

Analisis Pengaruh Konfigurasi Branch Line System terhadap Kerugian Kehilangan Tekanan di Tee Junction

Muhammad Ali¹, Setyo Nugroho², Achmad Bahrul Ulum³
^{1,2,3}Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi,
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Email : muhammadali.idn@gmail.com

Diterima (Agustus, 2019), direvisi (Agustus, 2019), diterbitkan (September, 2019)

Abstract

Piping network is one of the needs as a means of distributing water or other fluids in everyday life and industry. Water is used to produce steam in Power Plant to generate electricity. Selection of the right size, material and installation can help to reduce initial costs, maintenance costs and as a safety factor. Pipe bifurcation is a piping component needed in the installation so that the fluid can be split to several destinations. One of bifurcation of pipe is tee-junction. This study discusses the distribution of pressure at tee junction with experiments through measurements in the Branch Line System test module and numerical methods using the Computational Fluid Dynamics simulation of ANSYS. This research was conducted by varying the configuration of several branching using a constant mass flow entering the tee junction. The results obtained show that the pressure value at the tee junction inlet decreases at outlets 90° and 180° due to pressure loss. The highest loss of pressure is 5884 Pa in the branch flow and 4903 Pa in the line flow while the smallest loss is 2942 Pa for branch flow and 1961 Pa for line flow. Separation and recirculation flow is occurred in the junction at the junction.

Keyword : Tee junction; pressure; head loss; CFD.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu fluida yang sering digunakan dalam berbagai proses industri, seperti pencucian material, bahan untuk pembuatan uap dan lain lain. Pemindahan air dari satu tempat ke tempat lain menggunakan pipa sebagai jalur distribusi merupakan salah satu cara yang paling umum digunakan di industri.

Jaringan perpipaan memiliki variasi yang beragam mulai dari ukuran, material hingga instalasi percabangan yang disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan pemakaian. Perbedaan ini menyebabkan terjadinya berbagai fenomena aliran fluida yang terjadi di dalam pipa sehingga pemahaman mengenai fenomena aliran fluida yang ada di dalam pipa dapat membantu menemukan ukuran, material serta instalasi percabangan yang tepat. Penelitian Deny A. (2017) menyimpulkan bahwa instalasi branch line system memiliki efisiensi pompa yang lebih besar dibandingkan dengan single pipeline[2]. Sedangkan pada tee junction, Nimadge (2017) menggunakan alat uji serta simulasi CFD menyimpulkan bahwa nilai tekanan dan kecepatan cenderung turun

setelah melewati tee junction dan kerugian kehilangan tekanan dapat dikurangi dengan menggunakan sudut percabangan yang lebih kecil[3]. Sukhapure (2017) mendapat kesimpulan bahwa kehilangan energi pada percabangan pipa dipengaruhi oleh sudut, rasio area dan rasio pembagian massa alir sehingga nilai koefisien kerugian cenderung naik jika sudut percabangan dan rasio pembagian massa alir (Q_1/Q_3) semakin besar serta rasio area (A_1/A_3) semakin kecil[4]. Analisa kerugian kehilangan energi pada tee junction memiliki tingkat kesulitan yang lebih karena terdapat satu inlet dan dua outlet dibandingkan dengan bagian jaringan perpipaan lain yang hanya memiliki satu inlet dan satu outlet[5].

Penelitian ini memiliki tujuan untuk memahami karakteristik kerugian kehilangan tekanan di tee junction jaringan perpipaan dengan pengaruh perbedaan instalasi branch line system sehingga didapatkan konfigurasi sistem dengan kerugian kehilangan tekanan yang paling kecil.

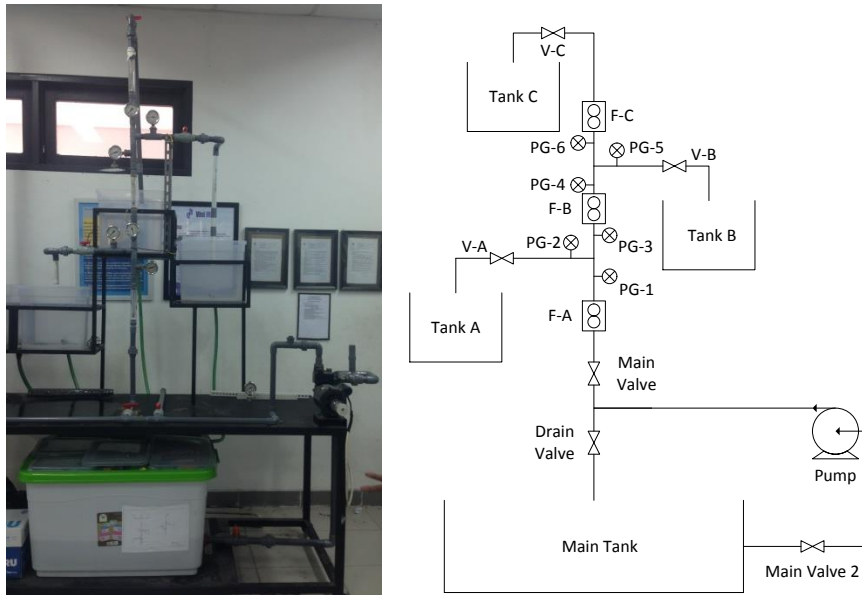
2. MATERI DAN METODE

2.1 Modul Uji *Branch Line System*

Modul Branch Line System oleh Deny A. (2017) memiliki 3 percabangan dengan ketinggian yang berbeda dengan alat ukur aliran dan tekanan pada bagian discharge dan suction. Modul ini memiliki tiga reservoir sementara serta satu reservoir utama dengan kapasitas masing-masing 30 liter dan 260 liter. Reservoir utama digunakan untuk menampung air sebelum dialirkan pada setiap percabangan sedangkan reservoir sementara digunakan untuk menampung air pada sisi keluar cabang sebelum kembali ke reservoir utam. Safety valve atau by-pass valve digunakan dalam modul ini untuk mengalirkan air kembali secara langsung ke reservoir utama tanpa melalui jaringan percabangan. Sedangkan pompa yang digunakan dalam sistem ini adalah pompa SHIMIZU PS-128 BIT dengan kapasitas 10-18 LPM, head discharge 20 m, head suction 10 m dan putaran 2900 rpm.

Pada penelitian ini dilakukan analisa pada bagian percabangan tee junction untuk mendapatkan nilai tekanan pada masing masing percabangan sehingga dibutuhkan parameter awal yang digunakan untuk perhitungan nilai tekanan secara teoritis pada setiap tee junction. Data awal yang dibutuhkan pada penelitian adalah tekanan sisi masuk tee junction dan massa alir pada setiap percabangan. Perubahan sistem yang dilakukan pertama adalah pemasangan alat ukur massa alir untuk mengetahui massa alir pada masing masing cabang A, B dan C. Pemasangan pressure gauge pada setiap

inlet maupun outlet tee junction juga dilakukan untuk mendapatkan data aktual secara eksperimen.



Gambar 1. Gambar modul uji branch line system

2.2 Perhitungan Teoritis

Penentuan Fenomena Aliran

Bilangan Reynolds adalah bilangan tidak berdimensi yang menunjukkan hubungan gaya inersia dan gaya viskos untuk memprediksi fenomena aliran fluida pada suatu keadaan. Pada aliran internal, fenomena aliran terbagi menjadi aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar dinyatakan dengan Bilangan Reynolds kurang dari 2300. Sedangkan aliran turbulen dinyatakan dengan Bilangan Reynolds lebih dari sama dengan 2300. Bilangan Reynolds didapatkan dari persamaan :

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{in} \cdot D}{\mu}$$

Penentuan head loss mayor dan minor

Bilangan Head loss atau kerugian head merepresentasikan energi mekanik yang berubah menjadi energi thermal yang tidak diinginkan dan kehilangan energi karena perpindahan panas akibat gesekan pada setiap satuan massa fluida[1].

Head loss total merupakan penjumlahan dari head loss major akibat efek gesekan pipa dan head loss minor akibat berbagai fitting pipa seperti elbow, junction dan instrumen perpipaan lainnya. Head loss major pada aliran laminar didapatkan dengan persamaan

$$h_l = 32 \frac{L \mu V}{D \rho D} = \left(\frac{64}{Re} \right) \frac{L V^2}{D 2}$$

Sedangkan untuk aliran turbulen menggunakan persamaan

$$h_l = f \frac{L V^2}{D 2}$$

Dengan nilai friction factor didapatkan dari diagram moody atau persamaan

$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$$

Untuk head loss minor didapatkan dengan persamaan

$$h_l = K \frac{\bar{v}^2}{2}$$

Computational Fluid Dynamics

Computational Fluids Dynamics atau yang biasa disingkat CFD adalah salah satu cara menyelesaikan dan menganalisa kasus yang berhubungan dengan aliran fluida. CFD menggunakan analisa numerik dengan bantuan komputer untuk menyelesaikan perhitungan serta plot hasil fenomena aliran tersebut. Terdapat beberapa tahapan dalam pengerjaan simulasi dengan CFD, yaitu

1. Modelling

Pada penelitian akan dilakukan analisis pada bagian percabangan sistem. Modul uji Branch Line System memiliki ukuran pipa $\frac{3}{4}$ inch pada bagian percabangannya dimana terdapat dua cabang pada setiap percabangan yaitu 90° dan 180° . Pada CFD digunakan Desain Modeller untuk membuat geometri simulasi.

2. Meshing

Meshing adalah sebuah metode dalam CFD yang digunakan untuk menganalisa aliran fluida dengan memecah domain menjadi sub domain yang lebih kecil seperti berbentuk hexahedral atau tetrahedral untuk 3D dan quadrilateral dan triangle untuk 2D kemudian persamaan digunakan untuk menyelesaikan setiap subdomain. Subdomain ini kemudian dinamakan elemen atau sel yang dalam jumlah banyak disebut sebagai mesh atau grid. Tindakan untuk menemukan grid atau mesh yang tepat disebut dengan grid independence. Hal ini dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan atau eksperimen dengan hasil simulasi pada setiap mesh yang digunakan. Mesh yang terpilih akan digunakan dalam setiap variasi. Metode meshing yang digunakan adalah tetrahedrons dengan jumlah cell 449051 karena memiliki plot kontur yang lebih baik terutama pada bagian percabangan.

3. Penentuan Turbulence Model

Turbulence model adalah sebuah model matematika untuk memprediksi efek akibat turbulensi pada sebuah kasus aliran fluida. Penentuan turbulence model yang digunakan secara tepat akan memberikan hasil simulasi yang lebih mendekati keadaan aktual. Sukhapure pada penelitiannya menggunakan k- ϵ / SST untuk menganalisa aliran pada percabangan dengan fluida kerja air. Paál menggunakan Reynolds stress model (RSM) dan k- ϵ /SST pada penelitiannya tentang prediksi numerik aliran turbulen pada Tee junction dengan sudut 90° . Turbulence model yang digunakan didapatkan dengan melakukan percobaan berbagai turbulence model yaitu k- ϵ , k- ω / SST, SST dan RSM. Turbulence model yang digunakan untuk simulasi adalah k- ω / SST.

4. Boundary Conditions

Boundary Conditions adalah kondisi dari batasan kontrol yang berfungsi untuk mendefinisikan kasus simulasi tersebut. Kondisi batas yang digunakan dalam simulasi kasus dengan konfigurasi A+B serta debit 17 LPM adalah sebagai berikut

Bagian	Boundary Conditions	Nilai
Inlet	<i>Velocity-inlet</i>	0.9949683 m/s
Outlet Tee1, 90°		0.5
Outlet Tee2, 90°	<i>Outflow</i>	0.5
Outlet Tee2, 180°		0
Wall	Wall	<i>No roughness</i>

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

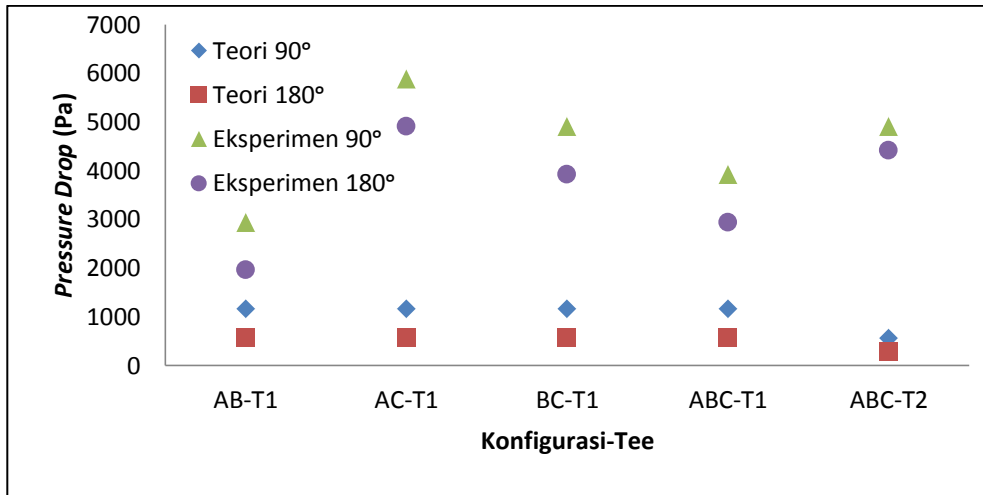
Bagian ini Pengambilan data dilakukan dengan mengondisikan aliran terbagi menjadi dua pada konfigurasi A+B, A+C dan B+C. Sedangkan untuk konfigurasi A+B+C, aliran massa dibagi menjadi 1/3 pada setiap cabang. Setelah itu dilakukan pengambilan data berupa nilai tekanan pada inlet dan outlet setiap tee junction berdasarkan konfigurasi yang digunakan dalam pengambilan data.

Perhitungan teoritis dilakukan dengan menggunakan debit masuk percabangan sebesar 17 LPM serta koefisien kerugian (K) cabang sebesar 0,9 untuk line flow dan 2,1 untuk branch flow. Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa perhitungan teoritis baik pada cabang 90° dan 180° memiliki nilai kerugian kehilangan tekanan yang sama pada setiap konfigurasi. Hal ini dikarenakan nilai kecepatan masuk percabangan memiliki nilai yang sama sedangkan nilai kerugian kehilangan tekanan pada cabang 90° lebih besar daripada cabang 180° karena perbedaan nilai koefisien kerugian. Nilai kerugian kehilangan tekanan pada tee-2 konfigurasi A+B+C secara teoritis lebih rendah karena tee-2 konfigurasi A+B+C memiliki kecepatan masuk percabangan yang lebih rendah dari konfigurasi lain.

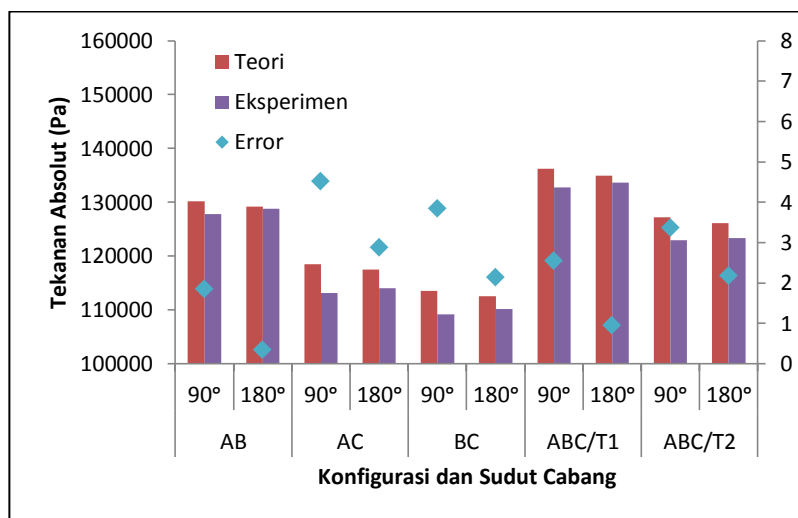
Tabel 1. Data Hasil Eksperimen dan Perhitungan Teoritis

Konfigurasi	Teoritis		Eksperimen	
	90°	180°	90°	180°
AB-T1	1160,5	566,9	2942,0	1961,3
AC-T1	1160,5	566,9	5884,0	4903,3
BC-T1	1160,5	566,9	4903,3	3922,7
ABC-T1	1160,5	566,9	3922,7	2942,0
ABC-T2	560,4	276,6	4903,3	4413,0

Hasil perhitungan teoritis dan eksperimen memiliki karakteristik yang sama: nilai kerugian kehilangan tekanan pada percabangan 90° lebih besar daripada 180°. Nilai kerugian kehilangan tekanan pada *tee-1* secara urut dari yang terkecil hingga terbesar berdasarkan konfigurasinya adalah; A+B, A+B+C dan A+C. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kerugian kehilangan tekanan juga dipengaruhi oleh konfigurasi percabangan.



Gambar 5. Grafik perbandingan kerugian kehilangan tekanan

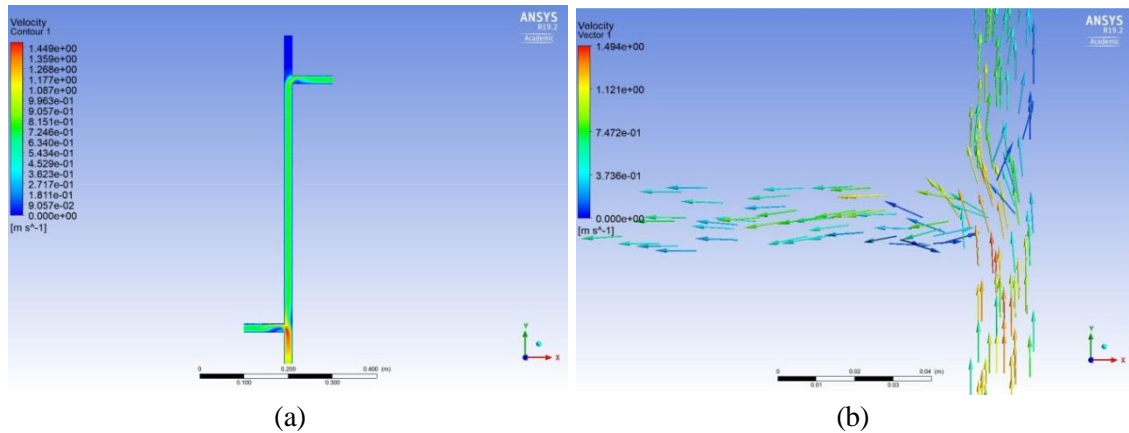


Gambar 6. Grafik nilai tekanan hasil perhitungan, eksperimen dan error-nya

Tekanan absolut adalah jumlah dari tekanan gauge dan tekanan atmosfer. Tekanan absolut pada perhitungan teoritis didapatkan dengan mengurangi nilai tekanan *inlet* dengan kerugian kehilangan tekanan major dan minor pada *tee junction* tersebut. Pada Gambar 6 dapat diketahui nilai tekanan absolut pada cabang 90° dan 180° berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan eksperimen memiliki tingkat ketidakakuratan sekitar 0,3% hingga 4,5%. Nilai ketidakakuratan tertinggi sebesar 4,5% pada cabang 90° konfigurasi A+C sedangkan terendah sebesar 0,3% pada cabang 180° konfigurasi A+B.

Konfigurasi A+B dipilih untuk dilakukan simulasi karena memiliki nilai *pressure drop* yang paling rendah diantara yang lainnya. Pada gambar 7a diketahui bahwa aliran mengalami kerugian akibat *head loss mayor* karena pada kontur kecepatannya lebih lambat pada dinding pipa. Hal ini diakibatkan efek gesekan dinding pipa dengan fluida yang memiliki viskositas. Sedangkan *head loss mayor* dapat diketahui dari adanya zona berkecepatan rendah pada cabang 90° dan cabang 180°. Nilai kerugian kehilangan tekanan pada pada cabang 90° lebih besar daripada cabang 180°. Hal ini dapat

disebabkan cabang 90° yang memiliki zona berkecepatan rendah lebih besar daripada cabang 180° . Selain itu, pada cabang 90° juga terdapat aliran separasi yang juga mempengaruhi nilai kerugian kehilangan tekanan pada *tee junction* (gambar 7b).



Gambar 7. (a) kontur kecepatan (b) vektor kecepatan dan separasi

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai kerugian kehilangan tekanan semakin tinggi dengan kecepatan yang lebih besar, fenomena separasi mengakibatkan nilai kerugian kehilangan tekanan semakin tinggi dan nilai kerugian kehilangan tekanan pada cabang 90° lebih besar daripada cabang 180° . Kehilangan kerugian tekanan paling rendah terdapat pada konfigurasi A+B sedangkan nilai kerugian kehilangan tekanan paling tinggi terdapat pada konfigurasi A+C.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fox, R. W., McDonald, A.T. (2011). *Introduction to Fluid Mechanics, 8th edition*. John Wiley and Son, Inc.
- [2] Andreanto, D., Nugroho, S., Bahrul Ulum, A. (2017). *Studi Eksperimen Pengaruh Branch Line System terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah X, Surabaya.
- [3] Nimadge, G.B., Chopade, S.V. (2017). *CFD Analysis Of Flow through T-Junction of Pipe*. International Research Journal of Engineering and Technology.
- [4] Sukhpure, K., Burns, A., Mahmud, T., Spooner, J. (2017). *CFD Modelling and Validation of Head Losses in Pipe Bifurcations*. International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, pp. 489-494.
- [5] Štigler, J., Klas, R., Šperka, O. (2014). *Characteristics of the T-Junction with the Equal Diameter of All Branches for the Variable Angle of the Adjacent Branch*. EDP Sciences.
- [6] Messina, J. (2007) "Pump Handbook," 4th ed.