

## EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK PRESSURE DROP PADA SAMBUNGAN T (TEE) UNTUK POSISI FRONTAL DENGAN VARIASI KEMIRINGAN UNTUK SISTEM PERPIPAAN

**Latif Anshori**

S1 Pendidikan Teknik Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: latepz@gmail.com

**Priyo Heru Adiwibowo**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: apriyoheru@gmail.com

### Abstrak

Sistem perpipaan merupakan bagian yang selalu ada dalam industri masa kini, misalnya industri gas, pengilangan minyak, industri air minum. Dalam perencanaan suatu sistem perpipaan, sulit dihindari adanya suatu sambungan, salah satunya sambungan T (*tee*). Adanya sambungan T (*tee*) dalam suatu saluran akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi dan penurunan tekanan pada aliran. Besar kecilnya kehilangan energi dan penurunan tekanan yang terjadi pada aliran yang melalui sambungan T (*tee*) tersebut dipengaruhi oleh posisi sambungan T (*tee*) yang dipasang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *pressure drop* pada sambungan *tee* untuk posisi frontal dengan variasi sudut kemiringan 15°, 30°, 45°, 60°, 75°. Penelitian dalam ini dilaksanakan di laboratorium mekanika fluida Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Metode penelitian yang digunakan adalah secara eksperimen, yaitu suatu metode yang mengusahakan timbulnya variabel-variabel dan selanjutnya dikontrol untuk dilihat pengaruhnya. Eksperimen dilakukan terhadap fluida air yang dialirkan melalui pipa PVC (*Polivinil clorida*) berdiameter 1 inchi dengan sambungan T (*tee*) yang dipasang secara frontal dengan variasi kemiringan, kemudian dilakukan beberapa kali pengukuran tekanan pada sebelum dan sesudah sambungan T (*tee*) menggunakan manometer segaris pada sistem perpipaan. Kondisi demikian kemudian diuji pengaruhnya terhadap *pressure drop* pada aliran tersebut dengan variasi debit air. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi perbedaan elevasi maka akan semakin besar *pressure drop* yang dihasilkan. Untuk sambungan T (*tee*) keluaran ke bawah, *pressure drop* terbesar terjadi pada sudut kemiringan 75° sedangkan *pressure drop* terkecil pada sudut kemiringan 15°. Tetapi untuk peningkatan *pressure drop* pada sudut 15° cenderung lebih signifikan daripada peningkatan *pressure drop* pada sudut 30°, 45°, 60°, dan 75°. Sedangkan *pressure drop* pada sambungan T sudut 15° keluaran ke atas lebih besar daripada keluaran ke bawah, hal ini membuktikan jika aliran menurun, gravitasi membantu aliran sehingga *pressure drop* kecil.

**Kata kunci :** *pressure drop, sambungan tee, variasi kemiringan.*

### Abstract

*Piping system is the part that always exist in the industry today, such as industrial gas, oil refining, and industrial water supply. The planning of a pipeline system, is hard to avoid the existence of a connection, such as T (tee) connection. Existence of a T (tee) in a channel will cause energy loss and pressure drop in the flow. The size of the energy loss and pressure drop that occurs in flow through a T (tee) is influenced by the position of a T (tee) installed. The aim of this study is to investigate the characteristics of pressure drop on the tee connection for frontal position with angle variation 15°, 30°, 45°, 60°, 75°. The research undertaken in this thesis is taken in fluid mechanics lab, Department of Mechanical Engineering-Faculty of Engineering Education-State University of Surabaya. This research uses experimental method, which is a method that seeks emergence and subsequent variables controlled for seeing the effect. Experiments carried out on fluid water piped PVC (Polyvinyl clorida) 1 inch in diameter with a T (tee) mounted frontally with slope variations, and then performed a number of times pressure measurements before and after a T (tee) using a manometer line at piping system. These conditions are then tested its effect on the pressure drop in the flow of the water discharge variations. From the results of this study can be concluded that the higher the elevation difference, the larger the resulting pressure drop. To a T (tee) output down, the greatest pressure drop occurs at the angle of 75°, while the smallest pressure drop at 15° angle. But to increased pressure drop at an angle of 15° tend to be more significant than the increase in pressure drop at an angle of 30°, 45°, 60° and 75°. While the pressure drop at an angle 15° T connections output up over a larger then output down, it is proving if flow decreases, gravity helps the flow so that the pressure drop small.*

**Keywords:** *pressure drop, tee connection, angle variation.*

## PENDAHULUAN

Sistem perpipaan merupakan bagian yang selalu ada dalam industri masa kini. Dalam aplikasinya di dunia industri, Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh (Triatmojo, 1996:25). Pipa lazim digunakan untuk menyalurkan fluida yang memiliki tekanan, temperatur, serta sifat fisik dan kimia yang dapat mengakibatkan efek negatif serius pada kesehatan dan lingkungan jika sampai terlepas ke udara bebas. Fluida adalah zat cair yang bisa mengalir menempati ruangan, mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa (Triatmodjo, 1993:9).

Sistem perpipaan meliputi semua komponen dari lokasi awal sampai dengan lokasi tujuan antara lain, saringan (strainer), katup atau kran, sambungan, nosel dan sebagainya. Sambungan dapat berupa sambungan penampang tetap, sambungan penampang berubah, belokan (elbow) atau sambungan bentuk T (Tee). Sambungan tee merupakan sambungan yang seringkali ditemukan dalam suatu sistem perpipaan. Pada umumnya sambungan ini berfungsi mengalirkan aliran fluida menuju dua arah yang berbeda dalam satu siklus tertentu yang dipasang secara paralel.

Salah satu gangguan atau hambatan yang sering terjadi dan tidak dapat diabaikan pada aliran air yang menggunakan pipa adalah kehilangan tekanan akibat gesekan, perubahan penampang dan pada tikungan atau pada sambungan-sambungan yang ada dalam sistem perpipaan yang mengganggu aliran normal. Hal ini menyebabkan aliran air semakin lemah dan mengecil.

Dalam perencanaan suatu sistem aliran, sulit dihindari adanya suatu sambungan, salah satunya sambungan T (*tee*). Adanya sambungan T (*tee*) dalam suatu saluran akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi dan penurunan tekanan pada aliran. Hal tersebut dikarenakan oleh perubahan arah aliran fluida yang melalui saluran tersebut. Besar kecilnya kehilangan energi dan penurunan tekanan yang terjadi pada aliran yang melalui sambungan T (*tee*) tersebut dipengaruhi oleh posisi sambungan T (*tee*) yang dipasang.

*Pressure drop* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik di dalam pipa atau aliran air. "Penurunan Tekanan" adalah hasil dari gaya gesek pada fluida seperti yang mengalir melalui tabung. Gaya gesek disebabkan oleh resistensi terhadap aliran. Faktor utama yang mempengaruhi resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan fluida melalui pipa dan viskositas fluida. Aliran cairan atau gas selalu akan mengalir ke arah perlawanan sedikit (kurang tekanan).

Penurunan Tekanan meningkat sebanding dengan gaya gesek gesekan dalam jaringan pipa. Sebuah jaringan pipa berisi peringkat kekasaran relatif tinggi serta alat kelengkapan pipa banyak dan sendi, tabung konvergensi, divergensi. Ternyata, kekasaran permukaan dan sifat fisik lainnya akan mempengaruhi penurunan tekanan. Aliran kecepatan tinggi atau cairan yang tinggi mengakibatkan viskositas dalam penurunan tekanan yang lebih besar di bagian pipa atau katup atau siku. Kecepatan yang rendah akan menghasilkan yang lebih rendah atau tidak ada *pressure drop*.

Priyo Heru (2009) melakukan penelitian, tentang studi *eksperimental* dan numerik gas-cairan aliran dua fase melewati elbow 45° dari arah vertikal ke posisi miring 45° menyimpulkan bahwa peningkatan *frictional pressure drop* dengan meningkatnya kecepatan aliran akan membuat kecenderungan peningkatan *pressure drop* baik pada aliran vertikal maupun miring, dan besarnya *pressure drop* pada elbow dan pipa miring dominan dipengaruhi oleh faktor elevasi, dimana elevasi pada elbow maupun pipa miring tidak sejauh elevasi pada pipa vertikal, sehingga besarnya *pressure drop* pada elbow dan pipa miring jauh lebih kecil daripada pipa vertikal. Penelitian tersebut menginformasikan tentang *pressure drop* cairan dua fase pada elbow 45°, pipa vertikal, dan pipa miring 45°, tetapi belum menginformasikan tentang *pressure drop* pada sambungan T dan aliran satu fase.

Penelitian lanjutan dilakukan oleh Lukman (2011), tentang *eksperimental* karakteristik *pressure drop* pada pipa dan variasi elbow 90° untuk sistem perpipaan menyimpulkan peningkatan bilangan *Reynolds* pada pipa vertikal menyebabkan karakteristik *pressure drop* juga mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan elevasi yang dominan dibandingkan dengan faktor gesekan. Karakteristik *pressure drop* pada elbow 90° yang mempengaruhi peningkatan secara signifikan, akibat bentuk dimensi dari elbow yang menyebabkan adanya perbedaan ketinggian (*elevasi*), dimana *elevasi* lebih tinggi menghasilkan *pressure drop* lebih tinggi dibandingkan dengan *elevasi* yang rendah. Penelitian tersebut menginformasikan tentang *pressure drop* pada pipa dan variasi elbow 90°, tetapi belum menginformasikan tentang sambungan T terhadap *pressure drop*.

Penelitian lanjutan dilakukan oleh Thoriq (2011), tentang pengaruh *eksperimental* menggunakan *v-notch weir* 60° dengan sambungan T untuk posisi frontal dan searah terhadap kapasitas dan *pressure drop* pada sistem perpipaan menyimpulkan pemakaian variasi kecepatan melalui variasi bukaan katup utama dan katup bypass pada pipa horizontal lurus tanpa menggunakan sambungan *tee* dan dengan menggunakan sambungan *tee*

baik frontal maupun searah akan mempengaruhi besarnya pressure drop dan kapasitas aliran (debit). Untuk *pressure drop* pada pipa horizontal menggunakan sambungan T (tee) dapat disimpulkan bahwa ketika terjadi peningkatan bilangan Reynolds maka pressure drop cenderung mengalami peningkatan baik pada sambungan tee frontal maupun pada sambungan tee searah. Akan tetapi terjadi peningkatan pressure drop yang lebih signifikan pada sambungan tee searah dibandingkan dengan sambungan tee frontal. Hal tersebut disebabkan oleh terjadinya perlambatan kecepatan (akselerasi pressure drop) pada sambungan tee frontal lebih signifikan dibandingkan pada sambungan tee searah. Penelitian tersebut menginformasikan tentang sambungan T untuk posisi frontal dan searah terhadap kapasitas dan *pressure drop*, tetapi belum menginformasikan tentang variasi kemiringan sambungan T terhadap *pressure drop*.

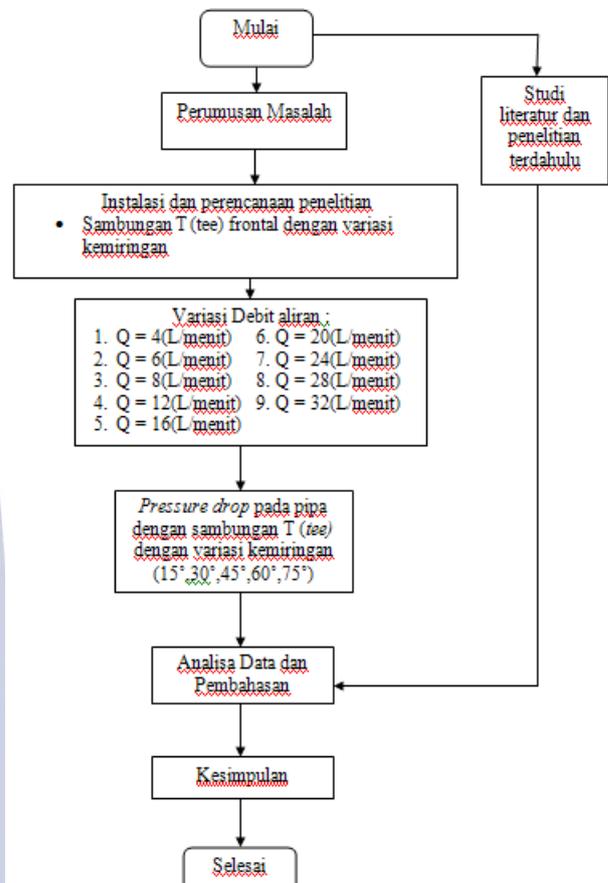
Berdasar penelitian terdahulu di atas dapat disimpulkan bahwa efisiensi dari suatu sistem aliran akan tercapai maksimal apabila desain atau perancangan sistem salurannya dilakukan dengan cermat dan tepat. Perancangan ini meliputi penentuan diameter pipa, posisi pipa, penggunaan sambungan-sambungan, dan penggunaan belokan (*elbow*). Untuk mengetahui secara aktual tentang kehilangan energi dan penurunan tekanan yang terjadi pada zat cair yang melalui sambungan, penulis melakukan penelitian dengan judul *Eksperimental Karakteristik Pressure drop dengan sambungan T (tee) untuk posisi frontal dengan variasi kemiringan untuk sistem perpipaan*.

Penelitian ini melakukan variasi sudut sambungan tee dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik *pressure drop* pada sambungan tee untuk posisi frontal dengan sudut kemiringan 15°, 30°, 45°, 60°, 75°.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan tambahan wawasan tentang bagaimana pengaruh desain sambungan tee untuk posisi frontal dengan sudut kemiringan 15°, 30°, 45°, 60°, 75°. Memberikan motivasi bagi para peneliti untuk mengadakan penelitian lebih lanjut mengenai aliran dalam sambungan tee. Dan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan untuk merancang suatu peralatan atau instalasi industri yang banyak menggunakan sambungan tee.

## METODE

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah variasi sudut kemiringan posisi T (tee), yaitu 15°, 30°, 45°, 60°, 75°. Variabel terikat merupakan kondisi atau karakteristik yang berubah atau muncul ketika penelitian mengintroduksi, mengubah atau mengganti variabel bebas. Variabel ini dipengaruhi oleh variabel lain, karenanya juga disebut variabel yang dipengaruhi atau variabel terpengaruhi, variabel terikat dalam penelitian ini adalah *pressure drop* yang terjadi. Sedangkan variabel kontrol merupakan variabel yang membatasi (sebagai kendali). Variabel ini berfungsi sebagai kontrol terhadap variabel lain. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah suhu ruangan kamar 30°C, diameter pipa 1".

### Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, metode eksperimen adalah suatu metode yang dilakukan dengan cara melakukan suatu eksperimen guna mendapatkan suatu data kongkrit yang dibutuhkan.

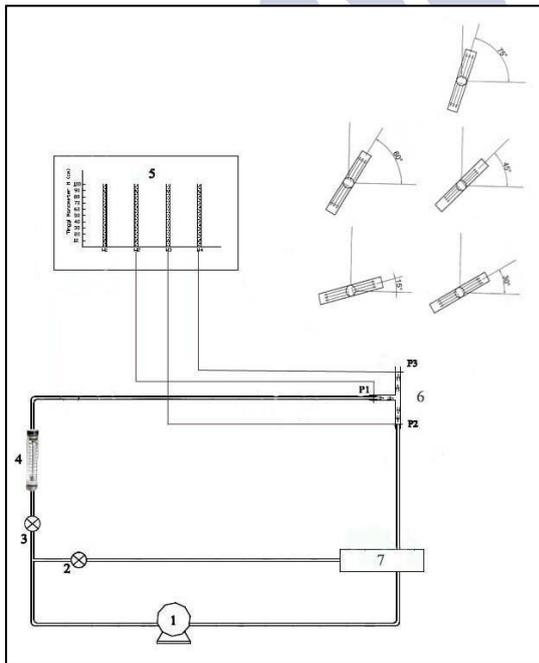
### Teknik Analisis Data

Analisa data dalam penelitian ini adalah dengan teknik statistik deskriptif yaitu teknik yang digunakan

untuk mendeskripsikan atau menyampaikan hasil penelitian dalam bentuk grafik. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah Karakteristik *pressure drop* tanpa sambungan T (*tee*), dengan sambungan sambungan T (*tee*) untuk posisi frontal dengan variasi kemiringan 15°, 30°, 45°, 60°, 75°. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara penurunan tekanan (*pressure drop*) dengan bilangan Reynolds. Grafik yang didapat kemudian dibandingkan antara sambungan T (*tee*) yang dipasang secara frontal dengan variasi kemiringan, sehingga akan terlihat pengaruh kecepatan aliran fluida air terhadap *pressure drop* terhadap bilangan Reynolds yang terjadi pada aliran yang melalui Pipa PVC berdiameter 1 inchi pada sambungan T (*tee*) pada posisi frontal dengan variasi kemiringan 15°, 30°, 45°, 60°, 75°.

**Instrumen Penelitian**

Dalam penelitian ini skema peneitian dapat dilihat pada gambar 1. Untuk melaksanakan penelitian, peralatan yang digunakan terdiri dari pompa, katup, manometer segaris, *water flowmeter*, pipa, sambungan *tee*, bak penampung air.



Gambar 2. Skema instrumen penelitian

Keterangan Gambar:

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1. Pompa             | 6. Sambungan T       |
| 2. Katup utama       | -P1(pengukuran 1)    |
| 3. Katup bypass      | -P2(pengukuran 2)    |
| 4. Water flowmeter   | -P3(pengukuran 3)    |
| 5. Manometer segaris | 7. Bak penampung air |

Pada tahap awal, dilakukan persiapan-persiapan sebelum penelitian dimulai. Pada tahap ini dilakukan uji coba dan kalibrasi terhadap alat ukur. Setelah selesai, kemudian dilakukan pemasangan seksi uji pada instalasi alat penelitian yang dihubungkan dengan manometer segaris dan *water flowmeter*. Setelah seksi uji terpasang

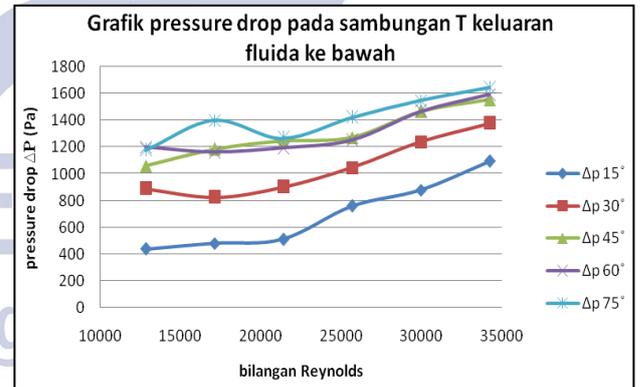
dan semua sambungan dipastikan rapat dan bebas dari kebocoran, maka pompa dihidupkan. Setelah aliran terlihat stabil, kemudian dilakukan pencatatan data-data penelitian. Data yang diambil yaitu tinggi cairan manometer (*h*) pada manometer segaris, tinggi  $Z_1$ ,  $Z_2$  dan debit air pada *water flowmeter*. Pada masing-masing variasi debit dengan menggunakan bukaan katup utama dan katup bypass, kita lakukan lagi pencatatan data-data penelitian. Setelah selesai pengambilan data untuk satu seksi uji, kemudian pompa dimatikan, dan dilakukan pengetestan alat untuk seksi uji yang kedua. Apabila pemasangan seksi uji yang kedua telah selesai, maka pengukuran diulangi untuk mendapatkan data-data  $\Delta h$  pada manometer dan debit pada *water flowmeter*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menggunakan sambungan T dipasang secara frontal dengan variasi sudut kemiringan 15°, 30°, 45°, 60°, dan 75°. Diameter pipa yang diteliti adalah 1 inchi berbahan PVC. Pengujian pertama dilakukan pada sudut 15° dengan debit 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, setiap satu debit dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran dan hasilnya dirata-ratakan. Kemudian pengujian dilanjutkan pada sudut 30°, 45°, 60°, 75° dengan perlakuan yang sama. Untuk menghitung *pressure drop* digunakan rumus

$$\Delta P_{1-2} = [\Delta Z + (h_1 - h_2)] \times \rho \times g \tag{1}$$

Adapun hasil penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



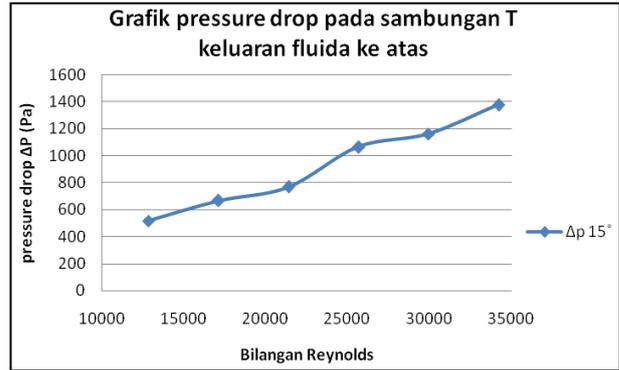
Gambar 3. Grafik karakteristik *pressure drop* terhadap bilangan Reynolds pada sambungan T untuk posisi frontal untuk keluaran fluida ke bawah ( $\Delta P_{1-2}$ ).

Pada Gambar 3 menunjukkan *pressure drop* pada sudut 15° sambungan T untuk keluaran fluida ke bawah akan meningkat dengan semakin besar bilangan Reynolds. Bilangan Reynolds sendiri dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida air, semakin besar bilangan Reynolds maka semakin tinggi kecepatan aliran air sehingga akan membuat *pressure drop* meningkat. Pada bilangan Reynolds 12836 sampai 21393 sudut 75°

peningkatan *pressure drop* tidak teratur hal ini dikarenakan pada sudut 75° dipengaruhi oleh faktor elevasi yang lebih dominan daripada faktor gesekan, semakin besar kemiringan saluran dari posisi horizontal maka semakin besar faktor elevasi yang berpengaruh. Dan bilangan Reynolds 12836 sampai 21393, bilangan Reynolds cenderung rendah dibandingkan dengan bilangan Reynolds 21393 sampai 34229 yang sudah dalam keadaan stabil sehingga mengakibatkan peningkatan *pressure drop* halus.

Pada gambar 3 juga menunjukkan pada sudut 15° mengalami peningkatan *pressure drop* paling signifikan dibanding peningkatan *pressure drop* sudut 30°, 45°, 60° dan 75°. Pada sudut 30° peningkatan *pressure drop* lebih signifikan daripada peningkatan *pressure drop* pada sudut 45°, 60° dan 75°. Pada sudut 45° peningkatan *pressure drop* lebih signifikan daripada peningkatan *pressure drop* pada sudut 60° dan 75°. Pada sudut 60° peningkatan *pressure drop* lebih signifikan daripada sudut 75°. Sedangkan pada sudut 75° mengalami peningkatan *pressure drop* paling landai dibandingkan dengan peningkatan *pressure drop* pada sudut 15°, 30°, 45°, 60°. Hal ini dikarenakan semakin besar kemiringan saluran dari posisi horizontal/bidang datar, maka gravitasi akibat elevasi yang mempengaruhi *pressure drop* juga semakin besar. Karena arah alirannya ke bawah maka sudut 15° lebih besar melawan gravitasi akibat elevasi daripada sudut 30°, 45°, 60°, dan 75°, sehingga peningkatan *pressure drop* pada sudut 15° lebih signifikan.

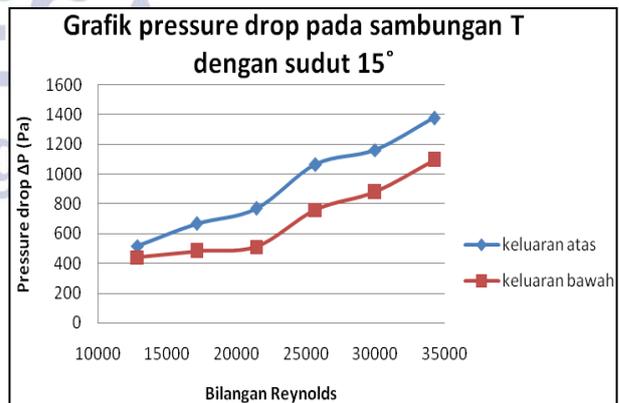
Pada grafik Gambar 3 yang mengalami *pressure drop* paling kecil adalah sambungan T pada sudut kemiringan 15°, dan *pressure drop* paling besar adalah sambungan T pada sudut 75°, hal ini dikarenakan sambungan T pada sudut kemiringan 15° mempunyai elevasi yang terkecil sehingga pengaruh gravitasi juga kecil, sedangkan sambungan T pada sudut kemiringan 75° mempunyai elevasi terbesar dari elevasi sambungan T sudut lainnya. Penyebab perbedaan ketinggian elevasi pada sudut 15° sampai 75° adalah variasi sudut kemiringan sambungan T. Dimana Elevasi sudut 15°= 0.018m, sudut 30°= 0.033m, sudut 45°= 0.045m, sudut 60°= 0.053m dan sudut 75°= 0.055m. Sehingga dimana perbedaan *elevasi* lebih tinggi cenderung menghasilkan *pressure drop* lebih tinggi dibandingkan dengan perbedaan *elevasi* yang rendah.



Gambar 4. Grafik karakteristik *pressure drop* terhadap bilangan Reynolds pada sambungan T untuk posisi frontal untuk keluaran fluida ke atas ( $\Delta P_{1,3}$ ).

Pada Gambar 4 menunjukkan peningkatan *pressure drop* pada sudut 15° pada sambungan T untuk keluaran fluida ke atas, semakin besar bilangan Reynolds semakin besar *pressure drop* yang terjadi, bilangan Reynolds sendiri dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida air, semakin besar bilangan Reynolds maka semakin tinggi kecepatan aliran air sehingga akan membuat *pressure drop* meningkat.

Pada grafik diatas menunjukkan peningkatan *pressure drop* hanya terjadi pada sambungan T dengan sudut 15°. Sedangkan pada sambungan T dengan sudut 30°, 45°, 60°, 75° tidak mampu melawan gravitasi, dikarenakan aliran fluida air cenderung ke bawah, maka aliran pada sudut 30°, 45°, 60°, 75° tidak mampu mengalir ke atas, melainkan mengalir ke arah bawah semua sehingga *pressure drop* pada sambungan T pada sudut 30°, 45°, 60°, 75° keluaran ke atas tidak terukur. Jadi pada sambungan T keluaran ke atas tidak bisa dibandingkan sudut mana yang mengalami *pressure drop* lebih kecil atau lebih besar.



Gambar 5. Grafik karakteristik *pressure drop* terhadap bilangan Reynolds pada sambungan T untuk posisi frontal untuk sudut 15°.

Pada Gambar 5, grafik menunjukkan *pressure drop* pada sambungan T sudut 15° keluaran ke atas lebih

besar daripada keluaran ke bawah, hal ini membuktikan jika aliran menurun, gravitasi membantu aliran sehingga *pressure drop* kecil. Jika aliran mendaki, gravitasi melawan aliran sehingga *pressure drop* besar.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang eksperimental karakteristik *pressure drop* dengan sambungan T untuk posisi frontal dengan variasi kemiringan, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

- Pada sambungan T keluaran ke bawah pada sudut  $15^\circ$  mengalami peningkatan *pressure drop* cenderung lebih signifikan daripada peningkatan *pressure drop* pada sudut  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $75^\circ$ . Dikarenakan semakin besar kemiringan saluran dari posisi horizontal/bidang datar, maka gaya gravitasi yang mempengaruhi *pressure drop* juga semakin besar, sehingga pada sudut  $15^\circ$  lebih besar melawan gravitasi dibanding sudut  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $75^\circ$ .
- *Pressure drop* pada sudut  $75^\circ$  lebih besar daripada sudut  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $15^\circ$ . Hal ini dikarenakan dengan sudut variasi kemiringan sambungan T menyebabkan ketinggian elevasi pada sudut  $15^\circ$  sampai  $75^\circ$  mengalami perbedaan. Elevasi  $15^\circ = 0.018\text{m}$ ,  $30^\circ = 0.033\text{m}$ ,  $45^\circ = 0.045\text{m}$ ,  $60^\circ = 0.053\text{m}$  dan  $75^\circ = 0.055\text{m}$ . Sehingga dimana perbedaan elevasi lebih tinggi menghasilkan *pressure drop* lebih tinggi dibandingkan dengan perbedaan elevasi yang rendah.

### Saran

Dari serangkaian pengujian, perhitungan, dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Hendaknya alat di sempurnakan lagi untuk mendapatkan ketepatan pengukuran yang lebih baik.
- Meneruskan penelitian untuk mengetahui lebih detail tentang aliran yang terjadi pada sambungan T frontal dengan variasi kemiringan.
- Meneruskan penelitian dengan mengganti arah aliran sambungan T, misalnya sambungan T dipasang secara searah tapi tetap dengan variasi kemiringan.

## DAFTAR PUSTAKA

Anggun Nugroho. 2006. *Analisis Distribusi Tekanan Fluida Cair Yang Melalui Elbow  $90^\circ$  Dengan Variasi Jari-Jari Kelengkungan Dan Kapasitas Aliran Fluida*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Semarang: Jurusan Teknik Mesin FT-UNNES.

Anonim. "Sistem Perpipaan Fluida". <http://indonesiamek-anikal.blogspot.com/2008/07/sistem-perpipaan-fluida.html>.

Anonim. "pressure drop". [Http://www.engIneersedge.com/fluid\\_flow/pressure\\_drop/pressure\\_drop.htm](http://www.engIneersedge.com/fluid_flow/pressure_drop/pressure_drop.htm).

Fauzi Susanto. 2006. *Pengaruh Pembelokkan (Elbow) Terhadap Kehilangan Energi Pada Saluran Pipa Galvanis*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Semarang: Jurusan Teknik Sipil FT-UNNES.

Fox, Robert W. dan Alan, T. McDonald. 1985. *Introduct Ion to Fluid Mechanics*. New York: John Wiley.

Lukman. 2011. *Eksperimental Karakteristik Pressure Drop Pada Pipa Dan Variasi Elbow  $90^\circ$  Untuk Sistem Perpipaan*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FT-UNESA.

Munson, Bruce R. dkk. 2003. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.

Narbuko, C dan Achmadi, H A. 2005. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Priyo Heru Adiwibowo, 2009, "Studi Eksperimental dan Numerik Gas – Cairan Aliran Dua Fase Melewati Elbow  $45^\circ$  dari Arah Vertikal ke Posisi Miring  $45^\circ$ ", Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Streeter, Victor L dan Wylie, Benjamin E. 1999. *Mekanika Fluida Jilid 1*.

Terjemahan Arko Prijono . Jakarta: Erlangga

Supadi, dkk. 2010. *Panduan Penulisan Skripsi Jurusan PTM FT Unesa*. Surabaya: Unesa University Press.

Sutrisno. 2005. *Pengaruh Perubahan Penampang Terhadap Kehilangan Energi Pada Pipa Polivinil Chlorida (PVC)*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Sipil FT-UNNES.

Thoriq. 2011. *Pengaruh Eksperimental Menggunakan V-notch Weir  $60^\circ$  Dengan Sambungan T (tee) Untuk Posisi Frontal Dan Searah Terhadap Kapasitas Dan Pressure Drop Pada Sistem Perpipaan*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Mesin FT-UNESA.

Triadmojo, Bambang. 1996. *Hidrolika I*. Yogyakarta: Beta Offset.

White, Frank. M., 1986, *Mekanika Fluida Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.