



**PEMANFAATAN ENERGI AIR SEBAGAI PENGGERAK MULA PADA
PEMBUATAN LEMBAR (SHEET) KARET DI PERKEBUNAN SENTOOL**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program Studi Fisika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si)

SKRIPSI

Oleh

**Melinda
181810201015**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis kepada Allah SWT karena limpahan serta rahmat-Nya yang luar biasa penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini dipersembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta, Papa Deby Setiawan dan Mama Anisah yang selalu mendengarkan memeluk dalam segala keadaan, mendukung, memberi semangat dan tidak lelah mendoakan di setiap langkah perjalanan hidup anaknya;
2. Keluarga besar saya, yang selalu memberikan support serta motivasi.

MOTTO

“Harus bisa memanfaatkan waktu dengan sebaik-sebaiknya, jangan membuang waktu untuk hal yang kurang bermanfaat”

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Melinda

NIM : 181810201015

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*Pemanfaatan Energi Air Sebagai Penggerak Mula Pada Pembuatan Lembar (Sheet) Karet Di Perkebunan Sentool* ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Juli 2023

Yang menyatakan,



Melinda

NIM 181810201015

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Pemanfaatan Energi Air Sebagai Penggerak Mula Pada Pembuatan Lembar (Sheet) Karet Di Perkebunan Sentool” telah disetujui pada :
Hari, tanggal :
Tempat : Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

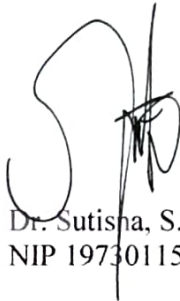
Tim Penguji

Ketua,



Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031002

Anggota I,



Dr. Sutisha, S.Pd., M.Si
NIP 197301152000031001

Anggota II,



Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si.
NIP 196912251999031001

Anggota III,



Nurul Priyantari, S.Si, M.Si.
NIP 197003271997022001

ABSTRACT

Sentool Zidam V/Brawijaya Plantation is a plantation and agro-industrial area located in Suci Village, Panti District, Jember Regency. The area is located at the foot of Mount Aropuro with abundant water sources. The potential that can be exploited from this plantation area is the source of water that flows in the Sentool plantation river. The river has a fairly large water flow or water discharge. A continuous fluid property of water on the value of the viscosity of water and temperature which determines the nature of the water flow in the penstock pipe. With the presence of abundant water can be used for grinding rubber. The Sentool Plantation also produces rubber commodities which are obtained through the plantations it owns. This processing machine is driven using water power. The potential for hydropower to be used to drive the sentool rubber mill is quite potential.

Keywords : viscosity, water, milling

RINGKASAN

Pemanfaatan Energi Air Sebagai Penggerak Mula Pada Pembuatan Lembar (Sheet) Karet Di Perkebunan Sentool; Melinda, 181810201015; 2023; Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Perkebunan Sentool Zidam V/ Brawijaya merupakan kawasan perkebunan dan agroindustri yang terletak di Desa Suci, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember. Kawasan tersebut berada pada kaki Gunung Aropuro dengan ketersediaan sumber air yang melimpah. Potensi yang dapat dimanfaatkan dari kawasan perkebunan ini ialah sumber air yang mengalir di sungai perkebunan Sentool. Sungai tersebut mempunyai aliran air atau debit air yang cukup besar. Dengan adanya air yang melimpah tersebut dapat digunakan untuk penggilingan karet. Pemanfaatan perpipaan pada PLTMh ialah untuk mendapatkan energi potensial air yang akan diubah dalam energi listrik. Suatu sifat fluida air berkesinambungan pada nilai viskositas air dan suhu yang menentukan sifat aliran air dalam pipa penstock. Kawasan sentool mempunyai kisaran suhu 19°C pada pagi hari, 20°C pada siang hari dan 21°C pada sore hari. Hasil energi yang dapat diperoleh apabila dilakukan pendekatan karakteristik sifat fluida, sistem pemipaan serta pemanfaatan energi yang dihasilkan.

Suatu sifat aliran fluida dapat menentukan *head efektif* yang terjadi dalam sistem perpipaan. Sistem transmisi tersebut dapat mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik. Hasil perhitungan sifat aliran fluida yang menggunakan parameter bilangan Reynold sebagai berikut : pada diameter pipa 0,38 m terhadap variasi suhu 19°C menghasilkan bilangan Reynold 11581304,77. Pada suhu 20°C menghasilkan nilai bilangan Reynold sebesar 11870259,48. Selanjutnya pada suhu 21°C bilangan Reynold yang dihasilkan adalah 12161554,19. Pada diameter pipa 0,50 m dengan bilangan Reynold terhadap variasi suhu 19°C ialah 15238558,91. Kemudian pada suhu 20°C menghasilkan bilangan Reynold sebesar 15618762,48. Setelah itu pada suhu 21°C menghasilkan nilai bilangan Reynold sebesar 16002044,99. Pada diameter pipa berukuran 1,34 m nilai bilangan Reynold untuk variasi suhu 19°C adalah 40839337,88. Selanjutnya pada suhu 20°C menghasilkan bilangan Reynold

sebesar 41858283,43, dan pada suhu 21°C menghasilkan nilai bilangan Reynold sebesar 42885480,57. Total nilai energi kinetik pada diameter pipa penstock 0,38 m adalah 4137647,93 J/s. Kemudian pada diameter pipa penstock 0,50 m adalah 7522996,23 J/s dan pada diameter pipa penstock 1,43 m adalah 53037123,42 J/s.

Perkebunan Sentool juga menghasilkan komoditi karet yang diperoleh melalui perkebunan yang dimilikinya. Mesin-mesin pengolah karet, termasuk mesin penggilingan karet yang ada di perkebunan ini meskipun sudah berusia lebih dari dua abad sekarang masih beroperasi. Mesin pengolah ini digerakkan menggunakan tenaga air. Potensi tenaga air untuk dimanfaatkan untuk menggerakkan penggilingan karet sentool cukup potensial. Berdasarkan perhitungan potensi energi air diperoleh sebesar 0,011753 kW dan digunakan mesin model ZL-3018-76.

PRAKATA

Puji syukur dan terima kasih penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Pemanfaatan Energi Air Sebagai Penggerak Mula Pada Pembuatan Lembar (Sheet) Karet Di Perkebunan Sentool”. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana 1 Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Misto, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji 1 dan Ibu Nurul Priyantari, S.Si, M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah berkenan memberi kritik, saran dan masukan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Ibu Dra. Arry Yuariatun Nurhayati M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberi arahan kepada penulis selama masa perkuliahan;
4. Segenap Bapak dan Ibu Dosen program studi S-1 Fisika yang telah mendidik dan mengajarkan berbagai ilmu yang bermanfaat;
5. Teman-teman kelompok riset MBKM yang telah menemani dan membantu dalam penelitian ini;
6. Semua pihak yang berjasa namun tidak bisa disebutkan satu per satu;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

DAFTAR ISI

PEMANFAATAN	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN TEORI.....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh)	5
2.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh)	6
2.3 Debit Aliran	6
2.4 <i>Head</i> (Kemiringan Pipa).....	7
2.4.1. <i>Head losses</i>	8
2.4.2. <i>Head efektif</i>	8
2.5 Pipa <i>Penstock</i>	8
2.6 Sifat Fluida.....	9
2.7 Turbin Air	10
2.8 Hukum Kekekalan Energi Mekanik.....	11
2.9 Penggilingan Karet.....	12
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Rancangan Penelitian.....	13
3.3 Diagram Air	14
3.4 Prosedur Penelitian	15
3.4.1 Penentuan Sifat Fluida Aliran Pipa <i>Penstock</i>	15
3.4.2 Perhitungan Debit	16
3.4.3 Perhitungan Kecepatan	16

3.4.4 Perhitungan Daya Penggilingan Karet.....	16
3.5 Metode Analisis Data.....	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	24
5.1 Kesimpulan.....	24
5.2 Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai viskositas per satuan suhu	9
--	---

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Turbin Francis	11
Gambar 2.3 Turbin Kaplan	11
Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Penelitian	14
Gambar 4.1 Pipa Penstock PLTMh Sentool	17
Gambar 4.2 Pipa penenang PLTMh di kawasan Perkebunan Sentool.....	18
Gambar 4.3 grafik hubungan antara nilai energi kinetik dan ketinggian pipa pada setiap diameter	20
Gambar 4.4 grafik hubungan antara nilai energi kinetik dan ketinggian pipa pada setiap diameter	22
Gambar 4.5 Alat penggilingan karet	23
Gambar 4.6 Data teknis mesin penggiling karet	24

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) adalah pembangkit listrik skala kecil atau mikro dengan menggunakan tenaga air sebagai energi penggerakannya seperti, sungai, saluran irigasi, air terjun alam dengan memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan juga debit air. Tenaga air atau *hydropower* merupakan energi yang didapatkan dari air yang mengalir. Berasal dari energi kinetik air, energi listrik ini disebut sebagai *hydroelectric*. *Hydroelectric* memberikan sekitar 715.000 MW atau setara 19% dari kebutuhan listrik dunia. Indonesia mempunyai potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk minihidro berkisar 450MW. Saat ini pengembangan EBT mengacu pada Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dari perpres tersebut sudah dijelaskan bahwa kontribusi EBT dalam bauran energi primer nasional pada tahun 2025 ialah sekitar 17 % dengan air, surya, nuklir, biomassa dan angin yang memiliki kontribusi sebanyak 5 %. Dari hal tersebut langkah yang akan diambil pemerintah yaitu dengan menambah kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro menjadi sebesar 2.846 MW di tahun 2025.

Salah satu kebutuhan dasar manusia ialah energi. Sesuai dengan tingkat dan taraf kehidupan manusia, kebutuhan ini akan terus meningkat. Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan sebuah energi yang memiliki sifat tidak dapat diperbarui atau disebut juga *non renewable energy* yang artinya selama ini merupakan energi utama yang digunakan untuk memasok seluruh sector kegiatan. Solusi dalam mengurangi ketergantungan energi bahan bakar minyak ialah dengan mencari dan mengembangkan sumber energi lain yang dapat diperbarui, murah dan mudah didapatkan. Indonesia mempunyai potensi sumber daya alam yang melimpah yang berpotensi sebagai sumber energi alternatif. Potensi energi tersebut antara lain matahari, angin, panas bumi (geothermal), biomassa, biogas, gelombang laut dan juga air. Berdasarkan dengan kondisi dan

karakteristik geologinya, potensi sumber daya tersebut tersebar di berbagai wilayah Indonesia (Kholiq, 2015).

Sumber air merupakan bagian paling penting dalam membuat energi terbarukan yang ramah lingkungan. Energi yang bisa menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan debit air dan tinggi jatuh air ialah aliran air. *Renewable energy* mempunyai prinsip yaitu untuk meningkatkan kemandirian masyarakat dan ekonomi yang dapat dilakukan dengan mengembangkan energi alternatif. PLTMh merupakan pembangkit listrik dengan skala kecil yang sesuai dengan tempat dan kondisi alam berbukit atau dataran tinggi. Sumber aliran air dengan membendung atau mengalirkan air melalui saluran pipa ke suatu tempat yang mengalir sepanjang tahun. Sehingga diperoleh beda ketinggian (head) sudah bisa dibuat sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh). Teknologi dikembangkan bertujuan untuk membuat hidup manusia lebih baik, mudah dan efisien (Sukusno, Fachrudin, & Wardani, 2012).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) mempunyai tiga komponen utama dan penting. Komponennya yaitu air digunakan sebagai sumber energi kinetiknya, turbin dan generator. Turbin berfungsi sebagai pengkonversi energi. Turbin memiliki kegunaan yaitu untuk mengubah energi kinetik dari air menjadi energi mekanik untuk memutar generator (Saputra, Jasa & Wijaya, 2020). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro menghasilkan daya yang bersifat fluktuatif. Fluktuasi dapat terjadi yaitu dikarenakan perubahan energi primer air yang bergantung terhadap musim (Nugroho, 2015). Adanya fluktuasi tersebut akan mempengaruhi terhadap daya listrik yang dihasilkan begitu juga dengan efisiensinya. Dalam PLTMh terdapat proses perubahan energi kinetik berupa tekanan air dan kecepatan air yang diperlukan untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik sehingga menghasilkan energi listrik. Efisiensi merupakan salah satu bagian indikator dalam operasional kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Metode pengukuran dilakukan dalam penelitian untuk mendapatkan data debit air yang akan digunakan untuk menghitung daya turbin.

Alat penggiling karet dapat memproduksi karet dari bentuk 1 lateks menjadi sheet sesuai dengan target, manfaat dan pengaruh bagi masyarakat untuk meningkatkan perekonomian masyarakat sesuai dengan tujuan. Alat penggiling karet bersifat (*fortable*) agar memudahkan dipindahkan berdasarkan tekstur karet yang sangat mudah mengeras sehingga dapat di bawa ke kebun karet secara langsung. Penggilingan (*mangel* giling) lempengan karet yang sudah terbentuk kemudian di giling kembali di mesin *mangel* giling untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan debit, kemudian setelah itu dilakukan perhitungan untuk mencari nilai kecepatan. Setelah itu melakukan perhitungan hasil pada bilangan reynold. Selanjutnya dapat diketahui nilai energi yang dihasilkan dari penggilingan karet tersebut dan dapat menentukan jenis mesin yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana sifat fluida air di pipa untuk mengetahui sifat aliran pada PLTMh di PT. Perkebunan Sentoool Zidam V/Brawijaya, Desa Suci, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember?
- b. Bagaimana pengaruh ketinggian dan diameter pada sistem pemipaan di pipa terhadap energi kinetik yang dihasilkan pada PLTMh di PT. Perkebunan Sentoool Zidam V/Brawijaya, Desa Suci, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember?
- c. Bagaimana pemanfaatan energi air untuk menjadi energi penggerak mula sebagai penggerak penggilingan karet (sheet)?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Massa jenis air alami yang digunakan 997 kg/m^3 .
- b. Memanfaatkan air sungai di PT. Perkebunan Sentool Zidam V/ Brawijaya, Desa Suci, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember.
- c. Suhu yang dalam perhitungan mencakup suhu alami di sentool mulai dari 19°C pada musim penghujan, 20°C pada musim pergantian dan 21°C pada musim kemarau dalam keadaan siang.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai berdasarkan uraian rumusan masalah di atas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui sifat fluida air di pipa untuk mengetahui sifat aliran pada PLTMh di PT. Perkebunan Sentool Zidam V/Brawijaya, Desa Suci, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember.
- b. Mengetahui pengaruh sistem pemipaan di pipa terhadap energi kinetik yang dihasilkan pada PLTMh di PT. Perkebunan Sentool Zidam V/Brawijaya, Desa Suci, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember.
- c. Mengetahui pemanfaatan energi air untuk menjadi energi penggerak mula penggilingan karet (sheet).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Memberikan informasi mengenai pemanfaatan energi air dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.
- b. Menambah wawasan dari penggunaan PLTMh.
- c. Menjadikan energi listrik alternatif yang ramah lingkungan.
- d. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti untuk penelitian lebih lanjut.

BAB 2. TINJAUAN TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh)

Istilah mikrohidro berasal dari dua kata yaitu mikro yang mempunyai arti kecil sedangkan hidro yang berarti air. Berdasarkan teknis mikrohidro mempunyai tiga komponen yaitu air, turbin serta generator. Dengan menggunakan energi potensial jatuh air. Semakin besar nilai energi potensial air yang bisa berubah menjadi energi listrik maka semakin tinggi juga jatuhnya air tersebut (Gunawan, 2013). Daya yang diproduksi oleh PLTMh bergantung pada debit air dan tinggi jatuh air. Semakin tinggi debit dan tinggi jatuh air, maka akan semakin besar pula daya yang dihasilkan (IMIDAP, 2009). PLTMh sebagai sumber energi yang terbarukan dapat menjadi salah satu alternatif yang menyediakan energi ramah lingkungan serta digunakan untuk daerah yang sulit terjangkau listrik (Harsarapama, 2012).

Hydro power atau tenaga air adalah sebuah pemanfaatan aliran air yang dapat menghasilkan daya listrik. Dalam PLTMh menggunakan turbin yang akan digunakan untuk mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik. Setelah itu melalui generator untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik (Penche dan Minas, 1998). Sebuah sistem perpindahan bentuk energi dari aliran air dan ketinggian atau disebut energi potensial menjadi energi listrik dan energi mekanik (Donald, 1994). Berdasarkan besar daya yang dihasilkan, ada tiga jenis pembangkit listrik tenaga air yaitu yang pertama terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) yang mempunyai daya output kurang dari 100 kW. Setelah itu terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) yang mempunyai daya output sekitar 100 kW sampai 1.000 kW. Dan selanjutnya terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang mempunyai daya output lebih dari 1.000 kW (Fahreza, 2019).

2.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh)

Aliran sungai dibendung untuk mendapatkan debit air (Q) dan tinggi jatuh air (H). Setelah itu air yang telah dihasilkan disalurkan melalui saluran penghantar air menuju kolam penenang. Kolam penenang tersebut dihubungkan dengan pipa pesat, dan pada bagian paling bawah di pasang turbin air. Setelah mendapat tekanan air (P), turbin air akan berputar. Dan perputaran turbin digunakan untuk memutar generator. Generator akan menghasilkan listrik ketika mendapat putaran yang konstan, yang dikirim ke konsumen melalui saluran kabel distribusi (Abdul, 2007).

Prinsip dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ialah memanfaatkan jumlah debit air per detik dan beda ketinggian yang terdapat pada aliran air sungai, air terjun dan saluran irigasi. Skema mikrohidro sendiri membutuhkan dua hal yaitu, ketinggian jatuh (*head*) dan debit air untuk mendapatkan tenaga yang dimanfaatkan (Nugroho, 2015). Potensi daya energi air bisa dihitung menggunakan persamaan (2.1)

$$P = \frac{1}{2} \rho \times Q \times v^2 \quad (2.1)$$

Dimana:

P = Daya Energi (Watt)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

Q = Debit aliran Air (m^3/s)

v = Kecepatan aliran (m/s)

2.3 Debit Aliran

Debit aliran merupakan laju aliran air per satuan waktu (dalam bentuk volume air) yang melewati sebuah penampang melintang sungai. Besarnya debit dalam sistem satuan SI dinyatakan dalam satuan meter kubik per sekon (m^3/s) (Goyal et al). Untuk menghitung kecepatan air dapat menggunakan besaran jarak dan waktu digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = \sqrt{2 \times \frac{g}{h}} \quad (2.2)$$

Dimana :

V = Kecepatan (m/s)

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

h = Ketinggian pipa (m)

Aliran sungai berawal dari hujan yang masuk ke dalam alur sungai berbentuk aliran permukaan, aliran air di bawah permukaan, aliran air bawah tanah dan butir-butir hujan yang langsung jatuh ke dalam alur sungai. Setelah terjadi hujan yang cukup, debit aliran sungai akan naik. Kemudian setelah hujan selesai, debit aliran sungai akan turun (Heriyanto, 2010). Untuk menghitung jumlah debit air dapat digunakan persamaan 2.3.

$$Q = A.v \quad (2.3)$$

Dimana :

Q = Debit aliran air (m^3/s)

A = Luas penampang aliran (m^2)

v = Kecepatan aliran (m/s)

Debit aliran air juga dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Sehingga setelah diketahui kecepatannya dari jurnal panduan ESDM (2009) untuk mencari luasan penampang dari jalur yang dicari menggunakan persamaan :

$$A = B \times H \quad (2.4)$$

Dimana :

A = Luas penampang (m^2)

B = Kedalaman air (m)

H = Lebar luasan (m)

2.4 Head (Kemiringan Pipa)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan sebuah pembangkit dengan skala kecil dengan memanfaatkan tenaga air sebagai tenaga untuk

menggerakannya seperti sungai, air terjun alam, saluran irigasi dan air yang ditampung dalam bak dengan cara memanfaatkan jumlah debit air, jatuhnya air (*head*) serta tinggi terjunan. Semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik maka semakin tinggi jatuhnya airnya. *Head loss* akan terjadi pada setiap instalasi pipa air yang bertekanan. *Head loss* merupakan penurunan tekanan pada fluida yang mengalir di dalam pipa.

2.4.1. *Head losses*

Head losses merupakan akibat dari sistem perpipaan yang terpasang dengan satuan meter (m) atau disebut juga rugi-rugi energi. *Head losses* yaitu penjumlahan dari *head mayor* dan *head minor* dengan persamaan dari Buyung (2013) sebagai berikut :

$$H_L = \frac{1}{2} \times H_A \quad (2.5)$$

Keterangan :

H_L = *Head losses* (m)

H_A = *Head Actual* (m)

2.4.2. *Head efektif*

Menurut Buyung (2013) *head efektif* dapat dikatakan sebagai ketinggian bersih pada pipa *penstock*, dimana faktor gesekan dan belokan dalam pipa telah dipertimbangkan dengan perhitungan. Persamaan berikut dapat diketahui dengan :

$$H_e = H - H_L \quad (2.6)$$

Keterangan :

H_e = *Head efektif* (m)

H = Ketinggian diketahui (m)

H_L = *Head losses* (m)

2.5 Pipa Penstock

Pipa pesat (*penstock*) merupakan sebuah pipa yang terbuat dari *fiberglass* or *plastic penstock*. *Penstock* tersebut mempunyai fungsi yaitu untuk mengalirkan air dari sumber air atau dari tangki penampung (*head race water*) menuju rumah

turbin. Pipa pesat (*penstock*) digunakan sebagai saluran yang ditempatkan dengan didasarkan oleh perbedaan ketinggian input dan output atau elevasi yang terhubung langsung dengan turbin.

2.6 Sifat Fluida

Asumsi fluida ideal sering digunakan dalam mempelajari aliran fluida. Fluida ideal diasumsikan tidak memiliki kekentalan. Dalam fluida ideal yang mengalir melalui suatu tabung lurus, semua partikel bergerak pada garis-garis sejajar dengan kecepatan yang sama. Pada aliran fluida nyata kecepatan terdekat dengan dinding akan bernilai nol, dan akan bertambah besar pada jarak pendek dari dinding (Orianto dan Pratikto, 1989). Viskositas merupakan hasil dari gaya-gaya antara molekul yang timbul ketika lapisan-lapisan fluida berusaha menggeser satu dengan lainnya atau sifat dari zat cair untuk melawan tegangan geser pada waktu bergerak mengalir (Orianto dan Pratikto, 1989).

Tabel 2.1 nilai viskositas per-satuan suhu (Widianto *et al.*, 2015)

Temperatur (⁰ C)	Viskositas (x 10 ⁻⁶ m ² /s)	Temperatur (⁰ C)	Viskositas (x 10 ⁻⁶ m ² /s)
0	1,793	25	0,893
1	1,732	26	0,873
2	1,674	27	0,854
3	1,619	28	0,836
4	1,568	29	0,818
5	1,520	30	0,802
6	1,474	31	0,785
7	1,429	32	0,769
8	1,386	33	0,753
9	1,346	34	0,738
10	1,307	35	0,724
11	1,270	36	0,711
12	1,235	37	0,697
13	1,201	38	0,684
14	1,169	39	0,671
15	1,138	40	0,658
16	1,108	45	0,602
17	1,080	50	0,554
18	1,053	55	0,511
19	1,027	60	0,476

20	1,002	65	0,443
21	0,978	70	0,413
22	0,955	75	0,386
23	0,933	80	0,363
24	0,911	85	0,342

Terdapat tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu diameter pipa (D), rapat massa zat cair (ρ), dan kekentalan (μ). Pada panjang pipa dan diameter tertentu, adanya efek gesekan sebagai fungsi dari bilangan Reynold dapat menyebabkan kerugian tekanan di dalam pipa. Angka Reynold memiliki bentuk seperti :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (2.7)$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynold

v = Kecepatan aliran (m/det)

D = Diameter pipa (m)

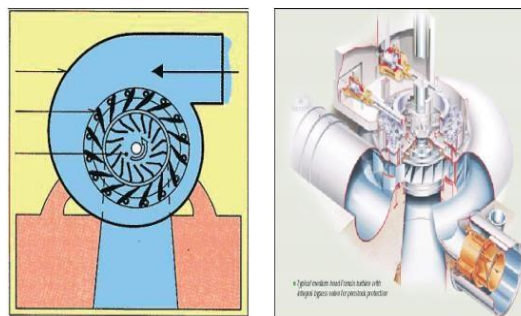
ν = Viskositas (m^2/det)

Aliran laminar merupakan aliran pada kondisi dimana ketika angka Reynolds di bawah 2000. Aliran tersebut akan turbulen jika angka Reynold lebih besar 4000. Aliran akan terjadi transisi apabila angka Reynold terdapat di dalam kedua nilai tersebut. Angka Reynold pada kedua nilai diatas ($Re = 2000$ dan $Re = 4000$) disebut sebagai batas kritik bawah dan atas.

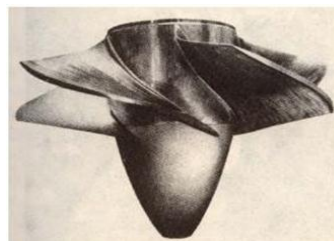
2.7 Turbin Air

Turbin air merupakan sebuah mesin dimana fluida kerjanya ialah menggunakan air. Dalam turbin air terdapat pembangkit listrik yang mempunyai fungsi untuk mengubah energi potensial yang berasal dari air menjadi energi kinetik (K.Umurani, A.M. Siregar, Surya Al-Amin, 2020). Pembangkit listrik dengan menggunakan air banyak dilakukan pengembangan pada berbagai daerah di Indonesia. Turbin jenis aliran silang atau crossflow sudah mencakup lokasi dengan debit aliran air dan tinggi jatuh air (Haimerl, L.A. 1960:3).

Turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya adalah air. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah turbin air yang dapat menghasilkan daya kurang dari 100 kW dan sumber airnya relatif kecil (Arismunandar, 2004). Pada sebuah turbin terdapat energi kinetik diubah menjadi energi mekanik, digunakan air untuk memutar turbin tersebut (Arismunandar, 1982). Energi yang sudah dihasilkan kemudian diubah menjadi energi listrik menggunakan generator (Luknanto, 2008). Terdapat jenis-jenis turbin yaitu sebagai berikut turbin jenis Francis dan Turbin Kaplan.



Gambar 2.2 Turbin Francis



Gambar 2.3 Turbin Kaplan

2.8 Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Energi mekanik merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda karena benda tersebut melakukan pergerakan. Pada suatu pergerakan benda untuk menimbulkan adanya perpindahan dengan kecepatan tertentu yang disebut dengan energi kinetik. Perpindahan atau pergeseran suatu benda yang bisa menyebabkan perbedaan ketinggian antara posisi awal dengan posisi akhir atau disebut dengan energi potensial. Persamaan pada energi mekanik akan bernilai konstan atau tetap jika benda tidak mengalami pergerakan. Sehingga jika ketinggian bernilai 0 dan

kecepatan aliran air 0 maka energi mekanik juga akan bernilai 0. Persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$EM = EK + EP$$

$$EM = \frac{1}{2} \times m \times v^2 + m \times g \times h \quad (2.8)$$

Karena $EM = 0$, maka :

$$\frac{1}{2} \times m \times v^2 + m \times g \times h$$

$$\frac{1}{2} \times v^2 = g \times h$$

$$v^2 = 2 \times g \times h$$

$$v = \sqrt{2 \times g \times h} \quad (2.9)$$

Dimana :

EM = Energi mekanik

EK = Energi kinetik

EP = Energi potensial

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

H = Ketinggian pipa (m)

2.9 Penggilingan Karet

Proses pengolahan karet juga dilakukan menggunakan mesin penggiling gumpalan lateks karet, hasil gilingan terbaik tergantung dari jarak roll pada mesin dengan kapasitas mesin. Penggilingan mempunyai bentuk bervariasi, penggilingan merupakan proses memperkecil ukuran atau pemotongan bahan dari berukuran yang besar menjadi bentuk yang kecil. Untuk proses penggilingan pada bahan baku karet sendiri itu biasanya dengan cara digiling menggunakan roll dengan kecepatan putaran sesuai dengan kebutuhan. Kapasitas dari Mesin Crepe Mangle dengan energi listrik mesin penggiling karet dan hasil dari gilingan akhir ditentukan oleh jarak roll, ketentuan hasil dari penggilingan karet lateks.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian diawali dengan menentukan topik yang akan digunakan. Selanjutnya melakukan studi literatur tentang topik yang diambil yaitu Pemanfaatan Energi Air sebagai Penggerak Mula pada Pembuatan Lembar Karet di Perkebunan Sentool Jember. Variabel penelitian dapat ditentukan setelah mendapat beberapa permasalahan. Kemudian melakukan eksperimen dan pengumpulan data sesuai dengan topik yang diambil. Setelah itu dilakukan pengolahan data dan mengidentifikasi faktor yang ada :

3.2.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian penggilingan lembar karet kawasan Perkebunan Sentool. Dengan melakukan spesifikasi pipa penstock menggunakan meteran. Selanjutnya setiap ketinggian 5 m panjang pipa penstock diamati. Kemudian diberi variasi pada diameter untuk mendapatkan nilai energi kinetik yang diinginkan.

3.2.2 Studi literatur

Hal pertama yang dilakukan dalam melakukan penelitian yaitu membaca dan memahami penelitian-penelitian yang terdahulu serta literatur yang berkaitan dengan pembahasan sesuai topik penelitian sebagai dasar penelitian. Adanya studi literatur mempunyai manfaat yaitu supaya kecil kemungkinannya terjadi kesalahan dalam penelitian yang akan dilakukan.

3.2.3 Pengumpulan data

Perpaduan data primer dan data penunjang digunakan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Data primer diperoleh dari rancangan PLTMh yang telah terpasang di Perkebunan Sentool. Setelah itu, data penunjang didapatkan dari beberapa informasi yang dikumpulkan oleh peneliti seperti dokumentasi perusahaan, catatan, interaktif, informasi dari penduduk sekitar kawasan perkebunan dan lain sebagainya.

3.2.4 Pengolahan data

Data-data yang didapatkan yaitu beberapa spesifikasi pipa penstock yang diperoleh dari variasi ketinggian, suhu dan diameter. Data tersebut kemudian diolah menggunakan Ms. Excel sehingga diperoleh energi output. Persamaan yang digunakan untuk menghitung debit yaitu ada di persamaan 2.3

3.2.5 Pembahasan

Tahapan yang terakhir yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pembahasan. Hasil yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengetahui nilai dari potensi energi yang dapat digunakan dalam penggilingan karet (sheet).

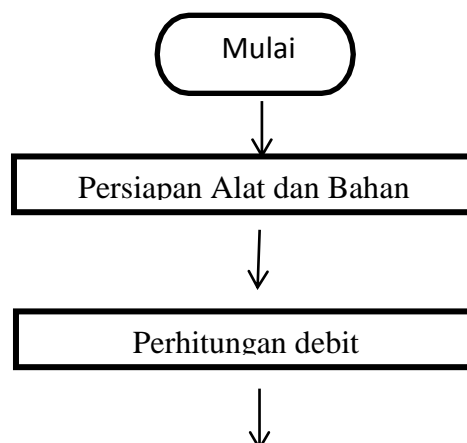
3.2 Alat dan Bahan

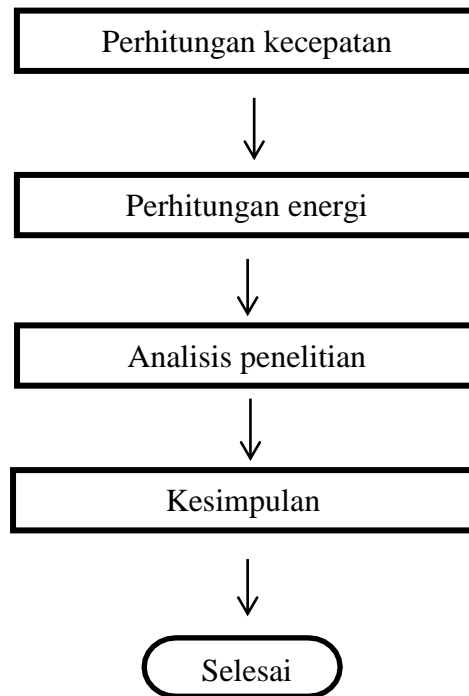
Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- Laptop / Komputer digunakan sebagai prasarana untuk mengolah data yang akan didapat pada *microsoft excel*;
- Meteran digunakan untuk mengukur jarak atau panjang;
- Mobile topographer* digunakan sebagai mengukur ketinggian pipa;
- Termometer alkohol berfungsi untuk mengukur suhu aliran air;

3.3 Diagram Air

Diagram alir penelitian merupakan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian agar langkah-langkah yang dilakukan menjadi terstruktur. Diagram alir penelitian disajikan dalam bentuk *flowchart* seperti pada (Gambar 3.2)





Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan terdiri dari preparasi pengukuran waktu agar ditemukan kecepatan aliran air, pengukuran debit, dan pengukuran daya pada penggilingan karet. Kemudian setelah diketahui dilakukan perhitungan kecepatan dan perhitungan debit. Selanjutnya dilakukan perhitungan daya output penggilingan karet.

3.4.1 Penentuan Sifat Fluida Aliran Pipa Penstock

Penentuan sifat fluida diawali dengan perhitungan nilai kecepatan (v) sesuai persamaan 2.2. Setelah itu suhu air diperkirakan dan divariasikan pada nilai 19°C ; 20°C ; dan 21°C . Selanjutnya untuk menentukan sifat fluida nilai viskositas pada setiap suhu dilihat pada tabel 2.2.

3.4.2 Perhitungan Debit

Debit aliran air juga dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Pengukuran debit aliran dapat dilakukan dengan mengukur waktu tempuh pelampung untuk panjang atau jarak tertentu yang ditentukan. Dari besaran jarak dan waktu dapat dihitung kecepatan air.

3.4.3 Perhitungan Kecepatan

Kecepatan dilakukan untuk mengetahui debit aliran air dan juga luas penampang pada permukaan air. Perhitungan nilai kecepatan mempengaruhi energi kinetik yang dihasilkan.

3.4.4 Perhitungan Daya Penggilingan Karet

Besarnya tenaga yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air pada reserpoir dengan muka air keluar dari kincir air atau turbin air. Energi yang tersimpan dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air.

3.5 Metode Analisis Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai daya pada penggilingan karet Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) di Kawasan PT. Perkebunan Sentool Zidam V/Brawijaya di Desa Suci, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan debit sesuai yang terdapat dalam persamaan (2.3). kemudian setelah itu dilakukan perhitungan untuk mencari nilai kecepatan dengan menggunakan persamaan (2.2). Setelah itu melakukan perhitungan hasil pada bilangan reynold yang terdapat di persamaan (2.6). Kemudian dicari nilai energi yang dihasilkan pada penggilingan karet tersebut. Berdasarkan penjabaran pada prosedur penelitian data-data yang didapatkan selanjutnya diolah menggunakan Microsoft excel.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini adalah mengenai pemanfaatan energi air sebagai penggerak mula pada pembuatan lembar karet di kawasan PT. Perkebunan Sentool Jember. Penelitian ini mengarah pada potensi energi yang digunakan untuk sumber tenaga penggilingan sheet karet. Pada penelitian ini menggunakan sifat fluida dari bilangan Reynold yang ditemukan dan ketinggian dari hasil pengukuran menggunakan alat *Mobile topographer*. Setelah itu, mencari hasil energi kinetik yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan potensi energi yang digunakan dalam jenis mesin penggilingan sheet karet dengan memanfaatkan energi aliran air yang terdapat dalam pipa *penstock* pada PLTMh. Aliran air yang digunakan dalam penelitian ini merupakan aliran dari anak sungai gunung Argopuro.



Gambar 4.1 Pipa Penstock PLTMh Sentool

Fluida dibedakan menjadi dua jenis yaitu zat cair dan gas. Adanya tekanan dan tegangan geser akan menyebabkan aliran yang bergerak dan mengalami perubahan bentuk secara terus-menerus yaitu disebut dengan fluida. Pada penelitian kali ini menggunakan fluida jenis zat cair.



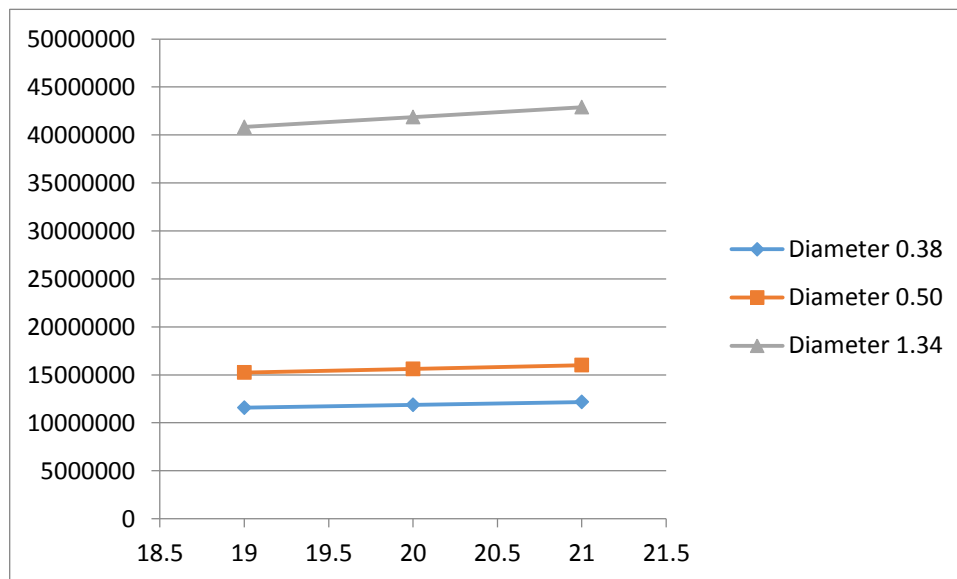
Gambar 4.2 Pipa penenang PLTMh di kawasan Perkebunan Sentool

Dengan melalui sistem perpipaan air yang berada pada kolam dialirkan sehingga dapat menghasilkan energi yang bisa dimanfaatkan. Dalam menentukan sifat aliran air sistem perpipaan, peneliti menggunakan beberapa variasi yaitu pada ketinggian pipa, variasi suhu dan variasi diameter pipa penstock. Berdasarkan sifat aliran yang telah dijelaskan dalam sub bab 2.7, dapat ditentukan nilai bilangan Reynoldnya. Bilangan Reynold dipengaruhi oleh kecepatan aliran air, diameter pipa penstock, dan viskositas. Pada area kolam penenang terdapat suhu air sekitar 19°C sampai 21°C , dengan ketinggian pipa penstock terpasang sekitar 50 meter.

4.1 Hasil Penetapan Sifat Aliran Berdasarkan Perhitungan Bilangan Reynold

Nilai dari bilangan Reynold dapat menentukan sifat suatu aliran dalam pipa penstock. Dalam menentukan sifat aliran air, kecepatan aliran air yang dihasilkan oleh perhitungan pada persamaan 2.2 dengan nilai percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$. Pipa *penstock* secara keseluruhan mempunyai ketinggian sebesar 50 m. Pipa *penstock* yang terpasang di daerah Perkebunan Sentool mempunyai diameter 0,38 meter yang terbuat dari bahan baja. Maka didapatkan

kecepatan aliran air sebesar 31,32 m/s. Setelah itu diameter pipa akan divariasi menjadi 3 yaitu diameter 0,38 m, 0,50 m, dan 1,34 m. Dimana dalam menentukan variasi diameter kedua yang merupakan perkiraan besar diameter pipa yang telah tersedia di pasaran. Pada diameter variasi ketiga mempunyai nilai debit sebesar 3,45 m²/det. Hasil dari perkalian kecepatan air dengan luas penampang merupakan debit aliran. Nilai kecepatan aliran air diketahui kemudian nilai luas penampang pipa ialah 0,11 m². Terdapat 3 variasi suhu, yaitu 19°C, 20°C dan 21°C. Terdapat 9 sampel perhitungan dalam perhitungan menentukan sifat fluida. Nilai viskositas digunakan untuk mendapatkan bilangan Reynold. Suhu aliran air dapat mempengaruhi nilai viskositas dan dapat juga mempengaruhi nilai bilangan Reynold. Grafik hasil perhitungan bilangan Reynold dalam menentukan sifat aliran fluida air di dalam pipa penstock pada PLTMh di kawasan Sentool dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut :



Gambar 4.3 grafik hubungan antara nilai energi kinetik dan ketinggian pipa pada setiap diameter

Grafik tersebut menunjukkan adanya perubahan dari nilai bilangan Reynold yang dihasilkan dengan variasi diameter dan suhu aliran air. Grafik dengan garis warna biru menunjukkan hasil dari bilangan Reynold dengan diameter pipa 0,38 m untuk variasi suhu 19°C yang menghasilkan bilangan Reynold 11581304,77. Kemudian pada suhu 20°C menghasilkan nilai bilangan

Reynold sebesar 11870259,48. Selanjutnya pada suhu 21°C bilangan Reynold yang dihasilkan adalah 12161554,19. Grafik pada garis berwarna kuning menunjukkan hasil dari diameter pipa 0,50 m dengan bilangan Reynold terhadap variasi suhu 19°C yaitu sebesar 15238558,91. Kemudian pada suhu 20°C menghasilkan bilangan Reynold sebesar 15618762,48. Setelah itu pada suhu 21°C menghasilkan nilai bilangan Reynold sebesar 16002044,99. Pada grafik dengan garis berwarna abu-abu menunjukkan hasil dari diameter pipa berukuran 1,34 m terhadap bilangan Reynold dengan variasi suhu 19°C yang mana menghasilkan bilangan Reynold sebesar 40839337,88. Selanjutnya pada suhu 20°C menghasilkan bilangan Reynold sebesar 41858283,43. Setelah itu pada suhu 21°C menghasilkan nilai bilangan Reynold sebesar 42885480,57.

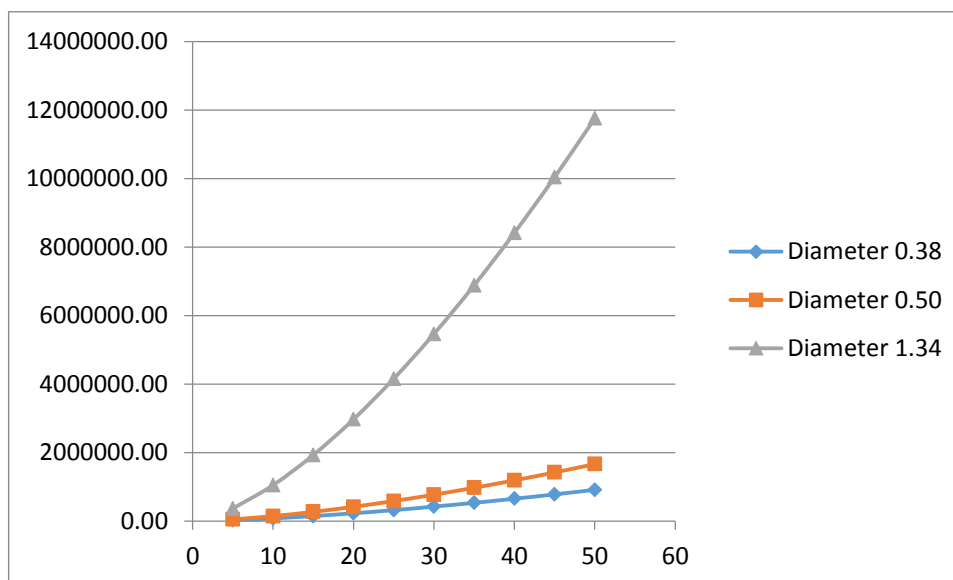
Nilai bilangan Reynold yang dihasilkan dari grafik tersebut adalah nilai yang mempunyai hasil yang relatif sama yaitu terdapat nilai yang meningkat dalam setiap variasi suhu. Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan gambar 4.4 nilai bilangan Reynold fluida yang dihasilkan dipengaruhi oleh diameter pipa. Dalam pipa penstock PLTMh bilangan Reynold yang dihasilkan merupakan aliran turbulen dengan hasil perhitungan pada lampiran 1.

4.2 Hasil perhitungan energi kinetik pada variasi diameter

Pada perancangan kali ini dilakukan pengukuran terhadap nilai energi kinetik dan daya listrik yang mempunyai tujuan untuk mengetahui nilai potensi energi yang dihasilkan dari variasi 3 diameter pipa penstock. Pada pipa penstock dari nilai potensi energi yang dihasilkan pada penggunaan turbin dan penggilingan karet yang diletakkan tiap ketinggian 5 m. Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda yang bergerak, benda tersebut dimisalkan pada pipa penstock aliran air yang mengalir menggunakan tiga variasi diameter yaitu pada diameter 0,38 m, 0,50 m, dan 1,34 m. Dengan kelipatan ketinggian 5 m sampai 50 m. Perbedaan nilai *head losses* dihasilkan dari adanya variasi pada ketinggian pipa penstock tersebut. Dimana hal tersebut dapat mempengaruhi nilai *head efektif* yang akan digunakan untuk menentukan

debit pada tiap variasi ketinggian pipa *penstock*. Perhitungan dalam menentukan hasil pada setiap diameter, setiap kelipatan ketinggian dapat dilihat pada lampiran 4. Dalam setiap variasi diameter pipa *penstock* mempunyai nilai energi kinetik yang berbeda. Hal tersebut dapat terjadi karena besar nilai energi kinetik dipengaruhi dari kecepatan aliran air dalam pipa dan massa air yang mengalir setiap detik. Terdapat total panjang pipa *penstock* yang terpasang yaitu 306 yang mempunyai ketinggian 50 m.

Hasil perhitungan energi kinetik pada setiap diameter dapat dilihat pada lampiran 4. Untuk menghitung energi kinetik dapat dilakukan dengan menggunakan perkalian massa aliran air setiap detik yang dibagi 2 serta kecepatan aliran air yang dikuadratkan. Berdasarkan salah satu variasi dari tiga diameter pipa *penstock* dimana pada diameter 1,34 m mempunyai energi kinetik yang lebih besar apabila dibandingkan dengan yang lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 hasil dari perbandingan nilai energi kinetik dalam setiap diameter sebagai berikut :



Gambar 4.4 grafik hubungan antara nilai energi kinetik dan ketinggian pipa pada setiap diameter

Dapat diketahui dalam grafik pada gambar 4.4 menunjukkan hasil dari energi kinetik yang mempunyai hasil relatif meningkat menyesuaikan ketinggian pipa *penstock*. Nilai yang dihasilkan dari pengulangan 1 sampai pada pengulangan

10 mengalami peningkatan yang signifikan. Hal itu dapat terjadi karena ketinggian pipa *penstock* yang menjadi dasar dalam kecepatan aliran air dan massa aliran air. Maka hal tersebut dapat mempengaruhi nilai energi kinetik yang dihasilkan. Total nilai energi kinetik pada diameter pipa penstock 0,38 m adalah 4137647,93. Kemudian pada diameter pipa penstock 0,50 m adalah 7522996,23 dan pada diameter pipa penstock 1,34 m adalah 53037123,42. Apabila dibandingkan dari penggunaan diameter 0,38 m, 0,50 m akan lebih menguntungkan pada diameter 1,34 m. Hal tersebut dapat terjadi karena diameter yang mempunyai nilai energi kinetik yang besar akan cenderung menghasilkan daya listrik yang besar juga.

4.3 Pemanfaatan Energi untuk Penggilingan Karet

Perkebunan Sentool juga menghasilkan komoditi karet yang diperoleh melalui perkebunan yang dimilikinya. Mesin-mesin pengolah karet, termasuk mesin penggilingan karet yang ada di perkebunan ini meskipun sudah berusia lebih dari dua abad sekarang masih beroperasi. Mesin pengolah ini digerakkan menggunakan tenaga air.



Gambar 4.5 Alat penggilingan karet

Pengolahan getah karet menjadi karet setengah jadi sebelum dikirim ke perusahaan industri dan diolah melalui dua proses, yaitu proses basah dan proses kering. Proses basah diawali dengan pengolahan getah karet dari kebun ditampung dalam tangki dan ditambahkan dengan amoniak untuk mengatur

keseragaman viskositas dan warna. Selanjutnya getah karet diendapkan dalam bak-bak dengan bantuan asam format. Proses ini akan sangat berpengaruh pada kualitas fisik dan kimia karet yang dihasilkan. Gumpalan lateks yang dihasilkan dipotong kecil-kecil dan dilanjutkan ke tahap penggilingan. Hasil dari proses basah ini adalah lembaran karet yang berwarna putih. Potensi tenaga air untuk dimanfaatkan untuk menggerakkan penggilingan karet sentool cukup potensial. Berdasarkan perhitungan potensi energi air diperoleh sebesar 0,011753 Kw dan dapat digunakan mesin model ZL-3018-76. Berdasarkan jenis mesin penggiling produksi yang tersedia pada tabel berikut :

Model		ZL-3018-76	ZL-3018-120	ZI-3018-160	ZL-3018-200	ZI-3018-230	ZI-3018-300	ZL-3018-400
Diameter roll	Mm	76	120	160	200	230	300	400
Panjang roller wajah	Mm	300	350	350	500	650	650	900
Kapasitas pencampuran	Kg	0.002-0.6	0.002-2	0.002-2.8	0.002-5	0.005-10	1-15	5-30
Depan permukaan rol kecepatan	Rpm	19	19	19	19	19	19	19
Gesekan rasio		1:1 30	1:1 35	1:1 35	1:1 35	1:1 27	1:1 27	1:1 27
Gulungan gap Rentang	Mm	0-3	0-6	0-6	0-8	0-12	0-12	0-15
Mengemudi Power	KW	1	1.5	2.2	7.5	11	30	37

Gambar 4.6 Data teknis mesin penggiling karet

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Sifat aliran fluida pada pipa penstock adalah turbulen. Hal ini dikarenakan nilai bilangan Reynold lebih dari 4000. Pada diameter terpasang 0,38 m pada variasi suhu yang sudah ditentukan dengan hasil perhitungan suhu 19°C nilai bilangan Reynoldnya 11581304,77 sementara pada suhu 20°C menghasilkan nilai bilangan Reynold 11870259,48 dan pada suhu 21°C nilai bilangan Reynoldnya 12161554,19.
2. Sistem pemipaan dengan memperhitungkan head efektif menghasilkan nilai energi kinetik pada diameter pipa penstock 0,38 m adalah 4137647,93 sementara diameter pipa penstock 0,50 m adalah 7522996,23 dan pada diameter pipa penstock 1,43 m adalah 53037123,42.
3. Energi yang dapat dihasilkan dari mesin penggilingan (sheet) karet sebesar 0,011753 Kw dan digunakan mesin model ZL-3018-76.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya ialah apabila menggunakan alat untuk mengukur ketinggian pipa penstock sebaiknya menggunakan alat yang dapat meminimalisir kesalahan perhitungan serta dapat digunakan pada area kawasan. Apabila nilai perhitungan ketinggian tidak sesuai maka akan mempengaruhi nilai hasil perhitungan daya listrik yang dihasilkan. Peneliti selanjutnya dapat mengembangkan perencanaan dalam modifikasi mesin penggilingan (sheet) karet yang akan digunakan yang dapat meningkatkan energi yang dihasilkan pada bangunan PLTMh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hafid Dan Ari Satmoko. 2007. *Pemeliharaan Prediktif Dengan Jaringan Listrik Dengan Thermography Inframerah*. ? : Pusat Teknologi Reaktor Dan Keselamatan Nuklir Puspitek Serpong.
- Adiputra, Rizal. Dan Ahmad Hamid. *Uji Kinerja Mesin Penggiling Karet Remah (Crepe Mangel) Pada Pabrik Pengolahan Karet PTPN*. Jember.
- Arismunandar W. 1982. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: ITB.
- Arismunandar dan Wiranto. 2004. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung : ITB.
- Asdak dan Chay. 2007. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Buyung S. 2016. *Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air (Head) Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro Tipe Turbin Pelton*. Papua Barat : Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.
- ESDM (2009) *Panduan Singkat Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh)*. Jakarta : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Fahreza, M. R. (2019). *Perancangan Turbin Crossflow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dompiong 73 Kw Di Desa Dompiong, Bendungan, Trenggalek*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Fox, Robert W and Alan T.Mc. Donald. 1994. *Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition*. SI Version, John Wiley & Sons, Inc. Canada
- Gunawan, A., Oktafeni, A., & Khabzli, W. (2013). PEMANTAUAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH). Jurnal Rekayasa Elektrika, 202-206.
- Goyal, Himani., Hanmandlu, M., Kothari D.P. *An Artificial Intelligence Based Approach for Control of Small Hydro Power Plants*. Indian Institute of Technology. Hauz
- Haimerl LA. 1960. *The crossflow turbine*. Jerman Barat. Hal 3.
- Harsarapama dan A. Prabu. (2012). *Turbin Mikrohidro Open Fluime Dengan Hub To Tip Ratio 0, 4 Untuk Daerah Terpencil*. Universitas Indonesia, Depok, Skripsi.
- Heriyanto, Helmi. 2010. *Rancang Bangun Alat Kontrol dan Proteksi Terintegrasi Berbasis Zelio Logic Smart Relays untuk PLTMH*. Tesis UGM
- IMIDAP. (2009). *Pedoman Studi Kelayakan Sipil*. Jakarta: Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi.

- Khairul, Amri, 2009. *Kajian potensi pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Sungai Air Kule Kabupaten Kaur*. Universitas Bengkulu, Jakarta.
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Sstitusi BBM. *JurnalIPTEK*, 76.
- K. Umurani, A.M Siregar dan Surya Al-Amin. 2020. *Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja*. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* Vol. 3, No. 2. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara: Medan.
- Luknanto D. 2008. *Diktat Kuliah Bangunan Tenaga Air*. Surabaya: ITS.
- Murni, S. S., & Suryanto, A. (2020). Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Homer (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan). *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, 34-38.
- Nugroho. (2015). Daya Terserap Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro Karangtalun yang Digabung dengan PT. PLN (Persero) Rayon Boja Area Semarang. *E- journalundip*, 17.
- Orianto, M., Pratikto, W. A.. 1989. "Mekanika Fluida 1". Yogyakarta: BPFE.
- Penche, C., & Minas, (1998). Layman's "Guidebook on How to Develop a Small Hydro Site. Brussel: European Small Hydropower Association".
- Saputra, I. N., Jasa, L., & Wijaya, I. A. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu pada Prototype PLTMH Dengan Menggunakan Turbin Pelton Terhadap Efisiensi Yang Dihasilkan. *Jurnal Spektrum*, 162.
- Sukusno, P., Fachrudin, & Wardani, W. S. (2012). Pengaruh Modifikasi Bentuk Dalam Bak Air Input Turbin Terhadap Efisiensi Sistem PLTMH. *Jurnal mekanikal Teknik Mesin S-1 FTUP*, 8.
- Triono M. 2012. Pemodelan Turbin Cross-Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Air Dengan Tinggi Jatuh dan Debit Kecil. *Jurnal Nutrino*, Vol. 4 No. 2. Malang: Fakultas Saintek, UIN Maliki.
- Widianto, D. 2015. *Tabel Viskositas*. <https://Id.Scribd.Com/Doc/290683779/Tabel-Viskositas>. [Diakses pada : 26 Januari 2023]

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perhitungan Re

Tabel Perhitungan Re pada diameter 0,38 m

°C	Viskositas ($\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	d (m)	v (m/s)	Re
19	1.027	0.38	31.3	11581304.77
20	1.002	0.38	31.3	11870259.48
21	0.978	0.38	31.3	12161554.19

Tabel Perhitungan Re pada diameter 0,50 m

°C	Viskositas ($\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	d (m)	v (m/s)	Re
19	1.027	0.5	31.3	15238558.91
20	1.002	0.5	31.3	15618762.48
21	0.978	0.5	31.3	16002044.99

Tabel Perhitungan Re pada diameter 1,34 m

°C	Viskositas ($\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	d (m)	v (m/s)	Re
19	1.027	1.34	31.3	40839337.88
20	1.002	1.34	31.3	41858283.43
21	0.978	1.34	31.3	42885480.57

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Debit Aliran Air dalam Pipa Penstock

Tabel perhitungan luas penampang

Jari-jari	π	A (m^2)
0.19	3.14	0.11
0.25	3.14	0.20
0.67	3.14	1.41

Lampiran 3. Hasil Perhitungan Head Losses dan Head efektif Pipa Penstock

HA (m)	HL (m)	He (m)
50	16.66666667	33.33333333

Lampiran 4. Hasil Perhitungan Energi Kinetik pada Pipa Penstock

Tabel Perhitungan Energi Kinetik pada Kelipatan Ketinggian Pipa Penstock 5 m pada diameter 0,38 m

Perhitungan energi kinetik				
ρ (kg/m^3)	Q (m^3/dt)	m atau d (kg/d)	v (m/s)	Ek (J/s)
997	0.89	886.46	8.08	28958.28
997	1.26	1254.59	11.44	82090.92
997	1.54	1536.16	14.01	150697.61

997	1.78	1773.59	16.17	231927.14
997	1.99	1983.38	18.08	324346.90
997	2.18	2172.46	19.81	426237.20
997	2.35	2346.36	21.39	537005.16
997	2.52	2508.70	22.87	656358.14
997	2.67	2660.71	24.26	783047.73
997	2.81	2804.50	25.57	916978.86

Tabel Perhitungan Energi Kinetik pada Kelipatan Ketinggian Pipa Penstock 5 m pada diameter 0,50 m

Perhitungan energi kinetik				
ρ (kg/m ³)	Q (m ³ /dt)	m atau d (kg/d)	v (m/s)	Ek (J/s)
997	1.62	1611.75	8.08	52651.41
997	2.29	2281.06	11.44	149256.21
997	2.80	2793.02	14.01	273995.65
997	3.23	3224.70	16.17	421685.71
997	3.62	3606.14	18.08	589721.64
997	3.96	3949.93	19.81	774976.72
997	4.28	4266.11	21.39	976373.02
997	4.57	4561.27	22.87	1193378.44
997	4.85	4837.66	24.26	1423723.14
997	5.11	5099.09	25.57	1667234.29

Tabel Perhitungan Energi Kinetik pada Kelipatan Ketinggian Pipa Penstock 5 m pada diameter 1,34 m

Perhitungan energi kinetik				
ρ (kg/m ³)	Q (m ³ /dt)	m atau d (kg/d)	v (m/s)	Ek (J/s)
997	11.40	11362.81	8.08	371192.45
997	16.13	16081.50	11.44	1052256.29
997	19.75	19690.82	14.01	1931669.31
997	22.80	22734.16	16.17	2972884.28
997	25.50	25423.28	18.08	4157537.54
997	27.93	27847.02	19.81	5463585.87
997	30.17	30076.07	21.39	6883429.81
997	32.25	32156.98	22.87	8413317.98
997	34.21	34105.50	24.26	10037248.16
997	36.06	35948.55	25.57	11754001.73

Lampiran 5. Pengukuran Suhu aliran air



Lampiran 6. Salah satu belokan Pipa Penstock



Lampiran 7. Hasil dari Penggilingan Karet

