

PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA CABANG TERHADAP KOEFISIEN KERUGIAN PADA PEMISAHAN ALIRAN

Musrady Mulyadi¹⁾

Abstract: The research aimed to investigate: (1) the influence of flow rate ratio of loss coefficient (k) at the branch pipe with angle 45° , (2) the value of the local loss coefficient (k) that occurs in the branch pipe diameter variations (branch) at, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, and $1\frac{1}{2}$ inch, then straight pipe with a diameter 2 inches, and (3) the effect of changing ratio between branch diameter pipe and a straight pipe to the loss coefficient (k) on the pipe branch. The research was conducted with a form of experiment, namely the dividing flow in a 45 Tee Junction with variation diameter PVC pipe. After that it was calculated the local coefficient of losses incurred by changes discharge ratio of 0.0 to 1. The results reveal that the increasing of flow ratio with a variation branch pipe diameter increase the total loss coefficient, K_{total} . Discharge ratio 0.0 to 1, the value of the local loss coefficient from the main to the branch of K_{3-1} in $\frac{1}{2}$ inch diameter branch pipe 1.11 until 7.29, $\frac{3}{4}$ inch diameter 1.17 until 2.85, 1 inch diameter of 1.07 to 1.82, $1\frac{1}{4}$ inch diameter 1.08 until 1.40 and $\frac{1}{2}$ inch diameter 1.02 to 0.92, while the local loss coefficient related to the flow in the main of K_{3-2} range from 0.04 until 0.48 for all variations of the branch pipe diameter. The smaller ratio of the diameter of the branch pipes with the main pipe will increase the value of the total losses coefficient.

Keywords: coefficient of loss, dividing of flow, the branch pipe.

I. PENDAHULUAN

Percabangan pipa banyak digunakan dalam sistem perpipaan di industri, pertambangan dan distribusi air. Rangkaian pipa-pipa tersebut didesain sedemikian rupa sehingga mampu memenuhi kebutuhan akan pendistribusian fluida. Berbagai jenis dan sudut serta ukuran diameter percabangan pipa dalam sistem perpipaan akan menghasilkan distribusi aliran yang berbeda-beda. Pada instalasi banyak dipakai sambungan yang berfungsi untuk membelokan, membagi aliran menjadi bercabang dan menggabungkan aliran.

Selama fluida mengalir melalui pipa, banyak terjadi rugi tekanan yang disebut rugi tekanan mayor (*major head loss*) dan rugi tekanan minor (*minor head loss*) (Mechanical Engineering Laboratory Spring Quarter, 2003). Kerugian *major* adalah rugi tekanan yang terjadi karena gesekan fluida dengan dinding sepanjang pipa dan kerugian *minor* adalah kerugian akibat fluida melewati sambungan.

Aliran turbulen mempunyai koefisien gesek yang lebih tinggi dibandingkan dengan aliran laminar, tingginya koefisien gesek berpengaruh secara langsung pada

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

besarnya penurunan tekanan dan pada akhirnya pada besarnya energi yang diperlukan untuk mengalirkan fluida (Setyo, 2006)

Apabila fluida mengalir melalui suatu percabangan maka akan terjadi separasi yang mengakibatkan terjadinya kerugian tekan. Menurut Arip (2004), adanya percabangan pada aliran fluida *incompressible* menyebabkan terganggunya aliran akibat separasi yang menyebabkan kerugian dari tekanan total.

Dalam penelitiannya, Costa (2006) tentang efek sudut pada karakteristik aliran dalam sambungan *Tee-90°* 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°* yang diukur pada rasio 50% dengan dengan bilangan Reynold 32000 untuk sudut tajam dan 30000 untuk sudut melingkar, dari kedua bentuk geometri tersebut koefisien rugi-rugi cabang aliran lebih tinggi dari pada pipa utama karena pemisahan (*separation*) aliran terjadi dalam pipa cabang.

Hagar (1994) menganalisa perbedaan rugi tekanan pada pipa utama dengan pipa cabang yang disebabkan oleh perbedaan luas penampang aliran yang melewati masing-masing saluran dimana besarnya sudut pipa pemisah berpengaruh pada luas penampang aliran pipa.

Nyoman Pujianiki dan Bambang Susanto (2005) menganalisa tentang kehilangan tenaga akibat perubahan kecepatan aliran, kekasaran dan luas penampang pipa pada pengaliran dalam pipa, dalam penelitiannya diperoleh kecepatan dan kekasaran pipa sebanding dengan kehilangan tenaga dimana bertambahnya kecepatan dan kekasaran pipa menyebabkan kehilangan tenaga, sedangkan luas penampang pipa berbanding terbalik dengan kehilangan tenaga, dimana dengan bertambahnya luas penampang pipa menyebabkan kehilangan tenaga akan semakin kecil. Tumbukan yang terjadi pada percabangan pipa mengakibatkan aliran terjadi turbulen, sehingga koefisien gesek menjadi tinggi dan menyebabkan penurunan tekanan yang akan berpengaruh pada energi yang dibutuhkan oleh pompa. Metode yang paling umum digunakan untuk menentukan kerugian-kerugian *head* atau penurunan tekanan adalah dengan menentukan koefisien kerugian (K) (Bruce R. Munson, 2003). Seberapa besar pengaruh variasi diameter pipa cabang terhadap koefisien kerugian pada pemisahan aliran dipercabangan pipa.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini dilakukan dalam bentuk eksperimental yang dititik beratkan pada :

Bagaimana pengaruh rasio laju aliran terhadap koefisien kerugian (K) pada pipa cabang sudut 45° , seberapa besar nilai koefisien kerugian (K) yang terjadi pada variasi diameter pipa cabang (*branch*) masing-masing $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, dan $1\frac{1}{2}$ inci dengan diameter pipa utama (lurus) 2 inci dan bagaimana efek perubahan rasio diameter pipa cabang dengan pipa utama (lurus) terhadap koefisien kerugian (K) pada pipa cabang sudut 45° .

Tujuan penelitian ini adalah :

Mengetahui besarnya pengaruh rasio laju aliran terhadap koefisien kerugian (k) pada pipa cabang sudut 45° , mengetahui besarnya nilai koefisien kerugian (k) yang terjadi

3 Musrady Mulyadi, Pengaruh Variasi Diameter Pipa Cabang terhadap Koefisien Kerugian pada Pemisahan Aliran

pada variasi diameter pipa cabang (*branch*) masing-masing $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, dan $1\frac{1}{2}$ inci dengan diameter pipa utama/lurus 2 inci dan menentukan besarnya pengaruh perubahan rasio diameter pipa cabang dengan pipa utama/lurus terhadap koefisien kerugian (K) pada pipa cabang.

Klasifikasi aliran pada fluida yaitu fluida sempurna (ideal), fluida nyata (real), *compressible* dan *incompressible*. Suatu fluida sempurna tidak memiliki sifat kekentalan dan tidak dapat dimampatkan. Konsep fluida sempurna memungkinkan untuk memecahkan perumusan matematik yang lebih sederhana.

Pada analisis pemisahan aliran pada pipa cabang (*dividing*) digunakan :

- **Persamaan Kontinuitas:**

$$Q = A_1 U_1 = A_2 U_2$$

Kekekalan Momentum:

$$F = \frac{d}{dt} (m v).$$

- **Hukum Kekekalan energi:**

$$\Delta Q = \Delta E - \Delta W$$

- **Persamaan Bernoulli:**

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} + z = \text{tetap}$$

Karena pipa mempunyai penampang yang sama maka berlaku persamaan energi untuk aliran steady:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{1}{2} \alpha_1 U_1^2 + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{1}{2} \alpha_2 U_2^2 + gZ_2 + gh_f$$
 Jika usaha poros dan pemindahan kalor

diabaikan dan aliran dianggap berkembang penuh. Persamaan Darcy-Weisbach berlaku untuk aliran dalam pipa. Koefisien gesek (*f*) untuk aliran turbulen. Kriteria untuk menjelaskan tipe aliran dalam pipa adalah kenaikan Bilangan Reynoldsnnya yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho U D}{\mu}$$

Aliran di dalam pipa bundar adalah laminar jika bilangan Reynoldsnnya kurang dari kira-kira 2100. Aliran di dalam pipa bundar adalah turbulen jika bilangan Reynoldsnnya lebih besar kira-kira 4000. Untuk bilangan Reynolds diantara kedua batas tersebut, aliran akan berubah dari keadaan laminar menjadi turbulen dengan perilaku acak yang jelas (transisi). (Bruce R. Munson, 2003). Untuk sebuah sistem perpipaan, disamping kerugian *Major* yang dihitung untuk seluruh panjang pipa, ada pula yang disebut kerugian *Minor*. Kerugian head total dalam pipa adalah penambahan antara kerugian *major* dan kerugian *minor* yang dirumuskan : $h_L = h_f + h_m$. Dari hasil eksperimen para ahli dengan fluida pada Bilangan Reynolds yang tinggi memperlihatkan bahwa kerugian *minor* adalah sama dengan hasil kali energi kinetik persatuan berat dari fluida dengan koefisien kerugian :

$$h_m = K \frac{U^2}{2g}$$

Dimana :

h_m = kerugian *minor* (m H₂O)

K = koefisien kerugian

U = kecepatan aliran (m/s)

g = gaya gravitasi (9,81 m/s²)

Aliran melalui percabangan (*dividing*) biasanya berfungsi untuk membagi atau mengkombinasikan dari beberapa aliran fluida. Dalam industri pipa bercabang juga digunakan sebagai alat penyaring kotoran atau pemisah antara air dengan uap. Koefisien kerugian pada percabangan bergantung pada (sumber, Miller 1970) :

- Perbandingan luasan pada saluran (Leg)
- Sudut antar cabang
- Radius percabangan

Dengan asumsi diatas maka persamaan energi menjadi : $\int_{cs} \left(u + \frac{p}{\rho} + gh + \frac{U^2}{2} \right) \rho U dA = 0$

Dimana : $e = u + \frac{U^2}{2} + gh$

Maka, aplikasi pada pemisahan aliran (*dividingflow*) $\int_{cs} \left(u + \frac{U^2}{2} + gh + \frac{p}{\rho} \right) \rho U dA = 0$

$$\dot{m}_3 \left(\frac{p_3}{\rho} + \frac{U_3^2}{2} \right) = \dot{m}_2 \left(\frac{p_2}{\rho} + \frac{U_2^2}{2} \right) + \dot{m}_1 \left(\frac{p_1}{\rho} + \frac{U_1^2}{2} \right) + \dot{m}_3 \Delta h_l$$

Jika $\Delta h_l = K \left(\frac{1}{2} \rho U^2 \right)$ maka diperoleh koefisien kerugian adalah :

$$K = \frac{\dot{m}_3 \left(\frac{p_3}{\rho} + \frac{U_3^2}{2} \right) - \dot{m}_2 \left(\frac{p_2}{\rho} + \frac{U_2^2}{2} \right) - \dot{m}_1 \left(\frac{p_1}{\rho} + \frac{U_1^2}{2} \right)}{\dot{m}_3 \left(\frac{1}{2} \rho U_3^2 \right)}$$

Untuk mencari K_{3-2} di ambil nilai $\dot{m}_1 = 0$, maka $\dot{m}_3 = \dot{m}_2$

$$K_{32} = \frac{\left(\frac{p_3}{\rho} + \frac{U_3^2}{2} \right) - \left(\frac{p_2}{\rho} + \frac{U_2^2}{2} \right)}{\left(\frac{1}{2} \rho U_3^2 \right)}$$

Karena $p = \rho gh$ maka :

5 Musrady Mulyadi, Pengaruh Variasi Diameter Pipa Cabang terhadap Koefisien Kerugian pada Pemisahan Aliran

$$K_{32} = \frac{\left(h_3 + \frac{U_3^2}{2g}\right) - \left(h_2 + \frac{U_2^2}{2g}\right)}{\frac{U_3^2}{2g}}$$

Dengan cara sama diperoleh Koefisien kerugian K_{31} :

$$K_{31} = \frac{\left(h_3 + \frac{U_3^2}{2g}\right) - \left(h_1 + \frac{U_1^2}{2g}\right)}{\frac{U_3^2}{2g}}$$

Kerugian tekanan yang terjadi pada pemisahan aliran adalah:

$$\Delta H_{3-1} = K_{3-1} \frac{U_3^2}{2g} \qquad \Delta H_{3-2} = K_{3-2} \frac{U_3^2}{2g}$$

II. METODE PENELITIAN

Bahan dan peralatan yang akan digunakan adalah fluida air sistem sirkulasi dengan alat instalasi berupa tangki penampungan, pipa uji pipa cabang dengan diameter $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $1,1\frac{1}{4}$ dan $1\frac{1}{2}$ inci dan diameter pipa lurus 2 inci, yang terbuat dari bahan pipa pvc dan instalasi pipa lainnya juga menggunakan pipa pvc, pompa berfungsi untuk mensirkulasikan fluida, katup untuk mengatur debit aliran yang akan divariasikan, sesuai dengan kebutuhan pada penelitian, manometer untuk mengukur tekanan fluida, flow meter jenis rotameter, termometer mengukur temperatur fluida kerja selama proses sirkulasi.

Prosedur Penelitian

Dilakukan pemasangan seksi uji yaitu sambungan *Tee* dengan sudut 45° pada instalasi alat. Pelaksanaan penelitian/pengambilan data sebagai berikut:

Perencanaan instalasi pengujian dan pembuatan pipa uji dengan variasi diameter pipa cabang $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $1,1\frac{1}{4}$ dan $1\frac{1}{2}$ inci. Pemasangan pipa instalasi, pipa uji dan tangki dan pemasangan alat ukur manometer dengan jarak $35d$ (h_3) dan $55d$ untuk h_2 dan h_1 . (Mac Serre, 2007), mengisi bak penampungan dengan air dan memastikan pompa bekerja dengan baik dan memeriksa serta memastikan tidak terjadi kebocoran terhadap unit instalasi pipa. Memeriksa alat ukur yang akan digunakan dan memastikan bekerja dengan benar. Pada waktu aliran terlihat stabil pada *flowmeter* maka, diatur debit alirannya dengan mengatur katub utama pada posisi pembukaan 100%. Perhatikan debit yang terlihat pada rotameter. Kemudian dilakukan pencatatan data-data penelitian. Data yang diambil yaitu h_1 , h_2 dan h_3 pada manometer, waktu pengisian air pada tabung skala ukur, Q_2 pada rotameter, dan temperatur air.

Langkah selanjutnya adalah melakukan variasi debit aliran, hal ini dilakukan dengan jalan mengatur posisi pembukaan katub dan memperhatikan debit pada rotameter. Pada masing-masing variasi debit, kita lakukan lagi pencatatan data-data.

Setelah selesai pengambilan data untuk satu seksi uji, kemudian pompa dimatikan, dan dilakukan pengesetan alat untuk seksi uji berikutnya.

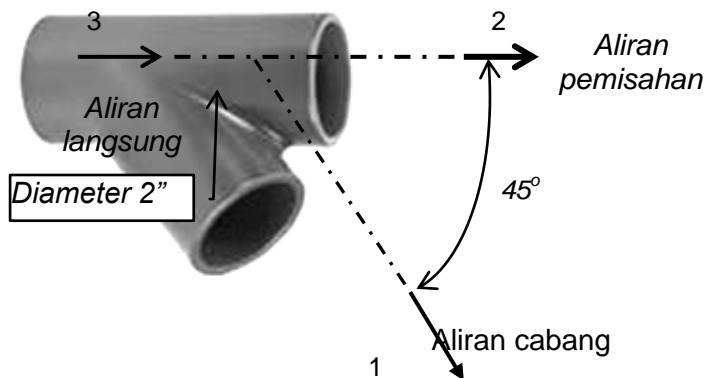
a. Variabel Penelitian

Terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat, di mana masing-masing sebagai berikut:

1. Variabel bebas (*independent variable*). Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat, sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah laju aliran (Q) yang melewati pemisahan pada cabang pipa dan diameter (d) pipa cabang (*branch*).

2. Variabel terikat (*dependent variable*) Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sebelum penelitian, tetapi besarnya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat adalah rasio perubahan debit, koefisien kerugian (*Loss Coefficients*) (K_{31} , K_{32} dan K_{tot}) dan besarnya rugi tekanan (*head loss*) (h_k).

b. Seksi penelitian pemisahan aliran pada pipa cabang 45°



Gambar 1. Seksi penelitian pemisahan aliran sudut cabang 45° dengan variasi diameter pipa cabang.

Teknik Pengolahan Data

Mengukur debit pada Q_2 (aliran langsung) dan Q_1 (aliran pemisahan) kemudian menghitung Q_3 (aliran langsung), menghitung kecepatan pada masing-masing percabangan (U_1 , U_2 dan U_3) dimana $U_1 = \frac{Q_1}{A_1}$, $U_2 = \frac{Q_2}{A_2}$, $U_3 = \frac{Q_3}{A_3}$

Menghitung Bilangan Reynolds (Re_1 , Re_2 , dan Re_3) menggunakan persamaan $Re = \frac{\rho U D}{\mu}$, ($\rho, \mu =$ berdasarkan temperatur fluida). Menghitung faktor gesek

berdasarkan Bilangan Reynolds dan kekasaran relatif ε/d (berdasarkan jenis pipa yang digunakan). Menghitung rugi tekanan (h_{f1} , h_{f2} , dan h_{f3}). Mengukur tekanan statik

7 Musrady Mulyadi, Pengaruh Variasi Diameter Pipa Cabang terhadap Koefisien Kerugian pada Pemisahan Aliran

di setiap titik percabangan (h_1 , h_2 dan h_3) dan menghitung tekanan statik sebenarnya = $h_{\text{pengukuran}} - h_f$.

Menghitung nilai koefisien (K)

$$K_{32} = \frac{\left(h_3 + \frac{U_3^2}{2g}\right) - \left(h_2 + \frac{U_2^2}{2g}\right)}{\frac{U_3^2}{2g}} \quad K_{31} = \frac{\left(h_3 + \frac{U_3^2}{2g}\right) - \left(h_1 + \frac{U_1^2}{2g}\right)}{\frac{U_3^2}{2g}}$$

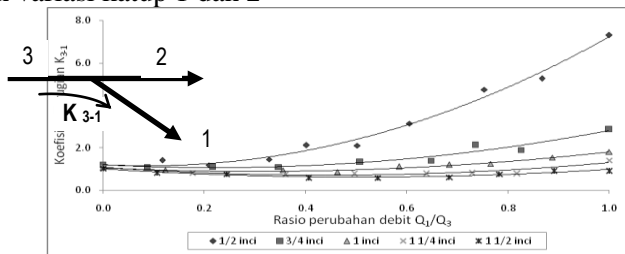
Menghitung koefisien kerugian total (K_{toi}) = $K_{32} + K_{31}$

Menghitung total kerugian tekanan akibat pemisahan aliran. $\Delta H_{\text{cabang}} = K_{\text{cabang}} \frac{U^2}{2g}$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Variasi Laju Aliran Cabang 2 (Q_2) dan Cabang 1 (Q_1)

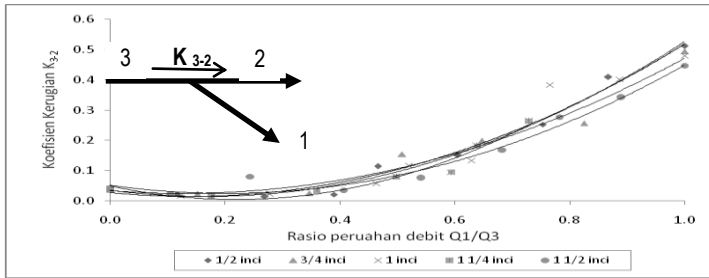
a. Koefisien Kerugian (K_{3-1}) sebagai fungsi dari rasio perubahan debit (Q_1/Q_3) dengan variasi katup 1 dan 2



Gambar 2. Grafik Koefisien kerugian (K_{3-1}) terhadap rasio perubahan debit (Q_1/Q_3) dengan variasi katup 1 dan 2

Dari gambar 2 terlihat bahwa untuk pipa cabang diameter $\frac{1}{2}$ inci terjadi kenaikan nilai koefisien kerugian (K_{3-1}) dari 1.11 sampai 7.29 dengan nilai perbandingan debit (Q_1/Q_3) dari 0.0 sampai 1, pipa cabang diameter $\frac{3}{4}$ inci terjadi kenaikan nilai koefisien kerugian (K_{3-1}) dari 1.0 sampai 2.85 dengan nilai perbandingan debit (Q_1/Q_3) dari 0.0 sampai 1, pipa cabang diameter 1 inci terjadi kenaikan nilai koefisien kerugian (K_{3-1}) dari 1.0 sampai 1.82 dengan nilai perbandingan debit (Q_1/Q_3) dari 0.0 sampai 1, pipa cabang diameter $1\frac{1}{4}$ inci terjadi kenaikan nilai koefisien kerugian (K_{3-1}) dari 1.0 sampai 1.4 dengan nilai perbandingan debit (Q_1/Q_3) dari 0.0 sampai 1 dan pipa cabang diameter $1\frac{1}{2}$ inci terjadi penurunan nilai koefisien kerugian (K_{3-1}) dari 1.0 sampai 0.92 dengan nilai perbandingan debit (Q_1/Q_3) dari 0.0 sampai 1. Hubungan koefisien kerugian (K_{3-1}) terhadap rasio debit (Q_1/Q_3) untuk variasi diameter pipa cabang terlihat bahwa semakin besar rasio debit (Q_1/Q_3) maka semakin besar nilai koefisien kerugian K_{3-1} untuk semua variasi diameter pipa cabang dan nilai koefisien kerugian K_{3-1} yang terkecil terjadi pada diameter pipa cabang terbesar ($1\frac{1}{2}$ inci).

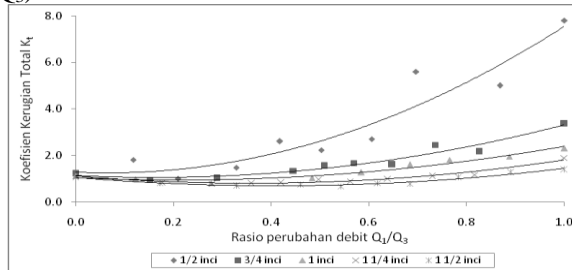
b. Koefisien Kerugian (K_{3-2}) sebagai fungsi dari rasio perubahan debit (Q_1/Q_3) dengan variasi katup 1 dan 2



Gambar 3. Grafik Koefisien kerugian ($K_{3.2}$) terhadap rasio perubahan debit (Q_1/Q_3) dengan variasi katup 1 dan 2

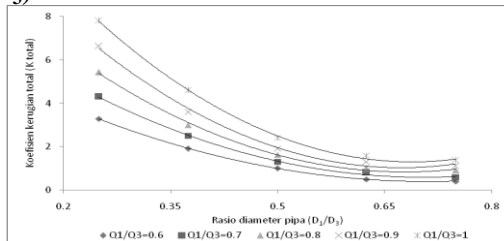
Dari gambar 3.2, menunjukkan peningkatan nilai koefisien kerugian pipa utama ($K_{3.2}$) berkisar 0.04 sampai 0.48 terhadap perubahan kenaikan rasio perubahan debit (Q_1/Q_3) dari 0.0 sampai 1.0, dengan hasil yang hampir sama untuk berbagai variasi diameter pipa cabang sehingga dari grafik ini mengindikasikan bahwa nilai koefisien $K_{3.2}$ tidak terpengaruh oleh perubahan diameter pipa percabangan. Hal ini diperkuat dengan hasil kumpulan penelitian *Fluid Engineering Series Volume 5* BHRA (D.S Miller).

- c. Koefisien kerugian total ($K_{3.1} + K_{3.2}$) sebagai fungsi dari rasio perubahan debit (Q_1/Q_3)



Gambar 4. Grafik Koefisien kerugian total (K_{total}) terhadap rasio perubahan debit (Q_1/Q_3)

- 2. Koefisien Kerugian total (K_{tot}) sebagai fungsi dari rasio diameter pipa cabang (D_1/D_3)



Gambar 5. Grafik Koefisien kerugian total (K_{total}) terhadap Diameter pipa cabang (3-1)

Dari gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar rasio perubahan debit maka semakin besar pula kenaikan nilai Koefisien kerugian (K_{total}), pada semua variasi diameter pipa cabang dengan rasio 0.0 sampai 1.0 koefisien kerugian total pipa cabang ½ inci terjadi kenaikan 1.15 sampai 7.80, pipa cabang ¾ inci koefisien kerugian total 1.21 sampai 3.35, pipa cabang 1 inci koefisien kerugian total 1.11 sampai 2.30, pipa 1¼ inci koefisien kerugian total 1.12 sampai 1.89 dan pipa cabang 1½ inci koefisien kerugian totalnya 1.06 sampai 1.37.

Hubungan antara perbandingan debit pipa cabang (Q_1) dengan dengan pipa utama (Q_3) terhadap koefisien kerugian total (K_{total}) dengan variasi laju aliran pada cabang 2 (Q_2) dan cabang 1 (Q_1) menunjukkan bahwa semakin besar rasio perubahan debit maka semakin tinggi nilai koefisien kerugian totalnya untuk masing-masing diameter pipa cabang. Kenaikan koefisien kerugian pada pipa cabang ½ inci terjadi mulai pada rasio debit 0.3, pipa cabang ¾ dan 1 inci kenaikan koefisien kerugian mulai pada rasio debit 0.5 dan pipa cabang 1¼ inci dan 1½ inci kenaikan koefisien kerugian dimulai pada rasio debit 0.6. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak debit yang dialirkan menuju pipa cabang maka nilai koefisien kerugian meningkat pada semua variasi diameter pipa cabang, hal tersebut terjadi akibat perubahan luas penampang pipa cabang dimana semakin kecil diameter pipa cabang sementara debit yang masuk ke pipa percabangan sangat besar hal tersebut menyebabkan terjadinya kecepatan dan turbulensi yang tinggi di sekitar saluran masuk pipa percabangan, sehingga terjadi penurunan tekanan.

A. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan serta gambar grafik dari hasil penelitian yang dilakukan yang dianalisis berupa evaluasi data pengukuran dan dan perhitungan serta mempelajari kecenderungan yang terjadi sesuai dengan tujuan yang dicapai :

- a. Pengujian yang dilakukan pada seksi pipa cabang K_{3-1} dengan variasi diameter pipa cabang ½, ¾, 1, 1¼ dan 1½ inci dengan sepuluh variasi rasio laju aliran dari 0.0 sampai 1.0 dimana perubahan rasio debit yang meningkat, nilai koefisien kerugian K_{3-1} untuk semua variasi diameter pipa juga mengalami peningkatan, untuk pipa cabang diameter ½ inci koefisien kerugian K_{3-1} antara 1.07 sampai 7.29, diameter ¾ inci antara 1.17 sampai 2.86, 1 inci antara 1.07 sampai 1.82, diameter 1¼ inci antara 1.08 sampai 1.4 dan diameter 1½ inci antara 0.92 sampai 1.02 hasil tersebut ditabelkan pada lampiran F dan diringkaskan dalam tabel 8 dan gambar grafik 4.7, hal ini terjadi karena arah aliran dari cabang 3-1 dibelokkan dengan debit yang meningkat sehingga terjadi tumbukan pada sudut percabangan serta meningkatnya kecepatan dan turbulensi setelah aliran melewati saluran masuk pipa cabang, hal tersebut berpengaruh terhadap penurunan tekanan.
- b. Pada pengujian seksi pipa lurus dengan variasi laju aliran cabang 3-2 dimana dengan meningkatnya rasio perubahan debit 0.0 sampai 1.0 mengakibatkan

nilai koefisien kerugian (K_{3-2}) berkisar 0.036 sampai 0.48 nilai tersebut berkisar sama untuk berbagai variasi diameter pipa cabang, hal ini menunjukkan nilai koefisien kerugian K_{3-2} tidak dipengaruhi oleh perubahan diameter pipa cabang. Nilai koefisien kerugian K_{3-2} lebih kecil bila dibandingkan dengan koefisien kerugian (K_{3-1}), karena nilai koefisien kerugian K_{3-2} pada pipa utama/lurus tidak mengalami hambatan atau perubahan geometris pipa.

Koefisien kerugian total adalah penjumlahan antara koefisien kerugian tiap cabang. Dari hasil penelitian hubungan koefisien kerugian total terhadap rasio debit pada variasi diameter pipa cabang menunjukkan koefisien kerugian total paling besar pada diameter pipa cabang $\frac{1}{2}$ inci, kemudian $\frac{3}{4}$ inci, 1 inci, $1\frac{1}{4}$ inci dan $1\frac{1}{2}$ inci. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh nilai koefisien kerugian total terhadap variasi perubahan diameter pipa cabang dimana semakin kecil luas aliran yang melewati pipa cabang semakin besar pula nilai koefisien kerugiannya hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak debit yang dialirkan menuju pipa cabang yang berdiameter kecil nilai koefisien kerugian akan meningkat, debit yang besar masuk ke pipa percabangan yang berdiameter kecil menyebabkan terjadinya kecepatan aliran yang tinggi sehingga terjadi turbulensi dan separasi yang tinggi di sekitar saluran masuk pipa percabangan sehingga terjadi penurunan tekanan.

Ini menunjukkan hubungan nilai koefisien kerugian terhadap rasio diameter pipa cabang, dimana semakin besar rasio diameter pipa cabang maka nilai koefisien kerugian semakin kecil, hal ini menunjukkan ada hubungan antara nilai koefisien kerugian dengan rasio diameter pipa cabang.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan terhadap pemisahan aliran sudut cabang 45^0 dengan variasi diameter pipa cabang ($\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$ dan $1\frac{1}{2}$ inci), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Peningkatan rasio perubahan debit pada laju aliran pipa cabang 3-1 dan pipa cabang 3-2 dengan variasi diameter pipa cabang mengakibatkan kenaikan nilai koefisien kerugian total (K_{total}) pada sambungan pipa sudut 45^0 . Dengan demikian perubahan rasio laju aliran mempengaruhi nilai koefisien kerugian untuk semua diameter pipa cabang.
2. Besarnya nilai koefisien kerugian (K) pada variasi rasio laju aliran dan diameter pipa cabang adalah:
 - a. Koefisien kerugian (K) pada tiap cabang:

$$\begin{array}{ll}
 K_{3-1(\frac{1}{2} \text{ inci})} = 1.11 - 7.29 ; & K_{3-2(\frac{1}{2} \text{ inci})} = 0.036 - 0.51 \\
 K_{3-1(\frac{3}{4} \text{ inci})} = 1.17 - 2.85 ; & K_{3-2(\frac{3}{4} \text{ inci})} = 0.04 - 0.494 \\
 K_{3-1(1 \text{ inci})} = 1.07 - 1.82 ; & K_{3-2(1 \text{ inci})} = 0.04 - 0.48
 \end{array}$$

11 *Musrady Mulyadi, Pengaruh Variasi Diameter Pipa Cabang terhadap Koefisien Kerugian pada Pemisahan Aliran*

$$K_{3-1(1/4 \text{ inci})} = 1.08 - 1.40 ; \quad K_{3-2(1/4 \text{ inci})} = 0.041 - 0.483$$

$$K_{3-1(1/2 \text{ inci})} = 1.02 - 0.92 ; \quad K_{3-2(1/2 \text{ inci})} = 0.04 - 0.45$$

3. Perbandingan diameter pipa cabang dengan pipa utama/lurus yang kecil akan meningkatkan nilai koefisien kerugian pada cabang K_{3-1} dimana semakin kecil diameter pipa cabang maka akan semakin besar nilai koefisien kerugiannya, sedangkan koefisien kerugian K_{3-2} cenderung sama untuk variasi diameter pipa cabang, menunjukkan K_{3-2} tidak di pengaruhi oleh perubahan diameter pipa cabang. Koefisien rugi-rugi pada percabangan aliran lebih tinggi dari pada pipa utama akibat pemisahan (*dividing*) aliran terjadi dalam pipa cabang.

B. Saran - saran

1. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan bervariasi radius sudut percabangan.
2. Dalam instalasi pendistribusian air sebaiknya dihindari penggunaan pemisahan aliran/percabangan dengan penggunaan diameter pipa cabang yang terlalu kecil, kecuali untuk penggunaan khusus.
3. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan variasi perubahan sudut cabang dan variasi diameter pipa cabang.

V. DAFTAR PUSTAKA

- ME-105 Mechanical Engineering laboratory, Spring Quarter 2003, *Pipe Flow*, www.Google.com. diakses 10 Januari 2010
- Abubaker A. Salem, Saib A. Yousif & Yasser F. Nassar, 2003, *Study of the Separated and Total losses in Bends*, Proceedings of the International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Bali, Indonesia.
- Arip Dwiyanoro, B., 2004, *Studi Ekperimental Tentang pengaruh Protituding (Tonjolan) pada Pipa Lurus Bercabang 45⁰ dan 60⁰ terhadap Distribusi Kecepatan dan Tekanan Aliran*, ITS, Surabaya.
- Bruce R. Munson, Donald F. Young & T.H. Okiishi. 2003. *Fundamental of Fluid Mechanics*, Fourth Edition, John Wiley & Sons,
- Costa N.P., Mania.R, 2006. *Edge Effects on the Flow Characteristics in a 90 deg Tee Junction*, Journal of Fluids Engineering, Vol. 128, pp. 1204:1217, ([Http://link.aip.org/link/?JFEGA4/128/1204](http://link.aip.org/link/?JFEGA4/128/1204)), diakses 10 Januari 2010
- Daily James, W & Harleman Donald R. F., 1996. *Fluid Dynamics*, Addison-Wesley Publishing Company, inc.

- Hagar, W.H., 1984, *An Approximate treatment of flow in Branches and Bend*, Prod. Instn Mechanical Engineer, journal of mechanical Engineering Science.
- Kadir, 2008. *Pengaruh variasi sudut cabang terhadap koefisien kerugian pada penggabungan aliran*, Unhas, Makassar
- La Ode Musa, 2008. *Kaji Eksperimental Losses dengan Perubahan Laju Aliran pada Penggabungan Pipa*, Unhas, Makassar
- Miller S. Donald., *Internal Flow Sistem*, Vol-5, In the BHRA Fluid Engineering Series.
- M D Besset, D E Winterbone & R J Pearson, 2000, *Calculation of steady flow pressure loss coefficients for pipe Junctions*, Journal Proc Instn Engrs Vol 215 Part C
- Marc Serre & A. Jacob Odgaard, 1994. *Energy Loss at Combining Pipe Junction*, Journal ASCE Research Library, diakses 16 Januari 2010
- Muhammad Irsyad, 2007. *Studi Komputasi Distribusi Aliran fluida pada Percabangan Pipa Horisontal Dua Dimensi*, Unila, Bandar Lampung.
- Nyoman Pujianiki dan Bambang Susanto, 2005. *Kehilangan Tenaga Akibat Kecepatan Aliran, Kekasaran dan Luas Penampang pipa pada Pengaliran Dalam Pipa*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Univ. Udayana, Denpasar.
- Rahmat Subagyo, 2007. *Analisis Koefisien Kerugian dan Separasi pada Percabangan Pipa*, Unhas, Makassar.
- Weimin Zhu, 1995. *Characteristics of Dividing and Combining Flow*, Concordia University Montreal National of Library of Canada, diakses 25 Desember 2010