

KARAKTERISTIK POLA ALIRAN DUA FASE GAS DAN CAIR PADA BELOKAN PIPA 90°

Muhammad Arham^{1*}, M. Ilham Nur², Andi Aswin Salam³

Akademi Teknologi Industri Dewantara / Palaopo¹

Universitas Pejuang Republik Indonesia / Makassar²

Praktisi / Makassar³

Kontak Person:

Muhammad Arham 081355364225

*Corresponding Author Email: andiarham413@gmail.com

Abstrak

Penelitian mengkaji karakteristik aliran dua fase melalui penampang pipa belokan posisi vertical. Penelitian ini mengacu pada industri yang menggunakan perpipaian sebagai komponen utama industri perminyakan, bejana tekan dan lain-lain. Mengamati pola aliran dan distribusi tekanan yang diuji pada debit air Q_1 ($0,0001621 \text{ m}^3/\text{s}$) dan Q_2 ($0,0002032 \text{ m}^3/\text{s}$) kemudian divariasikan 5x peningkatan debit udara. Hasil studi pengamatan diperoleh pola aliran yakni plug, slug, dispersed bubble, dan vortex. Distribusi tekanan aliran dua fase cair dan gas pada arah tangensial nilai tertinggi rata-rata pada sudut 270° , debit air Q_2 ($0,0002032 \text{ m}^3/\text{s}$) dan variasi udara pada debit Q_5 ($0,000571 \text{ m}^3/\text{s}$) nilai terendah pada sudut tangensial $90^\circ, 0^\circ, 55^\circ, 30^\circ$, dan 20° . Arah radial, nilai tertinggi rata-rata pada sudut 150° dan terendah $160^\circ, 150^\circ$ dan 100° .

Kata kunci: Pola aliran dua fase, distribusi tekanan, Sudut radius

1. Pendahuluan

Persoalan aliran dua fase sudah menjadi sangat penting dalam perancangan dan teknologi keteknikan. Dalam mempelajari aliran dua fase dapat kita perhatikan atas beberapa bagian yaitu atas wujud fasenya, arah aliran dan kedudukan atau posisi saluran. Bila dilihat dari wujud fasenya biasa terdiri dari fase gas-cair, gas padat, cair-padat. Berdasarkan kedudukan saluran, ada aliran mendatar (horizontal), aliran tegak (vertikal) dan miring. Sedangkan bila ditinjau dari arah aliran terdiri dari aliran searah dan aliran berlawanan arah. Pola aliran yang berubah-ubah karena pengaruh interaksi antara fase, bilangan Reynolds, orientasi dan geometri pipa akan menyebabkan *pressure drop* juga berubah-ubah pula. Namun pada aliran dua fase udara air lebih kompleks sehingga lebih banyak permasalahan yang biasa diambil dari viskositas cairan terhadap beda tekanan pada aliran dua fase vertikal. Oleh karenanya, diperlukan peninjauan lebih mendalam lagi pada bidang mekanika fluida terutama dinamika fluida.

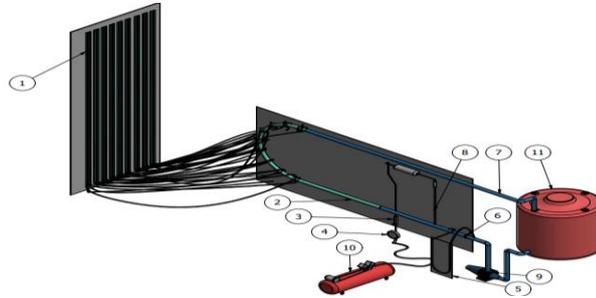
Suwidodo (2012) hasil penelitiannya mengenai, sistem transportasi fluida melalui saluran pipa tidak lepas dari fenomena aliran multi fase. Aliran tersebut cenderung menunjukkan tekanan lokal berfluktuasi, distribusi kecepatan tidak sama atau terjadi slip antar fase pada pola aliran tertentu memberikan gambaran bahwa semakin tinggi laju aliran fluida, maka penurunan tekanan (*pressure drop*)-nya atau kerugian energi juga bertambah besar[1]. Kerugian energi dan massa karena bocor dihitung berdasarkan keseimbangan energi dan massa secara menyeluruh Latif N (2016) Penelitiannya untuk mengetahui karakteristik aliran dua fase yang melalui saluran dengan ekspansi tiba-tiba berupa perubahan pola aliran dan *pressure recovery*. Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan superfisial air 0,2-1,3 m/s dan kecepatan superfisial udara 0,2-1,9 m/s yang menghasilkan pola tiga pola aliran yaitu bubble, plug, dan slug. Yanuar (2006) tujuan dari penelitiannya, mengetahui karakteristik aliran campuran udara-air yang mengalir di dalam sirkulasi pipa spiral horizontal. Setelah melakukan aliran dua-fase dan pengukuran *pressure drop* pada pipa spiral hasilnya dapat disimpulkan bahwa, koefisien gesek pada aliran dua-fase lebih besar dibandingkan data satu fase (air)[4].

Dari beberapa penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa pembuatan tusuk sate masih lakukan secara terpisah proses nya, antara mesin yang satu dengan mesin lainnya, olehnya itu muncullah sebuah ide untuk merancang sebuah mesin pembuatan tusuk sate yang menggabungkan proses pembuatan serta menggabungkan mesinnya sehingga proses produksinya dapat efisien.

2. Metode Penelitian

Pengujian dilakukan di laboratorium Riset Teknologi jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia Makassar pada bulan Desember 2022 Januari 2023.

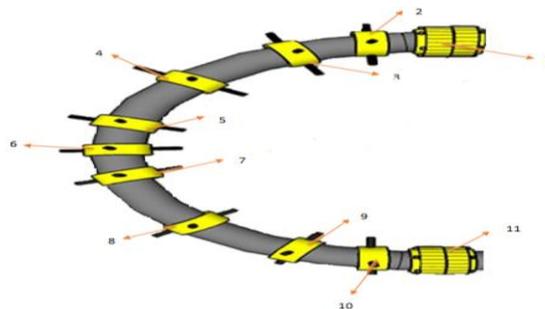
a. Instalasi Pengujian



Gambar 1. Instalasi Pengujian

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Manometer belokan pipa radius 90° | 7. Output pipa transparan radius 90° |
| 2. Pipa transparan input gas dan air | 8. Selang output flowmeter |
| 3. Flowmeter input gas | 9. Pompa |
| 4. Alat ukur preasure | 10. Kompresor |
| 5. Manometer orifice | 11. Reservoir |
| 6. Valve input orifice | |



Gambar 2. Komponen utama manometer seksi uji

Keterangan gambar :

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1. Water mur outlet | 7. Seksi uji (α 100°) |
| 2. Seksi uji (α 20°) | 8. Seksi uji (α 125°) |
| 3. Seksi uji (α 30°) | 9. Seksi uji (α 150°) |
| 4. Seksi uji (α 55°) | 10. Seksi uji (α 160°) |
| 5. Seksi uji (α 80°) | 11. Water mur intlet |
| 6. Seksi uji (α 90°) | |

b. Peralatan

Peralatan yang digunakan penelitian ini mengacu pada refrensi penelitian dan jurnal terkait :

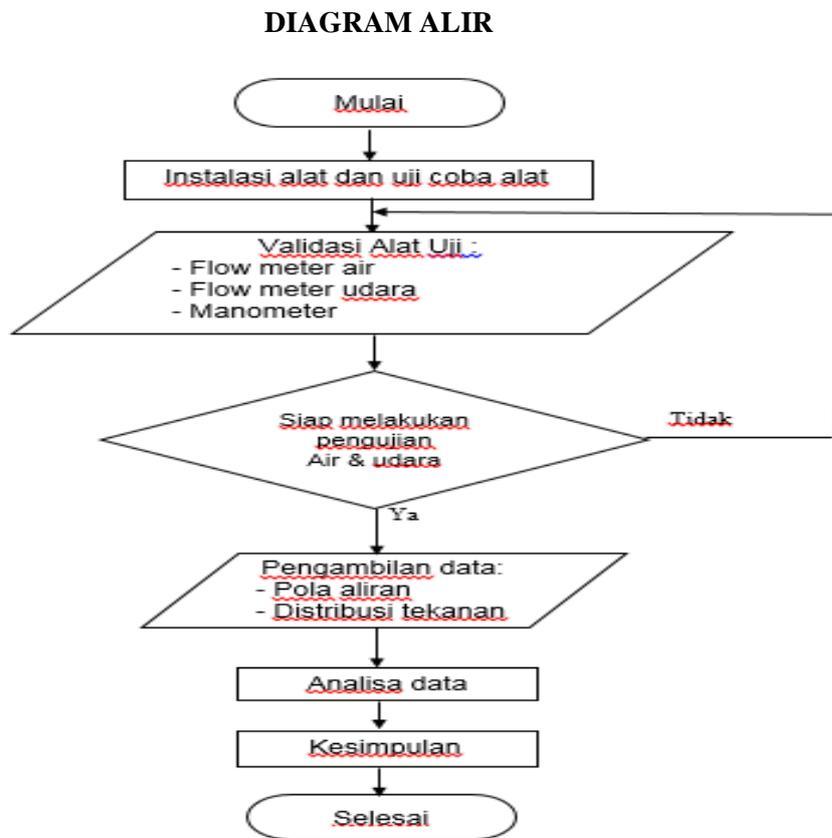
1. *Flow meter* berfungsi untuk mengukur debit aliran udara.
2. Orifice digunakan untuk mengukur debit air
3. Kompresor, digunakan untuk menaikkan tekanan udara.
4. Pompa, digunakan untuk mengalirkan air agar aliran air tetap stabil saat pengujian.

5. Kamera digital digunakan untuk memotret dan memvisualisasikan aliran air dan udara yang bersirkulasi.
6. Reservoir digunakan untuk menstabilkan aliran air yang keluar dari pompa.
7. Katup digunakan untuk mengatur debit air dan udara yang masuk ke seksi uji.
8. Regulator udara untuk mengatur tekanan udara hingga mencapai tekanan 1 atm.

c. Bahan

- a. Cairan yang digunakan adalah air dan gas.
- b. Pipa transparan (flexiglass) berukuran 3,5 inci dan 1 inci.
- c. Udara yang dipergunakan adalah udara dari kompresor pada tekanan 1 Atm.

d. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

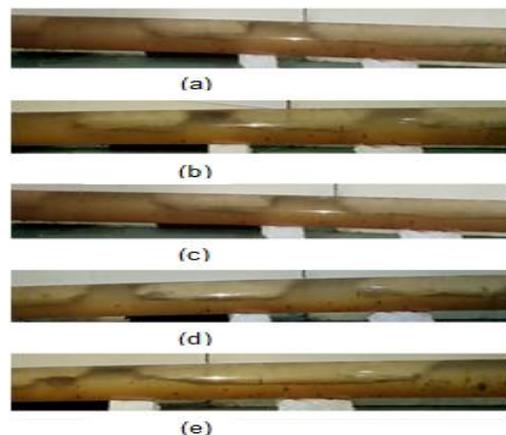
3.1. Visualisasi Pola Aliran

a. Debit air (0,00001621 m³/s)

Visualisasi pola aliran yang direkam menggunakan kamera digital, pola aliran pada debit air Q1 0,00001621 m³/s pada debit air konstan dan debit udara meningkat. Bentuk pola aliran yang terjadi untuk air dan udara diperlihatkan pada gambar. 3.4. penginjeksian debit udara dimulai Q1 0,000290 m³/s, Q2 0,000350 m³/s, Q3 0,000420 m³/s, Q4 0,000480 m³/s dan Q5 0,000571 m³/s, menunjukkan bahwa pada debit air 0,00001621 m³/s dengan debit udara yang di injeksikan dari Q1 0,000290 m³/s sampai Q2 0,000350 m³/s. Terjadi pembentukan pola aliran Plug masi dalam berukuran kecil. Tetapi bila pola

aliran ini melewati penampang pipa belokan pola aliran buble akan pecah dan membentuk vorteks dan slug di sekitar belokan pipa. Slug ini bergerak ke atas kemudian membentuk pola aliran dispersed bubble dengan ukuran kecil. Pola aliran dispersed bubble akan terbentuk sempurna jauh ketika setelah dan sebelum melewati belokan pipa yang membentuk arah radial pada posisi vertikal. Jika debit udara dinaikkan ke debit Q3 0,000420 m³/s pola aliran slug pada sisi pipa akan semakin panjang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4 (c). Pola aliran akan bergerak karena gaya dorongan udara yang menyebabkan saling bertumbukan dan slug membentuk dan kemudian berubah menjadi pola aliran slug kecil terdistribusi di dalam aliran. Bila debit udara terus dinaikkan hingga Q4 0,000480 m³/s maka terjadi pola aliran berbentuk slug udara dengan ukuran yang lebih panjang terjadi pada sisi bagian atas penampang pipa. Pola aliran slug akan berubah menjadi ukuran lebih pendek, ketika aliran melewati belokan pipa yang arah radial.

Fenomena ini disebabkan oleh pengaruh viskositas cairan, untuk cairan kental mempunyai daya tarik antar partikel yang kuat dan pengaruh gaya berat yang ditimbulkan oleh cairan itu sendiri. Penambahan debit udara yang diinjeksikan pada debit Q5 0,000571 m³/s seperti pada Gambar 3.4. (e). Bila debit udara terus dinaikkan maka terjadi pola aliran slug dengan ukuran yang lebih panjang dan kadang ada pula yang berukuran pendek terjadi pada sisi bagian atas penampang. pola aliran slug akan pecah dan berubah menjadi pola aliran plug dengan ukuran lebih pendek ketika aliran melewati penampang pipa belokan arah radial pada posisi vertikal. pola aliran akan menjadi aliran acak disertai pola dispersed bubble.

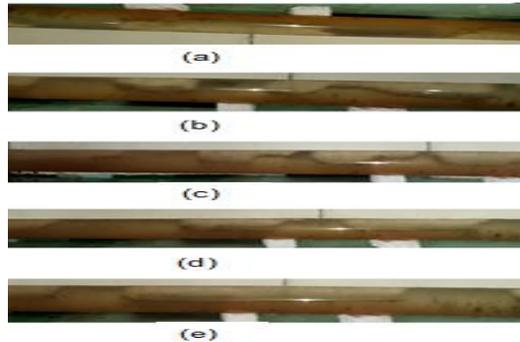


Gambar 4. Pola aliran pada debit air Q1 0,00001621 m³/s dengan variasi udara (a) Q1 0,00029 m³/s (b) Q2 0,00035 m³/s (c) Q3 0,00042 m³/s (d) Q4 0,00048 m³/s (e) Q5 0,000571 m³/s

b. Debit air (0,0002032 m³/s)

Gambar 5 (a) menunjukkan bahwa pola aliran pada debit air Q2 0,0002032 m³/s dengan injeksi udara Q1 0,000277 m³/s menunjukkan terjadinya pola aliran plug yang fluktuasi dimana udara cenderung di atas yang diperkirakan bergerak secara melambat. Gambar 3.5. (a). Bila debit udara dinaikkan menjadi Q2 0,000347 m³/s pola aliran akan berubah menjadi pola aliran slug dengan permukaan aliran cenderung lebih kasar. Berdasarkan pengamatan pola aliran slug diperkirakan bergerak dengan lebih cepat seperti pada gambar 3.5. (b) dan (c). Bila debit udara yang diinjeksikan menjadi lebih besar mengakibatkan terjadinya pola aliran slug udara dengan ukuran yang lebih panjang dan tidak stabil seperti pada Gambar 3.5 (d). Pada debit Q4 0,000472 m³/s. Perubahan pola aliran dari aliran slug yang tidak teratur (kasar), perubahan pola aliran ini disebabkan karena debit udara yang diberikan semakin bertambah yang menyebabkan luas permukaan aliran udara terbuka dan membentuk pola aliran slug yang tidak stabil dimana permukaan aliran menjadi lebih kasar, namun aliran semakin cepat hal ini dipengaruhi oleh meningkatnya debit aliran udara yang semakin tinggi. Gambar 3.5. (e) debit udara di naikkan ke Q5 0,000556 m³/s interaksi antara aliran air dan udara semakin kuat yang menyebabkan membentuk aliran slug berukuran panjang. Pola aliran slug dan plug tersebut saling bertabrakan atau saling bertumbukan karena dorongan air yang menyebabkan terjadinya pola aliran kadang membentuk aliran wavy bergerak searah dengan aliran slug yang berukuran semakin besar

sehingga terjadi pola aliran plug dan ada pula membentuk plug yang berukuran panjang seperti yang diperlihatkan pada Gambar. 3.5. Namun ketika aliran tersebut melewati pipa belokan arah radial, pembentukan aliran vortex membentuk pola aliran dispersed bubble kecil kemudian membentuk aliran slug yang berukuran pendek dimana air cenderung bergerak dengan kecepatan rendah. Pembentukan aliran plug yang agak panjang ketika melewati pipa belokan arah radial tersebut.

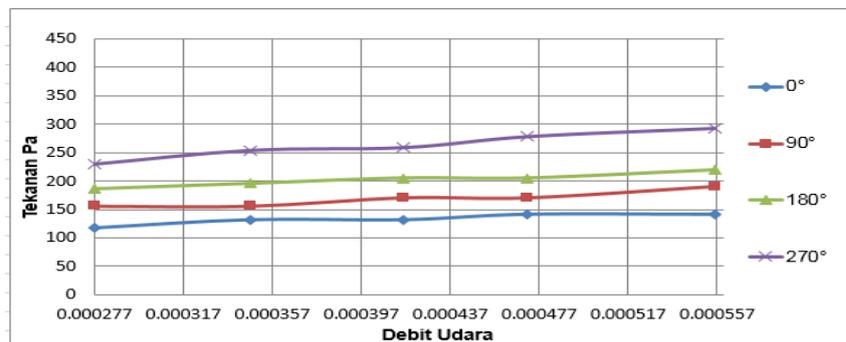


Gambar 5. Pola aliran pada debit air $0,0002132 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan variasi udara (a) Q1 $0,00029 \text{ m}^3/\text{s}$ (b) Q2 $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$ (c) Q3 $0,00042 \text{ m}^3/\text{s}$ (d) Q4 $0,00048 \text{ m}^3/\text{s}$ (e) Q5 $0,000571 \text{ m}^3/\text{s}$

3.2. Distribusi tekanan arah radial dengan debit air konstan debit udara meningkat.

a. Debit air ($0,0001621 \text{ m}^3/\text{s}$) pada arah tangensial

Hasil pengukuran tekanan untuk debit air konstan dan debit udara meningkat pada titik arah tangensial pipa sudut 0° , 90° , 180° dan 270° untuk melihat grafik dan tabel perhitungan bukaan katup air debit ($0,0001621 \text{ m}^3/\text{s}$) pada sudut radial 20° dengan peningkatan debit udara mulai dari Q1 $0,00029 \text{ m}^3/\text{s}$ Q2 $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$ Q3 $0,00042 \text{ m}^3/\text{s}$ Q4 $0,00048 \text{ m}^3/\text{s}$ Q5 $0,000571 \text{ m}^3/\text{s}$. Kurva distribusi tekanan terhadap peningkatan debit udara pada debit air konstan yang ditunjukkan pada gambar 3.6 Hubungan antara distribusi tekanan (Pa) dengan debit udara (m^3/s) terlihat bahwa semakin besar debit udara yang diberikan maka distribusi tekanan yang dihasilkan akan semakin berkurang terlihat pada grafik pada sudut 0° . Bertambahnya debit udara pada titik arah tangensial pipa sudut 180° kenaikan beda tekanan yang dihasilkan cukup tinggi saat penambahan debit udara pada Q4 $0,000472 \text{ m}^3/\text{s}$ dan Q5 $0,000556 \text{ m}^3/\text{s}$, namun berbeda dengan pada titik arah tangensial pipa 270° saat penambahan debit udara debit Q4 $0,000472 \text{ m}^3/\text{s}$ mengalami penurunan tekanan.



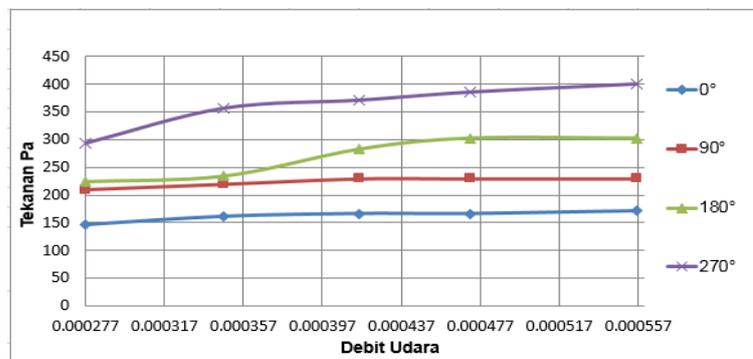
Gambar 6. Grafik hubungan antara distribusi tekanan arah tangensial, pada debit air ($0,0001621 \text{ m}^3/\text{s}$)

Gambar 6 menunjukkan bahwa debit udara yang lebih besar terjadi peningkatan tekanan arah sudut radial 20° pada titik arah tangensial pipa sudut 90° , 180° dan 270° . Semakin besarnya debit air yang diberikan kenaikan tekanan juga semakin besar. Penurunan tekanan tersebut diakibatkan karena adanya perubahan penurunan kecepatan aliran air pada penampang pipa belokan yang memiliki posisi vertikal. Oleh karena itu, untuk debit air yang lebih besar akan terjadi peningkatan tekanan lebih besar beriring meningkatnya debit udara, bila debit air rendah dengan variasi udara di naikan maka tekanan yang dihasilkan pun kecil. distribusi tekanan seiring dengan meningkatnya debit udara dipengaruhi oleh

lintasan penampang aliran fluida saat fluida melintasi penampang pipa belokan kecepatan efektif aliran fluida tertuju pada titik yang bertepatan pada titik arah tangensial pipa tersebut yaitu titik 180° sehingga pada titik tersebut mengalami peningkatan tekanan pada setiap peningkatan variasi debit udara.

b. Debit air ($0,0002032 \text{ m}^3/\text{s}$) pada sudut tangensial.

Debit air ($0,0002032 \text{ m}^3/\text{s}$) pada arah radial dengan peningkatan debit udara mulai dari Q1 $0,00029 \text{ m}^3/\text{s}$ Q2 $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$ Q3 $0,00042 \text{ m}^3/\text{s}$ Q4 $0,00048 \text{ m}^3/\text{s}$ Q5 $0,000571 \text{ m}^3/\text{s}$. Kurva distribusi tekanan terhadap peningkatan debit udara ditunjukkan pada Gambar 3.7. Menunjukkan hubungan antara penurunan tekanan (Pa) dengan debit udara (m^3/s) semakin besar debit udara yang diberikan maka penurunan tekanan yang dihasilkan akan semakin berkurang. Beriring bertambahnya variasi debit udara pada titik arah tangensial pipa sudut 270° kenaikan tekanan yang dihasilkan relative tinggi saat penambahan debit udara Q3 $0,0001581 \text{ m}^3/\text{s}$, namun berbeda dengan penambahan debit Q4 $0,000472 \text{ m}^3/\text{s}$ dan Q5 $0,000556 \text{ m}^3/\text{s}$ perubahan tekanan nampak konstan. Pada titik arah tangensial pipa 90° saat penambahan debit udara debit Q4 $0,000472 \text{ m}^3/\text{s}$ dan Q5 $0,000556 \text{ m}^3/\text{s}$ mengalami peningkatan tekanan. Berbeda dengan titik arah tangensial pipa sudut 0° , dan 90° beiring meningkatnya variasi debit udara tekanan yang dihasilkan terbilang konstan.



Gambar 7. Grafik hubungan antara distribusi tekanan pada arah tangensial pada debit air ($0,0000932 \text{ m}^3/\text{s}$)

Gambar 7 menunjukkan bahwa grafik debit udara yang lebih besar, menghasilkan peningkatan tekanan arah sudut radial 20° pada titik arah tangensial pipa sudut 0° , 90° , 180° dan 270° penurunan tekanan tersebut diakibatkan karena pada penampang pipa belokan yang memiliki posisi vertikal. Perubahan tersebut juga dipengaruhi karena gaya gesek cairan sehingga kecepatan aliran air akan menurun. walaupun semakin besar debit udara yang diinjeksikan akan tetapi hanya akan menghasilkan pola aliran vortex yang lebih besar saat aliran air dan udara melintasi posisi titik cincin penampang pipa belokan sehingga menimbulkan potensi besarnya vortex kemudian akan menyebabkan distribusi penurunan tekanan.

4. Kesimpulan

a. Kesimpulan

1. Pada penelitian ini diperoleh pola aliran tiga fase yaitu pola aliran plug, slug, dispersed bubble, dan vortex
2. Distribusi tekanan arah radial dan tangensial pada aliran dua fase cair dan gas, dilakukan 2x variasi debit air kemudian diinjeksikan 5x variasi udara hasil diperoleh yaitu Distribusi tekanan pada arah radial, nilai tertinggi rata-rata pada sudut 270° sebesar $415,19 \text{ Nm}$ dengan variasi udara pada debit Q5 ($0,000556 \text{ m}^3/\text{s}$) sedangkan nilai rata-rata terendah pada sudut radial 0° , 55° , 30° , dan 20°

b. Saran

1. Saat pengambilan gambar usahakan menggunakan kamera yang beresolusi tinggi agar hasil gambar yang diperoleh lebih jelas.
2. Penelitian selanjutnya usahakan posisi komponen utama manometer dalam kondisi datar.

Referensi :

- [1] Arif Yunizar Nugraha, Rudy Soenoko, 2014 “Pemodelan dan Verifikasi Aliran Dua Fase (Air-Udara) di Belokan 90” *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.5, No.3 : 225-238.
- [2] Biksono, Damawidjaya. 2006 “Karakteristik Dan Visualisasi Aliran Dua Fasa Pada Pipa Spiral.” *JURNAL TEKNIK MESIN* Vol. 8, No. 2,: 69 – 74
- [3] Fluida, Mekanika. 2002. “Aliran Pada Saluran Tertutup (Pipa).” : 1–23. Indonesia, Universitas et al. 2014. “PENUH UNTUK AIR TAWAR DAN LARUTAN BIOPOLIMER.”
- [4] Korawan, Agus Dwi. 2015. “POLA ALIRAN DUA FASE (AIR + UDARA) PADA PIPA HORIZONTAL DENGAN VARIASI KECEPATAN SUPERFISIAL AIR Keywords : Abstract :” 14(September): 57–63.
- [5] Latif Ngudi Wibawanto, Budi Santoso, and Wibawa Endra Juwana. 2016. "Karakteristik Aliran Dua Fase Pada Saluran Ekspansi Tiba-Tiba"*Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Vol. 11 No. 1 Hal.7-12*
- [6] Sarjito, Subroto, and Arif Kurniawan. 2016. “Studi Distribusi Tekanan Aliran Melalui Pengecilan.” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 17(1): 8–22.
- [7] Streeter, V. L., and E. B. Wylie. 1979. “Fluid Mechanics (Seventh Ed.)”
- [8] Studi, Program et al. 2019. “Korelasi Signifikan Antara Kecepatan Superfisial Dan Viskositas Cairan Menggunakan Pola Aliran Dua Fase Pada Pipa Mini Dengan.” 8(1): 33–39.
- [9] Sukamta and Sudarja. 2019. "Korelasi Signifikan Antara Kecepatan Superfisial dan Viskositas Cairan Menggunakan Pola Aliran Dua Fase Pada Pipa Mini dengan Kemiringan 30." *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM MetroTURBO* Vol. 8 No. 1. p-ISSN: 2301-6663,.
- [10] Suwidodo.2012." Pemantauan Rerugi Energi Aliran Dua Fase Dara Pada Saluran Pipa Horisontal." *Industrial Research Workshop and National Seminar 2012* ISBN 978-979-3541-25-9.
- [11] Sumarlin. 2000. “Aliran Dua Fase Gas Cair Melalui Pengecilan Saluran Secara Mendadak Pada Penampang Segi Empat Horizontal” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol 8–22: 7(2).
- [12] Wibawanto, Latif Ngudi, Budi Santoso, and Wibawa Endra Juwana. 2016. “Karakteristik Aliran Dua Fase Pada Saluran Ekspansi Tiba - Tiba.” 11(1): 7–12.
- [13] Yanuar, and Damawidjaya Biksono. 2006. "Koefisien Gesek Aliran Dua Fase Pada Pipa Spiral." *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) V Universitas Indonesia, Vol. 21-23 : M2-079*
- [14] Zainudin, I Made Adi Sayoga, and Made Nuarsa. 2012. “Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa.” *Dinamika Teknik Mesin* 2(2): 75–83.