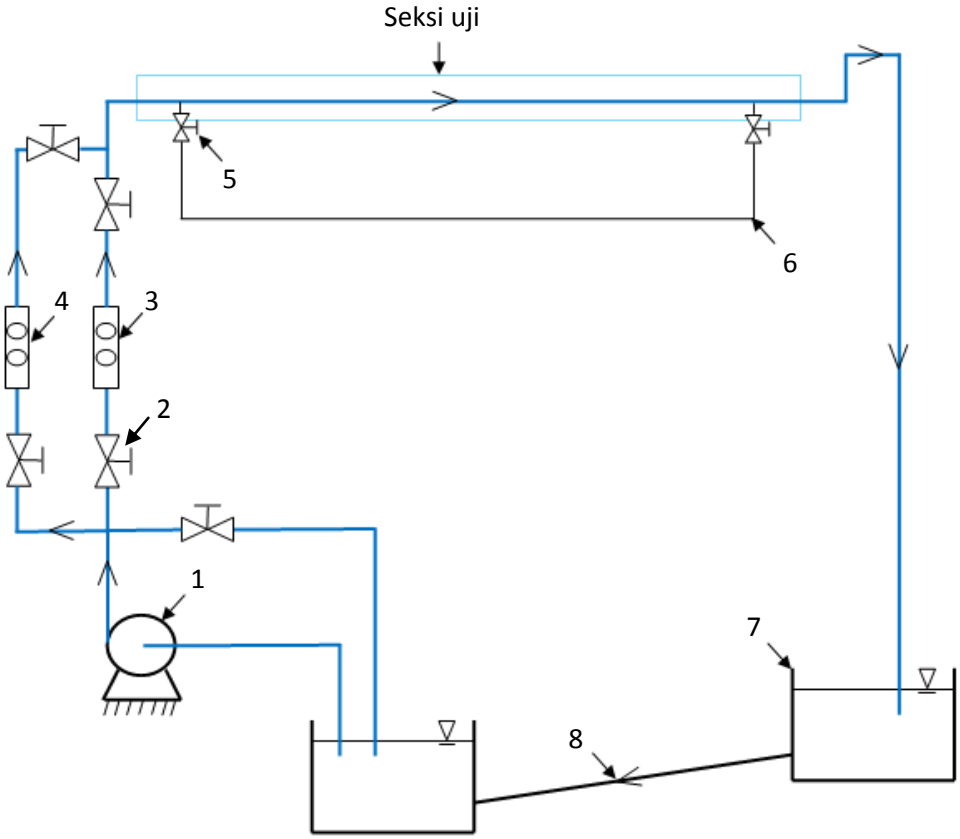
# BAB III
# METODE PENELITIAN

## 3.1 Skema Alat uji

Data yang diambil berasal dari pipa PVC ½" dengan panjang 1 meter yang dialiri aliran fluida dengan debit aliran tertentu sehingga menghasilkan pola aliran transisi di mana aliran transisi terjadi pada bilangan Reynolds 2300<Re<4000 kemudian dilakukan pengambilan data selisih tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar pipa dengan menggunakan *Differential Pressure Meter* yang sudah dikalibrasi menggunakan manometer air raksa. Skema alat uji *Head Loss Mayor* pada pipa PVC ½" dapat dilihat pada gambar 3.1.




Gambar 3.1 Skema alat uji *Head Loss Mayor*

Keterangan:

1 = Pompa air
2 = Katup Globe
3 = Rotameter 20 sampai 150 LPM
4 = Rotameter 1 sampai 11 LPM
5 = Shut Off Valve
6 = *Differential pressure meter*
7 = Tangki air
8 = Pipa penghubung tangki

Foto alat uji ditunjukkan pada gambar 3.2.

a. Pandangan samping kiri b. Pandangan samping kanan

Gambar 3.2 Foto Alat uji

## 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### 3.2.1.1 Pompa air listrik GP-125

Pompa air seperti pada gambar 3.3 adalah pompa yang digunakan pada penelitian ini dan berfungsi sebagai pemasok air. Alat ini digunakan dalam penelitian sebagai alat pemasok air pada pipa pengukuran PVC ½". Pompa ini adalah pompa yang biasa dipakai di rumah warga dan mempunyai kapasitas pompa yang baik sehingga sangat cocok untuk digunakan dalam penelitian.

Spesifikasi dari pompa GP-125 yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Gambar 3.3 Pompa air listrik GP-125

Tabel 3. 1 Spesifikasi dari Pompa air listrik GP-125 (National pump)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Frekuensi | 50 Hz |
| **2.** | Daya keluaran | 125 W |
| **3.** | Tinggi hisap maksimal | 9 meter |
| **4.** | Tinggi dorong | 30 meter |
| **5.** | Tinggi total maksimal | 39 meter |
| **6.** | Suhu cairan maksimal | $35^{\circ}C$ |
| **7.** | Kapasitas maksimal | 30 liter/menit |

### 3.2.1.2 Pipa PVC ½"

Pipa PVC yang terlihat pada gambar 3.4 adalah pipa yang digunakan dalam penelitian ini yang biasa digunakan untuk saluran air di rumah-rumah warga. Pipa ini memiliki sifat ringan, kuat dan keras sehingga cocok untuk penelitian ini. Pipa ini dapat berkerja lebih baik daripada pipa besi yang harus di solder dan pipa ini tahan terhadap semua alkalin serta pipa ini mudah untuk dipasang atau dirangkai. Pipa PVC yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai ukuran diameter sebesar ½". Spesifikasi pipa yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.2.

Gambar 3.4 pipa PVC

Tabel 3. 2 Spesifikasi dari pipa PVC
(PT Wavin)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Diameter luar | 22 mm |
| **2.** | Diameter dalam | 18 mm |
| **3.** | Type pipa | AW |
| **4.** | Tekanan maksimal pipa | 16 bar |
| **5.** | Panjang pipa | 1 meter |
| **6.** | Angka kekasaran (ε) | $5x10^{-6}$ ft / $1,5x10^{-3}$ mm |
| **7.** | Standar produksi | ISO 4422-1990 |

**3.2.1.3 *Gate Valve***

Alat pada gambar 3.5 adalah alat yang digunakan pada penelitian ini yang dalam sistem perpipaan berfungsi sebagai pengatur, pengontrol dan pengarah laju aliran fluida dengan cara membuka dan menutup saluran aliran fluida. *Gate valve* yang digunakan dalam penelitian ini berukuran ½". Spesifikasi *gate valve* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.3.

Gambar 3.5 Gate *valve*

Tabel 3. 3 Spesifikasi dari *Gate Valve*
(PT. Kokai)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Hydrostatic shell test | 450 psi |
| **2.** | Hydrostatic seat test | 300 psi |
| **3.** | Pneumatic seat test | 80 psi |
| **4.** | Ukuran | ½" |
| **5.** | Berat | 0.25 kg |
| **6.** | Kelas | 150 |

### 3.2.1.4 Besi siku lubang

Rangka yang digunakan pada penelitian ini adalah besi siku lubang karena besi ini mudah untuk dirakit, memiliki bahan yang kuat dan murah sehingga sangat cocok untuk digunakan. Besi siku lubang ini digunakan dalam penelitian sebagai rangka penyangga pompa air, pipa dan seluruh rangkaian alat ukur *head loss mayor*. Bentuk dari besi lubang dapat dilihat pada gambar 3.6. Spesifikasi dari besi siku dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.4.

Gambar 3.6 Besi siku lubang

Tabel 3. 4 Spesifikasi dari *Gate Valve*
(Raja Besi)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Tebal ambalan | 0.75 mm |
| **2.** | Tebal tiang | 2 mm |
| **3.** | Kapasitas maksimal | 100 kg |
| **4.** | Sistem pemasangan | Baut / knock down |
| **5.** | Panjang | 100 cm |

### 3.2.1.5 *Differential Pressure Meter*

Alat ukur seperti yang terlihat pada gambar 3.7 adalah alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini yang berfungsi sebagai alat pengukur perbedaan tekanan yang terjadi pada pipa pengukuran pada sisi masuk dan sisi keluar pipa. Alat ini berkerja dengan cara membandingkan besar perbedaan tekanan yang terjadi di dalam pipa pada titik yang berbeda. Alat ini dapat mengukur selisih tekanan pada fluida dengan fasa cair dan fasa gas. Alat ini mempunyai fitur pengunci data sehingga memudahkan peneliti untuk mengambil data pada kurun waktu tertentu saat data yang akan diambil tidak konstan atau terus berubah. Spesifikasi dari alat ukur perbedaan tekanan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.5.

Gambar 3.7 *Differential Pressure Meter*

Tabel 3.5 Spesifikasi dari *Differential Pressure Meter* (Buku manual *Differential Pressure Meter*)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Measuring type | Differential Pressure |
| **2.** | Measuring ranges | ±13,79 kPa / ±2 psi / ±55,4 $H_2O$ |
| **3.** | Selectable scale & scales | In$H_2O$, psi, bar, bar, mbar, kPa, inHg, mmHg, $Ozin_2$, $FtH_2O$, $cmH_2O, kgcm^2$. |
| **4.** | Response time | 0,5 secounds |
| **5.** | Operating Condition | 32˚F to 122˚F (0 to 50˚C) |
| **6.** | Maximum pressure | 10 psi |

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **7.** | Storage conditions | 32˚F to 122˚F (0 to 50˚C) |
| **8.** | Display | Dual LCD |
| **9.** | Low battery indicator | Yes |

**3.2.1.6 *Stopwatch***

Alat ukur waktu seperti yang terlihat pada gambar 3.8 adalah alat ukur yang digunakan pada penelitian ini untuk menghitung waktu yang digunakan pada saat penelitian dilakukan. Alat ini memudahkan peneliti untuk membatasi waktu yang dibutuhkan pada saat pengambilan data sehingga setiap data yang didapatkan mempunyai waktu pengambilan data yang sama. Spesifikasi dari alat ini dapat dilihat pada tabel 3.6.

Gambar 3.8 *Stopwatch*

Tabel 3.6 Spesifikasi dari *Stopwatch*
(Buku manual *Stopwatch*)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Waktu maksimal | 60 menit |
| **2.** | Banyak pengambilan data | 20 kali |
| **3.** | Display | Digital |
| **4.** | Low battery indicator | Yes |

### 3.2.1.7 Air raksa

Air raksa adalah unsur kimia yang berwarna perak. Air raksa merupakan satu dari lima unsur (bersama cesium, fransium, galium dan brom) yang berbentuk cair dalam suhu kamar dan bersifat mudah menguap. Raksa banyak digunakan sebagai bahan amalgam gigi, termometer, barometer dan peralatan ilmiah lain. Meskipun penggunaannya untuk bahan pengisi termometer telah digantikan (oleh termometer alkohol, digital atau termistor) dengan alasan kesehatan dan keamanan karena sifat toksik yang dimilikinya. Unsur ini diperoleh terutama melalui proses reduksi dari *cinnabar* mineral. Densitasnya yang tinggi menyebabkan benda-benda seperti bola billiard menjadi terapung jika diletakkan di dalam cairan raksa hanya dengan 20 persen volumenya terendam. Air raksa dapat dilihat pada gambar 3.9.

Gambar 3. 9 Air raksa

Tabel 3. 7 Spesifikasi dari Air raksa
(Buku manual Air raksa)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Nama zat | Air raksa |
| **2.** | Massa jenis | 13.600 kg/$m^3$, 13,6 gr/$cm^3$ |
| **3.** | Simbol | Hg |
| **4.** | Nomor Atom | 80 |
| **5.** | Periode | Periode 6 |
| **6.** | Kategori unsure | Logam transisi |
| **7.** | Fase | Liquid |

### 3.2.1.8 Rotameter

Alat seperti yang terlihat pada gambar 3.10 adalah alat yang digunakan dalam penelitian ini dan alat ini berfungsi sebagai alat ukur debit aliran fluida yang masuk ke dalam pipa ukur PVC ½". Alat ini mempermudah peneliti untuk menyesuaikan debit aliran yang masuk pada pipa pengukuran di mana debit aliran yang masuk ke dalam pipa menentukan besar bilangan Reynolds dan sangat mempengaruhi pola aliran yang terjadi di dalam pipa pengukuran. Alat ini terbuat dari material transparan di mana apabila terjadi kavitasi pada pipa maka akan terlihat secara jelas. Di dalamnya terdapat sebuah pin kecil yang digunakan sebagai penunjuk besar debit aliran yang melewatinya. Spesifikasi dari rotameter yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.8.

Gambar 3.10 Rotameter

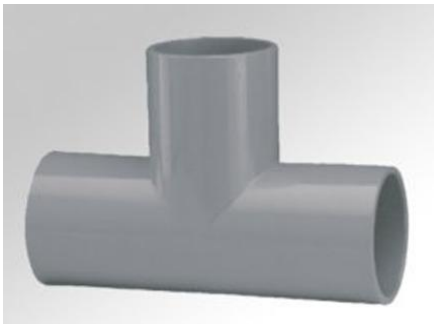
Tabel 3.8 Spesifikasi dari Rotameter
(Buku manual Rotameter)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Merk | Wiebrock |
| **2.** | Jenis | *Glass tube flowmeter* |
| **3.** | Range | 1 – 11 LPM & 20 – 150 LPM |

### 3.2.1.9 *Fitting Tee*

Alat bernama *fitting tee* seperti yang terlihat pada gambar 3.11 adalah alat yang digunakan dalam penelitian ini dan alat ini berfungsi untuk membagi arah aliran menjadi 2 arah. Alat ini digunakan dalam penelitian untuk jalur buang debit aliran fluida berlebih yang akan dikembalikan ke dalam wadah pemasok air

karena kapasitas pompa yang digunakan adalah 30 liter/menit sedangkan untuk membentuk pola aliran transisi maksimal menggunakan debit aliran adalah 3,1 liter/menit. Alat ini dikombinasi dengan pemasangan *gate valve* untuk memudahkan peneliti mengatur debit aliran fluida yang dikembalikan ke dalam wadah pemasok air. Alat ini adalah alat yang biasa digunakan pada saluran air di rumah-rumah warga dan memiliki daya tahan yang lama dengan tingkat kekasaran baik sehingga alat ini sangat cocok untuk digunakan dalam penelitian ini. Spesifikasi dari *Fitting Tee* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.9.



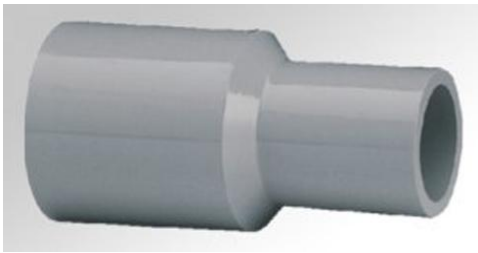
Gambar 3.11 Fitting Tee

Tabel 3.9 Spesifikasi dari Fitting Tee
(Buku manual CV. Aneka Pratama)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Ukuran | ½" |
| **2.** | Sudut belokan | 90˚ |
| **3.** | Diameter luar | 25 mm |
| **4.** | Diameter dalam | 18 mm |
| **5.** | Type pipa | AW |
| **6.** | Tekanan maksimal pipa | 16 bar |
| **7.** | Kelas pipa | S-6.3 |
| **8.** | Angka kekerasan (ε) | $5x10^{-6}$ ft / $1,5x10^{-3}$ mm |
| **9.** | Ketahanan | 30 tahun |

### 3.2.1.10 *Reducing Socket*

Alat yang bernama *Reducing Socket* seperti yang terlihat pada gambar 3.12 adalah alat yang digunakan dalam penelitian ini di mana alat ini berfungsi sebagai media penghubung antar pipa yang mempunyai diameter berbeda. Alat ini digunakan dalam penelitian untuk menghubungkan pipa sisi keluar pompa di mana pipa sisi keluar pada pompa mempunyai diameter yang lebih besar dibandingkan dengan pipa yang digunakan dalam pengukuran. Alat ini memiliki daya tahan yang lama dengan tingkat kekasaran baik sehingga alat ini sangat cocok untuk digunakan dalam penelitian ini. Spesifikasi dari *Reducing Socket* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.10.



Gambar 3.12 Reducting Socket

Tabel 3.10 Spesifikasi dari Reducting Socket
(Buku manual CV. Aneka Pratama)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Ukuran | ¾" x ½" |
| **2.** | Diameter luar 1 | 22,4 mm |
| **3.** | Diameter luar 2 | 26,45 mm |
| **4.** | Panjang 1 | 30 mm |
| **5.** | Panjang 2 | 35 mm |
| **6.** | Diameter dalam 1 | 22 mm |
| **7.** | Diameter dalam 2 | 26 mm |
| **8.** | Type pipa | AW |
| **9.** | Tekanan maksimal pipa | 16 bar |
| **10.** | Angka kekasaran (ε) | $5x10^{-6}$ ft / $1,5x10^{-3}$ mm |
| **11.** | Ketahanan | 30 tahun |

### 3.2.1.11 *Valve Socket*

Alat yang bernama *Valve Socket* seperti yang terlihat pada gambar 3.13 adalah alat yang digunakan pada penelitian ini di mana alat ini berfungsi sebagai alat penghubung pipa dengan pompa. Alat ini digunakan dalam penelitian untuk menghubungkan antara pipa dengan pompa di mana pada bagian keluaran pompa mempunyai sistem pemasangan ulir sehingga tidak dapat langsung dipasangkan dengan pipa. Alat ini mempunyai bagian yang berbentuk segidelapan sehingga memudahkan peneliti untuk memasang dan melepas alat ini pada pompa. Alat ini adalah alat yang biasa digunakan pada saluran air di rumah-rumah warga dan memiliki daya tahan yang lama dengan tingkat kekasaran baik sehingga alat ini sangat cocok untuk digunakan dalam penelitian ini. Spesifikasi dari *Valve Socket* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.11.

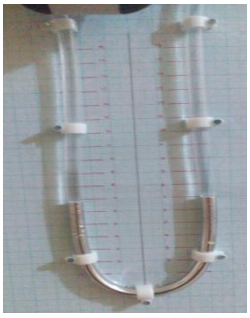
Gambar 3.13 *Valve Socket*

Tabel 3.11 Spesifikasi dari Reducting Socket
(Sumber: buku manual CV. Aneka Pratama)

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|---|---|---|
| **1.** | Ukuran | ½" |
| **2.** | Diameter luar | 22,4 mm |
| **3.** | Diameter dalam | 22 mm |
| **4.** | Type pipa | AW |
| **5.** | Tekanan maksimal pipa | 16 bar |
| **7.** | Angka kekerasan (ε) | $5x10^{-6}$ ft / $1,5x10^{-3}$ mm |
| **8.** | Standar produksi | JIS K 6742:2007 Unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U) (PVC-U) pipes for water supply. |

#### 3.2.1.12 Manometer Air Raksa

Manometer merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk mengetahui perbedaan tekanan pada dua titik berlawanan. Perbedaan ketinggian cairan pada manometer menunjukkan selisih tekanan. Jenis manometer sederhana kolom cairan yaitu manometer bentuk pipa U. Manometer ini biasanya diisi cairan setengahnya yang berupa minyak, air atau air raksa.



Gambar 3.14 Ilustrasi skema manometer kolom cairan

Prinsip kerja manometer seperti dalam gambar 3.14 apabila tekanan positif diterapkan pada salah satu sisi kaki tabung, cairan ditekan kebawah pada kaki tabung tersebut dan naik pada sisi tabung yang lainnya. Perbedaan pada ketinggian (h), merupakan penjumlahan hasil pembacaan di atas dan di bawah angka nol yang menunjukkan adanya tekanan. Sedangkan apabila keadaan vakum diterapkan pada satu sisi kaki tabung, cairan akan meningkat pada sisi tersebut dan cairan akan turun pada sisi lainnya. Perbedaan ketinggian (h) merupakan hasil penjumlahan pembacaan di atas dan di bawah nol yang menunjukkan jumlah tekanan vakum.

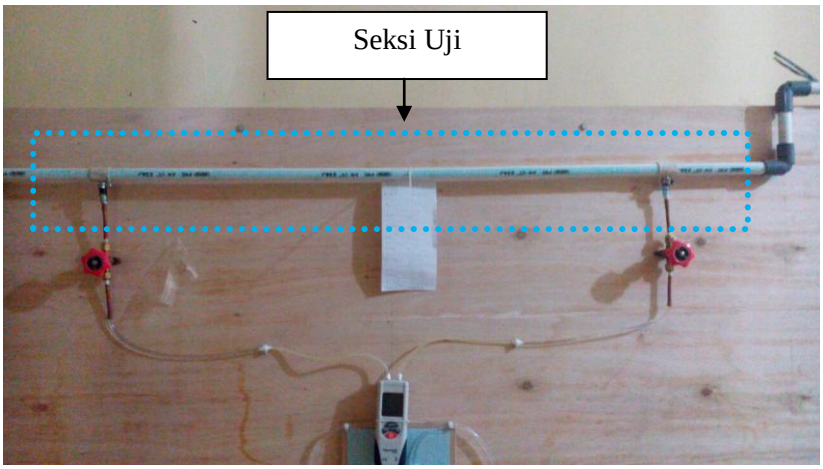
### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air. Dalam hal ini air berfungsi sebagai fluida yang mengalir pada pipa pengukuran PVC ½".

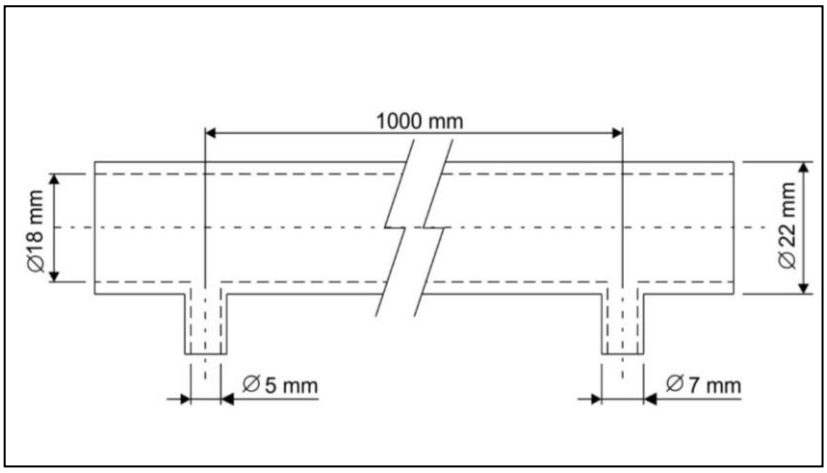
## 3.3 Seksi Uji

Seksi uji merupakan pipa sepanjang 1 meter dan diameter 0.018 meter dengan aliran searah yang dialirkan oleh pompa air seperti pada gambar 3.15. Terdapat 2 buah *gate valve* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *gate valve* 1 untuk mengatur aliran yang masuk pada pipa pengukuran dan *gate valve* 2 yang digunakan untuk membuang debit aliran berlebih yang keluar dari pompa untuk

dikembalikan ke wadah pemasok air. Mengukur perbedaan tekanan yang terjadi pada aliran fluida dalam rejim aliran transisi di kedua tempat yang berbeda yaitu pada sisi masuk dan keluar pipa dengan alat *Differential pressure meter* yang sudah dikalibrasi.




Gambar 3.15 Foto Seksi Uji




Gambar 3.16 Desain Seksi Uji

### 3.4 Kalibrasi *Differential Pressure Meter*

Manometer air raksa menjadi standar kalibrasi *Differential Pressure meter* karena manometer air raksa memiliki tingkat kepekaan yang cukup tinggi dalam mengukur perbedaan tekanan, akan tetapi manometer air raksa mempunyai kelemahan yaitu minimal pengukuran perbedaan ketinggian sebesar 1 mm sehingga manometer air raksa tidak mampu mengukur perbedaan ketinggian di bawah 1 mm. Untuk mengukur perbedaan tekanan yang tidak dapat diukur

menggunakan manometer air raksa maka digunakan *Differential Pressure Meter* yang sudah dikalibrasi. Kondisi manometer air raksa dan *Differential Pressure Meter* saat tidak terjadi perbedaan tekanan dapat dilihat pada gambar 3.17.

Gambar 3.17 Manometer air raksa dan *Differential Pressure Meter*

## 3.5 Tahapan Penelitian

### 3.3.1 Tahap persiapan

**a. Pemeriksaan alat uji**

Tahap ini adalah tahap di mana seluruh alat, bahan dan program kerja yang akan digunakan dalam penelitian dipersiapkan secara matang agar penelitian yang akan dilakukan nantinya berjalan dengan lancar. Seluruh alat yang akan digunakan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan kondisi untuk mengetahui kelayakan dari seluruh alat yang akan digunakan. Berikut adalah tahapan persiapan yang dilakukan:

1. Melakukan pengisian tangki air.
2. Memastikan alat uji tidak terjadi kebocoran dengan cara mengisi fluida ke alat uji dengan LPM tertinggi dan mendeteksi kebocoran dengan sabun.
3. Menyalakan pompa air dan memastikan air mengalir dengan baik.
4. Menyalakan *Differential Pressure Meter* dan memastikan alat dapat berkerja dengan baik.

**b. Persiapan pengujian**

1. Memasang *Differential Pressure Meter* yang dihubungkan dengan titik pengambilan data.
2. Membuka semua katup dan memastikan bahwa semua katup tidak terhambat.
3. Menyalakan pompa air untuk mengisi fluida dalam pipa pengukuran.

4. Mengamati rotameter dan memastikan bahwa fluida yang mengalir stabil.
5. Membiarkan alat tetap beroperasi untuk memastikan semua komponen dapat berkerja dengan baik.
6. Mematikan alat dan membiarkan beberapa saat untuk mendinginkan pompa dan menyetabilkan tekanan.

### 3.3.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap ini adalah tahap di mana penelitian pengukuran *head loss mayor* pada pipa PVC diameter ½" dengan variasi debit dan angka Reynolds rejim aliran transisi fluida fasa cair pada sistem perpipaan dilakukan. Berikut adalah prosedur kerja dari penelitian:

1. Memastikan variabel yang akan digunakan dalam pengujian dan menyiapkan tabel pengamatan.
2. Membuka maksimal *gate valve* agar fluida dapat mengalir maksimal saat pompa GP-125 dihidupkan.
3. Menyetabilkan debit aliran yang masuk ke dalam pipa pengukuran hingga berada pada rejim aliran transisi dengan cara mengatur 2 *gate valve* yang terpasang pada rangkaian pipa. Terdapat 2 buah *gate valve* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *gate valve* 1 untuk mengatur aliran yang masuk pada pipa pengukuran dan *gate valve* 2 yang digunakan untuk membuang debit aliran berlebih yang keluar dari pompa untuk dikembalikan ke wadah pemasok air.
4. Mengukur perbedaan tekanan yang terjadi pada aliran fluida dalam rejim aliran transisi di kedua tempat yang berbeda dengan alat *differential pressure meter*.
5. Mencatat hasil perbedaan tekanan yang tampak pada alat ukur *differential pressure meter* setelah 30 detik.
6. Menambah variasi debit yang masuk pada pipa pengukuran sedikit demi sedikit dengan cara memutar *gate valve* 1 ke arah buka dan diukur dengan rotameter.
7. Mengulangi prosedur 3, 4 dan 5 hingga mencapai debit tertinggi dan angka Reynolds tertinggi pada rejim aliran transisi.

8. Mematikan pompa dan membersihkan alat penelitian.

### 3.3.1 Tahapan Analisis Penelitian

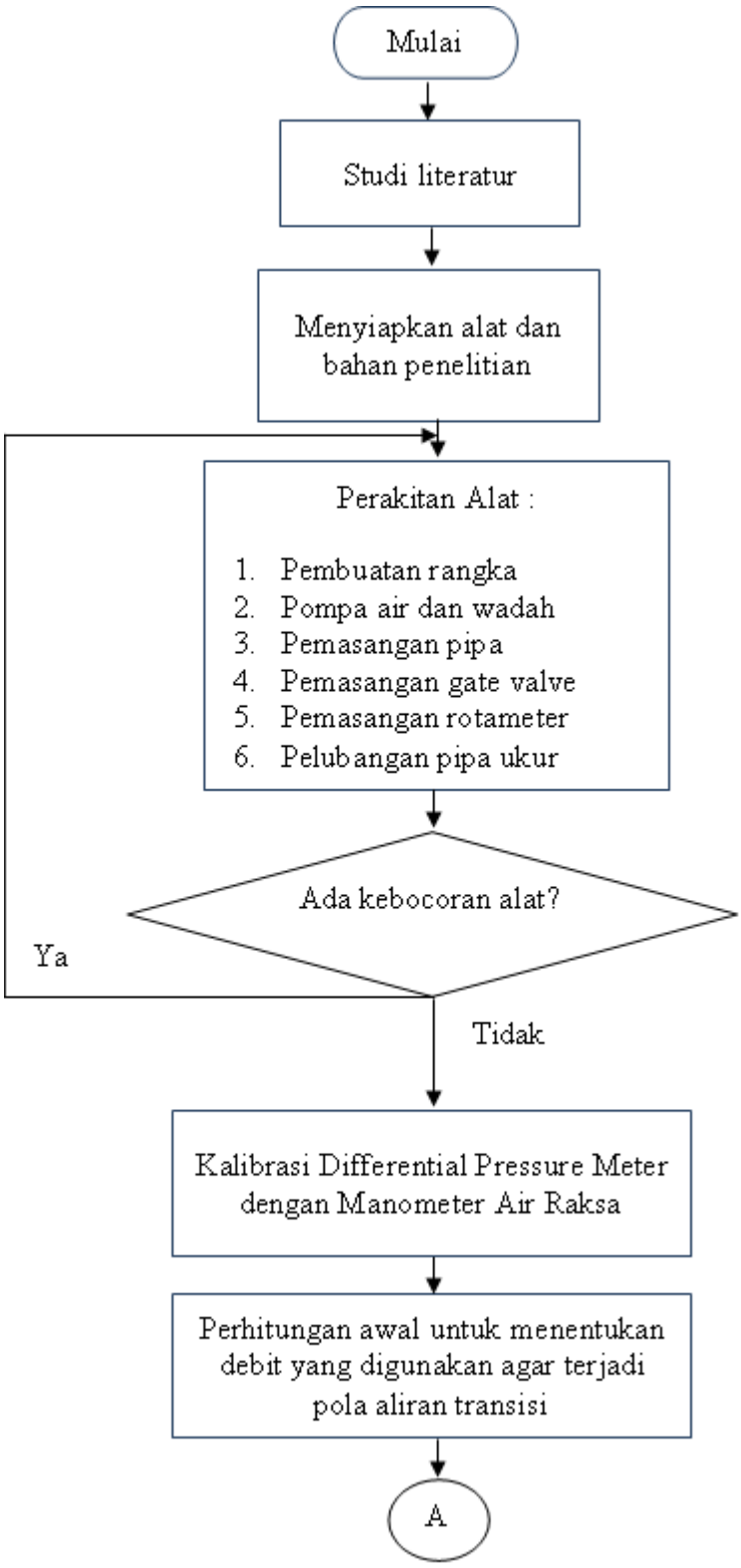
Tahap ini adalah tahap pengolahan data dari hasil pengukuran perbedaan tekanan yang telah dilakukan. Setelah semua data yang dibutuhkan dalam penelitian lengkap maka selanjutnya data akan diolah dan dianalisis menggunakan berbagai rumus yang sesuai.

### 3.3.2 Tahapan Penarikan kesimpulan

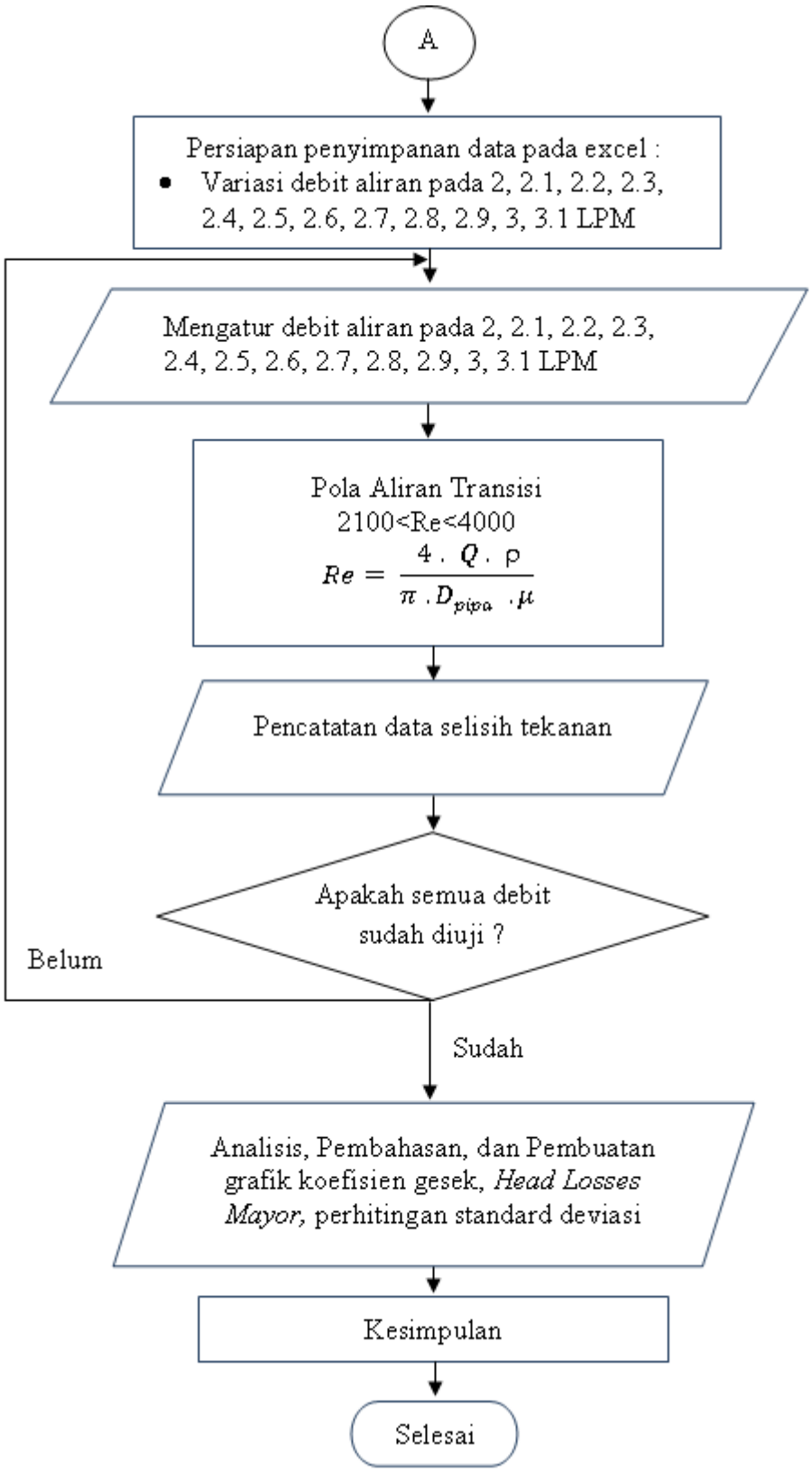
Setelah semua data yang didapatkan dari pengukuran yang telah selesai diolah dan dianalisis maka selanjutnya adalah penarikan kesimpulan secara menyeluruh berdasarkan olah data dan analisis yang telah dilakukan di mana kesimpulan akan menjawab tujuan awal dilakukannya penelitian pengukuran perbedaan tekanan yang terjadi di dalam pipa.

## 3.6 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir adalah penyederhanaan dari seluruh tahapan yang dilakukan saat penelitian. Dengan adanya diagram alir penelitian ini maka penelitian akan berjalan sesuai dengan seluruh tahapan yang sudah direncanakan. Penjelasan tentang diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.18.




Gambar 3.18 Diagram alir penelitian




Gambar 3.18 Diagram alir penelitian (Lanjutan)