

---

**SUBMISSION 6****Simulasi Numerik Kerugian Energi Pada Siku Pipa**Sudirman Lubis<sup>1</sup>, Munawar Alfansury Siregar<sup>1</sup>, dan Wawan Septiawan Damanik<sup>1</sup><sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan

**Abstrak.** Pipa biasa digunakan untuk mengalirkan fluida seperti gas, cairan atau uap, dari satu tempat. Dalam pembuatan instalasi pipa akan selalu ditemukan berbagai jenis belokan yang akan mengakibatkan kerugian aliran atau kerugian energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerugian aliran atau energi yang terjadi pada instalasi pipa dengan belokan 90°, belokan siku, dan belokan 180° dengan variasi kecepatan aliran ( $v$ ) mulai dari bilangan Reynold ( $Re$ ) 1000 – bilangan Reynold ( $Re$ ) 7000 yang berupa head loss. Dilakukan dengan metode simulasi numerik menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yaitu Solidworks 2014. Pipa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa berbahan dasar tembaga dengan nilai kekasaran permukaan 1,5 mikrometer dan dengan ukuran standart Solidworks 2014. Adapun ukuran diameter luar 33,53 mm, diameter dalam 26,77 mm dan panjang pipa yaitu 2 m. Sedangkan fluida yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan air dengan suhu 25 C dengan nilai  $\rho$  sebesar 997,0 kg/m<sup>3</sup>. Perbandingan bilangan Reynold ( $Re$ ) terhadap *pressure drop* ( $\Delta P$ ) berbanding lurus terhadap *pressure drop* jika semakin besar bilangan Reynold maka semakin besar pula nilai *pressure drop*, nilai perbandingan bilangan Reynold ( $Re$ ) terhadap *head loss* berbanding lurus yang artinya jika semakin besar bilangan Reynold maka *head loss* (kerugian energi) juga semakin besar. Sedangkan perbandingan bilangan Reynold ( $Re$ ) terhadap koefisien kerugian ( $k$ ) berbanding terbalik terhadap nilai koefisien kerugian ( $k$ ). Semakin besar bilangan Reynoldnya maka nilai koefisien kerugiannya semakin kecil.

**Kata Kunci-** Belokan pipa; Kerugian energi; Simulasi numerik

**1. PENDAHULUAN**

Bentuk - bentuk kerugian energi pada aliran fluida antara lain dijumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian- kerugian tersebut diakibatkan oleh adanya gesekan dengan dinding, perubahan luas penampang, sambungan, katup - katup, siku pipa, percabangan pipa dan kerugian - kerugian khusus lainnya. Dengan mengetahui kehilangan atau kerugian energi dalam suatu sistem atau instalasi perpipaan yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, efisiensi penggunaan energi dapat ditingkatkan sehingga diperoleh keuntungan yang maksimal. Salah satu bagian dari instalasi perpipaan. Dalam penelitian ini yang dilakukan simulasi numerik kerugian energi pada siku pipa. Model numerik satu dimensi berdasarkan asumsi kerugian energi pada siku pipa dikembangkan untuk mengetahui kinerja energi pada pipa. Bentuk - bentuk kerugian energi pada aliran fluida antara lain dijumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian-kerugian tersebut diakibatkan oleh adanya gesekan dengan dinding, perubahan luas penampang, sambungan, katup - katup, belokan pipa, percabangan pipa dan kerugian - kerugian khusus lainnya. Dengan mengetahui kehilangan atau kerugian energi dalam suatu sistem atau instalasi perpipaan yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, efisiensi penggunaan energi dapat ditingkatkan sehingga diperoleh keuntungan yang maksimal. Salah satu bagian dari instalasi perpipaan yang dapat menyebabkan kerugian - kerugian adalah sambungan belokan pipa [1]. Besarnya *head losses* (kerugian – kerugian energi ) pada sambungan belokan pipa tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti: diameter aliran, debit, *viskositas*, dan sudut pada sambungan belokan pipa tersebut. Besarnya *head loss* yang terjadi tentunya akan mengurangi efisiensi pada aliran fluida. Dengan mempertimbangkan masalah ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh belokan pipa terhadap kerugian energi (*head loss* ) dengan metode analisa numerik berbasis komputer yaitu dengan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* 2014 untuk mempermudah proses analisa numerik. fluida merupakan suatu zat / bahan yang dalam keadaan setimbang tak dapat menahan gaya atau tegangan geser ( *shear force* ). Dapat pula didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir bila ada perbedaan tekanan dan atau tinggi. Suatu sifat dasar fluida nyata, yaitu tahanan terhadap aliran yang diukur sebagai tegangan geser yang terjadi pada bidang geser yang dikenai tegangan tersebut adalah *viskositas* atau kekentalan / kerapatan zat fluida [2].

Sebagai komponen penting dari pipa pengumpul gas bumi, elbows merupakan salah satu jenis fitting pipa yang digunakan untuk mengubah arah aliran. Sejak pengumpulan jaringan pipa mengangkut gas alam bertekanan tinggi tanpa dehidrasi atau pemurnian, bisa juga ada beberapa gas korosif (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, dll.) dan beberapa kotoran yang merugikan (air, pasir, dll.) di dalam pipa. Saat media yang diangkut mengalir siku, siku selalu rusak parah karena perubahan besar pola aliran di dalamnya. Secara alami pipa pengumpul gas, siku baja sering dihubungkan ke bagian pipa hulu dan hilir dengan pengelasan. Karena struktur mikro khusus, penampilan material, dan geometri, sambungan las juga merupakan komponen sensitif dalam hal kerusakan internal pipa [3]. Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh (Triatmojo, 1996). Fluida yang di alirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka atau karena tekanan di dalam pipa sama dengan tekanan atmosfer ( zat cair di dalam pipa tidak penuh ), aliran termasuk dalam pengaliran terbuka.

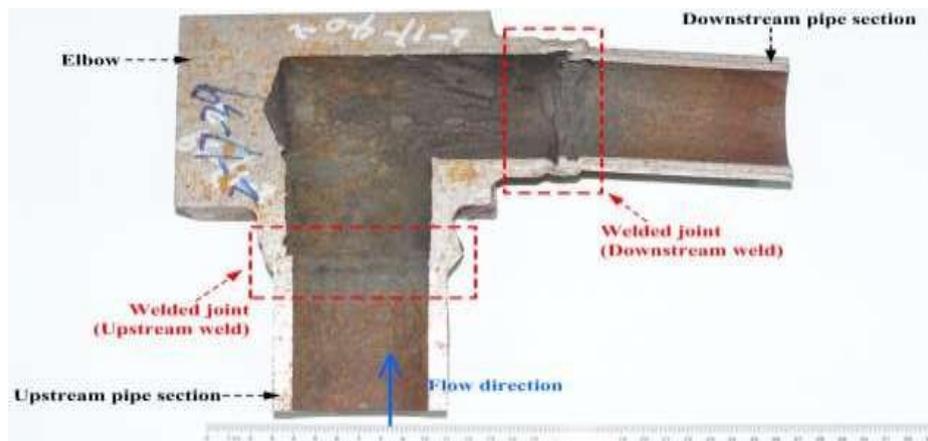
---

<sup>1</sup> Corresponding author: [sudirmanlubis@umsu.ac.id](mailto:sudirmanlubis@umsu.ac.id)

Karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan adalah zat cair. Tekanan di permukaan zat cair sepanjang saluran terbuka adalah tekanan atmosfer. Aliran *viskos* adalah aliran zat cair yang mempunyai kekentalan (*viskositas*). *Viskositas* terjadi pada temperature tertentu. Tabel 1.1. memberikan sifat air (*viskositas kinematik*) pada tekanan atmosfer dan beberapa temperature. Kekentalan adalah sifat zat cair yang dapat menyebabkan terjadinya tegangan geser pada waktu bergerak. Tegangan geser ini akan mengubah sebagian energi aliran dalam bentuk energi lain seperti panas, suara, dan sebagainya. Perubahan bentuk energi tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan energi. Aliran *viskos* dapat dibedakan menjadi 2 ( dua ) macam. Apabila pengaruh kekentalan (*viskositas*) adalah cukup dominan sehingga partikel - partikel zat cair bergerak secara teratur menurut lintasan lurus maka aliran disebut laminar. Aliran laminar terjadi apabila kekentalan besar dan kecepatan aliran kecil. Dengan berkurangnya pengaruh kekentalan atau bertambahnya kecepatan maka aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen. Pada aliran turbulen partikel - partikel zat cair bergerak secara tidak teratur [4].

Tabel 1.1 sifat air pada tekanan atmosfer

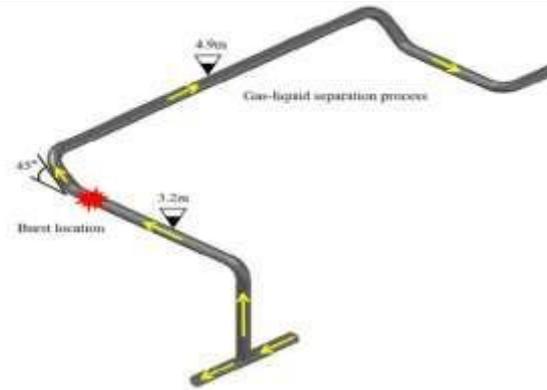
No.	Suhu ( C )	Density ( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup>	Viskositas Dinamik ( $\mu$ ) kg/m.s	Viskositas kinematik ( $\nu$ ) m <sup>2</sup> /s
1.	5	999,9	1,519 x 10 <sup>-3</sup>	1,520 x 10 <sup>-6</sup>
2.	10	999,7	1,307 x 10 <sup>-3</sup>	1,307 x 10 <sup>-6</sup>
3.	20	998,0	1,002 x 10 <sup>-3</sup>	1,002 x 10 <sup>-6</sup>
4.	25	997,0	0,891 x 10 <sup>-3</sup>	0,893 x 10 <sup>-6</sup>
5.	30	996,0	0,798 x 10 <sup>-3</sup>	0,802 x 10 <sup>-6</sup>
6.	40	992,1	0,653 x 10 <sup>-3</sup>	0,658 x 10 <sup>-6</sup>
7.	50	988,1	0,547 x 10 <sup>-3</sup>	0,554 x 10 <sup>-6</sup>
8.	60	983,3	0,467 x 10 <sup>-3</sup>	0,476 x 10 <sup>-6</sup>
9.	70	977,5	0,404 x 10 <sup>-3</sup>	0,413 x 10 <sup>-6</sup>
10.	80	971,8	0,355 x 10 <sup>-3</sup>	0,365 x 10 <sup>-6</sup>
11.	85	968,1	0,333 x 10 <sup>-3</sup>	0,342 x 10 <sup>-6</sup>



Gambar 1. Pipa

## Komputasi Dinamika Fluida

Berdasarkan analisis kondisi kerja aktual, ditemukan bahwa aliran air dalam pipa jauh lebih kecil dari aliran gas alam. Air cair akan didistribusikan secara seragam dalam fase gas dalam bentuk molekul air kabut, yaitu tidak cukup untuk menyediakan lingkungan solusi untuk terhindar dari korosi. Kita tidak mengetahui yang menyebabkan kegagalan tersebut. Dinamika fluida komputasi (CFD) banyak digunakan dalam simulasi dan prediksi perpindahan massa, perpindahan panas dan reaksi masalah kinetik pada struktur aliran, yang berguna untuk memahami fenomena aliran. Oleh karena itu, pekerjaan ini menganalisa morfologi korosi untuk menentukan jenis korosi, dan menggunakan simulasi computational fluid dynamics (CFD) untuk mempelajari keadaan fluida dalam siku 45 derajat dari pipa pengumpul gas alam. Ini bertujuan untuk memberikan penjelasan yang lebih realistis dan lebih jelas tentang mekanisme kegagalan jaringan pipa pengumpulan gas alam [5].



Gambar 2. Skema struktur proses aliran fluida pada pipa [5]

### Simulasi

Simulasi adalah suatu cara untuk menduplikasi / menggambarkan ciri, tampilan, dan karakteristik dari suatu sistem nyata. Ide awal dari simulasi adalah untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya, dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasarkan hasil dari simulasi. Dengan cara ini sistem di dunia nyata tidak tersentuh / diubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan diujicobakan dalam sistem model. Dengan mempertimbangkan masalah ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh belokan pipa terhadap kerugian energi (*head loss*) dengan metode analisa numerik berbasis komputer yaitu dengan menggunakan perangkat lunak *Solidworks 2014* untuk mempermudah proses analisa numeric.

### 2. METODE

Prosedur Penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah:

1. Menyiapkan desain simulasi kerugian energy yang dilakukan pada siku pipa
2. Tentukan ukuran yang akan dibuat siku pipa, panjang pipa, diameter pipa, jenis fluida, kecepatan aliran, dan laju aliran massa yang akan dilakukan pada simulasi numeric kerugian energy pada pipa
3. Merancang aliran simulasi kerugian energy pada pipa, dan menentukan fluida
4. Melakukan simulasi
5. Pengamatan simulasi sambil merekam semua pengamatan kecepatan aliran di pengaturan pipa siku dan melakukan simulasi numeric
6. Melakukan dokumentasi pengujian

### 3. HASIL

#### Hasil Simulasi.

Dalam penelitian ini, simulasi kerugian aliran yang dilakukan menggunakan 3 jenis variasi belokan yaitu pipa dengan belokan 90°, pipa dengan belokan siku, dan pipa dengan belokan 180° dengan masing – masing 7 ( tujuh ) simulasi pada setiap variasi belokan. Ketujuh simulasi tersebut berupa aliran dengan nilai bilangan *reynold* (Re) 1000 – bilangan *reynold* (Re) 7000. Simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *solidworks 2014*.

#### Pipa belokan 90°

Simulasi dilakukan sebanyak 7 ( tujuh ) kali percobaan, yaitu dimulai dari bilangan *reynold* (Re) 1000 – bilangan *reynold* (Re) 7000. Dari simulasi yang telah dilakukan, tercatat tekanan tertinggi yang terjadi pada aliran yaitu sebesar 101346,13 Pa. Diperoleh hasil bahwa kecepatan aliran fluida terus berangsur naik sebelum melewati belokan pipa, dan kecepatannya menurun drastis sesaat setelah melewati belokan pipa. Hal tersebut terjadi karena bentuk aliran pada belokan 90° cenderung landai sehingga fluida tidak terlalu bergejolak dan alirannya bertambah cepat walaupun terjadi penyempitan penampang aliran. Sehingga kecepatannya pun tidak naik dan cenderung menurun pada saat melewati belokan tersebut. Namun setelah itu kecepatannya pun terlihat kembali naik beberapa saat setelah melewati belokan pipa. Beda halnya dengan tekanan, yang hanya terus menurun dari mulai aliran masuk fluida hingga aliran keluar fluida. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya yaitu gesekan antara fluida yang mengalir dengan dinding pipa pada aliran yang menyebabkan penurunan tekanan.



Gambar 3. Pipa siku radius 90°

Tabel 2. Data hasil simulasi pada pipa belokan 90°

Simulasi	Re	v Awal (m/s)	P <sub>1</sub> / P <sub>in</sub> (Pa)	P <sub>2</sub> / P <sub>out</sub> (Pa)	V <sub>1</sub> / V <sub>in</sub> (m/s)	V <sub>2</sub> / V <sub>out</sub> (m/s)
1.	1000	0,033	101329,02	101325,00	0,033	0,058
2.	2000	0,067	101335,80	101325,00	0,067	0,091
3.	3000	0,1001	101345,84	101325,00	0,100	0,129
4.	4000	0,133	101358,63	101325,00	0,133	0,167
5.	5000	0,167	101370,83	101325,00	0,167	0,204
6.	6000	0,2001	101383,20	101325,00	0,200	0,240
7.	7000	0,234	101395,49	101325,01	0,234	0,275

Tabel 3. Nilai hasil perhitungan pada pipa belokan 90° (Pa)

Bilangan Reynold	Pa
1000	4,02
2000	10,8
3000	20,84
4000	33,63
5000	45,83
6000	58,2
7000	70,48

Tabel 4. Nilai hasil perhitungan pipa 90° head loss (HL)

Bilangan Reynold	Head Loss (m)
1000	0,00029
2000	0,00091
3000	0,00176
4000	0,00288
5000	0,004
6000	0,0051
7000	0,0061

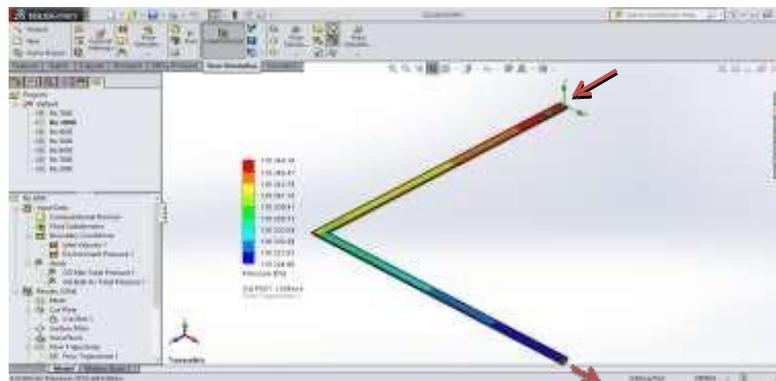
Tabel 5. Nilai hasil perhitungan koefisien kerugian (k) pada pipa belokan 90°

Bilangan Reynold	Koefisien kerugian (k)
1000	5,22
2000	3,98
3000	3,4
4000	3,19

5000	2,8
6000	2,5
<u>7000</u>	<u>2,2</u>

### Hasil Simulasi Pipa Siku

Simulasi dilakukan sebanyak 7 ( tujuh ) kali percobaan, yaitu dimulai dari bilangan *reynold* (Re) 1000 – bilangan *reynold* (Re) 7000. Nantinya, nilai yang divariasikan kedalam simulasi yaitu nilai kecepatan masuk fluida mulai dari bilangan *reynold* (Re) 1000 – bilangan *reynold* (Re) 7000. Dari simulasi yang telah dilakukan, tercatat tekanan tertinggi yang terjadi pada aliran yaitu sebesar 101349,16 Pa. Diperoleh hasil bahwa kecepatan aliran fluida terus berangsur naik namun cenderung stabil sebelum melewati belokan pipa, dan kecepatannya pun naik drastis pada saat melewati belokan siku. Hal tersebut terjadi dipengaruhi oleh faktor belokan siku yang cukup tajam sehingga terjadi penyempitan penampang aliran yang cukup drastis. Setelah melewati belokan siku, kecepatannya pun terlihat kembali stabil dan cenderung naik namun tidak terlalu signifikan. Bedanya dengan tekanan, yang hanya terus menurun dari mulai aliran masuk fluida hingga aliran keluar fluida. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya yaitu gesekan antara fluida yang mengalir dengan dinding pipa pada aliran yang menyebabkan penurunan tekanan.



Gambar 4. Pipa siku

Tabel 6. Data hasil simulasi pada pipa belokan siku

Simulasi	Re	v Awal (m/s)	$P_1 / P_{in}$ (Pa)	$P_2 / P_{out}$ (Pa)	$V_1 / V_{in}$ (m/s)	$V_2 / V_{out}$ (m/s)
1	1000	0,033	101329,82	101325,00	0,033	0,056
2	2000	0,067	101337,84	101325,00	0,067	0,094
3	3000	0,1001	101348,87	101325,00	0,100	0,129
4	4000	0,133	101364,61	101325,00	0,133	0,167
5	5000	0,167	101381,87	101325,00	0,167	0,204
6	6000	0,2001	101399,77	101325,00	0,200	0,241
7	7000	0,234	101418,02	101325,00	0,234	0,278

Tabel 7. Nilai hasil perhitungan pipa belokan siku (Pa)

Bilangan Reynold	P (Pa)
1000	4,82
2000	12,84
3000	23,87
4000	39,61
5000	56,87
6000	74,77
7000	93,02

Tabel 8. Nilai hasil perhitungan an head loss (HL) pada pipa belokan siku

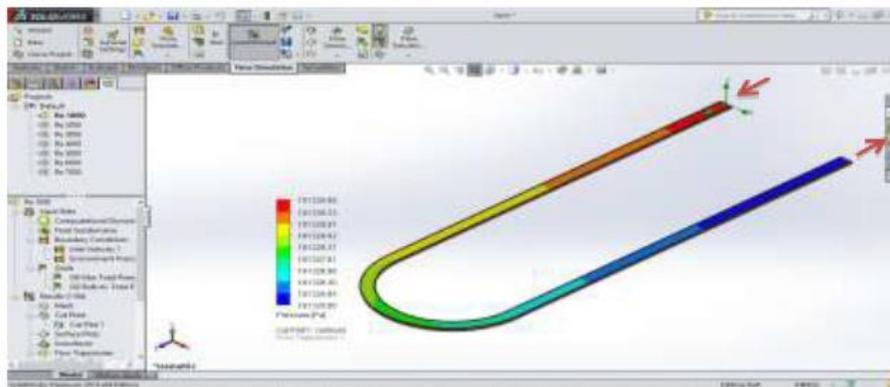
Bilangan <i>Reynold</i>	Head Loss (m)
1000	0,00039
2000	0,0011
3000	0,0021
4000	0,0035
5000	0,0051
6000	0,0067
7000	0,0084

Tabel 9. Nilai hasil perhitungan koefisien kerugian (k) pada pipa siku

Bilangan <i>Reynold</i>	Koefisien kerugian (k)
1000	7,03
2000	4,8
3000	4,1
4000	3,9
5000	3,6
6000	3,3
7000	3

### Simulasi Pada Aliran Dengan Belokan 180°

Simulasi dilakukan sebanyak 7 (tujuh) kali percobaan, yaitu dimulai dari bilangan reynold (Re) 1000 – bilangan reynold (Re) 7000. Nantinya, nilai yang divariasikan kedalam simulasi yaitu nilai kecepatan masuk fluida mulai dari bilangan reynold (Re) 1000 – bilangan reynold (Re) 7000. Dari simulasi yang telah dilakukan, tercatat tekanan tertinggi yang terjadi pada aliran yaitu sebesar 101356,30 Pa. Diperoleh hasil bahwa kecepatan aliran fluida terus berangsur naik sebelum melewati belokan pipa, dan kecepatannya menurun saat melewati belokan pipa namun tidak terlalu signifikan. Hal tersebut terjadi karena bentuk aliran pada belokan 180 cenderung landai sehingga fluida tidak terlalu bergejolak walaupun terjadi penyempitan penampang aliran. Sehingga kecepatannya pun tidak naik dan cenderung menurun pada saat melewati belokan tersebut. Namun setelah itu kecepatannya pun terlihat kembali naik beberapa saat setelah melewati belokan pipa. Beda halnya dengan tekanan, yang hanya terus menurun dari mulai aliran masuk fluida hingga aliran keluar fluida. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya yaitu gesekan antara fluida yang mengalir dengan dinding pipa pada aliran yang menyebabkan penurunan tekanan.



Gambar 5. Pipa radius 180°

Tabel 10. Data hasil simulasi pada pipa belokan 180°

Simulasi	Re	v Awal (m/s)	P <sub>1</sub> / P <sub>in</sub> (Pa)	P <sub>2</sub> / P <sub>out</sub> (Pa)	V <sub>1</sub> / V <sub>in</sub> (m/s)	V <sub>2</sub> / V <sub>out</sub> (m/s)
1	1000	0,033	101330,80	101325,00	0,033	0,058
2	2000	0,067	101341,75	101325,00	0,067	0,090
3	3000	0,1001	101355,90	101325,00	0,100	0,129
4	4000	0,133	101371,42	101325,00	0,133	0,166
5	5000	0,167	101388,88	101325,00	0,167	0,204
6	6000	0,2001	101406,45	101325,00	0,200	0,241
7	7000	0,234	101423,50	101325,00	0,234	0,279

Tabel 11. Nilai hasil perhitungan pada pipa belokan 180° (Pa)

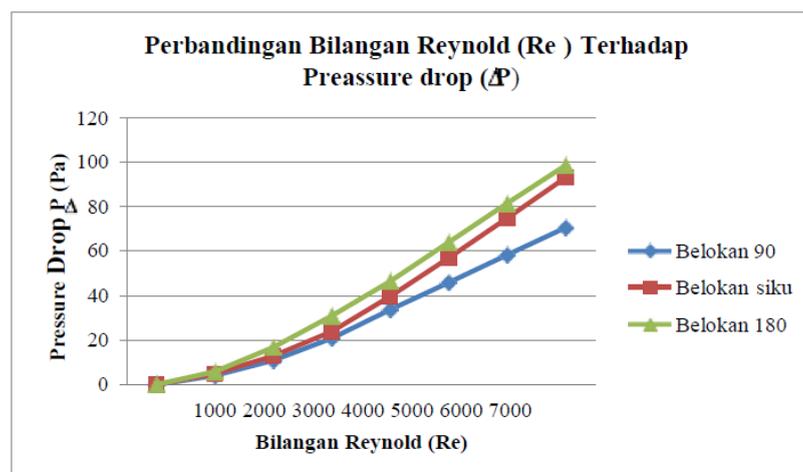
Bilangan <i>Reynold</i>	P (Pa)
1000	5,8
2000	16,75
3000	30,9
4000	46,42
5000	63,88
6000	81,45
7000	98,5

Tabel 12. Nilai hasil perhitungan head loss (HL) pada pipa belokan 180°

Bilangan <i>Reynold</i>	Head Loss (m)
1000	0,00047
2000	0,0015
3000	0,0029
4000	0,0042
5000	0,0058
6000	0,0074
7000	0,0088

Tabel 13. Nilai hasil perhitungan koefisien kerugian (k) pada pipa belokan 180°

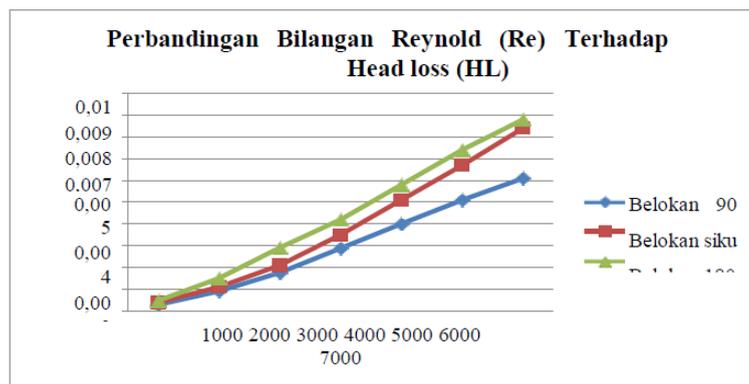
Bilangan <i>Reynold</i>	Koefisien kerugian (k)
1000	8,5
2000	6,5
3000	5,7
4000	4,7
5000	4,1
6000	3,6
7000	3,2



Gambar 6. Grafik perbandingan bilangan reynold (Re) terhadap pressure drop P

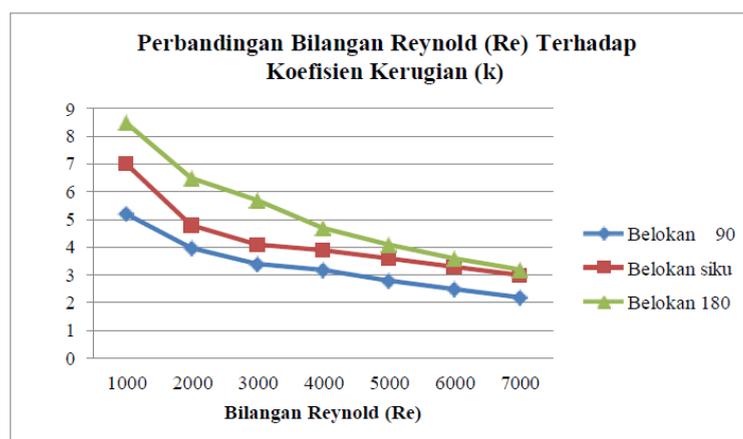
Pada grafik perbandingan bilangan reynold (Re) terhadap pressure drop P diatas, dapat dilihat bahwa bilangan reynold (Re) berbanding lurus terhadap pressure drop. Semakin besar bilangan reynoldnya maka semakin besar pula nilai pressure

drop. Aliran dengan nilai pressure drop tertinggi yaitu terjadi pada aliran dengan belokan radius 1800. Hal ini dikarenakan aliran dengan belokan radius 1800 belokan alirannya membentuk setengah lingkaran dan memiliki belokan yang cukup panjang jika dibandingkan dengan belokan 90 dan belokan siku sehingga terjadi penurunan tekanan yang cukup besar pada belokan tersebut yang disebabkan gesekan antara fluida dengan dinding pipa. Sehingga selisih tekanan yang terjadi antara aliran masuk dan aliran keluar fluida menjadi lebih besar terjadi dan menyebabkan nilai pressure drop menjadi lebih besar. Adapun aliran dengan pressure drop terkecil yaitu terjadi pada aliran dengan belokan 900. Hal ini dikarenakan belokan pada aliran ini cukup sederhana dan belokannya cenderung landai sehingga tidak terjadi penurunan tekanan yang terlalu besar pada belokan tersebut. Sedangkan aliran dengan belokan siku nilai pressure dropnya lebih besar dibandingkan aliran dengan belokan 900. Hal ini dikarenakan aliran dengan belokan siku terjadi penyempitan penampang aliran yang cukup drastis bila dibandingkan aliran dengan belokan 900 yang menyebabkan fluida mengalir lebih cepat. Kecepatan berbanding terbalik terhadap tekanan. Semakin tinggi kecepatan aliran maka tekanannya pun akan semakin menurun. Hal ini didasari bahwa fluida mengalir dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah. Keadaan tersebut membuat selisih antara tekanan masuk dengan tekanan keluar fluida menjadi semakin besar.



Gambar 7. Perbandingan reynold (Re) terhadap Head Loss (HL)

Pada Grafik perbandingan bilangan reynold (Re) terhadap head loss diatas, dapat dilihat bahwa bilangan reynold (Re) berbanding lurus dengan head loss (kerugian energi). Semakin besar bilangan reynoldnya maka head lossnya pun juga semakin besar. Adapun yang mempengaruhi besar kecilnya head loss adalah pressure drop  $P$  dan  $V$  (selisih penampang 1 dan penampang 2). Semakin besar  $P$  dan  $V$  maka nilai head loss nya pun juga akan semakin besar. Hal ini dapat disimpulkan dari rumus perhitungan yang ada pada pembahasan. Terlihat pada grafik yang ada pada gambar 4 bahwa nilai head loss terbesar terjadi pada aliran dengan belokan 1800, diikuti dengan aliran belokan siku, dan aliran dengan belokan 900. Hasil ini berkaca pada hasil pressure drop yang telah dibahas sebelumnya bahwa pressure drop terbesar terjadi pada aliran dengan belokan 1800, diikuti aliran dengan belokan siku, dan aliran dengan belokan 900. Seperti Seperti yang telah dijelaskan bahwa nilai pressure drop mempengaruhi nilai head loss yang terjadi.



Gambar 8. Perbandingan bilangan reynold (RE) terhadap koefisien kerugian (k)

Pada grafik perbandingan bilangan reynold (Re) terhadap koefisien kerugian (k) diatas, terlihat bahwa bilangan reynold berbanding terbalik terhadap nilai koefisien kerugian (k). Semakin besar bilangan reynoldnya maka nilai koefisien kerugiannya pun semakin kecil. Hal ini dikarenakan bilangan reynold (Re) berbanding lurus terhadap kecepatan aliran ( $v$ ). Sehingga pada saat kecepatan aliran tinggi hambatan yang terjadi pada aliran akan menjadi semakin kecil. Hal ini membuat nilai koefisien kerugiannya menjadi semakin kecil

#### 4. KESIMPULAN

Dari simulasi yang telah dilakukan, dengan 3 ( tiga ) jenis variasi aliran belokan yaitu aliran dengan belokan 90 , aliran dengan belokan siku, dan aliran dengan belokan 180 yang di simulasikan dengan memvariasikan kecepatan masuk aliran fluida mulai dari bilangan reynold (Re) 1000 – bilangan reynold (Re) 7000 maka diperoleh kesimpulan :

1. Dari hasil simulasi yang dilakukan mulai dari bilangan reynold (Re) 1000 bilangan reynold (Re) 7000 pada ketiga jenis belokan aliran diperoleh hasil kerugian energi (head loss) terbesar yang terjadi pada aliran dengan belokan 90 yaitu sebesar 0,0061 m, kerugian energi (head loss) terbesar yang terjadi pada aliran dengan belokan siku yaitu sebesar 0,0084 m, dan kerugian energi ( head loss) terbesar yang terjadi pada aliran dengan belokan 180 yaitu sebesar 0,0088 m.
2. Pressure drop berbanding lurus terhadap bilangan reynold. Semakin besar bilangan reynold maka nilai pressure drop juga akan semakin besar.
3. Nilai koefisien kerugian berbanding terbalik dengan bilangan reynold. Semakin besar bilangan reynold maka nilai koefisien kerugian akan semakin kecil. Hal ini disebabkan semakin besar bilangan reynold maka kecepatan aliran fluida juga akan semakin cepat, sehingga hambatan yang terjadi pada aliran akan menjadi lebih kecil sehingga nilai koefisien kerugiannya pun menjadi semakin kecil.
4. Bilangan reynold bendanding lurus terhadap kecepatan ( $v$ ). Semakin besar bilangan reynold maka kecepatan alirannya pun akan semakin cepat.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. H. Y. Noh and S. J. Kim, “Numerical simulation of pulsating heat pipes: Parametric investigation and thermal optimization,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 203, no. October 2019, p. 112237, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2019.112237.
2. M. S. Jang and J. H. Nam, “Determination and application of installation sequence of piping systems in cramped spaces of ships and offshore structures considering geometric relationship of pipe elements,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 12, no. August, pp. 60–70, 2020, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2019.07.001.
3. Q. Qiao, G. Cheng, Y. Li, W. Wu, H. Hu, and H. Huang, “Corrosion failure analyses of an elbow and an elbow- to-pipe weld in a natural gas gathering pipeline,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 82, pp. 599–616, 2017, doi: 10.1016/j.engfailanal.2017.04.016.
4. P. Li et al., “Experimental testing and numerical simulation to analyze the corrosion failures of single well pipelines in Tahe oilfield,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 80, pp. 112–122, 2017, doi: 10.1016/j.engfailanal.2017.06.014.
5. J. Wang et al., “Corrosion failure analysis of the 45-degree elbow in a natural gas gathering pipeline by experimental and numerical simulation,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 118, no. September, p. 104889, 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104889.