

## Analisis Rugi Energi Tekanan Pada Pemisahan Aliran Terhadap Variasi Sudut Sambungan Y

Syamsul Arifin<sup>1</sup>, Rustan Tarakka<sup>1</sup> dan Mahbub Arfah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, 90245

<sup>2</sup>Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, Sulawesi Selatan-Indonesia  
Jl. Yos Soedarso No. 2 Makassar, 90211  
E-mail: rustan\_tarakka@yahoo.com

### Abstrak

Pada instalasi perpipaan banyak dipakai sambungan yang berfungsi untuk membelokan, membagi aliran menjadi bercabang dan menggabungkan aliran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sambungan Y terhadap koefisien kerugian tekanan akibat pemisahan aliran fluida yang menyebabkan penurunan unjuk kerja dari suatu sistem. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Data penelitian terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat. Pengambilan data dilakukan dengan variasi laju aliran pada pipa cabang 3-1 dan pipa cabang 3-2, serta variasi sambungan Y. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar sudut percabangan ( $\alpha$ ) pada seksi uji maka semakin besar pula koefisien kerugian  $K_{3-1}$ ,  $K_{3-2}$ ,  $K_{total}$  yang diperoleh dimana koefisien kerugian terbesar terjadi pada sudut ( $\alpha$ )  $105^0$  sekitar 0,570 – 1,12. Peningkatan bilangan Reynolds yang diperoleh dengan variasi laju aliran yang diberikan, juga mengakibatkan kenaikan koefisien kerugian  $K_{3-1}$  dan  $K_{3-2}$ . Peningkatan bilangan Reynolds (Re) akan berpengaruh terhadap kerugian tekanan (h) pada sudut sambungan Y ( $\alpha$ )  $45^0$ ,  $60^0$ ,  $75^0$ ,  $90^0$ ,  $105^0$ .

**Keywords:** Sambungan Y, variasi sudut, pemisahan aliran, koefisien kerugian, penurunan tekanan

### Pendahuluan

Perkembangan ilmu mekanika fluida dari waktu ke waktu semakin pesat. Demikian juga halnya dengan aplikasi ilmu mekanika fluida, baik itu dalam dunia industri, dunia maritim maupun dalam kehidupan sehari-hari. Pada industri banyak menggunakan instalasi perpipaan yang berfungsi untuk mengalirkan fluida ke tempat tujuan. Pada instalasi perpipaan tersebut, banyak dipakai sambungan yang berfungsi untuk membelokan, membagi aliran menjadi bercabang dan menggabungkan aliran. Pemisahan aliran fluida pada percabangan merupakan hal yang tidak dapat dihindari sehingga menurunkan unjuk kerja dari suatu sistem.

Penelitian aliran dalam pipa (*internal flow*) pertama oleh dilakukan oleh Julius Weisbach pada tahun 1850 yang meneliti rugi pada hulu pipa. Kemudian dilanjutkan oleh Henry Darcy pada tahun 1857 dengan melakukan eksperimen aliran pipa dan mengungkap efek kekasaran pada hambatan pipa yang dikenal dengan persamaan Darcy-Weisbach. Sementara pada tahun 1883,

Osborne Reynold melakukan eksperimen melalui pipa klasiknya yang memperlihatkan pentingnya bilangan Reynolds dalam aliran fluida.

Selama fluida mengalir melalui pipa, banyak terjadi rugi tekanan yang disebut rugi tekanan major (*major head loss*) dan rugi tekanan minor (*minor head loss*) (ME-105, 2010). Kerugian major adalah rugi tekanan yang terjadi karena gesekan fluida dengan dinding sepanjang pipa. Sementara, kerugian minor adalah kerugian akibat fluida melewati sambungan. Aliran yang terjadi pada percabangan pipa mengakibatkan aliran menjadi turbulen dan separasi, sehingga koefisien gesek menjadi tinggi dan menyebabkan penurunan tekanan yang akan berpengaruh pada energi yang dibutuhkan oleh Pompa (Salimin, 2009). Aliran turbulen mempunyai koefisien gesek yang lebih tinggi dibandingkan dengan aliran laminar, tingginya koefisien gesek berpengaruh secara langsung pada besarnya penurunan tekanan dan besarnya energi yang diperlukan untuk mengalirkan fluida (Indartono, 2006).

Kualitas pipa dan *fitting* kecuali ditentukan berdasarkan kualitas fisik berupa tampilan warna, dimensi, sistim koneksi (ulir atau *flange*) dan lain sebagainya ditentukan pula oleh *head losses* apabila dialiri fluida. Semakin

besar *head losses* semakin berkurang kualitas pipa dan *fitting* tersebut. Kualitas fisik dapat mudah dikenali oleh konsumen, namun *head losses* harus dilakukan penelitian laboratorium (Suhariono, 2008). Variasi sudut sambungan belokan pipa mengakibatkan *head losses* berbanding terbalik dengan kecepatan. semakin besar nilai *head losses* maka kecepatan semakin kecil. Naiknya nilai *head losses* disebabkan oleh semakin besarnya sudut sambungan belokan pipa sehingga mengakibatkan nilai *minor losses* semakin besar walaupun terjadi penurunan pada *major losses* (Zainuddin dkk 2012).

Untuk rugi tekanan (*head loss*) pada pipa bengkok telah diteliti oleh Abubaker et.al (2003), dimana kerugian gesek mayor mempunyai pengaruh signifikan pada kerugian gesekan total ketika perbandingan *bend curvatur radius* ( $r$ ) dan *bend diameter* ( $D$ ) di atas 0,92 dan koefisien kerugian serta separasi paling besar jika arah aliran berubah secara tajam dan *radius curvature* sama dengan nol. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Salem et al (2003)

Penelitian tentang efek sudut pada karakteristik aliran dalam sambungan Tee  $90^\circ$  telah dilakukan oleh N.P. Costa et. al (2006). Variasi tekanan, kecepatan rata-rata dan kecepatan turbulen yang terjadi pada aliran air di dalam bentuk sudut tajam dan sudut bundar pada sambungan Tee  $90^\circ$  yang diukur pada rasio aliran 50% dengan bilangan Reynolds 32.000 untuk sudut tajam dan 30.000 untuk sudut melingkar. Dari kedua bentuk geometri tersebut, koefisien rugi-rugi cabang aliran lebih tinggi dari pada pipa utama karena penggabungan (*combining*) aliran terjadi dalam pipa cabang. Sambungan sudut bundar untuk ( $r/R = 0,1$ ) menyebabkan tingginya turbulensi dalam pipa cabang yang menghasilkan daerah gelembung sirkulasi balik yang lebih pendek, lebih tipis dan lebih lemah sehingga koefisien rugi-rugi berkurang pada aliran cabang. Sementara, kenaikan disipasi koefisien aliran cabang dan rugi energi ( $K_D$ ) cukup beralasan bahwa sambungan Tee sudut bundar lebih efisien untuk semua bilangan Reynolds.

Apabila fluida mengalir melalui suatu percabangan maka akan terjadi separasi yang mengakibatkan terjadinya kerugian tekan. Menurut Dwiyantoro (2004), adanya percabangan pada aliran fluida inkompresibel menyebabkan terganggunya aliran akibat separasi yang menyebabkan kerugian dari tekanan total. Tumbukan yang terjadi pada percabangan pipa mengakibatkan aliran menjadi turbulen, sehingga koefisien gesek menjadi tinggi dan menyebabkan penurunan tekanan yang akan berpengaruh pada energi yang dibutuhkan oleh pompa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut sambungan  $Y$  ( $\alpha$ )  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $105^\circ$  dengan perubahan bilangan Reynold ( $Re$ ) terhadap nilai kerugian tekanan ( $h$ ) dimana  $h$  sebagai fungsi dari  $Re$ .

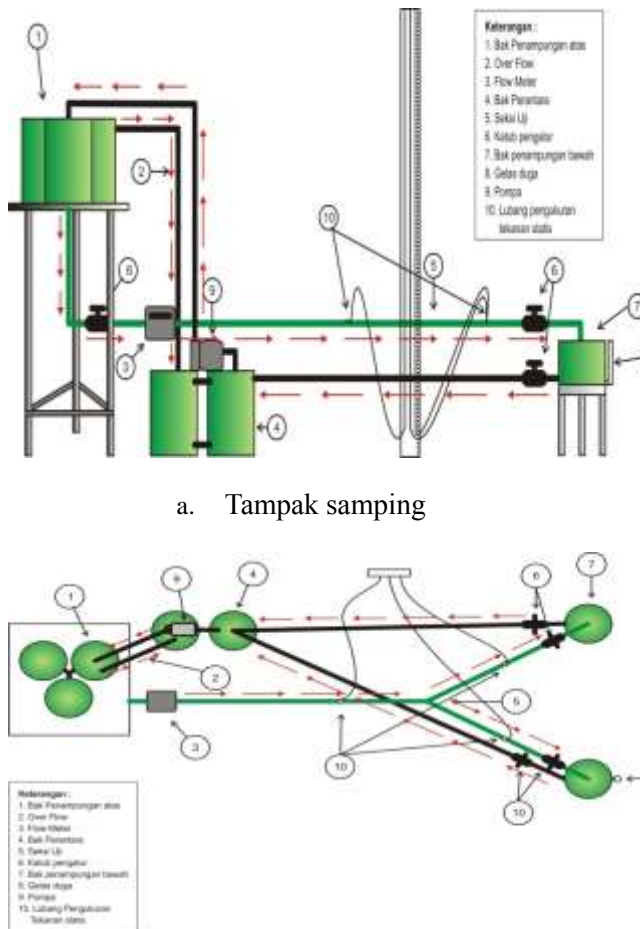
## Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Adapun bahan dan peralatan yang akan digunakan adalah :

- 1) Bahan penelitian  
Fluida kerja yang digunakan adalah air .
- 2) Alat instalasi penelitian
  - a) Tangki air  
Tangki air berfungsi untuk tempat penampungan fluida yang digunakan untuk penelitian.
  - b) Pipa uji  
Pipa yang digunakan adalah pemisahan (*dividing*) pipa dengan sudut  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $105^\circ$  yang terbuat dari bahan pipa PVC dengan diameter 0.0381 m.
  - c) Pompa  
Pompa berfungsi untuk mensirkulasikan fluida kerja. Pompa yang digunakan adalah model AQUA 401 A dengan total *head* 20,5 meter, kapasitas 340 liter/menit dan putaran 2850 rpm
  - d) Katup  
Untuk mengatur debit aliran yang divariasikan sesuai dengan kebutuhan pada penelitian.
  - e) Manometer papan  
Manometer digunakan untuk mengukur tekanan fluida kerja pada instalasi penelitian.
  - f) Flow meter  
Flow meter yang digunakan adalah jenis *flow rite* dengan batas ukur 0 – 999 L (liter). Flow meter berfungsi untuk mengukur laju aliran fluida kerja yang masuk pada seksi uji.
  - g) Termometer  
Digunakan untuk mengukur temperatur ruangan dan fluida kerja selama proses sirkulasi.

Variabel penelitian yang digunakan terdiri dari variable bebas (*independent variable*) dan variabel tidak bebas (*dependent variable*). Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas, sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah laju aliran ( $Q$ ) sebelum dan setelah melewati sambungan pipa  $Y$  dan variasi sudut sambungan  $Y$  ( $\alpha$ ). Sementara, variabel tidak bebas adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sebelum penelitian, tetapi besarnya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel tidak bebas adalah bilangan Reynolds ( $Re$ ),

koefisien kerugian (*loss coefficients*) ( $K_{3,1}$ ,  $K_{3,2}$ ) dan besarnya rugi tekanan (*head loss*) ( $h_k$ ). Eksperimen set-up penelitian ditampilkan pada Gb. 1.



a. Tampak samping

b. Tampak atas

Gambar 1. Eksperimen set-up

### Hasil dan Pembahasan

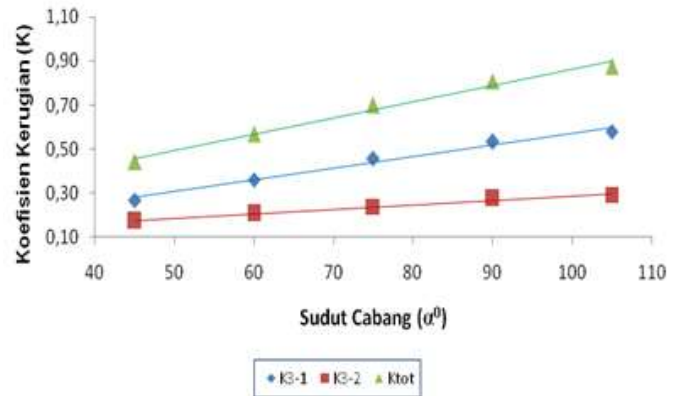
*Hubungan koefisien kerugian dengan perubahan sudut pada setiap sudut cabang*

Hubungan koefisien kerugian,  $K_{3,1}$ ,  $K_{3,2}$  dan  $K_{total}$  dengan perubahan sudut pada setiap cabang diperlihatkan pada Gb. 2. Sementara, nilai koefisien kerugian,  $K_{3,1}$ ,  $K_{3,2}$  dan  $K_{total}$  ditampilkan pada Tabel 1.

Gb. 2 dan Tabel 1 memberikan informasi bahwa secara umum dengan adanya kenaikan sudut cabang maka akan mengakibatkan nilai koefisien kerugian, baik itu  $K_{3,1}$ ,  $K_{3,2}$  maupun  $K_{total}$  mengalami kenaikan.

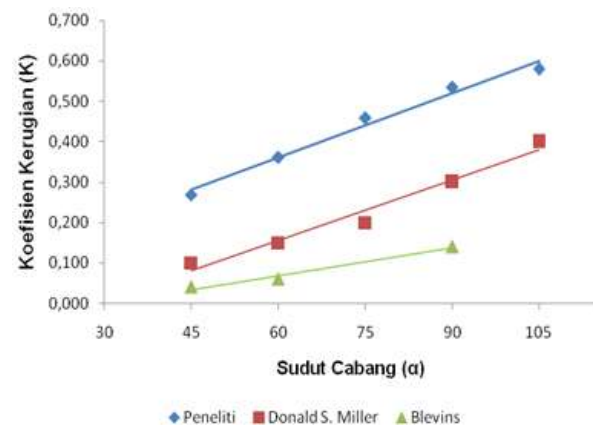
**Tabel 1.** Nilai koefisien kerugian  $K_{3,1}$ ,  $K_{3,2}$  dan  $K_{total}$

No	Nilai K	Sudut cabang				
		45 <sup>0</sup>	60 <sup>0</sup>	75 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	105 <sup>0</sup>
1	$K_{3,1}$	0.269	0.361	0.459	0.534	0.580
2	$K_{3,2}$	0.173	0.207	0.239	0.275	0.293
3	$K_{total}$	0.442	0.567	0.698	0.809	0.873



**Gambar 2.** Hubungan koefisien kerugian ( $K_{3,1}$ ,  $K_{3,2}$  dan  $K_{total}$ ) dengan perubahan sudut cabang

Perbandingan hasil penelitian untuk hubungan koefisien kerugian ( $K_{3,1}$ ) dengan perubahan sudut cabang ( $\alpha$ ) dengan peneliti sebelumnya ditampilkan pada Gb. 3 dan Tabel 2.



**Gambar 3.** Perbandingan hasil penelitian untuk hubungan koefisien kerugian ( $K_{3,1}$ ) dengan perubahan sudut cabang ( $\alpha$ ) dengan peneliti sebelumnya

Dari Gb. 3 dan Tabel 2, terlihat bahwa semakin besar sudut cabang maka koefisien kerugian akan naik. Hal tersebut dapat pula dikatakan bahwa setiap cabang yang mengalami perubahan mendekati lurus maka koefisien kerugian semakin kecil, begitu juga sebaliknya apabila perubahan sudut semakin membesar dan mendekati percabangan berbentuk T (*T Junction*) maka koefisien

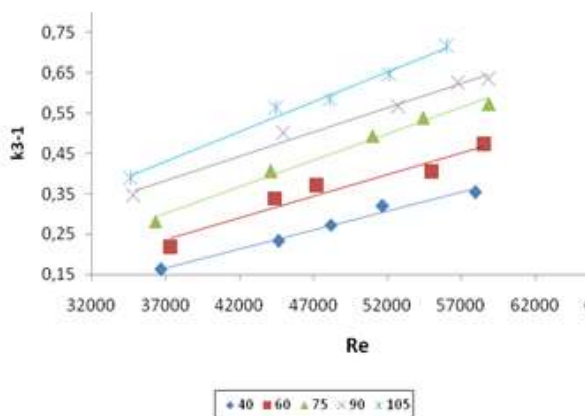
kerugiannya juga semakin besar. Hal serupa juga terjadi untuk percabangan yang berbentuk Y simetris (Y Junction). Hasil penelitian yang diperoleh diperkuat dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Miller, D.S. dan Blevins.

**Tabel 2.** Nilai perbandingan hasil penelitian untuk hubungan koefisien kerugian ( $K_{3-1}$ ) dengan perubahan sudut cabang ( $\alpha$ ) dengan peneliti sebelumnya

No	Peneliti	Sudut cabang				
		45 <sup>0</sup>	60 <sup>0</sup>	75 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	105 <sup>0</sup>
1	Donald S. Miller	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
2	Blevins	0.04	0.06	-	0.14	-
3	Hasil Penelitian	0.26	0.36	0.45	0.53	0.58

*Hubungan koefisien kerugian ( $K_{3-1}$ ) dengan bilangan Reynolds ( $Re$ ) pada setiap cabang*

Hubungan koefisien kerugian ( $K_{3-1}$ ) dengan bilangan Reynolds ( $Re$ ) pada setiap cabang ditampilkan pada Gb. 4. Dari Gb. 4 diinformasikan bahwa semakin besar bilangan Reynolds maka  $K_{3-1}$  akan bertambah dan semakin besar sudut cabang ( $\alpha$ ) pada sambungan Y maka  $K_{3-1}$  juga akan mengalami peningkatan. Hal ini dimaksudkan bahwa pada percabangan yang berbentuk Y (*dividing Y junction*), meningkatnya bilangan Reynolds maka akan berdambak lurus terhadap perubahan koefisien kerugian pada cabang, khususnya  $K_{3-1}$ .



**Gambar 4.** Koefisien kerugian ( $K_{3-1}$ ) terhadap bilangan Reynolds ( $Re$ ) pada setiap sudut cabang

*Hubungan koefisien kerugian total ( $K_{total}$ ) dengan bilangan Reynolds pada setiap cabang.*

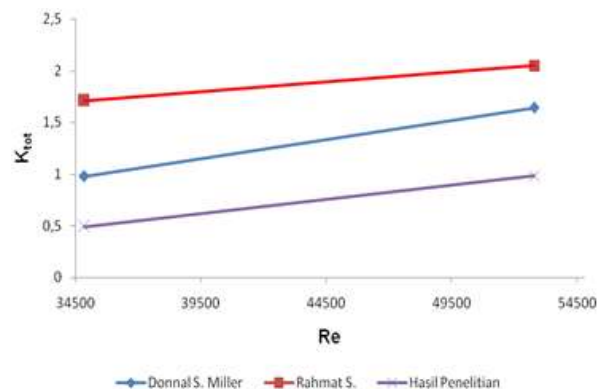
Koefisien kerugian total adalah penjumlahan antara koefisien kerugian tiap cabang. Nilai perbandingan hasil penelitian untuk hubungan koefisien kerugian ( $K_{tot}$ ) dengan perubahan sudut cabang ( $\alpha$ ) dengan peneliti sebelumnya diberikan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3, terlihat bahwa koefisien kerugian ( $K_{tot}$ ) akan mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan sudut cabang. Hal ini disebabkan karena semakin besar sudut pada percabangan maka semakin besar tahanannya. Pada percabangan Y (*dividing Y "conocal junction"*) diperoleh hasil bahwa membesarnya sudut percabangan maka semakin besar pula nilai koefisien totalnya. Hal ini juga diinformasikan pada hasil penelitian sebelumnya dengan menggunakan percabangan "*Lateral Dividing Branch*" dimana menunjukkan kesimpulan yang sama (Bassett, M.D. et.al, 2001). Sementara, hasil yang serupa juga diperoleh oleh Miller D.S. (1996) dan Subagyo R. (2007).

**Tabel 3.** Nilai perbandingan hasil penelitian untuk hubungan koefisien kerugian ( $K_{tot}$ ) dengan perubahan sudut cabang ( $\alpha$ ) dengan peneliti sebelumnya

No	Peneliti	Sudut/ Koefisien Kerugian Total				
		45 <sup>0</sup>	60 <sup>0</sup>	75 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	105 <sup>0</sup>
1	Donald S. Miller	0.827	-	-	0.98	-
		0.933	-	-	1.641	-
2	Rahmat Subagyo	1.02	1.14	-	1.17	-
		1.096	1.23	-	2.05	-
3	Hasil Penelitian	0.232	0.310	0.404	0.490	0.570
		0.629	0.783	0.924	0.982	1.121

Sementara, perbandingan hasil penelitian untuk hubungan koefisien kerugian ( $K_{tot}$ ) dengan bilangan  $Re$  pada sudut cabang ( $\alpha$ ) 90<sup>0</sup> dengan peneliti sebelumnya diperlihatkan pada Gb.5.



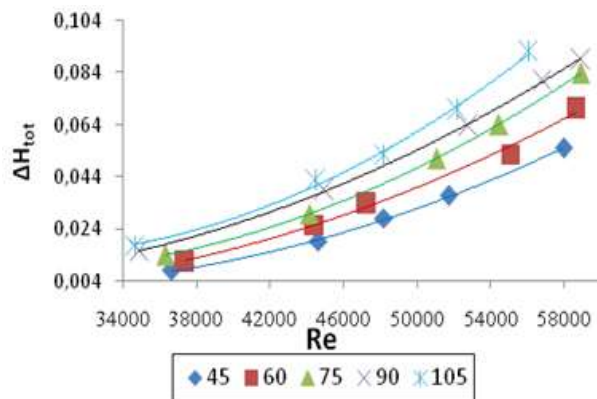
**Gambar 5.** Perbandingan hasil penelitian untuk hubungan koefisien kerugian ( $K_{tot}$ ) dengan bilangan  $Re$  pada sudut cabang ( $\alpha$ ) 90<sup>0</sup> dengan peneliti sebelumnya.

Gb. 5. memberikan informasi dengan adanya peningkatan bilangan Reynolds maka  $K_{total}$  akan meningkat. Dari Gb. 5, juga terlihat bahwa koefisien kerugian  $K_{total}$  yang diperoleh lebih kecil apabila dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Miller D.S. (1996) dan Subagyo R. (2007).

*Hubungan kerugian tekanan ( $\Delta H_{total}$ ) dengan bilangan Reynold ( $Re$ ) pada setiap sudut cabang*

Dalam ilmu mekanika fluida kita kenal ada dua jenis kerugian head yaitu kerugian mayor (*major head losses*) dan kerugian minor (*minor head losses*). Pada penelitian ini seksi uji yang digunakan adalah pipa halus (*smooth pipe*) dan percabangan (*dividing*) dari kecil ke besar mulai dari sudut  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dan  $105^{\circ}$ .

Hubungan kerugian tekanan ( $\Delta H_{total}$ ) dengan bilangan Reynolds ( $Re$ ) setiap sudut cabang diperlihatkan pada Gb. 6. Dari Gb. 6, terlihat bahwa kerugian tekanan mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya bilangan Reynolds untuk masing-masing sudut cabang yang diberikan. Demikian pula untuk kenaikan sudut cabang dimana kerugian tekanan mengalami peningkatan.



Gambar 6. Hubungan  $\Delta H_{total}$  terhadap bilangan Reynolds,  $Re$  Pada setiap sudut cabang.

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap pemisahan aliran pada variasi sudut percabangan pipa (*dividing*  $Y$ ) dengan sudut ( $\alpha$ )

$45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dan  $105^{\circ}$  maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Perubahan sudut pada seksi uji memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kenaikan koefisien kerugian pada  $K_{3-1}$ ,  $K_{3-2}$  dan  $K_{total}$ . Adapun nilai koefisien kerugian yang diperoleh adalah :
2.
  - $K_{3-1}(45^{\circ}-105^{\circ}) = (0.163 - 0.716)$
  - $K_{tot}(45^{\circ}-105^{\circ}) = (0.232 - 1.121)$
  - $K_{3-2}(45^{\circ}-105^{\circ}) = (0.045 - 0.405)$
3. Peningkatan bilangan Reynolds ( $Re$ ) berpengaruh terhadap perubahan nilai koefisien kerugian ( $K$ ) pada setiap cabang. Adapun Reynolds yang diperoleh adalah :
  - $Re(45^{\circ}-105^{\circ}) = (36674 - 56076)$
4. Peningkatan bilangan Reynolds ( $Re$ ) berpengaruh terhadap nilai kerugian tekanan ( $H$ ) pada sudut sambungan  $Y$  ( $\alpha$ )  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $105^{\circ}$ . Adapun nilai kerugian tekanan yang diperoleh adalah :
5.
  - $\Delta H_{3-1}(45^{\circ}-105^{\circ}) = (0.002 - 0.033)$
  - $\Delta H_{3-2}(45^{\circ}-105^{\circ}) = (0.006 - 0.059)$
  - $\Delta H_{total}(45^{\circ}-105^{\circ}) = (0.008 - 0.092)$

**Nomenklatur**

- K koefisien kerugian
- H kerugian tekanan
- Q laju aliran ( $m^3/s$ )

*Greek letters*

- $\alpha$  sudut cabang (derajat)

*Subscripts*

- Re Reynolds

**Referensi**

Dwiyantoro Arip, B. Studi Ekperimental Tentang pengaruh Protituding (Tonjolan) pada Pipa Lurus Bercabang  $45^{\circ}$  dan  $60^{\circ}$  terhadap Distribusi Kecepatan dan Tekanan Aliran, ITS, Surabaya, 2004.

M.D. Bassett, DE Winterbone & RJ Pearson, Calculation of Steady Flow Pressure Loss Coefficient For Pipe Junction. UK, 2001.

ME – 105 Mechanical Engineering Laboratory, Spring Quarter (2010). Pipe Flow, ([www.google.com](http://www.google.com)), diakses 1 Oktober 2012.

Miller S. Donald, Internal Flow Systems, Volume 5, 1996

E. Wylie Benyamin & Priyono Arko, Mekanika Fluida, Jilid 1 Edisi 8, Erlangga, Jakarta, 1996

N.P. Costa & R. Mania, Edge Effects on the Flow Characteristics in a 90 deg Tee Junction, Journal of Fluids Engineering, Vol. 128, pp. 1204:1217, 2006.

R. Donald, Harleman F., W James & Daily, Fluid Dynamics, Wesley Publishing Company, Inc. Canada, 1966.

Salimin. (2009). Pengaruh Perubahan Aliran Terhadap Koefisien Kerugian ([www.google.com](http://www.google.com)), diakses 1 Oktober 2012.

Salem A Abubaker., Yousif A. Saib & Nassar F.Yasser, Study of the Separated and Total losses in Bends, Proceedings of the International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Bali, Indonesia, 2003.

Suhariono Edi, Analisa Head Losses dan Koefisien Gesek Pada Pipa. Kalimantan Scientiae, 2008.

White M. F., Mekanika Fluida, Jilid 1, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1994.

White M. F., Fluid Mechanics. Sixth Edition, Mc Graw – Hill International Edition, New York, 2008.

William Kent. Hand Book Mechanical Enginners, In Two Volume, Twelfth Edition, Tokyo, Japan, 1937.

Y. Indartono Setyo, Meredam Turbulensi Membuat Air Mengalir (jauh) lebih cepat, Artikel Iptek, 2006

Zainudin, Sayoga Adi Made I & Nuarsa Made I., Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head losses Aliran Pipa. Vol. 2 No. 2 Juli 2012 ISSN: 2088-088X. Mataram, 2012.