

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu potensi sumber daya alam terbesar yang dimiliki oleh bangsa Indonesia adalah air. Disamping kegunaannya untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari kandungan energi yang dimiliki oleh air yang mengalir dari ketinggian tertentu juga bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit energi mekanis. Salah satu contoh alat konversi energi air menjadi energi mekanik adalah turbin air, energi mekanik pada turbin air dapat diubah menjadi energi listrik yang merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui.

Dalam kemajuan teknologi sekarang ini banyak dibuat peralatan-peralatan yang inovatif dan tepat guna. Salah satu contoh bidang teknik mesin terutama dalam bidang konversi energi dan pemanfaatan alam sebagai sumber energi. Diantaranya adalah pemanfaatan air yang bisa digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Alat tersebut adalah berupa turbin yang digerakkan oleh air yang disambungkan dengan generator. Dalam konvensionalnya pada zaman dahulu air juga dimanfaatkan untuk pembangkit listrik yaitu untuk menggerakkan generator pembangkit yang digunakan kincir air, tetapi sekarang ini kincir air sudah ditinggalkan dan digunakanlah turbin air. Dalam suatu sistem PLTA, turbin air merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Turbin air adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini diubah menjadi energi listrik oleh generator.

Turbin Pelton merupakan turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Semprotan (jet) air berkecepatan tinggi mengenai bucket *runner* dan setelah menggerakkan *runner* air pada kecepatan rendah, yang berarti sebagian energinya tidak diserap oleh *runner*. Tekanan air masuk dan keluar sudu adalah tekanan atmosfer. Turbin Pelton adalah merupakan contoh terbaik

dari turbin impuls. Turbin tersebut dioperasikan oleh satu atau bisa dikatakan lebih jet (Nosel) air yang masuk ke *center bucket* pada sekeliling parameter dari *runner*. Tenaga berasal dari gaya air daritekanan tinggi yang menumbuk buckets sehingga dinamai turbin impuls.

Dalam perkuliahan teknik Mesin yang mana berkaitan dengan ilmu sains dibutuhkan sebuah laboratorium. Laboratorium adalah prasarana pendidikan atau wadah pembantu proses pembelajaran dimana dalam proses pembelajarannya melalui pratikum atau praktek yang dapat membuat mahasiswa berlatih mengembangkan keterampilan intelektual melalui kegiatan pengamatan, pencatatan dan pengkajian. Mahasiswa tidak hanya dapat mengetahui teori-teori tetapi dapat juga mengamati secara langsung dan membutuhkan sendiri sesuatu yang di pelajari di perkuliahan. Laboraturium terdiri dari ruang yang dilengkapi dengan berbagai perlengkapan dengan bermacam-macam kondisi yang dapat dikendalikan. laboratorium adalah kelengkapan sarana dan prasarana, dimana kedua hal tersebut adalah salah satu faktor untuk mendukung proses pembelajaran ataupun penelitian selama masa perkuliahan, salah satunya adalah kelengkapan peralatan laboratorium. Saat ini di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak, Alat-alat untuk praktek kurang memadai sehingga mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Pontianak di segi prakteknya kurang menguasai hanya memahami di segi materi saja, salah satunya laboratorium mekanika fluida.

Pada laboratorium mekanika fluida di jurusan teknik mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak, terdapat turbin pelton skala laboratorium yang digunakan untuk praktikum. Laboratorium ini selain digunakan sebagai kegiatan praktikum mahasiswa, juga dapat dipergunakan untuk sarana penelitian bagi mahasiswa di jurusan teknik mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak. Pada kegiatannya, dalam praktikum mekanika fluida yang dikhususkan untuk mempelajari prinsip kerja dari mesin-mesin fluida, kenyataannya belum cukup memadai.

Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah terbatasnya alat untuk praktikum, untuk menyediakan peralatan praktikum di laboratorium. salah satu cara untuk menambah alat-alat praktikum adalah dengan membuat ataupun merancang suatu alat uji, yang nantinya akan digunakan oleh mahasiswa untuk kegiatan penelitian ataupun praktikum di laboratorium mata kuliah mekanika fluida. Pada laboratorium mekanika fluida, terdapat alat pompa sentrifugal ataupun turbin pelton, tetapi pada kenyataannya alat uji tersebut belum dapat digunakan untuk mendukung kegiatan praktikum ataupun penelitian.

Salah satu komponen terpenting dalam turbin pelton adalah nosel. Dimana diameter nosel terhadap putaran poros turbin pelton dapat mempengaruhi kecepatan daun sudu turbin.

Turbin pelton yang ada di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Pontianak menggunakan nosel berdiameter 12 mm dengan mencari debit air menggunakan manual tidak menggunakan flowmeter, dan posisi horizontal dengan menghasilkan nilai efisiensi 79%. Disini peneliti ingin melakukan eksperimental variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin pelton skala laboratorium, Variasi diameter nosel yang digunakan peneliti yaitu 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm dengan menggunakan flowmeter dan jarak nosel tidak diubah sama seperti peneliti sebelumnya 2,4 cm. Tujuan studi ini untuk mengetahui efek perubahan diameter nosel terhadap putaran sudu turbin guna menghasilkan putaran tercepat dan pengaruh diameter nosel terhadap putaran sudu turbin. Dengan adanya variasi diameter nosel maka didapatkan rpm turbin dan efisiensi turbin yang maksimal, jadi setiap ukuran diameter dalam nosel maka laju putaran yang terjadi pada *runner* turbin juga akan berubah, hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan aliran air sehingga terjadi perbedaan kecepatan aliran air pada ujung nosel yang menumbuk sudu turbin tersebut.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat disimpulkan beberapa rumusan masalah. Permasalahan yang timbul disini adalah bagaimana mengetahui variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin yang dihasilkan. Mengingat turbin air yang baik adalah turbin air yang mampu menghasilkan energi terbaik. Oleh karena variasi diameter nosel yang sesuai terhadap bentuk sudu turbin dapat menghasilkan performa turbin yang maksimal.

Disini peneliti ingin menganalisa variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin pelton menggunakan empat nosel dengan diameter 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm dengan bukaan valve/katup  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ , dan Full.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan hasil perumusan masalah diatas dengan judul analisa variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin pelton skala laboratorium adanya batasan masalah diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Dalam penelitian ini peneliti hanya menggunakan variasi diameter nosel 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm.
- b. Dalam penelitian ini menggunakan bukaan valve/katup  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ , dan Full.
- c. Penelitian ini pengujian hanya menggunakan satu pompa.
- d. Jarak nosel tidak berubah sama seperti sebelumnya.
- e. Posisi nosel yang digunakan arah horizontal.

## 1.4 Tujuan Peneliti

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini mencangkup apa yang menjadi sasaran dan harapan bagi penulis yaitu untuk :

1. Mengetahui pengaruh diameter nosel terhadap putaran sudu turbin
2. Mengetahui efek bukaan katup terhadap perubahan debit air (Q)
3. Mengetahui nilai efisiensi tertinggi dari beberapa pengujian tersebut.
4. Untuk mengetahui diameter nosel yang paling tepat untuk turbin pelton skala laboratorium

## 1.5 Manfaat penelitian

penelitian ini diharapkan memberi manfaat melalui analisis pengaruh jarak semprot nosel terhadap putaran poros turbin pelton skala laboratorium. Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Dapat menambah pengetahuan mengenai pengaruh variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin.
- 2) Sebagai laporan pertanggung jawaban mahasiswa atas pengerjaan skripsi kepada pihak yang berkepentingan.
- 3) Hasil penelitian ini sebagai bahan pembelajaran untuk pengembangan lebih lanjut di laboratorium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- 4) Dapat memberikan informasi dan masukan kepada pembaca maupun penulis sebagai pengetahuan dan pengembangan serta penyempurnaan alat tersebut.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### 1. Bagian Awal

Bagian awal terdiri dari halaman judul, abstrak, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, lampiran.

### 2. Bagian Isi Skripsi

Bagian ini terdiri dari 5 bab, yaitu:

**BAB I** : Pendahuluan, yang mencakup latar belakang masalah, Permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika skripsi.

**BAB II** : Landasan teori, yang mencakup tentang Turbin pelton, perisip dasar turbin pelton, komponen-komponen utama turbin pelton, karakteristik turbin pelton, dan jurnal terkait.

**BAB III** : Metodologi penelitian, yang mencakup tempat dan waktu, alat dan bahan, metodologi, diagram alir, dan gambar perancangan.

BAB IV : Hasil penelitian dan pembahasan, meliputi deskripsi data, pengujian hipotesis, dan pembahasan hasil analisis data.

BAB V : PENUTUP  
-Kesimpulan  
-Saran

### 3. Bagian Akhir

Bagian akhir terdiri dari daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Rosmiati<sup>1)</sup>, Ahmad Yani<sup>2)</sup>, Pengaruh variasi diameter nosel terhadap torsi dan daya turbin air. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh diameter nosel terhadap torsi dan daya turbin air pelton, sehingga dapat disimpulkan bahwa :

1. Torsi turbin maksimum terjadi pada diameter nosel  $\frac{1}{3}$  inchi dengan nilai sebesar 0,645 Nm, kemudian torsi kedua pada diameter nosel  $\frac{1}{2}$  inchi dengan nilai sebesar 0,555 Nm, torsi turbin ketiga terjadi pada diameter nosel  $\frac{3}{4}$  inchi dengan nilai sebesar 0.345 Nm, dan torsi turbin terendah terjadi pada diameter nosel 1 inchi dengan nilai sebesar 0,165 Nm.
2. Daya turbin maksimum terjadi pada diameter nosel  $\frac{1}{3}$  inchi dengan nilai sebesar 5,966 Watt, kemudian daya turbin urutan kedua terjadi pada diameter nosel  $\frac{1}{2}$  inchi dengan nilai sebesar 5,338 Watt, kemudian daya turbin urutan ketiga terjadi pada diameter nosel  $\frac{3}{4}$  inchi dengan nilai sebesar 1,413 Watt, dan daya turbin terendah terjadi pada diameter nosel 1 inchi dengan nilai sebesar 0,864 Watt.

Mulyadi, Ir. Margianto, M.T, Ena Marlina, S.T, M.T, Pengaruh JarakSemprot Nosel Terhadap Putaran Poros Turbin Dan Daya Listrik Yang Dihasilkan Pada Prototype Turbin Pelton. Dari hasil pengujian pengaruh jarak semprot nosel terhadap putaran *runner* dan daya listrik yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton*, dengan jaraksemprot 50 mm, 60 mm, 70 mm bukaan katup yaitu 30<sup>o</sup> , 60<sup>o</sup> dan 90<sup>o</sup> , dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perolehan laju putaran *runner prototype Turbin Pelton* yang paling tinggi terdapat pada jarak semprot *nosel* 50 mm saat bukaan katup 90<sup>o</sup> dengan

laju putaran *runner* sebesar 428,67 Rpm, menghasilkan daya listrik sebesar 10,57 Watt, dengan debit aliran fluida ( $Q$ ) yang dihasilkan sebanyak 0,00082 m<sup>3</sup>/s, sedangkan untuk putaran terendah pada jarak semprot 70 mm saat bukaan katup 30<sup>0</sup> dengan laju putaran 381,00 Rpm, menghasilkan daya listrik 9,84 Watt, dengan debit aliran fluida ( $Q$ ) yang dihasilkan sebanyak 0,00074 m<sup>3</sup>/s.

2. Kecepatan aliran fluida perolehan harga yang lebih tinggi terdapat pada jarak semprot *nosel* 50 mm saat bukaan katup 90<sup>0</sup> yaitu 13,93 m/s Dengan laju aliran *massa* sebesar 0,82 m<sup>3</sup>/s
3. Dalam hal laju aliran *massa* fluida semakin besar bukaan katup maka semakin besar pula laju aliran *massa* fluida dan debit aliran fluida yang dihasilkan. Hasil tertinggi dari laju aliran *massa* fluida yaitu pada jarak semprot 50 mm saat bukaan katup 90<sup>0</sup> memperoleh laju aliran *massa* fluida sebesar 0,82 kg/s dan menghasilkan debit aliran ( $Q$ ) sebanyak 0,00082 m<sup>3</sup>/s.

Dr. Sri Purnomo Sari, ST., MT., Rendi Yusuf, Pengaruh Jarak Dan Ukuran Nosel Pada Putaran Sudu Terhadap Daya Listrik Turbin Pelton. Beberapa kesimpulan yang dapat di ambil berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan matematis tentang Turbin *Pelton* di Tugas Akhir ini adalah :

1. Pada debit aliran fluida setiap perbedaan ukuran nosel maka akan memiliki perbedaan pula pada titik maksimal debit aliran dalam hal bukaan katup. Pada diameter *nosel* 3 mm diketahui bahwa *nosel* dibukaan katup 75<sup>0</sup> debit aliran fluida yaitu sekitar  $0,32 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s dengan putaran yang dihasilkan sekitar 332 RPM. Untuk diameter *nosel* 5 mm, debit aliran tertinggi yang dihasilkan terjadi pada bukaan katup 90<sup>0</sup> menghasilkan debit aliran sekitar  $0,48 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s dengan hasil putaran 640 RPM. Dengan menggunakan kombinasi antara *nosel* 3 mm dan 5 mm tersebut debit aliran fluida tertinggi  $0,76 \times 10^{-3}$  dihasilkan pada bukaan katup 85<sup>0</sup> menghasilkan putaran sebesar 1009 RPM. Hal ini membuktikan semakin besar debit aliran fluida semakin besar pula putaran yang dihasilkan untuk memutar sudu Turbin.



2. Untuk kecepatan fluida diketahui bahwa semakin besar diameter *nosel* dan debit aliran fluida yang dihasilkan, maka kecepatan aliran fluida tersebut akan semakin mengecil.
3. Dalam hal laju aliran massa fluida berbanding terbalik dengan kecepatan fluida, yaitu semakin besar diameter *nosel* digunakan dan debit aliran fluida yang dihasilkan, maka semakin besar pula laju aliran massa fluida yang diperoleh. Hasil tertinggi dari laju aliran massa fluida yaitu 0,753 kg/s
4. Dari nilai bilangan reynold yang ada hal, yang mempengaruhi besar kecilnya bilangan *Reynold* adalah dari kecepatan fluida dan diameter *nosel*. Semakin besar kecepatan aliran fluida & diameter *nosel*, maka alirannya cenderung *Turbulen*, namun hasil pengambilan data pada Turbin *Pelton* ini semua jenis aliran fluida bersifat *Laminar*.
5. Daya listrik yang dihasilkan dengan menggunakan *nosel* 3 mm terjadi pada bukaan katup 75<sup>0</sup> dengan daya listrik sebesar 1,6 Watt. selanjutnya pada *nosel* 5 mm daya listrik tertinggi yang dihasilkan terjadi pada bukaan katup 90<sup>0</sup> dengan daya listrik sebesar 2,1 Watt. Hasil maksimal nya terjadi pada kombinasi *nosel* 3 mm dan 5 mm yaitu pada bukaan katup 85<sup>0</sup> dengan hasil daya listrik sebesar 2,7 Watt. Meskipun memiliki persemakin besar ukuran diameter *nosel* berpengaruh terhadap besarnya debit aliran fluida, kecepatan fluida, laju aliran fluida dan putaran poros turbin sehingga semakin besar pula input daya listrik yang akan tercipta pada Turbin *Pelton* ini.

Dr. Sri Purnomo Sari, ST., MT., Ryan Fasha, Pengaruh ukuran diameter noselle 7 dan 9 mm terhadap putaran sudu dan daya listrik pada turbin pelton. Beberapa kesimpulan yang dapat di ambil berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan matematis tentang Turbin *Pelton* di Tugas Akhir ini adalah :

1. Pada debit aliran fluida, hasil yang peroleh untuk nozzle 7 adalah 0,00057 m<sup>3</sup>/s pada bukaan katup maksimal yaitu 90<sup>0</sup> dengan putaran maksima yang dapat dihasilkan sebesar 805 rpm. Dan untuk ukuran nosele 9, hasil yang diperoleh juga pada bukaan katup yang sama, yaitu bukaan katup 90<sup>0</sup> dengan

menghasilkan debit aliran fluida  $0,00065 \text{ m}^3/\text{s}$  pada putaran sudu turbin 1267 rpm. Dengan menggunakan nosel kombinasi yaitu 7 dan nosel 9 diperoleh hasil maksimal pada putaran sudu turbin pelton 1157 rpm dan debit yang dihasilkan sebesar  $0,00097 \text{ m}^3/\text{s}$  pada bukaan katup  $90^\circ$ . Perbedaan ukuran nosel dan bukaan katup sangat mempengaruhi terhadap debit aliran fluida dan putaran yang dihasilkan sudu turbin Pelton.

2. Kecepatan aliran fluida disini diketahui bahwa semakin besar diameter nosel yang digunakan, maka semakin kecil kecepatan aliran fluida yang dihasilkan, karena dalam pengambilan data disini menggunakan nosel ukuran 7 dan 9 mm.
3. Dalam menghitung laju aliran massa fluida, digunakan ketentuan berdasarkan data massa jenis zat cair, yaitu (pair)  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Semakin besar diameter *nosel* yang digunakan maka semakin besar pula hasil dari laju aliran massa fluida yang didapat dikarenakan tekanan oleh pompa dapat dikeluarkan dengan maksimal, hasil disini didapat laju aliran massa terbesar yaitu pada bukaan katup  $65^\circ$  dengan menggunakan kedua buah *nosel* yaitu *nosel* 7 dan 9 menghasilkan  $0,01054 \text{ kg/s}$ .
4. Untuk perhitungan bilangan Reynold, hasil yang diperoleh pada *nosel* 7 adalah aliran *Laminer* serta pada *nosel* 9 bilangan Reynold yang di dapat cenderung *Transisi*, karena hasil rata-rata yang didapat adalah 2157. Sedangkan untuk menggunakan kedua buah *nosel* yaitu *nosel* 7 dan 9 aliran yang didapat adalah *Turbulen* karena besarnya diameter nosel sangat berpengaruh terhadap laju aliran fluida dan putaran sudu turbin pelton yang dihasilkan.

## 2.2 Turbin Pelton

Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang di putar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah suatu jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi. Turbin Pelton pertama kali ditemukan oleh insinyur dari Amerika yaitu Lester A. Pelton Pada tahun 1880. Turbin ini dioperasikan pada head sampai 1800 m, turbin ini relatif membutuhkan jumlah air yang lebih sedikit dan biasanya porosnya dalam posisi mendatar.

Turbin Pelton disebut juga turbin impuls atau turbin tekanan rata atau turbin pancaran bebas karena tekanan air keluar nosel sama dengan tekanan atmosfer. Dalam instalasi turbin ini semua energi (geodetik dan tekanan) dirubah menjadi kecepatan keluar nosel. Energi yang masuk kedalam roda jalan dalam bentuk energi kinetik. Ketika melewati roda turbin, energi kinetik tadi dikonversikan menjadi kerja poros dan sebagian kecil energi ada yang terlepas dan ada yang digunakan untuk melawan gesekan dengan permukaan sudu turbin. Karakteristik umumnya adalah pemasukan sebagian aliran air kedalam *runner* pada tekanan atmosfer. Turbin Pelton terdiri dari dua bagian utama yaitu nosel dan roda jalan (*runner*). Nosel mempunyai beberapa fungsi, yakni mengarahkan pancaran air ke sudu turbin, mengubah tekanan menjadi energi kinetik dan mengatur kapasitas kecepatan air yang masuk turbin. Jarum yang terdapat pada nosel berguna untuk mengatur kapasitas air dan mengarahkan konsentrasi air yang terpancar dari mulut nosel. Panjang jarum sangat menentukan tingkat konsentrasi dari air, semakin panjang jarum nosel maka air akan semakin terkonsentrasi untuk memancarkan ke sudu jalan turbin.

Roda jalan pada turbin berbentuk pelek (*rim*) dengan sejumlah sudu disekelilingnya. Pelek ini dihubungkan dengan poros dan seterusnya akan

menggerakkan generator. Sudu turbin Pelton berbentuk elipsoidal atau disebut juga dengan *bucket* dan ditengahnya mempunyai pemisah air (*splitter*).

Turbin pelton memiliki beberapa keuntungan dan kerugian, berikut uraiannya:

Keuntungan :

- a. Daya yang dihasilkan besar
- b. Kontruksi yang sederhana.
- c. Mudah dalam perawatan.
- d. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan didaerah yang terisolir.

Kelemahan Turbin Pelton :

- a. memerlukan investasi dana yang lebih besar.



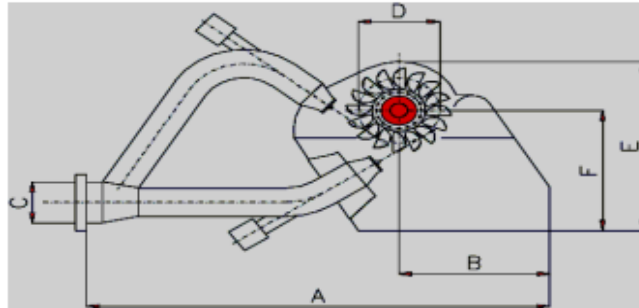
Gambar 2.1 Sudu Turbin Pelton

Sumber : (Hadimi, dkk, 2006)

Menurut penelitian dari Pamungkas Irawan tentang efisiensi dari bentuk sudu mangkok dengan bentuk silinder tertutup dibelah dua dapat disimpulkan sebagai berikut: "Besarnya daya yang dihasilkan oleh system dipengaruhi oleh head(H), debit(Q), percepatan grafitasi(g) dan pembebanan generator pada tegangan yang konstan."

Turbin pelton adalah merupakan contoh terbaik dari turbin impuls. Turbin tersebut dioperasikan oleh satu atau lebih jet (nosel) air yang masuk

ke center bucket pada sekeliling parameter dari runner. Tenaga berasal dari gaya air dari tekanan tinggi yang menumbuk buckets sehingga dinamai impuls turbin. Salah satu contoh turbin pelton adalah turbin pelton type h-2 seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Turbin Pelton type h-2

Sumber : Jurnal Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini Sebagai Media simulasi/Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi Dan Mekanika Fluida Hadimi, Supandi dan Agus Rohermanto.

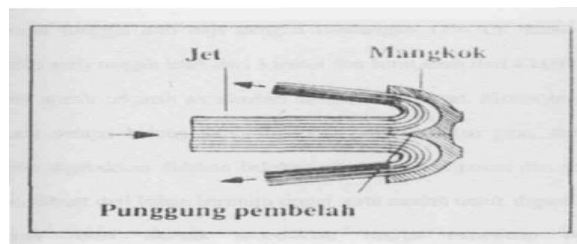
Komponen utama turbin Pelton adalah Nosel Runner, Casing, atau selubung, Braking jet atau penyemprot pengereman. Nosel merupakan mekanisme untuk menggerakkan jet atau semprotan air dan juga untuk mengatur jumlah aliran air. Runner terdiri dari roda atau piringan yang terpasang pada poros horizontal dan bucket yang terpasang di sekelilingnya.



Gambar 2.3 Nozel Turbin

Ukuran nosel yang sesuai dapat memutar sudu lebih baik sehingga dapat meningkatkan efisiensi turbin. Dengan meningkatkan efisiensi turbin maka dapat meningkatkan energi yang dihasilkan sehingga turbin air mampu menghasilkan kerja yang optimal dengan menggunakan energi yang minimal.

Pada Turbin Pelton puntiran terjadi akibat pembelokan pancaran air pada mangkok ganda runner (lihat gambar 2.4), oleh karenanya Turbin Pelton juga



disebut Turbin Pancaran Bebas.

Gambar 2.3 Pembelokan Pancaran

(Sumber : Prapti, ST., MEng, dkk, 2016)

Turbin ini ditemukan sekitar tahun 1880 oleh seorang Amerika yang namanya dikenal sebagai nama Turbin ini. Penyempurnaan terbesar yang dilakukan Pelton yakni dengan menerapkan mangkok ganda simetris. Bentuk ini hingga sekarang pada dasarnya tetap berlaku. Punggung pembelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama, yang dibelokkan menyamping.

### 2.3 Prinsip Dasar Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan Turbin Impuls, yang prinsip kerjanya mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. Pancaran air yang keluar dari mulut nosel diterima oleh sudu- sudu pada roda jalan sehingga roda jalan berputar. Dari Putaran inilah menghasilkan mekanik yang memutar poros generator sehingga menghasilkan energi listrik.

### 2.4 Komponen – Komponen Utama Turbin Pelton

Turbin Pelton mempunyai tiga komponen utama yaitu :

#### 1. Sudu Turbin

Sudu turbin ini berbentuk mangkok, yang dipasang disekeliling roda jalan (*runner*). Setiap pemotongan pancaran air oleh mangkok pada umumnya gangguan atas pancaran tersebut. Mendadak dan tanpa diinginkan sebagian aliran membentur dan terbelokkan. Untuk menambah panjangnya usia *runner*, digunakan bahan mangkok yang lebih baik mutunya, misalnya baja tahan karat.

#### 2. Nosel

Nosel ini berfungsi untuk mengarahkan pancaran air ke sudu-sudu turbindan kapasitas air yang masuk ke turbin. Pada turbin pelton mungkin dikonstruksikan dengan nosel lebih dari satu buah. Pada poros mendatar dilengkapi satu atau dua nosel, sedang yang berporos tegak mempunyai sampai 6 buah. Ukuran nosel yang sesuai dapat memutar sudu lebih baik sehingga dapat meningkatkan efisiensi turbin. Dengan meningkatkan efisiensi turbin maka dapat meningkatkan energi yang dihasilkan sehingga turbin air mampu menghasilkan kerja yang optimal dengan menggunakan energi yang minimal.

#### 3. Rumah Turbin

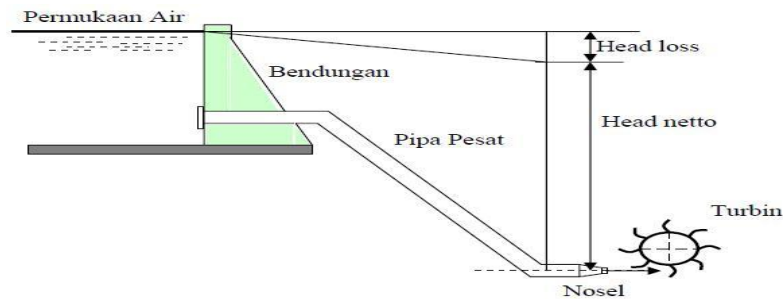
Rumah Turbin ini berfungsi sebagai tempat kedudukan roda jalan dan penahan air yang keluar dari sudu-sudu turbin. Agar *runner* tidak terendam, rumah turbin harus cukup tinggi diatas muka air pacu-buri. Konstruksinya harus cukup kuat untuk perlindungan seputar dari kemungkinan mangkok atau *runner* rusak dan terlempar saat turbin beroperasi.

### 2.5 Karakteristik Turbin Pelton

Suatu mesin selalu di disain untuk bekerja dibawah kondisi kerja yang diizinkan. Suatu turbin mungkin di disain untuk beberapa faktor penting seperti head (H), debit aliran (Q), putaran (n) dan daya (P), tetapi dalam prakteknya mungkin harus bekerja pada kondisi yang berbeda dari kondisi

disainnya. Oleh sebab itu untuk kerja pada kondisi-kondisi yang bervariasi perlu diketahui dengan melakukan pengujian terhadap model turbin di laboratorium.

Grafik yang ditampilkan dalam bentuk kurva-kurva disebut Karakteristik Turbin



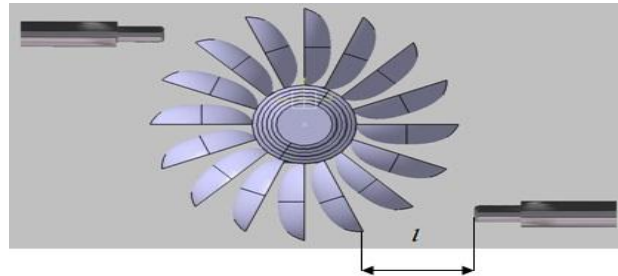
Gambar 2.4 Sekema Turbin Pelton

Sumber : (Bono, Indarto, 2008)

Jarak tembak antara nosel terhadap daun sudu juga dapat mempengaruhi kecepatan putar sudu turbin. Penempatan titik jarak yang tepat antara nosel dengan daun sudu maka dapat meningkatkan efisiensi turbin sehingga didapatkan putaran yang maksimal. Dengan mengetahui titik optimum dari jarak nosel terhadap daun sudu dapat meningkatkan putaran *runner* menjadi lebih cepat karena titik jatuhnya pancaran nosel tepat mengenai daun sudu dan tidak terpecah karena salah satu fungsi utama nosel adalah dapat mengarahkan pancaran aliran air tepat mengenai daun sudu.

#### **Pengaruh jarak nosel terhadap sudu turbin ( $l$ )**





Gambar 2.5 Skema Jarak Antara Nosel Terhadap *Runner*

Perbedaan jarak antara nosel dengan daun sudu dapat mempengaruhi kecepatan putar sudu turbin. Jarak antara *runner* dengan nosel yang terlalu dekat dapat memecah aliran sehingga pancaran air tidak tepat atau tidak fokus. Selain itu jarak antara nosel terhadap *runner* menentukan titik jatuhnya aliran air, karena itu nosel harus memiliki jarak yang tepat agar sudu turbin dapat menerima impuls dengan baik.

## 2.6 Perhitungan Dasar Turbin Pelton

### 2.6.1 Kapasitas Pompa

Pompa Air Sentrifugal (Inter Nasional GP – 200) :

Spesifikasi :

Type : Pompa Sumur Dangkal(Otomatis)

Daya Hisap : 9 Meter (Max)

Daya Output Listrik : 200 Watt

Total Head : 35 Meter

Debit Air : 45 Liter / Menit

Pipa Hisap / Dorong : 1 Inchi.

### 2.6.2 Kecepatan Aliran (V)

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

V = Kecepatan (m/s)

Q = Debit Alir (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas Penampang (m)

### 2.6.3 Bilangan Reynold (Re)

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

R<sub>e</sub> = Bilangan Reynold

ρ = Massa Density Air (kg/m<sup>3</sup>)

v = Kecepatan Aliran dalam pipa (m/s)

μ = Ketetapan miu (8,94.10<sup>-4</sup> s/m<sup>2</sup>)

### 2.6.4 Faktor Gesek (f)

Menurut persamaan Hagen – Poiseulle,

untuk aliran Laminer :

$$f = 64 \frac{\mu}{\rho \cdot v \cdot D} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk aliran Transisi :

$$\mathcal{F} = 16 \frac{\mu}{\rho \cdot v \cdot D} \dots \dots \dots (2.4)$$

Untuk aliran Turbulen Pipa Halus :

$$\mathcal{F} = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \dots \dots \dots (2.5)$$

### 2.6.5 Kerugian Mayor pipa (*Head Loss Mayor*)

Kerugian mayor adalah kerugian gesekan sepanjang aliran (pipa). *Head losses* merupakan rugi – rugi energi yang terjadi pada instalasi turbin air sehingga energi output turbin berkurang besarnya faktor gesekan tergantung pada :

Kecepatan Aliran Fluida dalam Pipa (V)

Diamter Pipa (D)

Massa Density ( $\rho$ )

Viskositas Kinematik ( $\nu$ )

Faktor kekasaran suatu bahan ( $\epsilon$ )

Rumus Persamaan :

$$hl_{\text{pipa}} = \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

$hl_{\text{pipa}}$  = Kerugian Head karena Gesekan (m)

D = Diameter dalam Pipa (m)

V = Kecepatan Aliran dalam Pipa (m/s)

g = Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )

### 2.6.6 Kerugian Minor Elbow (*Head Loss Minor*)

- Katup
- Belokan
- Pembesaran mendadak
- pengecilan mendadak
- Pembesaran perlahan
- Pembesaran tiba-tiba

Rumus Persamaan :

$$H_{\text{Elbow}} = \sum n.k. \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

n = Jumlah belokan pipa

K = Faktor gesekan pipa

V = Kecepatan Aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Menurut Viktor L. Streeter yaitu untuk pipa yang panjang ( $L/d \gg 1000$ ), minor losses dapat diabaikan tanpa kesalahan yang cukup berarti tetapi menjadi penting pada pipa yang pendek.

### 2.6.7 Head Elevasi

Head elevasi adalah perbedaan tinggi muka air sisi keluar dan sisi masuk. Head elevasi dinyatakan dengan :

$$h_{\Delta z} = h_{z_1} - h_{z_2} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

$$h_{\Delta z} = \text{Head Elevasi (m)}$$

$$h_{z_2} = \text{Sisi Masuk (m)}$$

$$h_{z_1} = \text{Sisi Keluar (m)}$$

#### 2.6.8 Head loss total.

$$h_{l_{total}} = h_{l_{pipa}} + h_{l_{elbow}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

$$h_{l_{total}} = \text{Head loss total (m/s)}$$

$$h_{l_{pipa}} = \text{Kerugian Mayor pipa (m/s)}$$

$$h_{l_{elbow}} = \text{Kerugian Minor Elbow (m/s)}$$

Jarak Pusat Pancaran Jet ke Ujung Sudu,  $l$  (mm)

$$l = (1,2 - 1,9) \times d_n \quad (2.10)$$

Diameter nozzle ( $d_n$ ) adalah :

$$d_n = \sqrt{\frac{4Q}{\pi K_c \sqrt{2gH}}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

$$d_n = \text{Diameter nosel (m)}$$

$Q$  = Kapasitas air ( $m^3/s$ )

$k_c$  = Koefisien nosel (0,98)

$H$  = Head Turbin (m)

### 2.6.9 Momen Inersia

Rumus Momen Inersia benda berotasi adalah sebagai berikut :

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

$T$  = Momen Inersia / Torsi ( $kg \cdot m^2$ )

$F$  = Gaya (kg)

$r$  = Jarak (m)

### 2.6.10 Head Turbin

Head Turbin pada alat simulasi dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

Menurut Jurnal Analisa Turbin Pelton Berskala Mikro pada pembuatan Instalasi Uji Laboratorium Cokorda Prapti,ST.,Meng\*),Sunyoto,ST.,MT\*), Rahmat \*\*).

$$H_t = P_d + \frac{V^2}{2g} (h_{l_{total}}) \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

$H_t$  = Head Turbin (m/s)

$P_d$  = Meter Kolom Air (mka)

$V$  = Kecepatan Aliran dalam Pipa (m/s)

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )

#### 2.6.11 Perhitungan Daya Fluida / Air (WHP)

*Water Horse Power* (WHP) adalah daya indikatif yang diberikan oleh fluida kepada sudu – sudu turbin. WHP merupakan energi yang dimiliki oleh air dalam bentuk *Velocity Head* (Head Turbin) yang nantinya akan diubah menjadi energi poros.

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

WHP = Daya Pompa Air (watt)

$\rho$  = Density Air ( $kg/m^3$ )

$g$  = Gaya Gravitasi ( $9.8 m/s^2$ )

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

$H_t$  = Head Turbin (m)

#### 2.5.12 Perhitungan Daya Poros (BHP)

*Brake Horse Power* (BHP) adalah merupakan daya efektif yang diterima oleh poros turbin dari fluida yang melalui sudu – sudu turbin. BHP diukur dari rempony dengan cara mengukur torsi pada poros. Putaran poros akan menimbulkan torsi yang diukur melalui gaya yang dihasilkan pada titik terluar poros. Gaya ini terbaca sebagai beban (*load*).

$$BHP = \frac{2 \pi \cdot g \cdot T \cdot n}{60} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

BHP = Daya mekanik turbin (watt)

T = Torsi (kg . m)

$n$  = Kecepatan Putaran Turbin (Rpm)

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )

### 2.5.13 Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi Turbin adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan pada poros turbin *shaft* (poros) dengan daya yang diberikan oleh fluida – fluida. Efisiensi turbin menyatakan kemampuan turbin untuk mengubah energi fluida menjadi energi yang berguna pada poros turbin. Perhitungan efisiensi turbin dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi Turbin (%)

BHP = *Brake Horse Power*

WHP = *Water Horse Power*

### 2.5.14 Daya

Daya yang dibangkitkan oleh turbin sebesar :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t \text{ (watt)}$$

Jadi dalam daya Kw (kilowatt) adalah :

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t}{1000} \text{ (kw)}$$



Dimana

$P$  = Daya (kW)

$\rho$  = Density Air ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Gaya Gravitasi ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

$Q$  = Debit Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H_t$  = Head Turbin (m)

Daya yang sebenarnya adalah :

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t}{1000} \eta \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi Turbin (%)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

##### 3.1.1 Tempat

Penelitian turbin air untuk skala laboratorium ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak yang berada di jalan Lintas Kalimantan Desa Sungai Ambawang Kuala Kecamatan Sungai Ambawang Kabupaten Kubu Raya Provinsi Kalimantan Barat.

##### 3.1.2 Waktu

Waktu penelitian direncanakan mulai dari persetujuan yang diberikan oleh pengelola program dan komisi pembimbing, perencanaan dan pembuatan alat, pengambilan data dan pengolahan data sampai dinyatakan selesai.

#### 3.2 Peralatan Dan Bahan

##### 3.2.1 Peralatan

Pelaksanaan pembuatan simulasi ini melibatkan proses – proses pengerjaan, pemotongan, pemasangan sambungan dan alat – alat penunjang lainnya hingga sampai proses *finishing*.

a. Flowmeter

Flowmeter digunakan sebagai pengukur laju aliran volume atau debit air pada pompa.



Gambar 3.1 Flowmeter

b. Tacho Meter

Digunakan untuk mengukur putaran poros pada pompa.



Gambar 3.2 TachoMeter

c. Gergaji Besi

Gergaji besi digunakan untuk memotong pipa paralon yang telah di



tentukan ukurannya.

Gambar 3.3 Gergaji Besi

d. Lem paralon



Lem paralon digunakan untuk merekatkan sambungan pada pipa paralon.

Gambar 3.4 Lem Paralon

### 3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk pengujian turbin pelton dengan menggunakan dua buah pompa adalah :

a. Pompa

Pompa adalah suatu jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan fluida dari tempat rendah ke tempat yang tinggi dengan menggunakan prinsip perbedaan tekanan.

b. Nozzle

Nosel dengan diameter 8 mm, 10 mm, 12 mm 14 mm, berfungsi untuk mengubah tekanan air menjadi energi kinetik dan mengarahkan pancaran air ke sudu runner turbin.

c. Elbow

Sebuah sambungan pipa yang di gunakan untuk membelokan pipa ke kanan atau ke kiri maupun ke atas dan kebawah.

d. Ball Valve

Sebuah katup dengan pengontrol aliran berbentuk disc bulat seperti bola.

e. Pipa PVC

Untuk mengalirkan fluida ke suatu tempat.

f. Manometer

Berfungsi untuk mengukur tekanan udara dalam ruang tertutup.

g. Rotameter

Sebuah tabung lonjong dari gelas, dengan sebuah pelampung di dalam yang didorong ke atas oleh aliran cairan dan ditarik ke bawah oleh gravitasi.

h. MCB (Miniature Circuit Breaker)

Berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik (short circuit atau korsleting).

i. Sock Drat Luar (SDL)

Sock drat luar biasa digunakan untuk penyambungan pada drat dalam dan pada batang pipa.

j. Sock Drat Dalam (SDD)

Sock drat dalam biasa di gunakan untuk penyambungan pada pipa PVC dan pada keran air

### **3.3 Metodologi**

#### 3.3.1 Metode studi lapangan

Melaksanakan pengujian dan observasi secara langsung di lapangan tepatnya di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak, Studi ini dilakukan untuk melihat secara langsung kondisi dilapangan yang sebenarnya, tujuannya agar mudah untuk menentukan apa yang di perlukan dalam kegiatan penelitian ini, misalnya dari pompa untuk mengetahui head dan debit, kemudian peneliti menentukan diameter nosel dan jarak nosel.

#### 3.3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan eksperimental nyata, Dalam hal ini perangkat penelitian dibuat sesuai dengan ukuran turbin yang akan diamati. Metode ini dilaksanakan dengan melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin pelton skala laboratorium.

#### 3.3.3 Metode Pengujian

Meliputi pelaksanaan pengambilan data, pengolahan data, dan analisa hasil data pengujian dari hasil pembuatan turbin pelton skala laboratorium.

### 3.3.4 Spesifikasi Pompa

#### a. Kapasitas Pompa

Disini pompa yang di gunakan adalah pompa air sentrifugal (Inter Nasional GP-200) :

#### *Spesifikasi*

Tipe : Pompa sumur Dangkal (Otomatis)

Daya Hisap : 9 Meter (MAX)

Daya Output Listrik : 200 Watt

Total Head : 35 Meter

Debit Air : 45 Liter/Menit

Pipa hisap/dorong : 1 Inch

### 3.3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dalam pengambilan data penelitian berdasarkan analisa variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin pelton sebagai berikut ;

1. Memasang ukuran diameter nosel 8 mm, 10 mm, 12 mm 14 mm.
2. Pastikan semua kondisi alat dalam keadaan baik.
3. Tekan saklar untuk menghidupkan pompa air.
4. Mencatat debit aliran yang tertera pada alat ukur flowmeter.
5. Pastikan posisi katup dalam keadaan bukaan variasi (  $45^0, 60^0, 90^0$  )
6. Mencatat hasil tekanan air yang ada di manometer analog.

7. Mengukur putaran poros turbin dengan alat ukur tachometer terlebih dahulu.
8. Mengelolah data penelitian yang didapat.
9. Menganalisa data penelitian untuk mengetahui hubungan antara variable yang telah ditentukan
10. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan
11. Setelah percobaan selesai, matikan pompa dan seluruh unit kelistrikan.

Peralatan yang digunakan selama pengambilan data secara langsung yaitu:

- a. Stopwatch  
Untuk mengetahui jumlah fluida yang dikeluarkan oleh nosel dalam waktu 120 detik.
- b. Tachometer Digital  
Techometer adalah suatu alat yang digunakan sebagai alat untuk mengukur putaran motor pada turbin.
- c. Panel Kontrol  
Sebagai alat On/Off aliran listrik untuk mengaliri listrik pada pompa yang akan bekerja
- d. Busur Drajat  
untuk mengukur bukaan katup

### 3.3.5 Metode Analisa Data

Dari data yang nantinya diperoleh dari pengujian karakteristik alat turbin air yaitu Analisa variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin pelton selanjutnya dilakukan analisa data yaitu dengan :

1. Menghitung Debit air ( $Q$ )
2. Menghitung kecepatan aliran ( $V$ )
3. Menghitung bilangan reynold
4. Factor gesekan ( $f$ )
5. Head losses pada elbow/belokan ( $hl_{\text{Elbow}}$ )

6. Head losses total
7. Momen inersia (Torque)
8. Head turbin
9. Water Horse Power (WHP)
10. Brake Horse Power (BHP)
11. Menghitung efisiensi turbin ( $\eta$ )

<b>Diameter Nosel (mm)</b>	<b>Bukaan Katup (<math>\theta</math>)</b>	<b>Waktu ( Second )</b>	<b>Tekanan (Bar)</b>	<b>Debit (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Putaran Sudu (Rpm)</b>
8	45	60			
	60	60			
	Full	60			
10	45	60			
	60	60			
	Full	60			
12	45	60			
	60	60			
	Full	60			
14	45	60			
	60	60			
	Full	60			

**Tabel 3.1** Rekapitulasi Data Hasil Pengujian

**Tabel 3.2** Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaan Valve

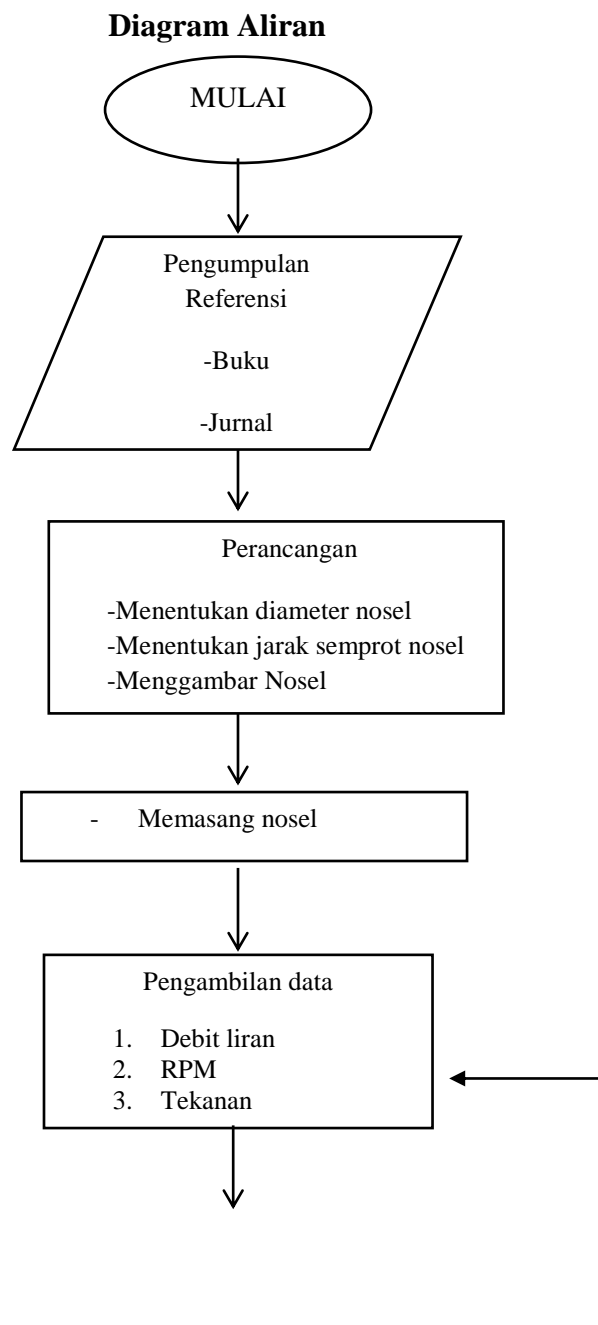
Diameter Nosel	Bukaan Valve	Volume air (m <sup>3</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	m (kg/s)	Bilangan Reynol (Re)	V <sub>mutlak</sub> (m/s)
		V <sub>awal</sub>		1 inch <sup>3</sup> / <sub>4</sub>		1 inch <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 inch <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
		V <sub>setelah 10s</sub>		inch	1 inch <sup>3</sup> / <sub>4</sub> inch	1 inch	1 inch

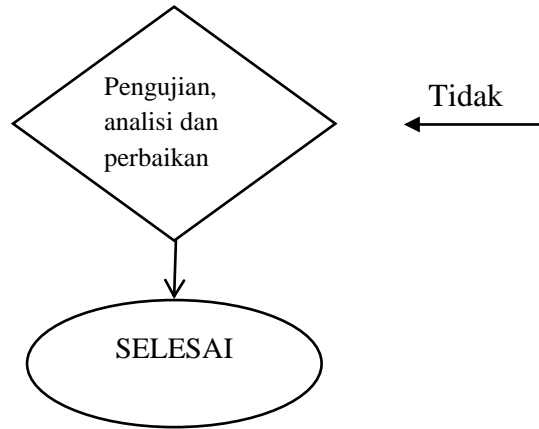
**Tabel 3.3** Hasil Perhitungan Pengujian Bukaan Valve



Diameter Nosel	Debit Air ( $m^3/s$ )	Kecepatan Aliran (m/s)	Head Turbin (m)	WHP BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin %
		1 inch ¾ inch				

### 3.4 Diagram Alir Metode Penelitian dan Metode Percobaan





## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil analisa penelitian yang di dapatkan dilaboratorium maupun dilapangan. Peneliti mengambil data penelitian di bengkel atau Laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak yang berada di Jalan Lintas Kalimantan Desa Sungai Ambawang Kuala Kecamatan Sungai Ambawang Kabupaten Kubu Raya Provinsi Kalimantan Barat.

#### **4.1 Spesifikasi alat simulasi dan sudu turbin pelton**

- Diameter Runer : 0,226 m
- Lebar Sudu : 0,06 m
- Kedalaman Mangkok : 0,018 m
- Lebar Bukaan Mangkok : 0,015 m
- Panjang Sudu : 0,038 m
- Sudut Pancar keluar sudu : 160<sup>0</sup>
- Ketebalan Sudu : 1 mm
- Diameter Nozzel : 12 mm
- Panjang Alat Simulasi : 1,5 m
- Lebar Alat Simulasi : 0,9 m
- Tinggi Alat Simulasi : 0,8 m
- Panjang Bak Penampung Air : 0,9 m
- Lebar Bak Penampung Air : 0,6 m
- Tinggi Bak Penampung Air : 0,5 m
- Air di Bak Penampung : 68,5 Liter
- Kapasitas Pompa Air 1 : 45 L/menit

- Kapasitas Pompa Air 2 : 45 L/menit
- Load beban pompa 2 : 0,40 kg
- Load beban pompa 1 : 0,35 kg
- Load beban pompa gabungan : 0,45 kg

## 4.2 Kapasitas Pompa

### 4.2.1 Kapasitas Pompa 1

Pompa Air Sentrifugal (Inter Nasional GP – 200) :

Spesifikasi :

Type : Pompa Sumur Dangkal(Otomatis)

Daya Hisap : 9 Meter (Max)

Daya Output Listrik : 200 Watt

Total Head : 35 Meter

Debit Air : 45 Liter / Menit

Pipa Hisap / Dorong 1 Inchi.

## 4.3 Perhitungan kehilangan energi (head loss)

### 4.3.1 Analisis Perhitungan

Data hasil pengamatan debit aliran dengan data-data sebagai berikut.

Debit Awal Bukaan Valvel Full	: 0,0005 m <sup>3</sup> /s
Diameter Pipa	: 3/4
Diameter Pipa	: 1
Panjang pipa Full pompa 1	: 4,72 m
Panjang Pipa ¾ inc pompa 1	: 0,36 m
Panjang Pipa 1 inc pompa 1	: 4,36 m
Koefisien Pipa Pvc	: 0,002

Koefisien Belokan Elbow 90 <sup>0</sup>	: 0,3
Koefisien Tee Lurus	: 0,2
Koefisien Tee Belok	: 1,0
Koefisien Stop Keran	: 0,05
Density Air	: 997,0
Viskositas Kinematika	: $0,897 \times 10^{-6}$
Viskositas Dynamic	: $0,894 \times 10^{-3}$
Load beban pompa 2	: 0,40 kg

**Table 3.4 Data Hasil Pengujian Variasi Diameter Nosel**

<b>Diameter Nosel (mm)</b>	<b>Bukaan Katup (<math>\theta</math>)</b>	<b>Waktu (Second)</b>	<b>Tekanan (Bar)</b>	<b>Debit (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Putaran Sudu (Rpm)</b>
8	45	60	0,31	0,000388	1309
	60	60	0,21	0,000333	1044
	Full	60	0,5	0,0005	1798
10	45	60	0,3	0,000388	1136
	60	60	0,2	0,000333	843
	Full	60	0,37	0,0005	1387
12	45	60	0,28	0,000388	1012
	60	60	0,19	0,000333	678
	Full	60	0,4	0,0005	1353
14	45	60	0,14	0,000388	419
	60	60	0,13	0,000333	307
	Full	60	0,17	0,0005	584

#### 4.4 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 8 Inch Bukaannya Full

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 8 Inch Bukaannya Full**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1 Rata	Uji 2	Uji 3	Rata-	Uji 1 Rata	Uji 2	Uji 3	Rata-	
Full	0,0005	1750	1811	1832	1798	0,5	0,5	0,5	0,5	120

#### 4.5 Perhitungan Data Nosel Diameter 8 Inch Bukaannya Full

##### 4.5.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

###### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1800 \text{ liter/jam} \\ &= 1800 = 0,5 \text{ liter/sekon} \\ &= 0,5 = 0.0005 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

###### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,08^2 \text{ m}^2 = 0,00005024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

\

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0.0005}{0,000506} = 0,987263121 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$V_{\text{nosel}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{nosel}} = \frac{0.0005}{0,005024} = 9,9522293 \text{ m/s}$$

## d. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{997,1 \times 0,987263121 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}}$$

$$= 27968 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

## e. Faktor Gesek (f)

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{27968^{0,25}}$$

$$= 0,0244354$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0,0244354 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,97468847 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,208372 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$hl = \sum (n \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}} + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n + f_{\text{keran}}) \sum \times \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$\begin{aligned}
 &= (2 \times 1.0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,97468847 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 7,45 \times \frac{0,97468847 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 0,374878 \text{ m}
 \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
 \text{hl}_{\text{total}} &= \text{hl}_{\text{minor}} + \text{hl}_{\text{mayor}} \\
 &= 0,208372 + 0,374878 \\
 &= 0,58325 \text{ m}
 \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= V_{\text{pipa}} - \text{hl}_{\text{total}} \\
 &= 0,987263121 \text{ m/s} - 0,58325 \text{ m/s} \\
 &= 0,404013 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air } Q &= 1800 \text{ Liter/Jam} \\
 &= 1800 = 0,5 \text{ Liter/Sekon} \\
 &= 0,5 = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\
 A_{\text{pipa}} &= \frac{3,14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\
 V_{\text{pipa}} &= \frac{0,0005}{0,0002834} = 1,764384142 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$



d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 1,764384142 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 37389 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{37389^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{13,90547928} \\ &= 0,0227248 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g) \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,0227248 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{3,1130514 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,068318 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,05 + 0,2 \times \frac{3,1130514 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\ &= 0,207933 \text{ m} \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned} hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\ &= 0,207933 + 0,068318 \end{aligned}$$

$$= 0,276252 \text{ m/s}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= V_{\text{pipa}} - h_{\text{total}} \\ &= 1,764384142 \text{ m/s} - 0,276252 \text{ m/s} \\ &= 1,488133 \text{ m/s} \end{aligned}$$

**Tabel 4.2 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaannya Katup Full**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (R <sub>e</sub> )		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
Full	0,0005	0,98	1,7	27968	37389	0,4	1,4

#### 4.5.6 Momen Inersia (Torque)

$$\begin{aligned} T &= F \cdot r \\ &= 0,5 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\ &= 0,0745 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### 4.5.7 Head Turbin

$$\begin{aligned} H_t &= P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{\text{pipa}} \\ &= 50 \text{ mka} + \frac{0,987263121^2}{2,9,81} - 0,58325 \\ &= 50 \text{ mka} + \frac{0,97468847}{19,62} - 0,58325 \\ &= 50 + 0,04967831 - 0,58325 \\ &= 49,46642794 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.5.8 Water Horse Power (WHP)

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$\begin{aligned}
&= 997,1 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,0005 \frac{m^3}{s} \cdot 49,46642794m \\
&= 241,929194 \frac{kg \cdot m^2}{s^3} \\
&= 241,929194 \frac{N \cdot m}{s} \\
&= 241,929194 J/s \\
&= 241,929194 watt
\end{aligned}$$

#### 4.5.9 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
&= \frac{2 \times 3,14 \times 0,0745 \text{ kg} \cdot m \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 1798 \text{ rpm}}{60} \\
&= \frac{8252,29247 \frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot \frac{m}{s}}{60} \\
&= \frac{8252,29247 \frac{kg \cdot m^2}{s^3}}{60} \\
&= \frac{8252,29247 \frac{N \cdot m}{s}}{60} \\
&= \frac{8252,29247 J/s}{60} \\
&= \frac{8252,29247 \text{ watt}}{60} \\
&= 137,538208 \text{ watt}
\end{aligned}$$

#### 4.5.10 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
\eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
&= \frac{137,538208}{241,929194} \times 100\% \\
&= 56,8506 \%
\end{aligned}$$

**Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pengujian**

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran		Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
		1 inc	¾ inc					
Full	0,0005	0,98	1,7	49,466	241,92	137,53	1798	56 %

#### 4.6 Data Hasil Pengujian Nosel Diametr 10 Inch Bukaan Katup Full

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 10 Inch Bukaan Full**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	
		Full	0,0005	1493	1312	1355	1387	0,3	0,3	

#### 4.6 Perhitungan Data Nosel Diameter 10 Inch Bukaan Katup Full

##### 4.6.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

###### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air } Q &= 1800 \text{ Liter/jam} \\
 &= 1800 = 0,5 \text{ Liter/Sekon} \\
 &= 0,5 = 0.0005 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

###### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

###### Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,010^2 \text{ m}^2 = 0,0000785 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

###### c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0.0005}{0.000506} = 0,987263121 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$V_{\text{nosel}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{nosel}} = \frac{0.0005}{0.000785} = 6,36942675 \text{ m/s}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,987263121 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 27968 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{27968^{0,25}} \\ &= 0,0244354 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,0244354 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,97468847 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,208372 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl &= (2 \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}}) + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n \times f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= (2 \times 1,0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,97468847 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \end{aligned}$$

$$= 7,45 \times \frac{0,97468847 \frac{m}{s}}{19,62}$$

$$= 0,374878 \text{ m}$$

h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,208372 + 0,374878$$

$$= 0,58325 \text{ m}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$V_{\text{total}} = V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}}$$

$$= 0,987263121 \text{ m/s} - 0,58325 \text{ m/s}$$

$$= 0,404013 \text{ m/s}$$

#### 4.6.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\text{Debit air } Q = 1800 \text{ Liter/Jam}$$

$$= 1800 = 0,5 \text{ Liter/Sekon}$$

$$= 0,5 = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$A_{\text{pipa}} = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A_{\text{pipa}} = \frac{3,14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0,0005}{0,000283} = 1,764384142 \text{ m/s}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{997,1 \times 1,764384142 \times 0,019}{0,894 \times 10^3}$$

$$= 37389 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\mathcal{F} = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{37389^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{13,90547928}$$

$$= 0,0227248$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g)$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0,0227248 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{3,1130514 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,068318 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= (2(n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}})2) \times \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,05 + 0,2 \times \frac{3,1130514 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62}$$

$$= 0,207933 \text{ m}$$

h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,207933 + 0,068318$$

$$= 0,276252 \text{ m}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses



$$\begin{aligned}
 V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= V_{\text{pipa}} - h_{\text{total}} \\
 &= 1,764384142 \text{ m/s} - 0,276252 \text{ m/s} \\
 &= 1,488133 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.5 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaannya Katup Full**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (R <sub>e</sub> )		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
Full	0,0005	0,98	1,76	27968	37389	0,4	1,4

#### 4.6.3 Momen Inersia (Torque)

$$\begin{aligned}
 T &= F \cdot r \\
 &= 0,37 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\
 &= 0,05513 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.6.4 Head Turbin

$$\begin{aligned}
 H_t &= P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{\text{pipa}} \\
 &= 30 \text{ mka} + \frac{0,987263121^2}{2 \cdot 9,81} - 0,58325 \\
 &= 30 \text{ mka} + \frac{0,97468847}{19,62} - 0,58325 \\
 &= 30 + 0,04967831 - 0,58325 \\
 &= 29,46642794 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.6.5 Water Horse Power (WHP)

$$\begin{aligned}
 WHP &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t \\
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,0005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 29,46642794 \text{ m} \\
 &= 144,113684 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 144,113684 \frac{N.m}{s} \\
 &= 144,113684 J/s \\
 &= 144,113684 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.6.6 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,05513 \text{ kg.m} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 1387 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{4710,78306 \frac{kg.m}{s^2} \cdot \frac{m}{s}}{60} \\
 &= \frac{4710,78306 \frac{kg.m^2}{s^3}}{60} \\
 &= \frac{4710,78306 \text{ J/S}}{60} \\
 &= 78,513051 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.6.7 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
 &= \frac{78,513051}{144,113684} \times 100\% \\
 &= 54,47994 \%
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pengujian**

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran (m/s)	Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin (%)
Full	0,0005	0,98 1,7	29,466	144,11	78,5130	1387	54 %

#### 4.7 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 12 Inch Bukaam Katup Full

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 12 Inch Bukaam Full**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	
Full	0,0005	1343	1411	1305	1353	0,3	0,3	0,3	0,3	120

#### 4.7 Perhitungan Data Nosel Diameter 12 Inch Bukaam Katup Full

##### 4.7.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

###### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air } Q &= 1800 \text{ Liter/Jam} \\
 &= 1800 = 0,5 \text{ Liter/Sekon} \\
 &= 0,5 = 0.0005 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

###### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\
 A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\
 A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,012^2 \text{ m}^2 = 0,00011304 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0.0005}{0,000506} = 0,987263121 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$V_{\text{nosel}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{nosel}} = \frac{0.0005}{0,00011304} = 4,42321302 \text{ m/s}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{997,1 \times 0,987263121 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}}$$

$$= 27968 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{27968^{0,25}}$$

$$= 0,0244354$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0,0244354 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,97468847 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,208372 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$\begin{aligned}
 hl &= \sum (n \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}}) + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n \times f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= (2 \times 1.0) + (7 \times 0.2) + (13 \times 0.3) + (3 \times 0.05) \times \frac{0.97468847 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19.62} \\
 &= 7.45 \times \frac{0.97468847 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19.62} \\
 &= 0.374878 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\
 &= 0.208372 + 0.374878 \\
 &= 0.58325 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}} \\
 &= 0.987263121 \text{ m/s} - 0.58325 \text{ m/s} \\
 &= 0.404013 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

### 4.7.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

#### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air } Q &= 1800 \text{ Liter/Jam} \\
 &= 1800 = 0.5 \text{ Liter/Sekon} \\
 &= 0.5 = 0.0005 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

#### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0.019^2 \text{ m}^2 = 0.000283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

#### c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\
 V_{\text{pipa}} &= \frac{0.0005}{0.000283} = 1.764384142 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 1,764384142 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 37389 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{37389^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{13,90547928} \\ &= 0,0227248 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g) \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,0227248 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{3,1130514 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,068318 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,05 + 0,2 \times \frac{3,1130514 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\ &= 0,207933 \text{ m} \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,207933 + 0,068318$$

$$= 0,276252 \text{ m/s}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} = V_{\text{pipa}} - h_{l_{\text{total}}}$$

$$= 1,764384142 \text{ m/s} - 0,276252 \text{ m/s}$$

$$= 1,488133 \text{ m/s}$$

**Tabel 4.8 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaan Katup Full**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (Re)		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
Full	0,0005	0,98	1,7	27698	37389	0,4	1,4

#### 4.7.3 Momen Inersia (Torque)

$$T = F \cdot r$$

$$= 0,4 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m}$$

$$= 0,0596 \text{ kg.m}$$

#### 4.7.4 Head Turbin

$$H_t = P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{l_{\text{pipa}}}$$

$$= 40 \text{ mka} + \frac{0,987263121^2}{2 \cdot 9,81} - 0,58325$$

$$= 40 \text{ mka} + \frac{0,97468847}{19,62} - 0,58325$$

$$= 40 + 0,04967831 - 0,58325$$

$$= 39,46642794 \text{ m}$$

#### 4.7.5 Water Horse Power (WHP)

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$





		(m/s)	(m)					
		1 inc	¾ inc					
Full	0,0005	0,98	1,7	39,466	193,021	82,7983	1353	54 %

#### 4.8 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 14 Inch Buka-an Katup Full

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 14 Inch Buka-an Katup Full**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	
		Full	0,0005	556	602	593	584	0,1	0,1	

#### 4.8 Perhitungan Data Nosel Diameter 14 Inch Buka-an Katup full

##### 4.8.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

###### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air } Q &= 1800 \text{ liter/jam} \\
 &= 1800 = 0,5 \text{ liter/sekon} \\
 &= 0,5 = 0.0005 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

###### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$A_{\text{pipa}} = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A_{\text{pipa}} = \frac{3,14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2$$

Luas penampang nosel

$$A_{\text{nosel}} = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A_{\text{nosel}} = \frac{3,14}{4} \times 0,014^2 \text{ m}^2 = 0,00015386 \text{ m}^2$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0,0005}{0,000506} = 0,987263121 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran pada nosel

$$V_{\text{nosel}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{nosel}} = \frac{0,0005}{0,00015386} = 3,24970753 \text{ m/s}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{997,1 \times 0,987263121 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}}$$

$$= 27968 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{27968^{0,25}}$$

$$= 0,0244354$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0,0244354 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,987263121 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,208372 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n.k. \frac{V^2}{2.g}$$

$$\begin{aligned} hl &= [(n \times f_{Tee_{belok}}) + (n \times f_{Tee_{lurus}}) + (n \times f_{elbow}) + (n \times f_{keran})] \times \frac{V^2}{2.g} \\ &= (2 \times 1.0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,987263121 \frac{m}{s}}{19,62} \\ &= 7,45 \times \frac{0,987263121 \frac{m}{s}}{19,62} \\ &= 0,374878 \text{ m} \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned} hl_{total} &= hl_{minor} + hl_{mayor} \\ &= 0,374878 + 0,208372 \\ &= 0,58325 \text{ m/s} \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa 1 inc}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{total} \\ &= 0,987263121 \text{ m/s} - 0,58325 \text{ m/s} \\ &= 0,404013 \text{ m/s} \end{aligned}$$

#### 4.8.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1800 \text{ Liter/Jam} \\ &= 1800 = 0,5 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,5 = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3,14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0,0005}{0,000283} = 1,764384142 \text{ m/s}$$

d. Bilangan Reynold ( $Re$ )

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{997,1 \times 1,764384142 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}}$$

$$= 37389 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

e. Faktor Gesek ( $f$ )

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{37389^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{13,90547928}$$

$$= 0,0227248$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g)$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0,0227248 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{3,1130514 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,068318 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 2(n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,05 + 0,2 \times \frac{3,1130514 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62}$$

$$= 0,207933 \text{ m}$$

#### h. head Losses Total

$$\begin{aligned} hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\ &= 0,207933 + 0,068318 \\ &= 0,276252 \text{ m} \end{aligned}$$

#### i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}} \\ &= 1,764384142 \text{ m/s} - 0,276252 \text{ m/s} \\ &= 1,488133 \text{ m/s} \end{aligned}$$

**Tabel 4.11 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaa Katup Full**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (R <sub>e</sub> )		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
Full	0,0005	0,98	1,7	27968	37389	0,4	1.4

#### 4.8.3 Momen Inersia (Torque)

$$\begin{aligned} T &= F \cdot r \\ &= 0,17 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\ &= 0,02533 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### 4.8.4 Head Turbin

$$\begin{aligned} H_t &= P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{l_{\text{pipa}}} \\ &= 10 \text{ mka} + \frac{0,987263121^2}{2 \cdot 9,81} - 0,58325 \\ &= 10 \text{ mka} + \frac{0,97468847}{19,62} - 0,58325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 10 + 0,049678311 - 0,58325 \\
 &= 9,466427939 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.8.5 Water Horse Power (WHP)

$$\begin{aligned}
 WHP &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot Ht \\
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,0005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 9,466427939 \text{m} \\
 &= 46,2981738 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 &= 46,2981738 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\
 &= 46,2981738 \text{ J/s} \\
 &= 46,2981738 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.8.6 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,02533 \text{ kg} \cdot \text{m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 584 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{911,3321425 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{911,3321425 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}}{60} \\
 &= \frac{911,3321425 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{911,3321425 \text{ J/s}}{60} \\
 &= 15,188869 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.8.7 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
 &= \frac{15,188869}{46,2981738} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 32,80663 \%$$

**Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Pengujian**

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran		Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
		(m/s)	(m)					
1 inc ¾ inc								
FULL	0,0005	0,98	1,7	19.67	46,298	15,188	584	32 %

#### 4.9 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 8 Inch Bukaan Katup 60<sup>0</sup>

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 8 Inch Bukaan 60<sup>0</sup>**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	
60	0,000333	981	1043	1109	1044	0,2	0,2	0,2	0,2	120

## 4.9 Perhitungan Data Nosel Diameter 8 Inch Buka-an Katup 60<sup>0</sup>

### 4.9.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}\text{Debit air } Q &= 1200 \text{ liter/jam} \\ &= 1200 = 0,333 \text{ liter/sekon} \\ &= 0,333 = 0.000333 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned}A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,08^2 \text{ m}^2 = 0,00005024 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0.000333}{0,000506} = 0,657517 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned}V_{\text{nosel}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{nosel}} &= \frac{0.000333}{0,00005024} = 6,62818471 \text{ m/s}\end{aligned}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned}Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,657517 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 18626\end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)



$$\begin{aligned}
 \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\
 &= \frac{0,316}{18626^{0,25}} \\
 &= 0,027049
 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 hl_{\text{pipa}} &= 0,027049 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,102310363 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned}
 hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 hl &= (2 \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}}) + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n \times f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= (2 \times 1,0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 7,45 \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 0,249669 \text{ m}
 \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\
 &= 0,249669 + 0,102310363 \\
 &= 0,351979 \text{ m}
 \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}} \\
 &= 0,657517 \text{ m/s} - 0,351979 \text{ m/s} \\
 &= 0,305538 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

#### 4.9.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

## a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}\text{Debit air } Q &= 1200 \text{ Liter/Jam} \\ &= 1200 = 0,333 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,333 = 0.000333 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0,000333}{0,000283} = 1,17508 \text{ m/s}\end{aligned}$$

## e. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned}R_e &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 1,17508 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 24901 \text{ (Aliran Turbulen)}\end{aligned}$$

## e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned}\mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{24901^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{12,56186718} \\ &= 0,025155\end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g)$$

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{pipa}} &= 0,025155 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{1,380813006 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,033544103 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned}
 hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,05 + 0,2 \times \frac{1,380813006 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 0,203519 \text{ m}
 \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\
 &= 0,203519 + 0,033544103 \\
 &= 0,237063 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}} \\
 &= 1,17508 \text{ m/s} - 0,237063 \text{ m/s} \\
 &= 0,938017 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.14 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaannya Katup 60°**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V		Bilangan Reynold		c V <sub>mutlak</sub>	
		(m/s)		(R <sub>e</sub> )		(m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
60	0,000333	0,65	1,1	18626	24901	0,3	0,9

#### 4.9.3 Momen Inersia (Torque)

$$\begin{aligned}
 T &= F \cdot r \\
 &= 0,21 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\
 &= 0,03129 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.9.4 Head Turbin

$$\begin{aligned}
 Ht &= Pd + \frac{V^2}{2 \cdot g} - Hl_{\text{pipa}} \\
 &= 20 \text{ mka} + \frac{0,657517^2}{2 \cdot 9,81} - 0,351979 \\
 &= 20 \text{ mka} + \frac{0,432328605}{19,62} - 0,351979 \\
 &= 20 + 0,022035097 - 0,351979 \\
 &= 19,6700561 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.9.5 Water Horse Power (WHP)

$$\begin{aligned}
 WHP &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot Ht \\
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,000333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 19,6700561 \text{ m} \\
 &= 64,070417 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \\
 &= 64,070417 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\
 &= 64,070417 \text{ J/s} \\
 &= 64,070417 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.9.6 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,03129 \text{ kg.m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1044 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{2012,49455 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{2012,49455 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}}{60} \\
 &= \frac{2012,49455 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{60}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2012,49455 \text{ J/S}}{60} \\
 &= 2012,49455 \\
 &= 33,54157583 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.9.7 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
 &= \frac{33,54157583}{64,070417} \times 100\% \\
 &= 52,35111 \%
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Pengujian**

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran (m/s)		Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
		1 inc	¾ inc					
60	0,000333	0,65	1,1	19.67	64,070	33,541	1044	52 %

#### 4.10 Data Hasil Pengujian Nosel Diametr 10 Inch Bukaan Katup 60<sup>0</sup>

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.16 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 10 Inch Bukaan 60<sup>0</sup>**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	

60      0,00033    871    932    727    843      0,2    0,2    0,2    0,2      120

---

## 4.10 Perhitungan Data Nosel Diameter 10 Inch Buka-an Katup 60<sup>0</sup>

### 4.10.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

#### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1200 \text{ Liter/jam} \\ &= 1200 = 0,333 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,333 = 0.000333\text{m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

#### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,010^2 \text{ m}^2 = 0,0000785 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0.000333}{0,000506} = 0,657517 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{nosel}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{nosel}} &= \frac{0.000333}{0,0000785} = 4,24203822 \text{ m/s} \end{aligned}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,657517 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 18626 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{18626^{0,25}} \\ &= 0,027049 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,027049 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,102310363 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl &= (2 \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}}) + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n \times f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= (2 \times 1,0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\ &= 7,45 \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\ &= 0,249669 \text{ m} \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned} hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\ &= 0,249669 + 0,102310363 \end{aligned}$$

$$= 0,351979\text{m}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{pipa}} - h_{\text{total}} \\ &= 0,657517 \text{ m/s} - 0,351979 \text{ m/s} \\ &= 0,305538 \text{ m/s} \end{aligned}$$

#### 4.10.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1200 \text{ Liter/Jam} \\ &= 1200 = 0,333 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,333 = 0,000333 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3,14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0,000333}{0,000283} = 1,17508 \text{ m/s} \end{aligned}$$

e. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 1,17508 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 24901 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,316}{24901^{0,25}} \\
 &= \frac{0,316}{12,56186718} \\
 &= 0,025155
 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{pipa}} &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g) \\
 hl_{\text{pipa}} &= 0,025155 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{1,380813006 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,033544103 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned}
 hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,05 + 0,2 \times \frac{1,380813006 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 0,203519 \text{ m}
 \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\
 &= 0,203519 + 0,033544103 \\
 &= 0,237063 \text{ m}
 \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}} \\
 &= 1,17508 \text{ m/s} - 0,237063 \text{ m/s} \\
 &= 0,938017 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.17 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaan Katup 60°**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (R <sub>e</sub> )		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾inch
		60	0,00033	0,6	1,1	18626	24901

#### 4.10.3 Momen Inersia (Torque)

$$\begin{aligned}
 T &= F \cdot r \\
 &= 0,2 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\
 &= 0,0298 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.10.4 Head Turbin

$$\begin{aligned}
 H_t &= P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{l_{\text{pipa}}} \\
 &= 20 \text{ mka} + \frac{0,657517^2}{2,981} - 0,351979 \\
 &= 20 \text{ mka} + \frac{0,432328605}{19,62} - 0,351979 \\
 &= 20 + 0,022035097 - 0,351979 \\
 &= 19,670006 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.10.5 Water Horse Power (WHP)

$$\begin{aligned}
 WHP &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t \\
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,000333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 19,6700561 \text{ m} \\
 &= 64,070417 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \\
 &= 64,070417 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\
 &= 64,070417 \text{ J/s} \\
 &= 64,070417 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.10.6 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,0298 \text{ kg.m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 843 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{1547,649066 \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{1547,649066 \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^3}}{60} \\
 &= \frac{1547,649066 \text{ J/s}}{60} \\
 &= 25,79415 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.10.7 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
 &= \frac{25,79415}{64,070417} \times 100\% \\
 &= 40,25906371 \%
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Pengujian**

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran (m/s)	Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
60	0,000333	0,6 1,1	19,6700	64,070	25,794	843	40 %

#### 4.11 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 12 Inch Bukaannya Katup 60°

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.19 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 12 Inch Bukaannya Katup 60°**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	
60	0,000333	731	663	641	678	0,2	0,2	0,2	0,2	120

#### 4.11 Perhitungan Data Nosel Diameter 12 Inch Bukaannya Katup 60°

##### 4.11.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1200 \text{ Liter/Jam} \\ &= 1200 = 0,333 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,333 = 0.000333 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$A_{\text{pipa}} = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A_{\text{pipa}} = \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2$$

Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$A_{\text{nosel}} = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A_{\text{nosel}} = \frac{3.14}{4} \times 0,012^2 \text{ m}^2 = 0,00011304 \text{ m}^2$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0.000333}{0,000506} = 0,657517 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$V_{\text{nosel}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{nosel}} = \frac{0.000333}{0,00011304} = 2,94585987 \text{ m/s}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{997,1 \times 0,657517 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}}$$

$$= 18626$$

e. Faktor Gesek (f)

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{18626^{0,25}}$$

$$= 0,027049$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0,027049 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,102310363 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$hl = \left[ (n \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}}) + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n \times f_{\text{keran}}) \right] \times \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= (2 \times 1,0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62}$$

$$= 7,45 \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62}$$

$$= 0,249669 \text{ m}$$

h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,249669 + 0,102310363$$

$$= 0,351979 \text{ m}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$V_{\text{total}} = V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}}$$

$$= 0,657517 \text{ m/s} - 0,351979 \text{ m/s}$$

$$= 0,305538 \text{ m/s}$$

#### 4.11.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\text{Debit air } Q = 1200 \text{ Liter/Jam}$$

$$= 1200 = 0,333 \text{ Liter/Sekon}$$

$$= 0,333 = 0,000333 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$A_{\text{pipa}} = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A_{\text{pipa}} = \frac{3,14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0,000333}{0,000283} = 1,17508 \text{ m/s}$$

e. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{997,1 \times 1,17508 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}}$$

$$= 24901 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{24901^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{12,56186718}$$

$$= 0,025155$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g)$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0,025155 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{1,380813006 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,033544103 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,05 + 0,2 \times \frac{1,380813006 \frac{m}{s}}{19,62}$$

$$= 0,203519 \text{ m}$$

#### h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,203519 + 0,033544103$$

$$= 0,237063 \text{ m/s}$$

#### i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} = V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}}$$

$$= 1,17508 \text{ m/s} - 0,237063 \text{ m/s}$$

$$= 0,938017 \text{ m/s}$$

**Tabel 4.20 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaannya Katup 60°**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (Re)		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
60	0,000333	0,6	1,1	18626	24901	0,3	0,9

#### 4.11.3 Momen Inersia (Torque)

$$T = F \cdot r$$

$$= 0,19 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m}$$

$$= 0,02831 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

#### 4.11.4 Head Turbin

$$H_t = P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{l_{\text{pipa}}}$$

$$= 20 \text{ mka} + \frac{0,657517^2}{2 \cdot 9,81} - 0,351979$$



$$\begin{aligned}
 &= 20 \text{ mka} + \frac{0,432328605}{19,62} - 0,351979 \\
 &= 20 + 0,022035097 - 0,351979 \\
 &= 19,6700561\text{m}
 \end{aligned}$$

#### 4.11.5 Water Horse Power (WHP)

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot Ht$$

$$\begin{aligned}
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,000333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 19,6700561\text{m} \\
 &= 64,070417 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \\
 &= 64,070417 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\
 &= 64,070417\text{J/s} \\
 &= 64,070417\text{watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.11.6 Brake horse power (BHP)

$$BHP = \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,02831 \text{ kg} \cdot \text{m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 678 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{1182,492008 \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{s}}}{60} \\
 &= \frac{1182,492008 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}}{60} \\
 &= \frac{1182,492008 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{1182,492008 \text{ J/S}}{60} \\
 &= 19,7082 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.11.7 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \times 100\%$$



60      0,000333    259    317    344    307      0,1    0,1    0,1    0,1      120

---

## 4.12 Perhitungan Data Nosel Diameter 14 Inch Bukaankatup 60<sup>0</sup>

### 4.12.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1200 \text{ liter/jam} \\ &= 1200 = 0,333 \text{ liter/sekon} \\ &= 0,333 = 0.000333 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang nosel

$$\begin{aligned} A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,014^2 \text{ m}^2 = 0,00015386 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0.000333}{0,000506} = 0,657517 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kecepatan aliran pada nosel

$$\begin{aligned} V_{\text{nosel}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{nosel}} &= \frac{0.000333}{0,00015386} = 2,16430521 \text{ m/s} \end{aligned}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\
 &= \frac{997,1 \times 0,657517 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}} \\
 &= 18626
 \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned}
 \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\
 &= \frac{0,316}{18626^{0,25}} \\
 &= 0,027049
 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 hl_{\text{pipa}} &= 0,027049 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,102310363 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned}
 hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 hl &= (2 \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}}) + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n \times f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= (2 \times 1,0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 7,45 \times \frac{0,432328605 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 0,249669 \text{ m}
 \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\
 &= 0,249669 + 0,102310363 \\
 &= 0,351979 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa 1 inc}} &= V_{\text{pipa}} - h_{\text{total}} \\ &= 0,657517 \text{ m/s} - 0,351979 \text{ m/s} \\ &= 0,305538 \text{ m/s} \end{aligned}$$

#### 4.12.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1200 \text{ Liter/Jam} \\ &= 1200 = 0,333 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,333 = 0,000333 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3,14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0,000333}{0,000283} = 1,17508 \text{ m/s} \end{aligned}$$

e. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 1,17508 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 24901 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\mathcal{F} = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,316}{24901^{0,25}} \\
 &= \frac{0,316}{12,56186718} \\
 &= 0,025155
 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{pipa}} &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g) \\
 hl_{\text{pipa}} &= 0,025155 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{1,380813006 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,033544103 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned}
 hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,05 + 0,2 \times \frac{1,380813006 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 0,203519 \text{ m}
 \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\
 &= 0,203519 + 0,033544103 \\
 &= 0,237063 \text{ m}
 \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= \sqrt{V_{\text{pipa}}^2 - hl_{\text{total}}} \\
 &= \sqrt{1,17508 \text{ m/s}^2 - 0,237063 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0,938017 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.23 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaa Katup 60°**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (R <sub>e</sub> )		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
60	0,000333	0,6	1,1	18626	24901	0,3	0,9

#### 4.12.3 Momen Inersia (Torque)

$$\begin{aligned}
 T &= F \cdot r \\
 &= 0,13 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\
 &= 0,01937 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.12.4 Head Turbin

$$\begin{aligned}
 H_t &= P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{l_{\text{pipa}}} \\
 &= 10 \text{ mka} + \frac{0,657517^2}{2 \cdot 9,81} - 0,351979 \\
 &= 10 \text{ mka} + \frac{0,432328605}{19,62} - 0,351979 \\
 &= 10 + 0,022035097 - 0,351979 \\
 &= 9,670056 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.12.6 Water Horse Power (WHP)

$$\begin{aligned}
 WHP &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t \\
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,000333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 9,670056 \text{ m} \\
 &= 31,4978522 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 &= 31,4978522 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\
 &= 31,4978522 \text{ J/s} \\
 &= 31,4978522 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.12.7 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,01937 \text{ kg.m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 307 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{366,3503808 \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{366,3503808 \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^3}}{60} \\
 &= \frac{366,3503808 \frac{\text{N.m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{366,3503808 \text{ J/S}}{60} \\
 &= 6,10584 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.10.8 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
 &= \frac{6,10584}{31,4978522} \times 100\% \\
 &= 19,38494079 \%
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.24 Hasil Perhitungan Pengujian**

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran (m/s)	Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
60	0,000333	0,6 1,1	9,6700	31,4978	6,1058	307	19 %



### 4.13 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 8 Inch Buka-an Katup 45<sup>0</sup>

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.25 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 8 Inch Buka-an Katup 45<sup>0</sup>**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	
45	0,000388	1331	1246	1351	1309	0,3	0,3	0,3	0,3	120

### 4.13 Perhitungan Data Nosel Diameter 8 Inch Buka-an Katup 45<sup>0</sup>

#### 4.13.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

##### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air } Q &= 1400 \text{ liter/jam} \\
 &= 1400 = 0,388 \text{ liter/sekon} \\
 &= 0,388 = 0.000388 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

##### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,08^2 \text{ m}^2 = 0,00005024 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0,000388}{0,000506} = 0,76611618 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$V_{\text{nosel}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{nosel}} = \frac{0,000388}{0,00005024} = 7,7229299 \text{ m/s}$$

## d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,76611618 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 21703 \end{aligned}$$

## e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{21703^{0,25}} \\ &= 0,026035 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,026035 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,586934 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,113369 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl &= \sum (n \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}} + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n + f_{\text{keran}})) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (2 \times 1.0) + (7 \times 0.2) + (13 \times 0.3) + (3 \times 0.05) \times \frac{0.586934 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19.62} \\
&= 7.45 \times \frac{0.586934 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19.62} \\
&= 0.290905 \text{ m}
\end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\
&= 0.290905 + 0.13369 \\
&= 0.424595 \text{ m}
\end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
V_{\text{total}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}} \\
&= 0.76611618 \text{ m/s} - 0.424595 \text{ m/s} \\
&= 0.341521 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

#### 4.7.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned}
\text{Debit air } Q &= 1400 \text{ Liter/Jam} \\
&= 1400 = 0.388 \text{ Liter/Sekon} \\
&= 0.388 = 0.000388 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\
A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0.019^2 \text{ m}^2 = 0.000283 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned}
V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\
V_{\text{pipa}} &= \frac{0.000388}{0.000283} = 1.36916209 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

f. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 1,3616209 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 29014 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{29014^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{13,05126} \\ &= 0,024212 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g) \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,024212 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{1,8746048 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,043832 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,05 + 0,2 \times \frac{1,8746048 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\ &= 0,043832 \text{ m} \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,204777 + 0,043832$$

$$= 0,24861 \text{ m/s}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} = V_{\text{pipa}} - h_{l_{\text{total}}}$$

$$= 1,36916209 \text{ m/s} - 0,24861 \text{ m/s}$$

$$= 1,120553 \text{ m/s}$$

**Tabel 4.26 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaannya Katup 45°**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (R <sub>e</sub> )		c V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
45	0,000388	0,7	1,3	21703	29014	0,3	1.1

#### 4.7.3 Momen Inersia (Torque)

$$T = F \cdot r$$

$$= 0,31 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m}$$

$$= 0,04619 \text{ kg.m}$$

#### 4.7.4 Head Turbin

$$H_t = P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{l_{\text{pipa}}}$$

$$= 30 \text{ mka} + \frac{0,76611618^2}{2,981} - 0,424595$$

$$= 30 \text{ mka} + \frac{0,586934001}{19,62} - 0,$$

$$= 30 + 0,029915086 - 0,424595$$

$$= 29,60532 \text{ m}$$

#### 4.7.5 Water Horse Power (WHP)

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$\begin{aligned}
&= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,000388 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 29,60532 \text{m} \\
&= 112,3593479 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \\
&= 112,3593479 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\
&= 112,3593479 \text{J/s} \\
&= 112,3593479 \text{watt}
\end{aligned}$$

#### 4.7.6 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
&= \frac{2 \times 3,14 \times 0,04619 \text{ kg} \cdot \text{m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1309 \text{ rpm}}{60} \\
&= \frac{3724,914082 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60} \\
&= \frac{3724,914082 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}}{60} \\
&= \frac{3724,914082 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{60} \\
&= \frac{3724,914082 \text{ J/S}}{60} \\
&= \frac{3724,914082 \text{ watt}}{60} \\
&= 62,08190137 \text{ watt}
\end{aligned}$$

#### 4.7.7 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
\eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
&= \frac{62,08190137}{112,3593} \times 100\% \\
&= 55,25299 \%
\end{aligned}$$

**Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Pengujian**

---

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran (m/s)		Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
		1 inc	¾ inc					
45	0,000388	0,7	1,3	29,605	112,35	62,081	1309	55 %

---

#### 4.8 Data Hasil Pengujian Nosel Diametr 10 Inch Bukaan Katup 45<sup>0</sup>

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.28 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 10 Inch Bukaan 45<sup>0</sup>**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	
45	0,000388	1023	1151	1233	1136	0,3	0,3	0,3	0,3	120

---

## 4.7 Perhitungan Data Nosel Diameter 10 Inch Buka-an Katup 45<sup>0</sup>

### 4.7.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1400 \text{ Liter/jam} \\ &= 1400 = 0,388 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,388 = 0.000388 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,010^2 \text{ m}^2 = 0,0000785 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0.000388}{0,000506} = 0,7661161 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{nosel}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{nosel}} &= \frac{0.000388}{0,000785} = 4,9426752 \text{ m/s} \end{aligned}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,76611618 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}} \end{aligned}$$



= 21703 (Aliran Turbulen)

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{21703^{0,25}} \\ &= 0,026035 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,026035 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,586934 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,12269 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl &= (2 \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}}) + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n \times f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= (2 \times 1,0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,586934 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\ &= 7,45 \times \frac{0,586934 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\ &= 0,290905 \text{ m} \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned} hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\ &= 0,290905 + 0,13369 \\ &= 0,424595 \text{ m} \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}} \\ &= 0,76611618 \text{ m/s} - 0,424595 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$= 0,341521 \text{ m/s}$$

#### 4.7.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

##### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1400 \text{ Liter/Jam} \\ &= 1400 = 0,388 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,388 = 0.0003888 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

##### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

##### c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0,000388}{0,000283} = 1,36916209 \text{ m/s} \end{aligned}$$

##### f. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 1,36916209 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 29014 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

##### e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{29014^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{13,05124378} \\ &= 0,024212 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g)$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0.024212 \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{1,8746048 \text{ m/s}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,043832 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,05 + 0,2 \times \frac{1,8746048 \text{ m/s}}{19,62}$$

$$= 0,204777 \text{ m}$$

h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,204777 + 0,043832$$

$$= 0,24861 \text{ m}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} = V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}}$$

$$= 1,36916209 \text{ m/s} - 0,24861 \text{ m/s}$$

$$= 1,20553 \text{ m/s}$$

**Tabel 4.29 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaan Katup 45°**

Bukaan Katup	Q	V	Bilangan Reynold		V <sub>mutlak</sub>	
	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)	(R <sub>e</sub> )		(m/s)	
		1 inch    ¾ inch	1 inch    ¾ inch		1 inch    ¾ inch	

---

45	0,000388	0,7	1,3	21703	29014	0,3	1,1
----	----------	-----	-----	-------	-------	-----	-----

---

#### 4.7.3 Momen Inersia (Torque)

$$\begin{aligned}
 T &= F \cdot r \\
 &= 0,3 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\
 &= 0,0447 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.4 Head Turbin

$$\begin{aligned}
 H_t &= P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{l_{\text{pipa}}} \\
 &= 30 \text{ mka} + \frac{0,76611618^2}{2,9,81} - 0,424595 \\
 &= 30 \text{ mka} + \frac{0,586934001}{19,62} - 0,424595 \\
 &= 30 + 0,029915086 - 0,424595 \\
 &= 29,60532 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.5 Water Horse Power (WHP)

$$\begin{aligned}
 WHP &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t \\
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,000388 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 29,60532 \text{ m} \\
 &= 112,3593479 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \\
 &= 112,3593479 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\
 &= 112,3593479 \text{ J/s} \\
 &= 112,3593479 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.6 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,0447 \text{ kg.m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1136 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{3128,344019 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3128,344019 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}}{60} \\
 &= \frac{3128,344019 \text{ J/S}}{60} \\
 &= 52,13907 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.7 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{52,13907}{112,3593} \times 100\% \\
 &= 46,40385 \%
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Pengujian**

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran (m/s)	Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
45	0,000388	0,7 1,3	29,6053	112,359	52,139	1136	46 %

#### 4.9 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 12 Inch Bukaan Katup 45<sup>0</sup>

Hasil data yang diteliti di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.31 Data Hasil Pengujian Nosel Diameter 12 Inch Bukaannya 45°**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	Putaran Turbin (RPM)				Tekanan (bar)				Waktu (s)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata	
45	0,000388	1104	1011	921	1012	0,3	0,3	0,3	0,3	120

## 4.7 Perhitungan Data Nosel Diameter 12 Inch Bukaannya 45°

### 4.7.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

#### a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1400 \text{ Liter/Jam} \\ &= 1400 = 0,388 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,388 = 0.000388 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

#### b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang nosel ( $A_{\text{nosel}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,012^2 \text{ m}^2 = 0,00011304 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0,000388}{0,000506} = 0,76611618 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran pada nosel ( $V_{\text{nosel}}$ )

$$V_{\text{nosel}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{nosel}} = \frac{0,000388}{0,00011304} = 3,4324133 \text{ m/s}$$

d. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,76611618 \times 0,0254}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 21703 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{21703^{0,25}} \\ &= 0,026035 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,026035 \cdot \frac{4,36 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \frac{0,586934 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,13369 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ hl &= \sum (n \times f_{\text{Tee}_{\text{belok}}} + (n \times f_{\text{Tee}_{\text{lurus}}}) + (n \times f_{\text{elbow}}) + (n \times f_{\text{keran}})) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= (2 \times 1,0) + (7 \times 0,2) + (13 \times 0,3) + (3 \times 0,05) \times \frac{0,586934 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \end{aligned}$$

$$= 7,45 \times \frac{0,586934 \frac{m}{s}}{19,62}$$

$$= 0,290905 \text{ m}$$

h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,290905 + 0,13369$$

$$= 0,424595 \text{ m}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$V_{\text{total}} = V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}}$$

$$= 0,76611618 \text{ m/s} - 0,424595 \text{ m/s}$$

$$= 0,341521 \text{ m/s}$$

#### 4.7.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\text{Debit air } Q = 1400 \text{ Liter/Jam}$$

$$= 1400 = 0,388 \text{ Liter/Sekon}$$

$$= 0,388 = 0,000388 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$A_{\text{pipa}} = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A_{\text{pipa}} = \frac{3,14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$V_{\text{pipa}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0,000388}{0,000283} = 1,36916209 \text{ m/s}$$

f. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$



$$= \frac{997,1 \times 1,36916209 \times 0,019}{0,894 \times 10^3}$$

$$= 29014 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\mathcal{F} = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{29014^{0,25}}$$

$$= \frac{0,316}{13,051234378}$$

$$= 0,024212$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$hl_{\text{pipa}} = \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g)$$

$$hl_{\text{pipa}} = 0,024212 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{1,874604829 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,043832 \text{ m}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$hl = \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,05 + 0,2 \times \frac{1,874604829 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62}$$

$$= 0,204777 \text{ m}$$

h. head Losses Total

$$hl_{\text{total}} = hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}}$$

$$= 0,204777 + 0,043832$$

$$= 0,24861 \text{ m/s}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= V_{\text{pipa}} - h_{\text{total}} \\
 &= 1,3616209 \text{ m/s} - 0,24861 \text{ m/s} \\
 &= 1,120553 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.32 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaannya Katup 45°**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (R <sub>e</sub> )		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch
45	0,000388	0,71,3		21703	29014	0,3	1.1

#### 4.7.3 Momen Inersia (Torque)

$$\begin{aligned}
 T &= F \cdot r \\
 &= 0,28 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\
 &= 0,04172 \text{ kg} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.4 Head Turbin

$$\begin{aligned}
 H_t &= P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{\text{pipa}} \\
 &= 30 \text{ mka} + \frac{0,76611618^2}{2 \cdot 9,81} - 0,424595 \\
 &= 30 \text{ mka} + \frac{0,586934001}{19,62} - 0,424595 \\
 &= 30 + 0,029915086 - 0,424595 \\
 &= 29,6053 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.5 Water Horse Power (WHP)

$$\begin{aligned}
 WHP &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t \\
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,000388 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 29,60532 \text{ m} \\
 &= 112,3593479 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 112,3593479 \frac{N.m}{s} \\
 &= 112,3593479 J/s \\
 &= 112,3593479 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.6 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,04172 \text{ kg.m} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 1012 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{2601,078524 \frac{kg.m.m}{s^2 \cdot s}}{60} \\
 &= \frac{2601,078524 \frac{kg.m^2}{s^3}}{60} \\
 &= \frac{2601,078524 \frac{N.m}{s}}{60} \\
 &= \frac{2601,078524 J/s}{60} \\
 &= 43,35131 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.7 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
 &= \frac{43,35131}{112,3593} \times 100\% \\
 &= 38,58273 \%
 \end{aligned}$$

---

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran (m/s)	Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
--------------	-------------------------------	------------------------	-----------------	-----	-----	----------------------	------------------

---



45      0,000388    382    476    398    419      0,1    0,1    0,1      0,1      120

---

## 4.10 Perhitungan Data Nosel Diameter 14 Inch Bukaankatup 45<sup>0</sup>

### 4.10.1 Perhitungan Data di Pipa 1 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1400 \text{ liter/jam} \\ &= 1400 = 0,388 \text{ liter/sekon} \\ &= 0,388 = 0.000388 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,0254^2 \text{ m}^2 = 0,000506 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang nosel

$$\begin{aligned} A_{\text{nosel}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{nosel}} &= \frac{3.14}{4} \times 0,014^2 \text{ m}^2 = 0,00015386 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0.000388}{0,000506} = 0,76611618 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kecepatan aliran pada nosel

$$\begin{aligned} V_{\text{nosel}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{nosel}} &= \frac{0.000388}{0,00015386} = 2,521773 \text{ m/s} \end{aligned}$$

d. Bilangan Reynold

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,76611618 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 21703 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{21703^{0,25}} \\ &= \frac{0,316}{12,13751955} \\ &= 0,0260348 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned} hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g) \\ hl_{\text{pipa}} &= 0,024212 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{0,586934001 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,13369 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned} hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,05 + 0,2 \times \frac{0,586934001 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\ &= 0,290905 \text{ m} \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned} hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\ &= 0,290905 + 0,13369 \end{aligned}$$

$$= 0,424595 \text{ m/s}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= V_{\text{pipa}} - h_{l_{\text{total}}} \\ &= 0,76611618 \text{ m/s} - 0,424595 \text{ m/s} \\ &= 0,341521 \text{ m/s} \end{aligned}$$

#### 4.10.2 Perhitungan Data di Pipa 3/4 inch

a. Debit Air (Q)

$$\begin{aligned} \text{Debit air } Q &= 1400 \text{ Liter/Jam} \\ &= 1400 = 0,388 \text{ Liter/Sekon} \\ &= 0,388 = 0,000388 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang ( $A_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{\pi D^2}{4} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{3,14}{4} \times 0,019^2 \text{ m}^2 = 0,000283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Kecepatan Aliran ( $V_{\text{pipa}}$ )

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{A} \\ V_{\text{pipa}} &= \frac{0,000388}{0,000283} = 1,36916209 \text{ m/s} \end{aligned}$$

f. Bilangan Reynold (Re)

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{997,1 \times 1,36916209 \times 0,019}{0,894 \times 10^{-3}} \\ &= 29014 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

e. Faktor Gesek (f)

$$\begin{aligned}
 \mathcal{F} &= \frac{0,316}{Re^{0,25}} \\
 &= \frac{0,316}{29014^{0,25}} \\
 &= \frac{0,316}{13,05124378} \\
 &= 0,024212
 \end{aligned}$$

f. Kerugian Mayor pipa (*Head Losses Mayor*)

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{pipa}} &= \mathcal{F} \cdot \frac{L}{D} \cdot (V^2/2g) \\
 hl_{\text{pipa}} &= 0,024212 \cdot \frac{0,36 \text{ m}}{0,019 \text{ m}} \times \frac{1,874604829 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,043832 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Kerugian Minor (*Head Losses Minor*)

$$\begin{aligned}
 hl &= \sum n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= (n \times f_{\text{Teelurus}}) + (n + f_{\text{keran}}) \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,05 + 0,2 \times \frac{1,874604829 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,62} \\
 &= 0,204777 \text{ m}
 \end{aligned}$$

h. head Losses Total

$$\begin{aligned}
 hl_{\text{total}} &= hl_{\text{minor}} + hl_{\text{mayor}} \\
 &= 0,204777 + 0,043832 \\
 &= 0,24861 \text{ m}
 \end{aligned}$$

i. Kecepatan aliran setelah terjadi losses

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pipa } \frac{3}{4} \text{ inc}} &= V_{\text{pipa}} - hl_{\text{total}} \\
 &= 1,36916209 \text{ m/s} - 0,24861 \text{ m/s} \\
 &= 1,120553 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$



**Tabel 4.35 Data Perhitungan Kecepatan Aliran Bukaa Katup 45<sup>0</sup>**

Bukaan Katup	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)		Bilangan Reynold (R <sub>e</sub> )		V <sub>mutlak</sub> (m/s)	
		1 inch	¾ inch	1 inch	¾ inch	1 inch	¾inch
45	0,000388	0,7	1,3	21703	29014	0,3	1.1

**4.10.3 Momen Inersia (Torque)**

$$\begin{aligned}
 T &= F \cdot r \\
 &= 0,14 \text{ kg} \times 0,149 \text{ m} \\
 &= 0,02086 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

**4.10.4 Head Turbin**

$$\begin{aligned}
 H_t &= P_d + \frac{V^2}{2 \cdot g} - H_{l_{\text{pipa}}} \\
 &= 10 \text{ mka} + \frac{0,76611618^2}{2,981} - 0,424595 \\
 &= 10 \text{ mka} + \frac{0,586934001}{19,62} - 0,424595 \\
 &= 10 + 0,029915086 - 0,424595 \\
 &= 9,60532 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**4.10.6 Water Horse Power (WHP)**

$$\begin{aligned}
 WHP &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_t \\
 &= 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,000388 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 9,60532 \text{ m} \\
 &= 36,454512 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \\
 &= 36,454512 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\
 &= 36,454512 \text{ J/s} \\
 &= 36,454512 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.10.7 Brake horse power (BHP)

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{2 \pi \cdot T \cdot g \cdot n}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,02086 \text{ kg.m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 419 \text{ rpm}}{60} \\
 &= \frac{538,4643783 \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{538,4643783 \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^3}}{60} \\
 &= \frac{538,4643783 \frac{\text{N.m}}{\text{s}}}{60} \\
 &= \frac{538,4643783 \text{ J/S}}{60} \\
 &= 8,974406 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

#### 4.10.8 Efisiensi Turbin ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{BHP}{WHP} \times 100\% \\
 &= \frac{8,974406}{36,45451} \times 100\% \\
 &= 24,61809 \%
 \end{aligned}$$

---

Bukaan Katup	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan Aliran (m/s)	Head Turbin (m)	WHP	BHP	Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi Turbin
--------------	-------------------------------	------------------------	-----------------	-----	-----	----------------------	------------------

---

---

1 inc ¼ inc

---

45	0,000388	0,7	1,3	9,6053	36,454	8,9744	419	24 %
----	----------	-----	-----	--------	--------	--------	-----	------

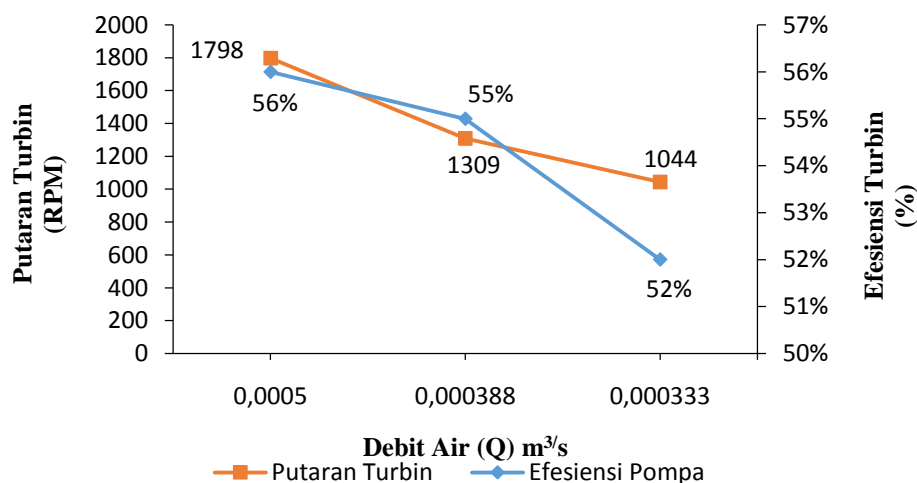
---

**Tabel 4.36 Hasil Perhitungan Pengujian**

#### **4.17 Pembahasan Hasil Penelitian**

##### 4.17.1 Grafik Nosel Diameter 8 Inch Bukan Katup Full, 45<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup>

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Pontianak, dalam pengelolaan data dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai debit air, putaran turbin dan nilai efisiensi terhadap variasi nosel yang tepat terhadap turbin pelton skala laboratorium. Pengelolaan data bertujuan untuk mendapatkan grafik variasi diameter nosel terhadap putaran poros turbin, pembuatan grafik dilakukan dengan menggunakan bantuan Microsoft Office Excel. Hubungan antara variasi nosel pada putaran turbin, yang diteliti seperti ditunjukkan pada gambar 4.1.



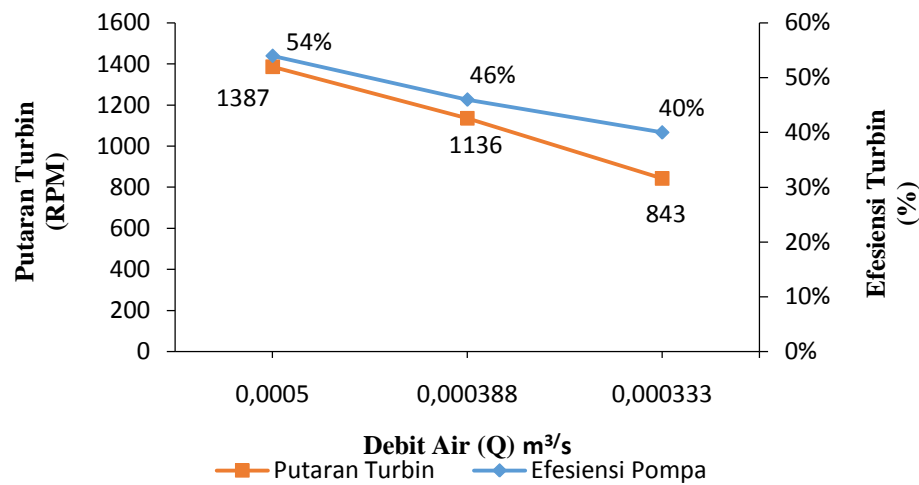
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Dengan Putaran Turbin (Rpm)  
Variasi Nosel Diameter 8 inch

Berdasarkan hasil pengelolaan data dan gambar 4.1 yaitu grafik hubungan antara debit air (Q) terhadap putaran turbin (Rpm), dan debit air terhadap efisiensi turbin (%) dengan variasi nosel 8 inch dengan bukaan katup 90<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup>.

1. Putaran turbin maksimum terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup 90<sup>0</sup>, kemudian putaran poros turbin maksimal terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup 45<sup>0</sup>, dan putaran poros turbin minimum terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup 60<sup>0</sup>.

2. Pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $45^{\circ}$  di dapat putaran turbin maksimal dengan debit air (Q)  $0,000388 \text{ m}^2/\text{s}$  terhadap putaran turbin 1309 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 55 (%).
3. Pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $60^{\circ}$  di dapat putaran turbin minimum dengan debit air (Q)  $0,000333 \text{ m}^2/\text{s}$  terhadap putaran turbin 1044 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 52 (%).
4. Pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $90^{\circ}$  di dapat putaran turbin maksimum dengan debit air (Q)  $0,0005 \text{ m}^2/\text{s}$  terhadap putaran turbin 1798 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 52 (%).

#### 4.17.2 Grafik Nosel Diameter 10 Inch Bukaan Katup Full, $45^{\circ}$ , $60^{\circ}$



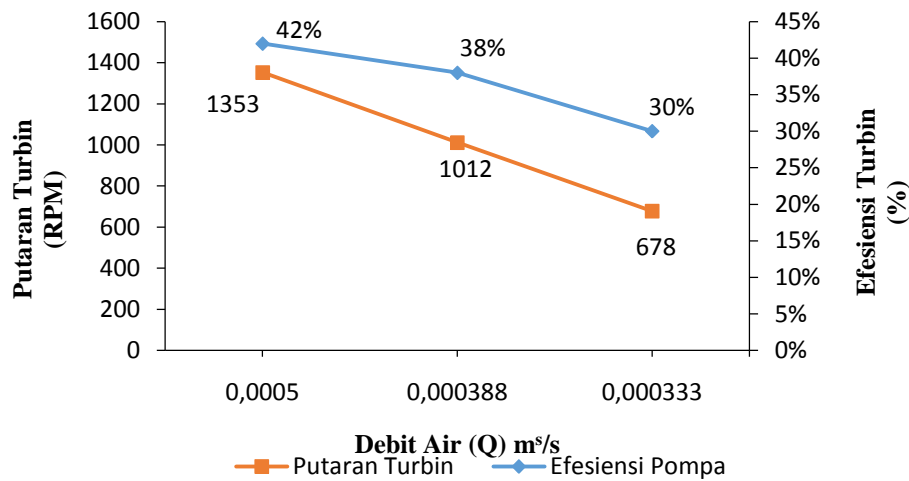
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Dengan Putaran Turbin (Rpm)

#### Variasi Nosel Diameter 10 inch

Berdasarkan hasil pengolahan data dan gambar 4.1 yaitu grafik hubungan antara debit air (Q) terhadap putaran turbin (Rpm), dan debit air terhadap efisiensi turbin (%) dengan variasi nosel 8 inch dengan bukaan katup  $90^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ .

1. Putaran turbin maksimum terjadi pada diameter nosel 10 inch dengan bukaan katup  $90^0$ , kemudian putaran poros turbin maksimal terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $45^0$ , dan putaran poros turbin minimum terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $60^0$ .
2. Pada diameter nosel 10 inch dengan bukaan katup  $45^0$  di dapat putaran turbin maksimal dengan debit air (Q)  $0,000388 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 1136 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 46 (%).
3. Pada diameter nosel 10 inch dengan bukaan katup  $60^0$  di dapat putaran turbin minimum dengan debit air (Q)  $0,000333 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 843 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 42 (%).
4. Pada diameter nosel 10 inch dengan bukaan katup  $90^0$  di dapat putaran turbin maksimum dengan debit air (Q)  $0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 1387 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 54 (%).

#### 4.17.3 Grafik Nosel Diameter 12 inch Bukaan Katup Full, $45^0$ , $60^0$



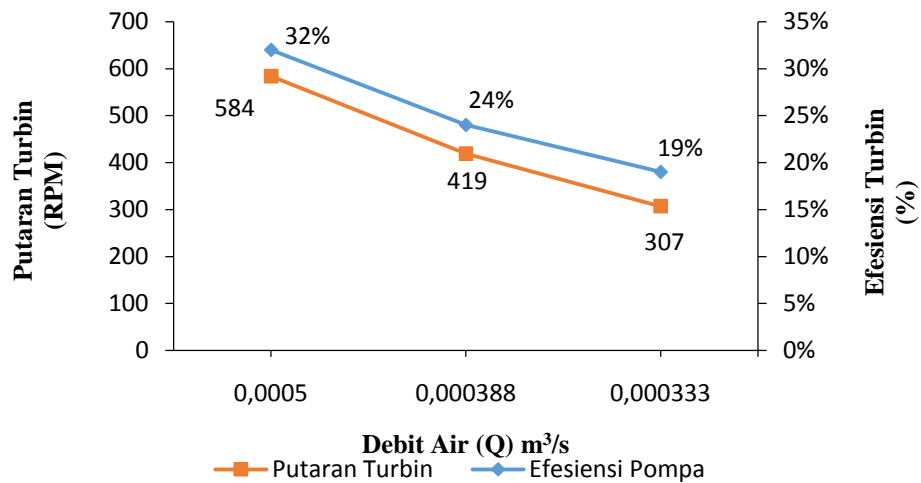
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Dengan Putaran Turbin (Rpm)

#### Variasi Nosel Diameter 12 inch

Berdasarkan hasil pengolahan data dan gambar 4.1 yaitu grafik hubungan antara debit air (Q) terhadap putaran turbin (Rpm), dan debit air terhadap efisiensi turbin (%) dengan variasi nosel 8 inch dengan bukaan katup  $90^0$ ,  $60^0$ ,  $45^0$ .

1. Putaran turbin maksimum terjadi pada diameter nosel 12 inch dengan bukaan katup  $90^0$ , kemudian putaran poros turbin maksimal terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $45^0$ , dan putaran poros turbin minimum terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $60^0$ .
2. Pada diameter nosel 12 inch dengan bukaan katup  $45^0$  di dapat putaran turbin maksimal dengan debit air (Q)  $0,000388 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 1012 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 38 (%).
3. Pada diameter nosel 12 inch dengan bukaan katup  $60^0$  di dapat putaran turbin minimum dengan debit air (Q)  $0,000333 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 678 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 30 (%).

4. Pada diameter nosel 12 inch dengan bukaan katup  $90^0$  di dapat putaran turbin maksimum dengan debit air (Q)  $0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 1353 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 42 (%).



#### 4.17.4 Grafik Nosel Diameter 14 Inch Bukaan Katup $90^0$ , $45^0$ , $60^0$

Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Dengan Putaran Turbin (Rpm)

Variasi Nosel Diameter 14 Inch

Berdasarkan hasil pengolahan data dan gambar 4.1 yaitu grafik hubungan antara debit air (Q) terhadap putaran turbin (Rpm), dan debit air terhadap efisiensi turbin (%) dengan variasi nosel 8 inch dengan bukaan katup  $90^0$ ,  $60^0$ ,  $45^0$ .

1. Putaran turbin maksimum terjadi pada diameter nosel 14 inch dengan bukaan katup  $90^0$ , kemudian putaran poros turbin maksimal terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $45^0$ , dan putaran poros turbin minimum terjadi pada diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $60^0$ .
2. Pada diameter nosel 14 inch dengan bukaan katup  $45^0$  di dapat putaran turbin maksimal dengan debit air (Q)  $0,000388 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 419 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 24 (%).



3. Pada diameter nosel 14 inch dengan bukaan katup  $60^{\circ}$  di dapat putaran turbin minimum dengan debit air (Q)  $0,000333 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 307 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 19 (%).
4. Pada diameter nosel 14 inch dengan bukaan katup  $90^{\circ}$  di dapat putaran turbin maksimum dengan debit air (Q)  $0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$  terhadap putaran turbin 584 (Rpm) menghasilkan nilai efisiensi 32 (%).

Dari masing-masing pembahasan setiap grafik diberikan empat variasi diameter nosel 8 inch, 10 inch, 12 inch 14 inch dengan bukaan katup  $90^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ . Nosel yang paling tepat untuk turbin pelton skala laboratorium yaitu diameter nosel 8 inch dengan bukaan katup  $90^{\circ}$  dengan debit  $0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$ , putaran turbin 1798 rpm, *water horse power* sebesar 241, 9291 watt, *brake horse power* sebesar 137,5382 watt, dengan efisiensi turbin 56%, dengan panjang pipa 4,36, diameter pipa 1 inch  $0,0254 \text{ m}^2$ , dan diameter pipa  $\frac{3}{4}$  inch  $0,19 \text{ m}^2$ , jarak nosel ke sudu turbin pelton 22,8 mm. dari beberapa ukuran diameter nosel, pada nosel 8 inch mempunyai putaran turbin maksimum dari beberapa ukuran diameter nosel lainnya dikarenakan putaran turbin sangat tinggi akibat dari luasan penampang nosel lebih kecil sehingga menyebabkan kecepatan aliran air yang keluar pada ujung nosel sangat tinggi.

Pada diameter nosel 14 inch dengan bukaan katup  $90^{\circ}$  dengan debit  $0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$ , putaran turbin 584 rpm, *water horse power* sebesar 31,4978, *brake horse power* 6,10584 watt, dengan efisiensi 32 %. Dan hasil putaran turbin sangat rendah akibat dari luasan penampang ujung nosel lebih besar dibandingkan dengan ukuran diameter nosel yang lainnya sehingga menyebabkan kecepatan aliran air yang keluar pada ujung nosel relatif rendah.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan tentang Analisa variasi Diameter Nosel Terhadap Putaran Poros Turbin Pelton Skala Laboratorium dan melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak kemudian di lanjutkan dengan pengolahan data maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengujian ini menggunakan variasi diameter nosel 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm dengan bukaan katup  $45^0$ ,  $60^0$ ,  $90^0$ .
2. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan hasil pengujian pertama menggunakan nosel diameter 8 mm dengan katup  $90^0$  menggunakan debit  $0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$  menghasilkan putaran sebesar 1798 rpm, *water horse power* sebesar 241,9291 watt, *brake horse power* sebesar 137,5382 watt, dengan efisiensi turbin 56 %. Pengujian kedua menggunakan nosel diameter 8 mm dengan bukaan katup  $45^0$ , menggunakan debit  $0,000388 \text{ m}^3/\text{s}$  menghasilkan putaran turbin sebesar 1309 rpm, *water horse power* sebesar 112,3593 watt, *brake horse power* sebesar 62,0819 watt, dengan efisiensi turbin 55. Pengujian ketiga menggunakan nosel diameter 8 mm dengan bukaan katup  $60^0$ , menghasilkan debit sebesar  $0,000333 \text{ m}^3/\text{s}$  menghasilkan putaran turbin sebesar 1044 rpm, *water horse power* sebesar 64,0704 watt, *brake horse power* sebesar 33,5415 watt, dengan efisiensi turbin 52 %.
3. Pengujian menggunakan variasi bukaan katup yaitu  $90^0$ ,  $45^0$ ,  $60^0$ , pada bukaan katup  $60^0$  putaran turbin semakin rendah karena disebabkan debit air yang keluar dari nosel kecil sehingga daya air untuk menghantam sudu tidak maksimal. Semakin besar laju aliran fluida, energi kinetik yang dihasilkan semakin besar.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan pengujian serta analisis yang dilakukan yaitu :

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik perlu dilakukan perbaikan ulang pada jalur- jalur pipa.
2. Perhatikan kondisi alat sebelum melakukan penelitian, khususnya adalah alat-alat ukur yang digunakan. Lakukan tes awal berulang-ulang kali sebelum pengambilan data untuk memastikan alat-alat tersebut tidak mengalami kerusakan. Hal ini dilakukan agar pengukuran dapat bekerja dengan maksimal.
3. Kepada peneliti selanjutnya diharapkan lebih memperhatikan ketelitian dalam pengambilan data, dan sebaiknya dilakukan secara berulang-ulang agar hasil yang diperoleh bisa maksimal

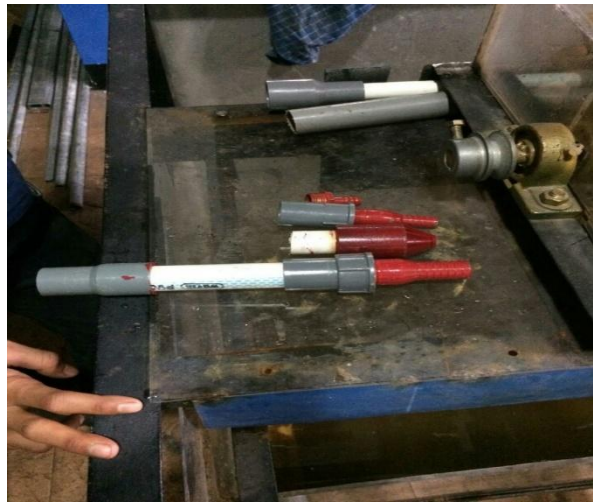
## DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, et all (2012), *“model sudu dan nozzle pada turbin pelton sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro”*
- Eugene C. Lister, *Mesin dan Rangkaian Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- Fasha, (2013) *“pengaruh ukuran diameter nozzle 7 dan 9mm terhadap putaran sudu dan daya listrik yang dihasilkan”*
- Fritz Dietzel, Dakso Sriyono, *Turbin Pompa dan Kompresor*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2006.
- Firmanzah M, *Analisis Distribusi Tekanan pada Nozel Turbin Pelton Berskala Mikro dengan Menggunakan Perangkat Lunak Solidwrks*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Gunadarma, 2012.
- M. White Frank, *Mekanika Fluida Edisi Kedua Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
- M.M. Dandekar dan K.N. Sharma, *Pembangkit Listrik Tenaga Air*, Penerbit Universitas Gunadarma.
- Pudjanarso, Astu dan Nursuhud D, *Mesin Konversi Energi*, Edisi Revisi, Yogyakarta : Andi, 2008.
- Rendi,(2013), *“Pengaruh Jarak dan Ukuran nozzle”*
- Rosmiati, Ahmad Yani<sup>2)</sup>, *Pengaruh variasi diameter nosel terhadap torsi dan daya turbin air.*
- Reuben M. Olso, Steven j. Wraight. *Essentials of Engineering Fluid Mechanics*. Harper & Row Publisher , inc, 1990.

Sahid, Bono, Sunarwo, 2006, "*Pengaruh Nosel Berpenampang Segi Empat terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Mikro untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*", Forum Teknik, Vol. 30, No. 1, Hal. 48-55 4.

Wicaksono R.H, Rancang Bangun Turbin Pelton Menggunakan Mesin Jet Pump, Jurusan Teknik mesin, Universitas Gunadarma,2012.

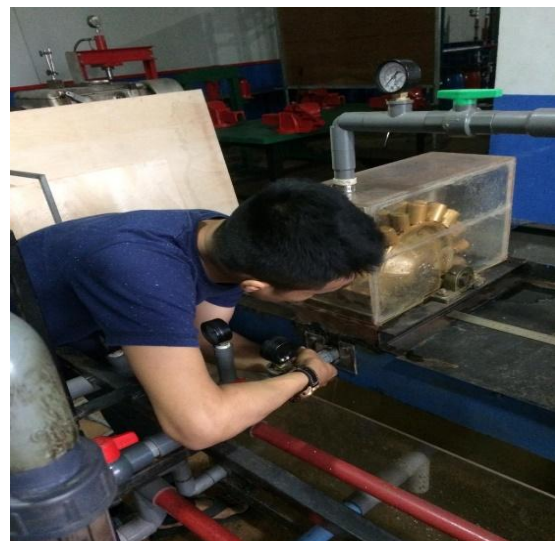
## Lampiran



Variasi Nosel, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm



Mengatur Pemipaan Terhadap Turbin



Mengatur jarak nosel untuk mengetahui fluida yang di keluarkan oleh nosel terhadap putaran sudu.



Mencatat Debit Aliran Yang Tertera Pada alat Ukur Flowmeter.



Melihat Putaran RPM Melalui Tachometer Yang Dihasilkan Putaran Turbin Pelton.



Mencatat Hasil Tekanan Air Yang Ada Di Manometer Analog.