

JRPB, Vol. 7, No. 1, Maret 2019, Hal. 95 - 104
DOI: 10.29303/jrpb.v7i1.104
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
<http://jrpb.unram.ac.id/>

ANALISIS HEAD LOSSES AKIBAT BELOKAN PIPA 90° (SAMBUNGAN VERTIKAL) DENGAN PEMASANGAN TUBE BUNDLE

Analysis of Head Losses Decrease due to 90° Bend Pipe (Vertical Connections) by Tube Bundle Installation

Asih Priyati^{1,*}, Sirajuddin Haji Abdullah¹, Khairun Hafiz¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

Email^{*}: asihpriyati@unram.ac.id

Diterima: November 2018

Disetujui: Maret 2019

ABSTRACT

The piping system is used to meet agricultural requirement of drip irrigation and sprinkler irrigation. Tube bundle as flow conditioner is required to minimize head losses on the piping system due to bends and friction of fluid with the pipe wall. The aim of this research was to know the decrease of head losses value, to know the value of pressure drop, and to analyze the aspect of flow discharge, flow rate, and Reynold number on pipeline with 90° bend after installation of tube bundle. The research method used was experimental research, then measure each of the research parameters in three types of circuits: control circuit (without tube bundle), circuit with 0.2 inch tube bundle, and circuit with 0.4 inch tube bundle. Tube bundle used was a plastic hose with 30 cm length that united into a single unit, therefore the number were 18 hoses for 0.2 inch tubes and 9 hoses for 0.4 inch tubes. This tube bundle then inserted into a trial pipe with 1.25 inch diameter and placed before each bend. Based on the result of the research, it was found that the installation of 0.2 inch and 0.4 inch tube bundle installed before 90° (vertical position) decreasing the fluid velocity value followed by decreased of head losses and increasing the value of fluid pressure. The highest decreased in head loss found in the installation of 0.4 inch tube bundle, i.e. from 0.112 m (control) to 0.076 m or 32.14%.

Keywords: pipe bend, head losses, piping system, tube bundle

ABSTRAK

Sistem perpipaan digunakan untuk memenuhi keperluan pertanian berupa irigasi tetes maupun irigasi *sprinkler*. *Head losses* pada sistem perpipaan akibat belokan serta gesekan fluida dengan dinding pipa dapat diperkecil dengan *flow conditioner* berupa *tube bundle*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan nilai *head losses* pada belokan 90° (posisi vertikal) setelah pemasangan *tube bundle*, mengetahui nilai penurunan tekanan akibat belokan 90°, serta menganalisa aspek debit, kecepatan aliran, dan nilai bilangan Reynold pada saluran pipa

dengan belokan 90° setelah pemasangan *tube bundle*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilakukan dalam laboratorium dengan cara mengamati parameter-parameter penelitian pada 3 jenis rangkaian uji, yaitu rangkaian kontrol (tanpa *tube bundle*), rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci dan rangkaian dengan *tube bundle* 0,4 inci. *Tube bundle* yang digunakan adalah selang plastik dengan panjang 30 cm dan diikat menjadi satu sehingga berjumlah 18 selang untuk *tube* 0,2 inci dan 9 selang untuk *tube* 0,4 inci. *Tube bundle* ini dimasukkan ke dalam pipa uji yang berdiameter 1,25 inci dan diletakkan setiap sebelum belokan. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa pemasangan *tube bundle* ukuran 0,2 inci dan 0,4 inci yang dipasang sebelum belokan 90° (posisi vertikal) akan menurunkan nilai kecepatan fluida yang diikuti dengan penurunan *head losses* serta akan menaikkan nilai tekanan fluida. Penurunan nilai *head losses* tertinggi, yaitu pada pemasangan *tube bundle* ukuran 0,4 inci, yakni dari 0,112 m (kontrol) menjadi 0,076 m atau sebesar 32,14%.

Kata kunci: belokan pipa, *head losses*, sistem perpipaan, *tube bundle*

PENDAHULUAN

Air dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup untuk kelangsungan hidupnya. Kebutuhan akan air menjadi kebutuhan yang sangat vital dan senantiasa dibutuhkan dalam jumlah besar, baik yang berasal dari sumber air permukaan maupun air tanah. Mustawa, dkk., (2017) menyatakan bahwa dalam bidang pertanian, air merupakan salah satu kebutuhan utama yang mutlak harus dipenuhi. Sedangkan ketersediaan akan sumber air semakin berkurang. Beragam upaya dilakukan agar dapat mengangkat dan mengalirkan air dari suatu sumber ke tempat-tempat tertentu, seperti halnya ke lahan-lahan pertanian untuk keperluan irigasi. Salah satu upaya tersebut adalah dengan merangkai sistem perpipaan sedemikian rupa sehingga memudahkan untuk mengalirkan air ke tempat tujuan.

Sistem perpipaan dapat mempermudah pendistribusian fluida untuk kebutuhan industri maupun untuk keperluan pertanian. Sistem ini umumnya dapat ditemukan pada rangkaian sistem perpipaan untuk keperluan irigasi baik berupa irigasi tetes maupun irigasi *sprinkler*. Terdapat berbagai variasi sistem perpipaan mulai dari sistem pipa tunggal yang sederhana sampai sistem pipa bercabang yang sangat kompleks. Pada sistem perpipaan meliputi semua komponen dari lokasi awal sampai dengan lokasi tujuan antara lain, saringan, katup, sambungan, nosel dan sebagainya.

Sambungan dapat berupa penampang berubah, belokan (*elbow*), sambungan bentuk L dan sambungan bentuk T (*tee*). Sehingga dengan adanya berbagai macam sambungan serta asesoris lainnya akan menimbulkan permasalahan yang akan sering ditemukan pada sistem tersebut (Wibowo, 2013).

Salah satu permasalahan tersebut adalah terjadinya *head losses* pada sambungan dan belokan yang mengakibatkan penurunan tekanan. Penurunan tekanan ini terjadi akibat turbulensi aliran yang akan menimbulkan gesekan besar pada dinding pipa. Menurut Wahyudi dan Pratikto (2010) *head losses* dapat dibagi menjadi 2 yaitu, *major losses* dan *minor losses*. *Major losses* adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya gesekan fluida dengan dinding pipa memanjang. *Minor losses* adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya sambungan pipa.

Aliran fluida yang mengalir melalui belokan pipa menyebabkan terjadinya separasi. Separasi mengakibatkan terjadinya *vortex*, getaran, dan kavitasi, dimana kerugian tersebut mengakibatkan kerugian *head* meningkat dan berpotensi merusak instalasi pipa sehingga separasi perlu dihilangkan. Untuk memperkecil separasi pada belokan pipa ini diperlukan suatu alat pengkondisi aliran berupa *tube bundle*.

Wahyudi dan Pratikto (2010) menjelaskan bahwa *tube bundle* adalah

salah satu jenis *flow conditioner* yang terdiri dari kumpulan tabung-tabung yang diikat menjadi satu yang dipasang pada penampang melintang di dalam pipa. *Tube bundle* menghasilkan profil aliran seperti peluru tumpul dengan kecepatan pada pusat aliran 15% lebih besar daripada kecepatan rata-rata aliran. *Tube bundle* merupakan *flow conditioner* yang dapat secara efektif menghilangkan *vortex* pada aliran lebih besar daripada *flow conditioner* jenis lainnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan nilai *head losses* akibat belokan 90° (posisi vertikal) setelah pemasangan *tube bundle*, mengetahui nilai penurunan tekanan akibat belokan 90° serta menganalisa aspek debit, kecepatan aliran, dan bilangan Reynold pada saluran pipa dengan belokan 90° setelah pemasangan *tube bundle*.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental, yaitu pengujian pada rangkaian belokan pipa dengan perlakuan pemasangan dua jenis ukuran *tube bundle* berukuran 0,2 dan 0,4 inci. Dasar pemilihan dua ukuran *tube bundle* ini adalah bahwa ukuran diameter pipa menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kehilangan tinggi tekan atau *head losses* (Deki, 2015). Pengujian perlakuan pemasangan *tube bundle* dibandingkan

dengan kontrol berupa rangkaian belokan pipa tanpa pemasangan *tube bundle*.

Pompa yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Model PS-116 BIT - U= 1 x 220 V
- n = 2900 min-1 - I = 1,3 Ampere
- H = 2-9 m - Q = 10-24 liter/min

Temperatur Air = 28°C- Hs = Maks. 9 meter. Posisi pemasangan *tube bundle* seperti tercantum pada gambar 1.

Parameter yang dihitung dalam penelitian ini meliputi:

1. Debit Aliran Fluida (Q)

Untuk mengetahui debit air digunakan rumus berikut (Raswari, 1986).

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- Q = debit (m³/detik)
- V = volume (m³)
- t = waktu (detik)

2. Kecepatan Aliran Fluida (v)

Untuk mengetahui kecepatan aliran digunakan rumus berikut (Raswari, 1986).

Q = v.A maka

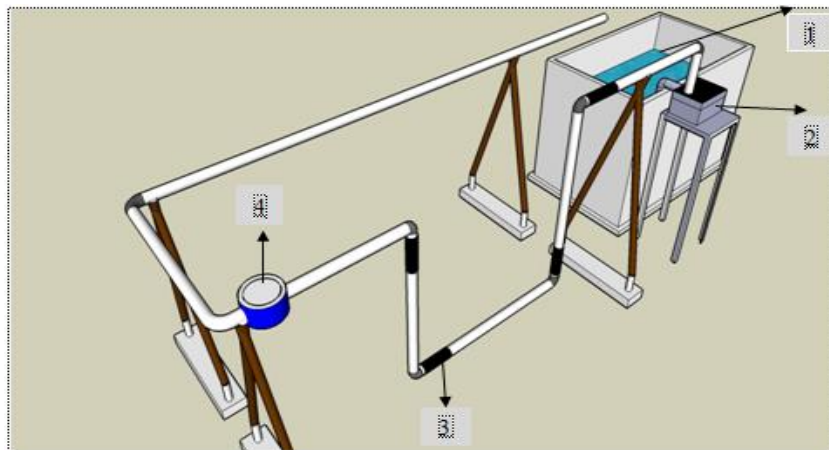
$$v = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- Q = debit (m³/detik)
- v = kecepatan (m/detik)
- A = luas penampang (m²)

3. Bilangan Reynold (Re)

Untuk mengetahui bilangan Reynold dari suatu aliran digunakan rumus berikut (White, 1986).



Gambar 1. Skema rangkaian penelitian dengan peletakan *tube bundle*
Keterangan : (1) Reservoir/tandon air, (2) Pompa, (3) *Tube bundle*, (4) *Flowmeter*

$$Re = \frac{vd}{\mu} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- Re = Bilangan Reynold
- v = kecepatan fluida (m/detik)
- d = diameter pipa (m)
- μ = viskositas kinematika fluida (m²/detik)

4. Penurunan Tekanan Aliran Fluida (P)

Untuk mengetahui penurunan tekanan pada aliran untuk saluran pipa digunakan rumus sebagai berikut (Munson, 2004).

$$\Delta P = P_1 - P_2 \dots\dots\dots(4)$$

$$P_A = \rho gh \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

- P₁ = tekanan pada awal rangkaian (N/m²)
- P₂ = tekanan pada akhir rangkaian(N/m²)
- P_A = tekanan di titik A (N/m²)
- ρ = masa jenis fluida pengukur (kg/m³)
- g = kecepatan gravitasi bumi (m/det²)
- h = tinggi fluida pengukur (m)

5. Head Losses (h)

Untuk mengetahui kerugian *head* pada aliran pipa yang disebabkan oleh gesekan dalam pipa dan sambungan pada pipa digunakan rumus sebagai berikut (Sularso, 2000).

$$H = H_f + H_m \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

- H = Head losses (m)
- H_f = Mayor losses (m)
- H_m = Minor losses (m)

a) *Mayor Losses* (kerugian akibat gesekan dalam pipa)

$$H_f = f \cdot \frac{l v^2}{d 2g} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

- H_f = Head mayor (m)
- l = panjang pipa (m)
- d = diameter pipa (m)
- v = kecepatan (m/detik)
- g = gravitasi (m/detik²)
- f = faktor gesek (pada diagram mody) k

$$f (Re \text{ laminer}) = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(8)$$

$$f (Re \text{ turbulen}) = (Re, \epsilon/D) \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

- ϵ = kekarasan relatif pipa (mm)

b) *Minor Losses* (kerugian akibat sambungan)

$$H_m = K_L \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana:

- H_m = Head minor (m)
- v = kecepatan (m/detik)
- g = gravitasi (m/detik²)
- K_L = koefisien kerugian pada *fitting*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Penelitian

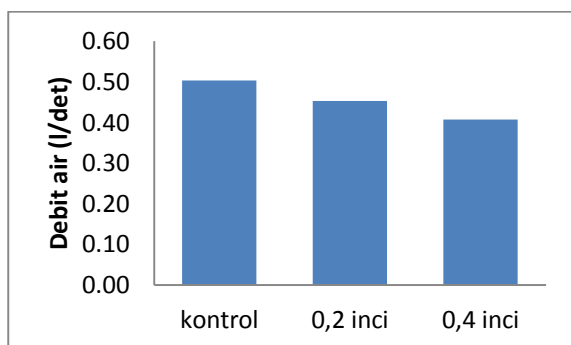
Pemasangan dua jenis ukuran selang untuk membuat *tube bundle* pada pipa berukuran 1,25 inci menghasilkan dua jenis *tube bundle* yang berbeda. Penggunaan selang dengan diameter berbeda dengan telah dibuktikan oleh Deki (2015) menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kehilangan tinggi tekan atau *head losses*. Penggunaan selang ukuran 0,2 inci menghasilkan *tube bundle* yang berisi 18 selang, dan penggunaan selang ukuran 0,4 inci menghasilkan *tube bundle* berisi 9 selang, masing-masing dibuat sepanjang 30 cm. *Tube bundle* yang sudah dirangkai kemudian dipasangkan pada bagian sebelum sambungan belokan vertikal 90°. *Tube bundle* adalah salah satu jenis *flow conditioner* yang terdiri dari kumpulan tabung-tabung yang diikat menjadi satu dan dipasang pada penampang melintang di dalam pipa (Wahyudi dan Praitikto, 2010).

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan. Tahapan pertama, yaitu pengukuran volume dan tahapan kedua yaitu pengukuran perubahan tekanan yang terjadi sepanjang aliran. Tahapan pertama dilakukan untuk melihat perubahan debit air yang mengalir dengan menggunakan meteran air pada rangkaian dengan pemasangan dua jenis *tube bundle* dan tanpa pemasangan *tube bundle*. Sedangkan tahap kedua dilakukan untuk melihat penurunan tekanan pada awal dan akhir rangkaian dengan menggunakan *manometer* air raksa, baik yang menggunakan pemasangan *tube bundle* maupun tanpa pemasangan *tube bundle*. Pengujian untuk melihat penurunan nilai

head losses dengan pemasangan *tube bundle* dan tanpa *tube bundle* pada belokan 90° posisi vertikal, dilakukan dengan mengalirkan air dalam setiap rangkaian pipa dengan mencatat hasil pengukuran debit yang terbaca selama 5 menit oleh alat meteran air.

Debit Aliran

Perhitungan debit yang dihasilkan pada ketiga macam perlakuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai Debit pada Masing-masing Perlakuan

Grafik pada gambar 2 menunjukkan bahwa pada rangkaian kontrol memiliki nilai debit yang paling tinggi yaitu 0,50 liter/detik, kemudian diikuti dengan rangkaian menggunakan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci yang memiliki nilai debit rata-rata yaitu 0,45 liter/detik dan rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,4 inci memiliki nilai rata-rata debit terendah yaitu 0,41 liter/detik.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai debit mengalami penurunan setelah pemasangan *tube bundle* pada rangkaian pipa uji. Penurunan nilai debit akibat pemasangan *tube bundle* ini dapat terjadi karena adanya laminarisasi aliran serta aliran menjadi lebih stabil yang pada akhirnya akan mengurangi kecepatan dari aliran itu sendiri sehingga debit aliran juga akan menurun. Widodo dan Sulistiyowati (2016) menyatakan bahwa pemasangan *tube bundle* dalam pipa beraliran fluida akan menurunkan kecepatan aliran dan menurunkan nilai *head losses*. *Tube bundle* berfungsi menghilangkan turbulensi,

mengurangi gesekan fluida dengan dinding dan menstabilkan kecepatan fluida yang mengalir.

Adapun pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 dan 0,4 inci menghasilkan nilai debit yang berbeda yakni 0,45 liter/detik dan 0,41 liter/detik. Artinya nilai debit aliran pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci lebih tinggi dibandingkan nilai debit pada rangkaian dengan *tube bundle* 0,4 inci. Hal ini karena pada *tube bundle* 0,2 inci yang dipasang setiap sebelum belokan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan *tube bundle* ukuran 0,4 inci (dijelaskan pada parameter kecepatan aliran). Perbedaan kecepatan aliran inilah yang mengakibatkan nilai debit aliran yang didapatkan pada rangkaian dengan *tube* 0,2 inci lebih besar dari pada rangkaian dengan *tube* 0,4 inci.

Selain diakibatkan oleh nilai kecepatan aliran yang berbeda, perbedaan nilai debit pada rangkaian dengan *tube* 0,2 dan 0,4 inci ini juga diakibatkan oleh adanya sistem kapilaritas. Kapilaritas adalah suatu fenomena naik atau turunnya permukaan zat cair dalam suatu pipa kapiler (Prasetyo dan Rahmad, 1998). Dalam suatu sistem kapilaritas dapat diketahui bahwa semakin kecil diameter pipa-pipa kapiler maka kapilaritasnya semakin tinggi. Artinya, kenaikan zat cair pada pipa tersebut semakin tinggi. Sehingga dapat diartikan pula volume zat cair dalam tabung tersebut juga semakin besar. Gambar 3 adalah ilustrasi fenomena sistem kapiler yang terjadi pada selang dengan ukuran diameter berbeda.



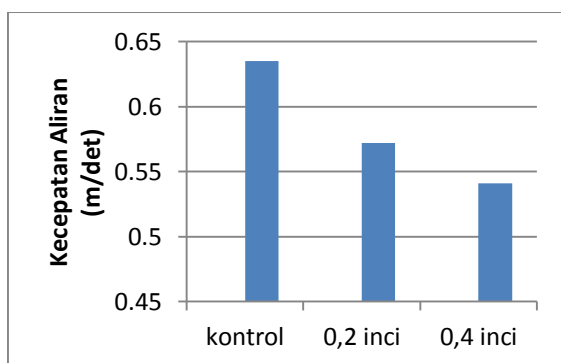
Gambar 3. Fenomena Sistem Kapilaritas pada Fluida Air

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi fenomena kapilaritas yang mengakibatkan perbedaan volume cairan yang terkandung

dalam dua ukuran diameter pipa. Berdasarkan gambar tersebut, diameter pipa yang lebih kecil menimbulkan gaya kapilaritas yang lebih tinggi yang berakibat kecepatan yang ditimbulkan juga lebih tinggi dibandingkan diameter pipa yang lebih besar. Demikianlah pula halnya dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 dan 0,4 inci pada rangkaian uji. Kapilaritas *tube bundle* 0,2 inci lebih tinggi dibandingkan dengan *tube bundle* 0,4 inci sehingga volume air yang mengalir dalam *tube* 0,2 inci lebih besar dari pada volume air yang mengalir pada *tube* 0,4 inci. Sehingga didapatkanlah nilai debit aliran pada rangkaian dengan *tube bundle* 0,2 inci lebih besar dari pada debit aliran pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,4 inci sebagaimana yang terlihat dari grafik nilai debit.

Kecepatan Aliran

Nilai kecepatan aliran diperoleh dari perbandingan antara debit air yang mengalir dengan luas penampang pipa. Pengukuran kecepatan aliran pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbedaan kecepatan aliran yang dihasilkan sebelum dan setelah dipasangnya *tube bundle* pada rangkaian uji. Adapun nilai kecepatan aliran yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Kecepatan Aliran Masing-masing Perlakuan

Kecepatan aliran adalah jumlah debit yang mengalir persatuan waktu dan dinyatakan dengan m/s. Kecepatan aliran dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya diameter pipa, panjang pipa, dan

kekentalan atau viskositas dari zat cair itu sendiri.

Berdasarkan hasil pengujian, kecepatan aliran yang dihasilkan berbeda-beda pada setiap rangkaian uji. Dalam penelitian ini *tube bundle* dengan diameter 0,4 inci menghasilkan kecepatan aliran terendah dibandingkan dengan rangkaian tanpa *tube bundle* maupun rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci. Di mana kecepatan aliran yang diperoleh sebesar 0,54 m/det pada rangkaian dengan *tube bundle* 0,4 inci dan sebesar 0,57 m/det pada rangkaian dengan *tube bundle* 0,2 inci. Adapun pada rangkaian tanpa pemasangan *tube bundle* didapatkan nilai kecepatan aliran paling tinggi yakni 0,64 m/det. Dengan semakin tingginya kecepatan aliran pada rangkaian kontrol, maka tabrakan aliran dengan dinding belokan pipa akan semakin keras. Akibat tabrakan tersebut pada aliran terjadi perubahan gaya sentrifugal, sehingga distribusi kecepatan aliran semakin besar. Akibatnya, setelah fluida keluar dari daerah belokan pipa dalam fluida tersebut akan terjadi pemisahan aliran yang menyebabkan pola aliran fluida menjadi turbulen.

Adapun setelah pemasangan *tube bundle* sebelum belokan, maka partikel fluida yang bergerak ke segala arah antar lapisan fluida serta gerakan fluida yang berputar (penyebab vorteks) dibatasi dinding-dinding tabung *tube bundle*. Sehingga setelah melewati *tube bundle* kerugian-kerugian aliran akibat belokan dapat diminimalisir serta aliran menjadi lebih stabil dan cenderung menjadi aliran laminar. Widodo dan Sulistiyowati (2016) menyatakan bahwa pemasangan *tube bundle* dalam pipa beraliran fluida akan menurunkan kecepatan aliran dan menurunkan nilai *head losses*. Hal ini karena *tube bundle* memiliki karakteristik yang baik jika dipasang pada aliran turbulen. Aliran ini akan ditransformasi menjadi lebih stabil, serta gesekan fluida dengan dinding berkurang.

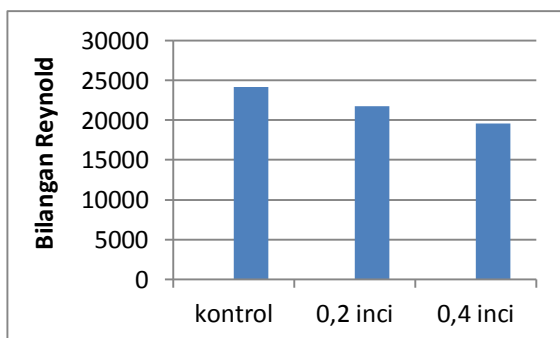
Hasil ini menunjukkan pada *tube bundle* 0,2 inci yang dipasang sebelum

belokan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan *tube bundle* ukuran 0,4 inci. Perbedaan kecepatan aliran ini diakibatkan oleh perbedaan diameter *tube* yang digunakan, sehingga luas penampang dari masing-masing *tube* juga berbeda.

Perbedaan luas penampang ini yang pada akhirnya mengakibatkan kecepatan aliran berbeda. Adapun perubahan kecepatan yang terjadi ini akan berbanding terbalik dengan luas penampang aliran. Artinya semakin kecil luas penampang aliran, maka kecepatan aliran semakin tinggi. Prasetio dan Rahmad (1998) menyatakan bahwa apabila fluida bergerak ke dalam penyempitan (luas penampang lebih kecil), maka kecepatan fluida akan menjadi lebih besar. Hal inilah yang menyebabkan nilai kecepatan aliran pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci lebih besar daripada *tube bundle* 0,4 inci.

Bilangan Reynold

Bilangan Reynold diperoleh dengan mengalikan kecepatan aliran dengan diameter pipa dan membaginya dengan viskositas zat cair yang dalam pengujian ini adalah air. Nilai kekentalan atau viskositas bergantung dari suhu air dimana suhu air pada penelitian ini sebesar 28°C. Adapun nilai bilangan Reynold dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Bilangan Reynold Masing-masing Rangkaian

Aliran viskos untuk menentukan tipe bilangan Reynold dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu aliran laminar dan turbulen.

Untuk aliran pipa, nilai bilangan Reynold harus kurang dari 2100 untuk aliran laminar dan lebih besar dari 4000 untuk aliran turbulen (Munson, 2004).

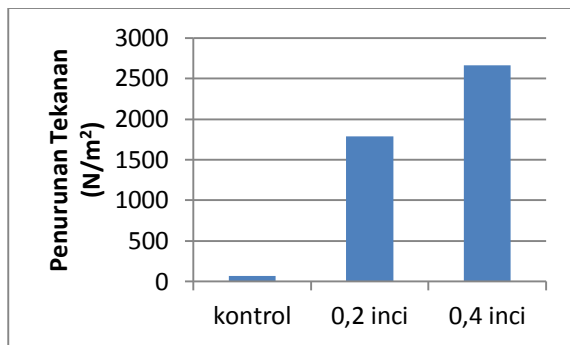
Bilangan Reynold yang didapatkan berbeda-beda pada setiap rangkaian yang diamati. Bilangan Reynold pada rangkaian kontrol sebesar 24174. Adapun nilai bilangan Reynold pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 dan 0,4 inci berturut-turut sebesar 21775 dan 19567. Perbedaan nilai bilangan Reynold dari rangkaian kontrol dan rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 dan 0,4 inci dipengaruhi oleh berbedanya kecepatan aliran pada masing-masing rangkaian. Pada rangkaian kontrol menghasilkan bilangan Reynold terbesar, serta bilangan Reynold terkecil diperoleh pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,4 inci.

Nilai bilangan Reynold pada gambar 5. menunjukkan bahwa pemasangan *tube bundle* pada rangkaian mengakibatkan nilai bilangan Reynold mengalami penurunan. Dengan semakin menurunnya bilangan Reynold ini membuktikan bahwa pemasangan *tube bundle* efektif digunakan untuk mengurangi turbulensi aliran. Sehingga dengan berkurangnya turbulensi aliran utamanya setelah aliran melewati belokan, maka intensitas vorteks dan pusaran ganda penyebab *head losses* menjadi berkurang. Wahyudi dan Pratikto (2010) menyatakan apabila bilangan Reynold meningkat dengan viskositas tetap, maka intensitas turbulensi fluida dan vorteks yang dihasilkan ketika fluida melewati belokan akan meningkat. Meningkatnya turbulensi inilah yang mengakibatkan *head losses* fluida semakin besar.

Adapun nilai semua bilangan Reynold yang diperoleh pada penelitian ini baik pada rangkaian tanpa pemasangan *tube bundle* maupun rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* lebih besar dari 4000. Artinya tipe aliran yang dihasilkan pada setiap rangkaian dalam penelitian ini bertipe turbulen. Nilai bilangan Reynold lebih besar dari 4000 dikatakan aliran turbulen (Munson, 2004).

Tekanan Aliran

Nilai penurunan tekanan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Penurunan Nilai Tekanan Masing-masing Rangkaian

Air yang mengalir di dalam pipa mengalami penurunan tekanan pada sisi keluar pipa. Perbedaan tekanan air yang masuk dan keluar pipa disebabkan oleh hambatan aliran baik berupa sambungan belokan maupun pengecilan dan pembesaran, kekasaran permukaan dalam pipa, gesekan air dengan permukaan pipa, panjang pipa, diameter pipa dan kecepatan aliran.

Menurut Rahmat dan Irawan (2010), adanya sambungan dapat menghambat aliran normal dan menyebabkan gesekan tambahan. Pada pipa yang pendek dan mempunyai banyak sambungan, fluida yang mengalir di dalamnya akan mengalami banyak kehilangan energi dan penurunan tekanan. Kehilangan tekanan pada pipa juga disebabkan oleh perubahan penampang aliran atau pada tikungan atau gangguan-gangguan lain yang mengganggu aliran normal, serta tahanan gesekan pada aliran.

Berdasarkan hasil pengujian, pemasangan *tube bundle* telah mengakibatkan penurunan tekanan. Adapun nilai tekanan aliran pada awal rangkaian setelah pemasangan *tube bundle* 0,2 inci maupun 0,4 inci mengalami peningkatan. Peningkatan paling tinggi terjadi pada rangkaian dengan *tube bundle* 0,4 inci yakni sebesar 14394,24 N/m² kemudian diikuti dengan *tube bundle* 0,2 inci dengan nilai tekanan sebesar 13248,03 N/m².

Nilai tekanan pada akhir rangkaian

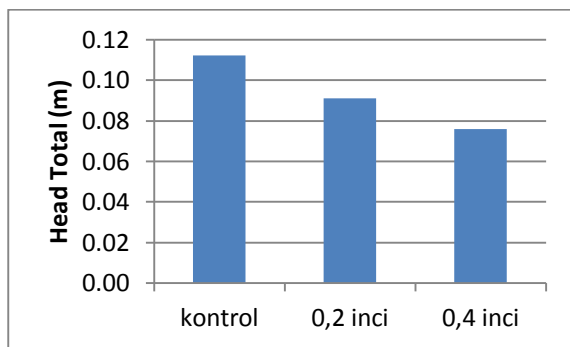
dengan pemasangan *tube bundle* baik 0,4 dan 0,2 inci juga mengalami peningkatan. Nilai tekanan yang diperoleh masing-masing sebesar 11728,64 N/m² dan 11728,64 N/m². Adapun pada rangkaian kontrol nilai tekanan alirannya sebesar 10928,96 N/m². Peningkatan nilai tekanan di akhir rangkaian setelah pemasangan *tube bundle* ini sejalan dengan peningkatan pada awal rangkaian. Artinya semakin tinggi nilai tekanan aliran pada awal rangkaian, maka akan semakin tinggi pula nilai tekanan pada akhir rangkaian tersebut. Hal inilah yang menyebabkan nilai *pressure drop* aliran setelah pemasangan *tube bundle* semakin tinggi, yakni dari 66,40 N/m² pada rangkaian kontrol menjadi 1785,95 N/m² pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci serta 2665,60 N/m² pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,4 inci.

Perbedaan nilai tekanan aliran yang diperoleh dari hasil pengukuran baik pada awal dan akhir rangkaian diakibatkan oleh kecepatan aliran itu sendiri. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada parameter kecepatan aliran, pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci yang dipasang setiap sebelum belokan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan *tube bundle* ukuran 0,4 inci. Perbedaan kecepatan ini mengakibatkan tekanan aliran pada rangkaian dengan *tube bundle* 0,2 inci lebih rendah dari pada tekanan aliran pada rangkaian dengan *tube bundle* 0,4 inci. Wibowo (2013) menyatakan apabila nilai kecepatan fluida rendah maka nilai tekanan akan tinggi dan sebaliknya apabila nilai kecepatan tinggi maka nilai tekanan akan rendah. Sehingga berdasarkan hasil pengujian, pemasangan *tube bundle* pada belokan vertikal efektif digunakan berdasarkan pertimbangan kemungkinan terjadinya turbulensi, kavitasi dan getaran pada rangkaian pipa yang dapat mengakibatkan kerusakan berupa kebocoran, tinggi tekanan air hilang, dan penurunan tingkat penyaluran air. Hal tersebut dikarenakan kehilangan tekanan

akibat belokan dapat dikurangi dengan adanya laminarisasi setelah pemasangan *tube bundle*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wahyudi dan Pratikto (2010) bahwa partikel fluida yang bergerak ke segala arah antar lapisan fluida (penyebab *turbulensi*) dan gerakan partikel fluida yang berputar (penyebab *vortex*) dibatasi dinding-dinding tabung *tube bundle*. Sehingga setelah melewati *tube bundle* profil aliran yang dihasilkan menjadi lebih stabil.

Head Losses

Gambar 7 adalah grafik *head losses* yang terjadi pada masing-masing rangkaian. *Head losses* dihitung dengan mengalikan antara faktor gesekan dengan panjang pipa dibagi diameter pipa dan kecepatan aliran dibagi dengan gravitasi. *Head losses* terjadi diakibatkan dua komponen yaitu *major losses* dan *minor losses*.



Gambar 7. Nilai *Head Losses* Masing-masing Rangkaian

Mayor losses pada penelitian ini diakibatkan oleh gesekan dengan dinding pipa. *Mayor losses* adalah kerugian tekanan yang diakibatkan oleh adanya gesekan di sepanjang aliran pipa. Pada penelitian ini, panjang pipa yang digunakan yaitu 6,3 meter. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan, didapatkan nilai *head losses mayor* pada rangkaian kontrol sebesar 0,106 m. Sedangkan pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* baik yang berdiameter 0,2 inci maupun 0,4 inci terlihat mengalami penurunan nilai *head losses* yakni berturut-turut sebesar 0,086 m dan 0,072 m.

Adapun *minor losses* pada penelitian

ini diakibatkan oleh adanya sambungan belokan 90° yang dipasang dengan posisi vertikal pada rangkaian uji. Pada rangkaian kontrol (tanpa pemasangan *tube bundle* sebelum belokan) nilai *head losses minor* yang didapat sebesar 0,0061 m. Sedangkan pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* sebelum belokan, seperti halnya *head losses mayor*, nilai *head losses minor* yang didapatkan juga mengalami penurunan yakni 0,0050 m pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci serta 0,0040 m pada rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,4 inci.

Grafik pada gambar 7 menunjukkan nilai *head losses* total yang didapatkan pada masing-masing rangkaian uji. *Head losses* total merupakan hasil penjumlahan antara *major losses* dengan *minor losses* yang didapatkan pada masing-masing rangkaian. Karena merupakan hasil penjumlahan dari *head losses mayor* dan *minor*, maka *head losses* total seperti yang terlihat pada grafik juga mengalami penurunan setelah dipasangkannya *tube bundle* pada rangkaian uji. Pada rangkaian kontrol dan rangkaian dengan pemasangan *tube bundle* 0,2 inci serta 0,4 inci nilai *head losses* total yang didapatkan berturut-turut sebesar 0,112 m, 0,091 m dan 0,076 m.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dipaparkan sebelumnya, pemasangan *tube bundle* pada belokan vertikal efektif digunakan untuk menurunkan nilai *head losses* suatu aliran fluida dalam pipa. Karena dengan dipasangkannya *tube bundle* sebelum belokan, kemungkinan terjadinya turbulensi, kavitasi dan getaran pada rangkaian pipa yang dapat mengakibatkan kerusakan berupa kebocoran, tinggi tekanan air hilang, dan penurunan tingkat penyaluran air dapat diminimalisir.

Hal tersebut terlihat dari hasil pengujian yang menunjukkan kemampuan *tube bundle* untuk menurunkan nilai *head losses* dan meningkatkan nilai tekanan aliran pada rangkaian uji. Hal ini sesuai dengan penjelasan Widodo dan Sulistiyowati (2016) bahwa *head losses* dapat dikurangi dengan pengkondisian aliran yang timbul. Aliran

turbulen setelah belokan dinetralisir dengan *tube bundle* yang memaksa turbulensi melewati pipa tersebut. Pengkondisian ini memberikan dampak partikel-partikel fluida terkumpul dalam satu pipa dan mengurangi tumbukan antar partikel. Arah aliran menjadi linear sesuai dengan dinding pipa, sehingga setelah fluida melewati pipa-pipa penyearah dalam *tube bundle* ini, aliran akan dilaminarisasi dan kecepatan akan berkurang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasangan *tube bundle* sebelum belokan menyebabkan penurunan debit, kecepatan aliran, bilangan Reynold, dan *head losses*. Adapun nilai penurunan tekanan yang terjadi lebih meningkat dengan adanya pemasangan *tube bundle*.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan penelitian serupa dengan memvariasikan ukuran panjang *tube bundle*, baik pada rangkaian dengan pemasangan belokan posisi vertikal maupun horizontal.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pihak Laboratorium Teknik dan Konservasi Lingkungan Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Pertanian atas dukungan sarana dalam melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

Munson, Bruce R. (2004). *Mekanika Fluida (Terjemahan)*. Edisi Keempat Jilid 1. Penerbit Erlangga: Jakarta.

Deki, Yasnova. (2015). Studi Eksperimental Kehilangan Tinggi Tekan (Head Losses) terhadap Variasi Diameter Pipa Polyvinyl Chloride (PVC). Diploma thesis. UPT. Perpustakaan Unand.

Mustawa, M., Abdullah, S.H., Putra, G.M.D. (2017). Analisis Efisiensi Irigasi Tetes pada Berbagai Tekstur Tanah Untuk Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 5 (2).

Prasetyo dan Rahmad. (1998). Fisika Untuk Sains dan Teknik (Terjemahan). Edisi Ketiga Jilid 1. Penerbit Erlangga: Jakarta.

Rahmat, S., dan Irawan, A. (2010). Analisa Kerugian Head Akibat Perluasan dan Penyempitan Penampang Pada Sambungan 90°. Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin. Universitas Hasanuddin: Makassar.

Raswari. (1986). Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipa-an. Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta.

Sularso. (2000). Pompa dan Kompresor. PT Pradnya Paramita: Jakarta.

Wahyudi, S., dan Pratikto. (2010). Penurunan Kerugian Head Pada Belokan Pipa Dengan Peletakan *Tube bundle*. *Jurnal Teknik Mesin*, 12 (1).

White, Frank M. (1986). Fluid Mechanics; Mc Graw Hill Book Company: New York.

Wibowo. (2013). Analisis Penurunan Head losses Pada Belokan Pipa 180° Dengan Variasi *Non Tube bundle*, *Tube bundle* 0,25 Inchi, dan *Tube bundle* 0,5 Inchi. Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember: Jember.

Widodo, E., dan Sulistiyowati, I. (2016). Rekayasa Instalasi Pompa Untuk Menurunkan Head Loss. *Prosiding SNTT FGDT* 2016.