262,7	11,08	0,309

Tabel 4.2 data hasil pengukuran pada diameter nosel 1,5"

4.1.3. Data Hasil Pengukuran pada Diameter Nosel 1"

No	Beban (Watt)	RPM	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	3	297,4	12,670	0,208
2	5	273,7	11,310	0,228
3	6	268,6	10,934	0,223
4	9	261,2	10,738	0,219
5	10	249,8	10,382	0,221
6	15	241,8	10,132	0,208

Tabel 4.3 data hasil pengukuran pada diameter nosel 1"

4.1.4. Data Hasil Pengukuran pada Diameter Nosel ¾"

No	Beban (Watt)	RPM	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	3	253,7	10,522	0,144
2	5	236,9	9,732	0,142

3	6	232,6	9,611	0,140
4	9	226	9,390	0,140
5	10	219,4	9,188	0,137
6	15	211,3	8,826	0,135

Tabel 4.4 data hasil pengukuran pada diameter nosel 3/4"

4.2. Perhitungan

Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 4.1 sampai tabel 4.4, maka dapat dihitung debit air (Q), daya masuk (P₁), daya keluar (P₂) dan efisiensi turbin dengan beberapa variabel sebagai berikut:

$$\text{Tinggi air jatuh (H)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Randemen turbin } (\eta_T) = 70 \%$$

$$\text{Percepatan grafitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Massa jenis air } (\rho) = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

4.2.1. Perhitungan Debit Air (Q)

a. Nosel 1,5"

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} \\ &= \frac{0,0186}{9,44} \\ &= 0,00197 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Nosel 1"

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} \\ &= \frac{0,0186}{11,55} \\ &= 0,00161 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

c. Nosel 3/4"

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}}$$

$$= \frac{0,0186}{17,71}$$

$$= 0,00105 \text{ m}^3/\text{s}$$

No	Nosel	Debit
1	1,5"	0,00197
2	1"	0,00161
3	$\frac{3}{4}$ "	0,00105

Tabel 4.5 hasil perhitungan debit air

4.2.2. Perhitungan Daya dan Efisiensi pada Diameter Nosel 1,5"

a. Daya masuk (P_1) = $Q_1 \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_T$

$$= 0,00197 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot 0,7$$

$$= 13,53 \text{ W}$$

b. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 3 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 14,721 \cdot 0,282$$

$$= 4,151 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{4,151}{13,53} 100\%$$

$$\eta = 30,68\%$$

c. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 5 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 12,83 \cdot 0,304$$

$$= 3,9 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{3,9}{13,53} 100\%$$

$$\eta = 28,83\%$$

d. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 6 Watt

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \\ &= 11,27 \cdot 0,319 \\ &= 3,595 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{3,595}{13,53} 100\%$$

$$\eta = 26,57\%$$

e. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 9 Watt

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \\ &= 10,984 \cdot 0,315 \\ &= 3,46 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{3,46}{13,53} 100\%$$

$$\eta = 25,57\%$$

f. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 10 Watt

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \\ &= 10,748 \cdot 0,319 \\ &= 3,429 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{3,429}{13,53} 100\%$$

$$\eta = 25,34\%$$

g. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 15 Watt

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \\ &= 11,08 \cdot 0,309 \\ &= 3,423 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{3,423}{13,53} 100\%$$

$$\eta = 25,3\%$$

No	Beban (Watt)	P_1 (Watt)	P_2 (Watt)	Efisiensi (%)
1	3	13,53	4,151	30,68
2	5	13,53	3,9	28,83
3	6	13,53	3,595	26,57
4	9	13,53	3,46	25,57
5	10	13,53	3,429	25,34
6	15	13,53	3,423	25,3

Tabel 4.6 hasil perhitungan daya dan efisiensi turbin pada diameter nosel 1,5”

4.2.3. Perhitungan Daya dan Efisiensi pada Diameter Nosel 1”

$$\begin{aligned} \text{a. Daya masuk } (P_1) &= Q_1 \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_T \\ &= 0,00161 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot 0,7 \\ &= 11,08 \text{ W} \end{aligned}$$

b. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 3 Watt

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \\ &= 12,670 \cdot 0,208 \\ &= 2,635 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{2,635}{11,08} 100\%$$

$$\eta = 23,78\%$$

c. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 5 Watt

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \\ &= 11,310 \cdot 0,228 \\ &= 2,579 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{2,579}{11,08} 100\%$$

$$\eta = 23,78\%$$

d. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 6 Watt

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \\ &= 10,934 \cdot 0,223 \\ &= 2,438 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{2,438}{11,08} 100\%$$

$$\eta = 22,004\%$$

e. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 9 Watt

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \\ &= 10,738 \cdot 0,219 \\ &= 2,352 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{2,352}{11,08} 100\%$$

$$\eta = 21,23 \%$$

f. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 10 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 10,382 \cdot 0,221$$

$$= 2,294 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{2,294}{11,08} 100\%$$

$$\eta = 20,70\%$$

g. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 15 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 10,132 \cdot 0,209$$

$$= 2,118 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{2,118}{11,08} 100\%$$

$$\eta = 19,12 \%$$

No	Beban (Watt)	P_1 (Watt)	P_2 (Watt)	Efisiensi (%)
1	3	11,08	2,635	23,78
2	5	11,08	2,579	23,28
3	6	11,08	2,438	22,004
4	9	11,08	2,352	21,23
5	10	11,08	2,294	20,70

6	15	11,08	2,118	19,12
---	----	-------	-------	-------

Tabel 4.7 hasil perhitungan daya dan efisiensi turbin pada diameter nosel 1”

4.2.4. Perhitungan Daya dan Efisiensi pada Diameter Nosel ¾”

a. Daya masuk (P_1) = $Q_1 \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_T$

$$= 0,00105 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot 0,7$$

$$= 7,21 \text{ W}$$

b. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 3 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 10,522 \cdot 0,144$$

$$= 1,515 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{1,515}{7,21} 100\%$$

$$\eta = 21,01\%$$

c. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 5 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 9,732 \cdot 0,142$$

$$= 1,382 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{1,382}{7,21} 100\%$$

$$\eta = 19,17\%$$

d. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 6 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 9,611 \cdot 0,140$$

$$= 1,346 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{1,346}{7,21} 100\%$$

$$\eta = 18,67\%$$

e. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 9 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 9,390 \cdot 0,140$$

$$= 1,315 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{1,315}{7,21} 100\%$$

$$\eta = 18,24\%$$

f. Daya keluar (P_2) dan efisiensi (η) Beban 10 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 9,188 \cdot 0,137$$

$$= 1,259 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{1,259}{7,21} 100\%$$

$$\eta = 17,46\%$$

g. Beban 15 Watt

$$P_2 = V \cdot I$$

$$= 8,826 \cdot 0,135$$

$$= 1,192 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{1,192}{7,21} 100\%$$

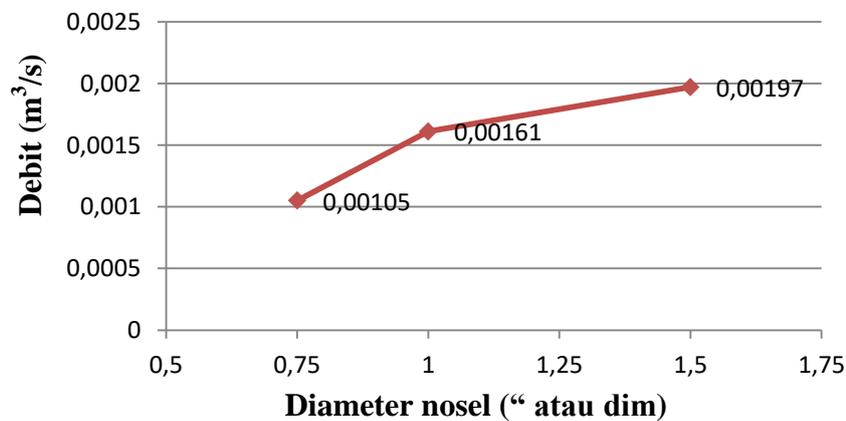
$$\eta = 16,53\%$$

No	Beban (Watt)	P ₁ (Watt)	P ₂ (Watt)	Efisiensi (%)
1	3	7,21	1,515	21,01
2	5	7,21	1,382	19,17
3	6	7,21	1,346	18,67
4	9	7,21	1,315	18,24
5	10	7,21	1,259	17,46
6	15	7,21	1,192	16,53

Tabel 4.8 hasil perhitungan daya dan efisiensi turbin pada diameter turbin $\frac{3}{4}$ "

4.3. Pembahasan

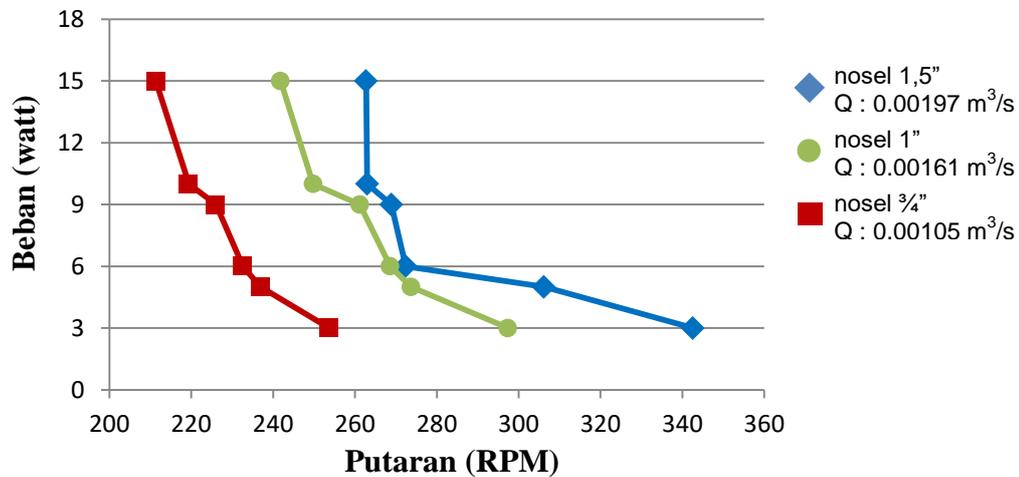
4.3.1. Hubungan Debit Air (Q) terhadap Diameter Nosel



Grafik 4.1 Hubungan debit air terhadap diameter nosel

Berdasarkan data yang terdapat pada grafik 4.1 dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter nosel maka debit air yang dihasilkan semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.7 yakni debit air (Q) berbanding lurus dengan luas penampang (A).

4.3.2. Hubungan Beban terhadap Putaran yang Dhasilkan pada Debit Air dan Nosel Tertentu

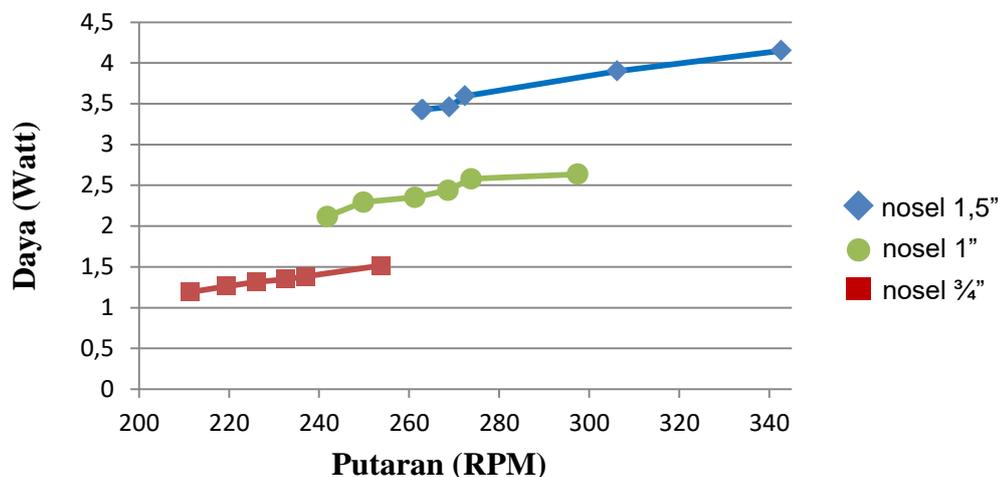


Grafik 4.2 Hubungan beban terhadap putaran yang dihasilkan

Pada grafik 4.2 nosel 1,5" didapatkan debit air sebesar $0,00197 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran terbaik sebesar 342,6 RPM, pada nosel 1" debit air yang dihasilkan sebesar $0,00161 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran terbaik sebesar 297,4 RPM dan pada nosel $\frac{3}{4}$ " didapatkan pula debit air sebesar $0,00105 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran yang dihasilkan 253,7. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa seakin besar debit air yang di dapatkan pada suatu nosel maka putaran turbin dan kecepatan spesifik tubin akan semakin besar juga. Hal ini dijelaskan pada persamaan 2.22 dimana debit air berbanding lurus dengan putaran turbin dan kecepatan spesifik turbin.

Dari data di atas dapat disimpulkan pula bahwa putaran (RPM) turbin juga sangat dipengaruhi oleh besarnya beban yang digunakan. Semakin besar beban yang digunakan maka putaran akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan putaran berbanding lurus dengan tegangan dan terbalik dengan beban yang diberikan. Hal ini sesuai pada persamaan 2.12 dan 2.14.

4.3.3. Hubungan Daya Keluar terhadap Putaran yang Dihasilkan pada Diameter Nosel 1,5", 1" dan ¾"



Grafik 4.3 Hubungan daya keluar terhadap putaran yang dihasilkan

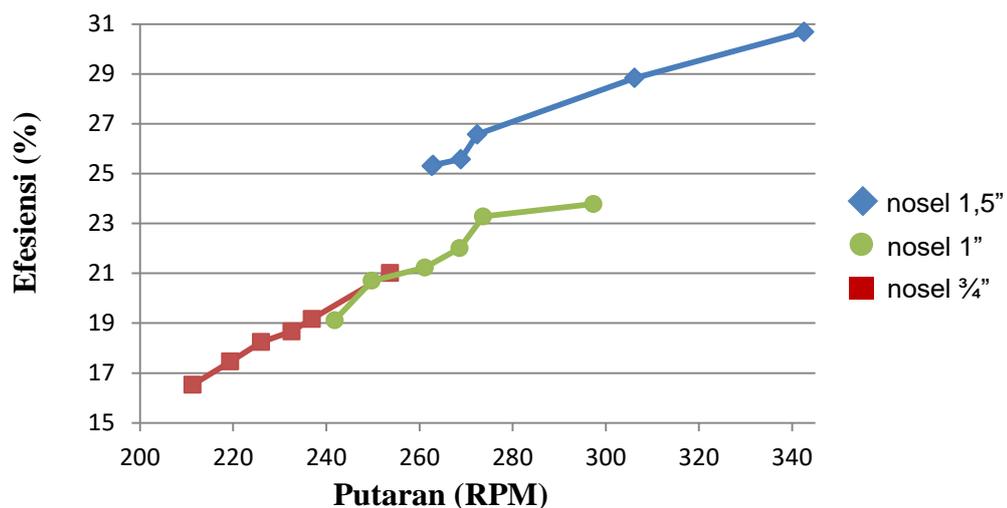
Pada Grafik 4.3 dapat disimpulkan bahwa semakin besar putaran pada rotor/pulley maka semakin besar juga daya yang yang dihasilkan (P_2). Hal ini dijelaskan pada persamaan 2.12 dimana semakin besar jumlah putaran pada rotor/pulley (n) maka akan semakin besar pula tegangan (V) yang dihasilkan. Sehingga daya yang dihasilkan (P_2) semakin besar pula karena tegangan dan daya berbanding lurus sesuai dengan persamaan 2.14.

Pada grafik di atas juga didapatkan beberapa data yakni pada diameter nosel 1,5" didapatkan daya terbaik yaitu 4,151 Watt pada putaran 342,6 RPM dengan beban 3 Watt, pada diameter nosel 1" didapatkan daya terbaik sebesar 2,635 Watt pada putaran 297,4 RPM dengan beban 3 Watt dan pada nosel ¾" didapatkan juga daya terbaik sebesar 1,515 Watt pada putaran 253,7 RPM dengan beban yang sama yakni 3 Watt pula. Pada grafik 4.3 dapat dilihat pula bahwa semakin besarnya beban yang diberikan maka semakin kecil jumlah putaran yang dihasilkan (n) sehingga tegangan yang dihasilkan (V) semakin

kecil pula, hal ini menyebabkan daya yang dihasilkan oleh generator (P_2) semakin kecil juga. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.14 pada hubungan antara daya dan hambatan yakni daya yang dihasilkan (P_2) berbanding terbalik dengan hambatan atau beban (R) yang diberikan.

Terdapat penurunan daya yang dihasilkan dari diameter nosel 1,5” terhadap diameter nosel 1” dan $\frac{3}{4}$ “. Penurunan daya dari diameter nosel 1,5” terhadap 1” sebesar 34,35% dan penurunan dari 1,5” terhadap $\frac{3}{4}$ ” sebesar 63,52%. Nilai ini diambil dari persentase perbandingan rata-rata daya yang dihasilkan dari tiap nosel. Penurunan daya ini disebabkan oleh menurunnya debit air yang keluar (Q) dari nosel karena diameter nosel yang semakin kecil, sehingga luas penampang dari nosel semakin kecil juga, hal ini menyebabkan putaran turbin semakin pelan yang menyebabkan daya listrik yang dihasilkan semakin kecil.

4.3.4. Hubungan Efisiensi Turbin terhadap Putaran yang Dihasilkan pada Diameter Nosel 1,5”, 1” dan $\frac{3}{4}$ ”



Grafik 4.4 Hubungan efisiensi turbin terhadap putaran yang dihasilkan

Berdasarkan Grafik 4.4 didapatkan efisiensi turbin terbaik pada diameter nosel 1,5” sebesar 30,68% dengan putaran turbin 342,6 RPM, diameter nosel 1” sebesar 23,78 % pada beban 3 watt dengan putaran 297,4 RPM. Pada diameter nosel ¾” didapat efisiensi turbin terbaik sebesar 21,01% pada beban 3 watt dengan putaran 253,7 RPM. Nilai Berdasarkan Grafik 4.3 dapat dilihat pula bahwa semakin kecil daya yang dihasilkan (P_2) maka nilai efisiensi turbin (η) semakin kecil, hal ini sesuai dengan persamaan 2.15 dimana nilai efisiensi turbin (η) dihasilkan oleh persentase perbandingan daya yang dihasilkan oleh generator (P_2) dengan daya yang dihasilkan oleh turbin (P_1) dimana dalam persamaan tersebut juga dijelaskan bahwa nilai efisiensi turbin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh generator (P_2). Nilai efisiensi terbaik dari masing-masing diameter nosel dihitung dari 70% nilai efisiensi turbin yang ditentukan dalam perhitungan pembuatan alat atau turbin.

Daya dan efisiensi yang dihasilkan tidak sesuai dengan perhitungan secara teoritis. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa kerugian dan hambatan dalam proses pengambilan data, yakni:

1. Adanya energi yang hilang pada aliran air yang disebabkan oleh gesekan antara aliran air dengan permukaan pipa yang kurang rata. Hal ini dijelaskan pada persamaan darcy tentang energi aliran air yang hilang berbanding lurus dengan faktor gesekan antara air dan permukaan saluran. Besarnya gesekan yang terjadi bergantung pada tingkat kekasaran dari permukaan yang digunakan. Semakin halus permukaan saluran maka semakin kecil gesekan yang terjadi dan semakin kasar permukaan saluran maka semakin besar gesekan yang terjadi. Persamaannya sebagai berikut.

$$hf = f \frac{L v^2}{d 2g}$$

dimana:

hf = kehilangan energi (m)

f = faktor gesekan yang tergantung pada angka reynlds, diameter dan kekasaran pipa

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

d = diameter pipa (m)

g = percepatan grafitasi (m/s^2)

2. Hambatan pada transmisi sabuk (*vanbelt*) antara pulley turbin dan pulley generator. Hal ini dikarenakan pada RPM rendah dibutuhkan transmisi daya yang besar dengan minimal kecepatan belt 20 m/s dan maksimal 30 m/s dengan daya yang ditransmisikan kurang lebih 500 kW (Robert, 2004). Berdasarkan hal tersebut menyebabkan gaya minimum putar turbin semakin besar pula. Sedangkan pada alat ini yang dibutuhkan adalah RPM yang besar dengan transmisi daya yang kecil sehingga gaya minimum putar turbin semakin kecil.
3. Hambatan pada putaran poros dinamo. hal ini karena gaya minimum putar dinamo lebih besar daripada gaya minimum putar pada turbin sehingga dibutuhkan daya masuk (P_1) pada turbin yang lebih besar.
4. Kerugian pada putaran turbin, hal ini karena desain, pembuatan dan pemasangan sudu turbin yang kurang presisi. Sehingga air yang keluar dari nosel dan di terima oleh sudu turbin tidak maksimal.

5. Kerugian pada poros turbin dan bantalan poros turbin. Hal ini dikarenakan gesekan yang terjadi antara poros turbin dan bantalan turbin. Gesekan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kerja dari bantalan dan harus kita minimalkan dalam suatu alat, hal ini dijelaskan oleh maleev (1991) bahwa jika suatu permukaan meluncur di atas permukaan yang lain dan ada suatu gaya yang menekan terhadap permukaan yang lain tersebut, maka titik yang tinggi pada kedua permukaan akan saling mengunci dan menghambat gerakan relatif. Sehingga permukaan yang keras akan melepaskan sebagian dari titik yang tinggi dari permukaan yang lunak tetapi pada saat yang sama dapat kehilangan sebagian dari titik tingginya.

4.4. Perspektif Islam dalam Energi

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فِرَاشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ
رِزْقًا لَّكُمْ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ

"(Dialah) yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dialah yang menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia hasilkan dengan (hujan) itu buah-buahan sebagai rezeki untukmu. Karena itu janganlah kamu mengadakan pertandingan-tandingan bagi Allah, padahal kamu mengetahui" (QS. Albaqarah: 22).

Dari ayat di atas dijelaskan bahwa Allah SWT menerangkan kepada manusia bahwa dia (Allah SWT) menciptakan bumi sebagai hamparan dan langit sebagai atap, menurunkan air hujan, menumbuhkan tumbuh-tumbuhan dan menjadikan tumbuh-tumbuhan itu berbuah. Semuanya diciptakan Allah untuk manusia, agar manusia memperhatikan proses penciptaan itu, merenungkan, mempelajari dan mengolahnya sehingga bermanfaat bagi manusia dan kemanusiaan sesuai dengan yang telah diturunkan Allah. Dengan jelas Allah menerangkan dalam ayat ini terutama pada bagian yang mengungkapkan dan

dialah yang menurunkan air (hujan) dari langit lalu dia hasilkan dengan (hujan) itu buah-buahan (Tafsir Lengkap Kemenag RI).

Dari ayat dan tafsir di atas dapat kita artikan bahwa Allah SWT menurunkan air hujan kepada manusia agar bisa bermanfaat dan dapat dimanfaatkan secara maksimal sesuai dengan kebutuhan manusia. Sedangkan pada saat ini, kebutuhan manusia sangat banyak. Salah satu kebutuhan manusia adalah tentang energi listrik yang saat ini sangat penting dan sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk menghidupi dan memaksimalkan kegiatannya. Salah satu pemanfaatan air berdasarkan kebutuhan tersebut adalah pembuatan pembangkit listrik menggunakan tenaga air untuk menjawab dan memenuhi kebutuhan manusia tersebut dengan beberapa desain dan konstruksi alat yang telah dihitung dan dijelaskan sebelumnya.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) menggunakan turbin pelton dengan variasi diameter nosel dan beban dapat disimpulkan:

1. Alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) menggunakan turbin pelton seperti gambar berikut.



Gambar 5.1 PLTM menggunakan turbin pelton

2. Pengaruh debit air yang dihasilkan terhadap putaran turbin yakni semakin besar debit air yang dihasilkan maka semakin besar pula putaran turbin yang dihasilkan. Debit air sangat bergantung pada diameter nosel yang digunakan, semakin besar diameter nosel maka semakin besar pula debit air yang dihasilkan, hal ini dikarenakan luas penampang nosel semakin besar dan luas penampang berbanding lurus terhadap debit air yang dihasilkan (Q).
3. Pengaruh putaran turbin terhadap daya listrik yang dihasilkan adalah semakin besar putaran turbin yang dihasilkan maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh generator. Hal ini dikarenakan oleh putaran turbin berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan oleh generator,

dimana tegangan yang dihasilkan oleh generator berbanding lurus pula dengan daya yang dihasilkan oleh generator. Putaran turbin juga sangat dipengaruhi oleh beban yang diberikan dimana semakin besar beban yang diberikan maka semakin kecil putaran yang dihasilkan sehingga daya yang dihasilkan juga semakin kecil. Hal ini karena daya berbanding terbalik dengan beban.

4. Pada diameter nosel 1,5” didapatkan efisiensi turbin terbaik sebesar 30,68% pada beban 3 Watt, diameter nosel 1” didapatkan efisiensi turbin terbaik sebesar 23,78% pada beban 3 Watt dan pada diameter nosel $\frac{3}{4}$ ” didapatkan pula efisiensi turbin terbaik sebesar 21,01%. Berdasarkan tiga buah data dengan masing-masing variasi tersebut dapat disimpulkan bahwa diameter nosel 1,5” paling efisien untuk digunakan dan dipakai dalam alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) dengan turbin pelton ini.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian dalam bidang ini serta pengembangan penelitian ini :

1. Sambungan pipa sampai nosel dibuat sehalus atau serata mungkin untuk mengurangi adanya gesekan aliran air terhadap pipa sampai aliran air keluar dari nosel.
2. Menggunakan jenis transmisi lain (gir atau rantai) sesuai dengan kebutuhan atau spesifikasi yang digunakan. Hal ini untuk mengurangi transmisi daya yang besar.
3. Menggunakan spesifikasi dinamo/generator DC dengan gaya minimum putar dinamo/generator yang kecil, RPM rendah atau *lowRPM* tetapi

menghasilkan daya yang besar sesuai dengan perhitungan RPM yang dihasilkan dalam perhitungan putaran turbin. Hal ini agar mengurangi kerugian antara gaya minimum putar turbin terhadap gaya minimum putar dinamo dan untuk memaksimalkan kinerja alat terkhusus pada dinamo/generator yang digunakan.

4. (a). Desain, pembuatan dan pemasangan sudu turbin dibuat se presisi mungkin. (b). Dibuat desain model turbin yang berbeda sesuai dengan spesifikasi aliran yang digunakan dengan dasar perhitungan yang telah didapatkan.
5. Gesekan pada bantalan poros dan poros turbin dibuat se minimal mungkin dengan menggunakan pelumas.
6. Diameter saluran pipa yang digunakan diperbesar, hal ini untuk menambah debit aliran yang dihasilkan oleh saluran pipa.
7. Menggunakan saluran pipa dan nosel yang lebih dari satu, hal ini untuk memanfaatkan aliran air yang masih belum digunakan atau terbuang dan untuk memaksimalkan putaran turbin dan putaran generator sesuai dalam perhitungan yang telah dihasilkan pada perhitungan alat khususnya pada kecepatan putar turbin.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Nasir, B. 2014. Design Considerating Of Micro-Hidro-Electrik Power Plant. Energy procedia 50 19-29.
- Arismunandar, W. 2004. Penggerak Mula Turbin. ITB. Bandung.
- Bagia, I Nyoman. dkk. 2018. Motor-motor Listrik, Cetakan 1. Bandung: CV. Rasi Terbit.
- Dietzel, Fritz. 1996, Turbin Pompa dan Kompresor, cetakan ke-5. Erlangga: Jakarta.
- Giancoli, Douglas C. 2014. Fisika Edisi Ketujuh Jilid 1 Prinsip dan Aplikasi. Erlangga.
- Halliday, David dkk. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1. Erlangga. 2010
- Irawan Dwi. 2014. Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. Jurnal Turbo ISSN 2301-6663. Vol.3, No.1. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.
- Mafruddin & Dwi Irawan. 2020. Turbin Impuls. Lampung: LADUNY ALIFATAMA : 31.
- Maridjo, Bambang Puguh dkk. 2016. Rancang Bangun Turbin Pelton Mikrohidro. Jurnal Teknik Energi, Vol. 6, No. 2. Jurusan Teknik Konversi Energi. Politeknik Negeri Bandung.
- Muis, Abdul. 2010. Turbin Air Pada PLTA Larona. Jurnal JIMT. Vol. 7, No.1 : 61-69
- Munson, Bruce R., Dkk. Mekanika Fluida Edisi Keepat Jilid 1. Erlangga. 2003.
- Ponto, Hantje (2018). Dasar Teknik Listrik. Sleman: Deepublish.
- Rhofita, E. I. (2016). Al-Qur'an dan Aplikasi Teknologi Mikrohidro di Indonesia. Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan, 2(1), 23–30.
- Robert, L. Mott. 2004. Machine Element in Mechanical Design, Fourth Edition. University of Dayton.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004. Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin. Cetakan ke-11. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- V, L. Maleev, M,E., Dr.A.M. Operasi dan Pemeliharaan Mesin Disel. Erlangga. 1991.

Yani, Ahmad. Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi dan Daya Turbin yang Dihasilkan. jurnal turbo. 6 (1). 2017. Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.

Young, H. D., dkk. (2002). Wibi H., H., dkk., ed. Fisika Universitas Jilid 1 (edisi ke-10). Jakarta: Penerbit Erlangga.

LAMPIRAN

**Lampiran A Data Hasil Percobaan Tegangan dan Arus yang Dihasilkan
Generator dengan 10 Pengulangan**

1,5"	3 Watt		5 Watt		6 Watt		9 Watt		10 Watt		15 Watt	
	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I
1	14,65	0,28	12,72	0,3	11,26	0,33	12,31	0,32	10,67	0,32	12,07	0,31
2	14,68	0,28	12,76	0,3	11,24	0,32	12,22	0,31	10,73	0,3	12,22	0,31
3	14,76	0,28	12,74	0,3	11,23	0,31	12,2	0,32	10,84	0,31	12,28	0,3
4	14,88	0,28	12,79	0,3	11,36	0,33	12,12	0,32	10,71	0,3	12,3	0,31
5	14,71	0,28	12,89	0,3	11,3	0,34	12,06	0,32	10,61	0,36	12,25	0,31
6	14,68	0,28	12,87	0,3	11,4	0,35	12,16	0,32	10,96	0,33	12,19	0,31
7	14,8	0,28	12,95	0,31	11,32	0,31	12,17	0,31	10,78	0,33	12,29	0,31
8	14,66	0,29	12,91	0,31	11,34	0,25	12,09	0,31	10,69	0,33	12,31	0,31
9	14,62	0,29	12,87	0,31	11,2	0,33	12,12	0,32	10,7	0,31	12,34	0,31
10	14,77	0,28	12,8	0,31	11,05	0,32	12,05	0,3	10,79	0,3	12,26	0,31

1"	3 Watt		5 Watt		6 Watt		9 Watt		10 Watt		15 Watt	
	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I
1	12,55	0,20	11,38	0,23	10,70	0,23	10,59	0,23	10,40	0,21	10,23	0,20
2	12,68	0,20	11,22	0,22	11,12	0,22	10,68	0,25	10,50	0,19	10,19	0,22
3	12,80	0,21	11,35	0,25	10,97	0,22	10,88	0,22	10,41	0,23	10,10	0,17
4	12,73	0,21	11,24	0,22	11,03	0,23	10,68	0,20	10,29	0,23	9,95	0,24
5	12,56	0,21	11,42	0,22	10,90	0,24	10,80	0,24	10,44	0,24	10,08	0,21
6	12,72	0,21	11,35	0,24	10,89	0,20	10,96	0,22	10,35	0,24	10,11	0,22
7	12,75	0,21	11,23	0,24	10,99	0,22	10,71	0,24	10,41	0,21	10,16	0,20
8	12,57	0,21	11,26	0,21	10,73	0,22	10,75	0,20	10,41	0,23	10,29	0,21
9	12,68	0,21	11,43	0,22	10,93	0,23	10,55	0,17	10,24	0,19	10,12	0,21
10	12,66	0,21	11,22	0,23	11,08	0,22	10,78	0,22	10,37	0,24	10,09	0,21

3/4"	3 Watt		5 Watt		6 Watt		9 Watt		10 Watt		15 Watt	
	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I
1	10,49	0,13	9,48	0,13	9,74	0,14	9,67	0,13	9,20	0,13	8,93	0,14
2	10,66	0,17	9,66	0,16	9,25	0,13	8,99	0,14	9,24	0,16	8,87	0,11
3	10,64	0,14	9,44	0,14	9,45	0,13	9,45	0,15	9,19	0,13	8,79	0,13
4	10,34	0,16	10,42	0,15	9,88	0,13	9,67	0,14	9,38	0,14	8,80	0,14
5	10,63	0,15	9,61	0,14	9,86	0,14	9,54	0,14	9,06	0,14	8,82	0,15
6	10,41	0,14	9,73	0,14	9,38	0,14	9,27	0,13	9,29	0,14	8,76	0,14
7	10,69	0,14	9,46	0,14	9,94	0,14	8,97	0,13	9,27	0,12	8,73	0,12
8	10,41	0,14	10,32	0,15	9,80	0,16	9,54	0,14	9,06	0,13	8,80	0,16
9	10,33	0,13	9,41	0,13	9,21	0,16	9,39	0,14	9,02	0,15	8,89	0,14
10	10,62	0,14	9,79	0,14	11,05	0,32	12,05	0,3	10,79	0,3	12,26	0,31

Lampiran B Dokumentasi pengambilan Data dan Instalasi Kabel

