

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA DUA FASE
(CAIR-GAS) DI DALAM PIPA HORIZONTAL**

Disusun dan Diajukan Oleh :

**ALFRIANDI KANSASI ISSAN
D021 19 1037**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA DUA FASE
(CAIR-GAS) DI DALAM PIPA HORIZONTAL**

Disusun dan Diajukan Oleh :

**ALFRIANDI KANSASI ISSAN
D021 19 1037**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA DUA FASE (CAIR-GAS) DI DALAM PIPA HORIZONTAL

Disusun dan diajukan oleh

Alfriandi Kansasi Issan

D021 19 1037

Telah dipertahankan dihadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program sarjana program studi teknik mesin fakultas teknik universitas hasanuddin pada tanggal 19 September 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

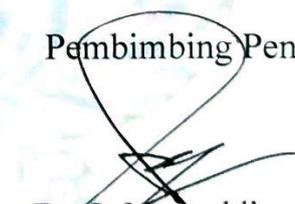
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

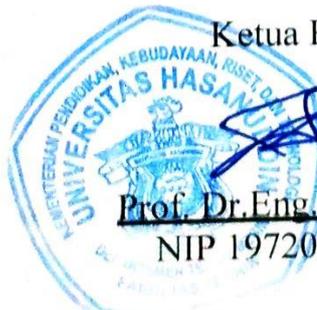
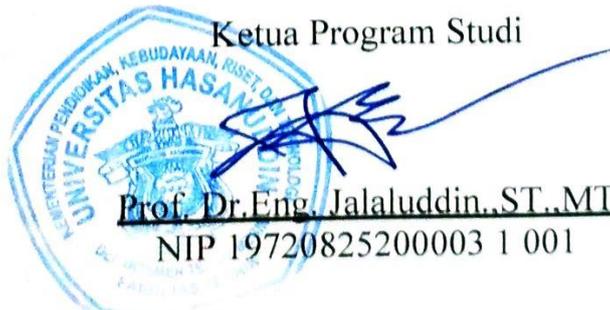


Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT
NIP 19591220198601 1 001



Dr. Ir. Nasruddin Aziz, M.Si
NIP 19611017198503 1 004

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT
NIP 19720825200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Alfriandi Kansasi Issan
NIM : D021 19 1037
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Karakteristik Aliran Fluida Dua Fase (Cair-Gas) Di Dalam Pipa
Horizontal

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil dari karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 19 September 2023

Yang menyatakan



Alfriandi Kansasi Issan

ABSTRAK

ALFRIANDI KANSASI ISSAN. *Analisis Karakteristik Aliran Fluida Dua Fase (Cair-Gas) di dalam Pipa Horizontal.* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT dan Dr. Ir. Nasruddin Aziz, M. Si)

Aliran dua fase merupakan bagian dari aliran multi fase yang mempunyai fenomena yang sangat kompleks dibanding pada aliran satu fase. Dalam aliran dua fase, analisis karakteristik aliran agak rumit karena adanya dua jenis fluida yang mengalir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh karakteristik aliran fluida dua fase (cair-gas) terhadap aliran dalam pipa. Dimana parameter yang digunakan yaitu bilangan Reynolds, faktor gesek, dan variasi debit aliran fluida. Penelitian ini dilakukan menggunakan instalasi perpipaan pada seksi uji pipa horizontal transparan. Data diukur menggunakan *pressure gauge* yang dipasang pada pipa transparan dengan jarak 1 meter. Data diambil dengan menginjeksikan udara pada aliran air dengan 7 variasi debit air dan 5 variasi debit udara. Hasil penelitian memperoleh hasil yaitu nilai *pressure drop* terendah terdapat pada variasi debit air $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit udara $0,00083 \text{ m}^3/\text{s}$ senilai 1700 Paskal. Nilai *pressure drop* terbesar terdapat pada variasi debit air $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit udara $0,00417 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan nilai 5900 Paskal. Nilai faktor gesek terendah terdapat pada variasi debit air $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit udara $0,000417 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan nilai 0,0159. Nilai faktor gesek terbesar terdapat pada variasi debit air $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit udara $0,000083 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan nilai 0,020506. Nilai faktor gesek terendah terdapat pada nilai bilangan Reynolds 113577,210 dengan nilai 0,0159. Nilai faktor gesek terbesar terdapat pada nilai bilangan Reynolds 56387,164 nilai 0,020506.

Kata kunci: fluida, aliran dua fase, cair-gas, *pressure drop*.

ABSTRACT

ALFRIANDI KANSASI ISSAN *Analysis of The Flow Characteristics of A Two-Phase (Liquid-Gas) Fluid Inside A Horizontal Pipe.* (supervised by Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT and Dr. Ir. Nasruddin Aziz, M. Si).

Two-phase flow is part of multi-phase flow, which has very complex phenomena compared to single-phase flow. In a two-phase flow, the analysis of flow characteristics is rather complicated due to the presence of two types of fluid flowing. This study aims to analyze the influence of two-phase (liquid-gas) fluid flow characteristics on the flow in pipelines. The parameters used are Reynolds number, friction factor, and variation of fluid flow discharge. This research was conducted using piping installations in the transparent horizontal pipe test section. Data is measured using a pressure gauge installed on a transparent pipe with a distance of 1 meter. Data is taken by injecting air into the water flow with 7 variations in water discharge and 5 variations in air discharge. The results of the study obtained the lowest pressure drop value found in the variation of water discharge of 0.001 m³/s and air discharge of 0.00083 m³/s, worth 1700 Paskal. The largest pressure drop value is found in the variation of water discharge 0.002 m³/s and air discharge 0.00417 m²/s, with a value of 5900 Pascal. The lowest friction factor value is found in the variation of 0.002 m³/s water discharge and 0.000417 m³/s air discharge, with a value of 0.0159. The largest friction factor value is found in the variation of 0.001 m³/s water discharge and 0.000083 m³/s air discharge, with a value of 0.020506. The lowest friction factor value is found in the Reynolds number value of 113577.210, with a value of 0.0159. The largest friction factor value is found in the Reynolds number 56387.164, with a value of 0.020506.

Keywords: fluid, two phase flow, liquid-gas, pressure drop.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Fluida	5
2.2 Mekanika Fluida	5
2.3 Jenis-jenis Aliran Fluida	6
2.3.1 Berdasarkan Sifat Pergerakannya	6
2.3.2 Berdasarkan Pengaruh Tekanan Terhadap Volume	6
2.3.3 Berdasarkan Gaya Yang Terjadi	6
2.4 Bilangan Reynolds	7
2.5 Kekentalan (Viskositas)	8
2.6 Massa Jenis (Densitas)	8
2.7 Persamaan Kontinuitas	9
2.8 Pola Aliran Dua Fase (Cair-Gas)	9
2.9 Parameter Aliran Dua Fase (Cair-Gas)	12
2.10 Rugi Energi Aliran Dalam Pipa	13
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Langkah-Langkah Penelitian	15
3.3 Alat Dan Bahan	16
3.3.1 Alat	16
3.3.2 Bahan	18
3.4 Prosedur Penelitian	20
3.5 Skema Alat	21
3.6 <i>Flow Chart</i> Penelitian	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil	23
4.1.1 Analisis Data Penelitian	23
4.1.2 <i>Pressure Drop</i> Pada Variasi Debit Aliran Fluida	25
4.1.3 <i>Pressure Drop</i> Pada Persentase Rasio Debit Cair-Gas Aliran Fluida	27
4.1.4 Faktor Gesek Eksperimental Pada Variasi Debit Aliran Fluida	28

4.1.5 Faktor Gesek Eksperimental Pada Persentase Rasio Debit Cair-Gas.....	30
4.1.6 Faktor Gesek Eksperimental Pada Bilangan Reynolds.....	31
4.1.7 Faktor Gesek Eksperimental Pada Faktor Gesek Teoritis	33
4.1.8 Karakterisasi Pola Aliran	35
4.2 Pembahasan	36
4.2.1 <i>Pressure Drop</i> Pada Variasi Debit	36
4.2.2 <i>Pressure Drop</i> Pada Persentase Rasio Cair-Gas	37
4.2.3 Faktor Gesek Eksperimental Pada Variasi Debit	37
4.2.4 Faktor Gesek Eksperimental Pada Persentase Rasio Cair-Gas	38
4.2.5 Faktor Gesek Eksperimental Pada Bilangan Reynolds.....	39
4.2.6 Faktor Gesek Eksperimental Dengan Faktor Gesek Teoritis	39
4.2.7 Karakterisasi Pola Aliran	40
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola aliran fluida dua fase (cair-gas) di dalam penampang horizontal	10
Gambar 2. Diagram Moody	14
Gambar 3. Pompa Sentrifugal	16
Gambar 4. Kompresor.....	16
Gambar 5. Bak Penampung Air 50 Liter	16
Gambar 6. <i>Pressure Gauge</i>	17
Gambar 7. <i>Flowmeter</i>	17
Gambar 8. Besi Siku	17
Gambar 9. Gergaji besi	17
Gambar 10. <i>Handphone</i>	18
Gambar 11. Pipa PVC diameter 1 inci dan 2 inci.....	18
Gambar 12. Pipa PVC Transparan diameter 1 inci.....	18
Gambar 13. <i>Valve</i>	19
Gambar 14. <i>Mixer</i>	19
Gambar 15. <i>Socket</i>	19
Gambar 16. <i>Elbow 90°</i>	19
Gambar 17. Lem Pipa	20
Gambar 18. Air	20
Gambar 19. Skema Alat	21
Gambar 20. <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	22
Gambar 21. Hubungan antara <i>pressure drop</i> dengan variasi debit aliran fluida... 26	26
Gambar 22. Hubungan antara <i>pressure drop</i> dengan persentase rasio debit cair-gas	28
Gambar 23. Hubungan antara faktor gesek eksperimental dengan variasi debit .. 29	29
Gambar 24. Hubungan antara faktor gesek eksperimental dengan persentase rasio debit cair-gas	30
Gambar 25. Hubungan antara faktor gesek eksperimental dengan bilangan Reynolds.....	32
Gambar 26. Hubungan antara faktor gesek eksperimental dengan faktor gesek teoritis	34
Gambar 27. Pola aliran <i>bubbly flow</i>	35
Gambar 28. Pola aliran <i>stratified flow</i>	35
Gambar 29. Pola aliran <i>stratified-wavy flow</i>	35
Gambar 30. Pola aliran <i>slug</i>	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hubungan antara <i>pressure drop</i> dengan variasi debit aliran fluida	25
Tabel 2. Hubungan antara <i>pressure drop</i> dengan persentase rasio debit cair-gas aliran fluida.....	27
Tabel 3. Hubungan antara faktor gesek eksperimental dengan variasi debit aliran fluida.....	28
Tabel 4. Hubungan antara faktor gesek eksperimental dengan persentase rasio cair-gas	30
Tabel 5. Hubungan antara faktor gesek eksperimental dengan bilangan Reynolds	31
Tabel 6. Hubungan antara faktor gesek eksperimental dengan faktor gesek teoritis	33

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
A	Luas Penampang (m^2)
D	Diameter (m)
f	Faktor Gesek
g	Gravitasi (m/s^2)
G	Fluks Massa ($kg/m^2.s$)
L	Panjang (m)
m	Massa (kg)
\dot{m}	Laju Aliran Massa (kg/s)
P	Tekanan (Paskal)
Q	Debit (m^3/s)
Re	Bilangan Reynolds
V	Kecepatan (m/s)
x	Kualitas Massa Udara
α	Fraksi Hampa
μ	Viskositas Dinamik ($N.s/m^2$)
ν	Viskositas Kinematik (m^2/s)
τ	Tegangan Geser
ρ	Massa jenis (Kg/m^3)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian.....	44
Lampiran 2. Data Hasil Perhitungan.....	45
Lampiran 3. Diagram Moody	48

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan penyertaanNya sehingga penulis mampu melaksanakan dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA DUA FASE (CAIR-GAS) DI DALAM PIPA HORIZONTAL” ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyelesaian studi dan penulisan skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik pengajaran, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Kedua Orang Tua terkasih, Bapak Yansen Nongkang dan Ibu Nabab Lylys dan juga kepada kakak-kakak tersayang Yunike Frasisca Nongkang dan Putri Miranda Issan, serta Kakek, Nenek, Om, Tante, dan keluarga besar yang selalu mendukung, memotivasi, mendoakan, dan membentuk karakter penulis hingga dapat sampai di titik ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. Nasruddin Aziz, M. Si selaku dosen pembimbing kedua penulis yang telah membantu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin. ST., MT selaku dosen penguji pada penelitian ini yang senantiasa memberikan saran, masukan dan koreksi yang bersifat membangun guna menjadikan penelitian ini lebih baik. Dan juga selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Ir. Baharuddin Mire, MT selaku dosen penguji pada penelitian ini yang senantiasa memberikan saran, masukan dan koreksi yang bersifat membangun guna menjadikan penelitian ini lebih baik.

6. Bapak dan Ibu dosen serta staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuan dan ilmu yang telah diberikan selama mengikuti perkuliahan.
7. Bela Megaperwani yang menjadi tempat berbagi cerita, selalu menemani dan mendukung penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan juga menyelesaikan skripsi ini.
8. Partner Tugas Akhir saya, Valen dan Kak Sandra yang selalu mendukung dan saling bertukar pikiran.
9. Ananaka dirumah yang tetap setia mendengar keluh kesah dan juga cerita penulis dengan segala drama kehidupan selama kuliah hingga bisa menyelesaikan skripsi ini.
10. Mahasiswa Departemen Teknik Mesin Angkatan 2019 BRUZHLEZZ19 yang telah memberikan dukungan dan kerjasama selama berproses baik dalam akademik maupun nonakademik dan semoga apa yang direncanakan kedepannya dapat tercapai.
11. Segenap keluarga KMKO Mesin dan KMKO Teknik khususnya Go Deeper dan Cynosure yang selalu menjadi tempat pulang dan berbagi cerita bagi penulis.
12. Semua pihak yang tidak disebutkan satu per satu, yang telah memberi dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Sebagai manusia biasa Penulis menyadari penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh Penulis. Oleh karenanya atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, Penulis memohon maaf dan bersedia menerima kritikan yang membangun.

Terakhir, harapan Penulis, semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Makassar, 9 September 2023

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak situasi teknik dimana dua atau lebih zat yang berbeda fasenya mengalir secara serentak sebagai suatu campuran. Campuran itu mungkin merupakan kombinasi dari padat, cair, dan gas. Dalam hal demikian alirannya adalah multifase. Namun demikian sebagian besar kasus yang biasa terjadi pada aliran multifase adalah dimana hanya dua fase saja yang mengalir secara bersamaan. Ini yang dinamakan dengan aliran dua fase. Tipe-tipe yang mungkin terjadi pada aliran dua fase adalah campuran cair-gas, gas-padat, dan cair-padat (Dwinanto dkk, 2006).

Aliran dua fase adalah merupakan bagian dari aliran multi fase mempunyai fenomena yang sangat kompleks dibanding pada aliran satu fase diantaranya adalah interaksi antar fase, pengaruh deformasi permukaan dan pergerakan antar fluida, pengaruh ketidakseimbangan fase, perubahan flow pattern dan lain sebagainya. Tidak kecuali juga *pressure drop* pada aliran dua fase yang saat ini menjadi ketertarikan dalam penelitian. Pada aliran satu fase, *pressure drop* dipengaruhi oleh Reynolds *number* yang merupakan fungsi dari viskositas, berat jenis fluida dan diameter pipa. Sedangkan pada aliran multiphase didalam saluran tertutup (pipa) tidak hanya dipengaruhi oleh Reynolds *number* tetapi fase-fase yang bercampur didalamnya mempunyai pengaruh yang signifikan, sehingga akan terdapat banyak *flow regime (flow pattern)* yang terbentuk dalam saluran tersebut akibat interaksi antar fase fluida tersebut (Adiwibowo, 2010).

Dalam aliran dua fase, pengukuran penurunan tekanan menimbulkan kesulitan karena adanya kemungkinan sifat mendua dalam isi saluran yang menyambung ke titik ke sarana pengukuran. Masalah lain adalah penurunan tekanan yang cenderung agak besar dalam sistem dua fase. Nasution dan Indarto (1998) menyatakan bahwa pada kecepatan aliran udara konstan, penurunan tekanan akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan aliran air. Sedangkan untuk kecepatan aliran air konstan, penurunan tekanan akan berkurang dengan bertambahnya kecepatan aliran udara (Dwinanto dkk, 2006).

Oliveira (2009) melakukan penelitian mengenai karakteristik aliran dua fase (air-udara) pada venturi meter dan *orifice* melalui horizontal dan vertikal *circular channels* dengan variasi massa alir air dan udara sampai 4000 kg/h dan 50 kg/h. Semakin tinggi massa alir fluida dua fase pada posisi vertikal maka diperoleh pola aliran *churn*, *slug* dan *bubbly pattern*. Sedangkan pada posisi horizontal, semakin tinggi massa alir fluida dua fase maka diperoleh *pressure drop* yang meningkat dan terbentuk pola aliran *annular*, *slug* dan *bubbly pattern*. Selain itu karakteristik aliran dua fase pada venturi meter lebih mendekati persamaan Chisholm dan Homogenous sedangkan karakteristik aliran dua fase pada *orifice* lebih mendekati persamaan Zhang dkk.

Roul dan Sukanta (2012) melakukan penelitian mengenai karakteristik aliran satu fase dan dua fase (air-udara) melalui *thick and thin orifice* pada horizontal *pipes* berdiameter dalam 40 mm dan 60 mm dan perbedaan geometri *orifice* dengan variasi area rasio (σ) 0,54 dan 0,73 serta variasi ketebalan (s/d) 0,025 dan 0,59 telah diteliti. Hasil yang diperoleh yaitu semakin kecil ketebalan dari *orifice* maka *pressure drop* akan semakin besar, sedangkan semakin besar area rasio maka *pressure drop* akan semakin menurun.

Sudarja dkk (2014), melakukan penelitian dilakukan pada seksi uji berupa pipa kaca berdiameter dalam 1,6 mm posisi horizontal, menggunakan fluida gas dan cairan, yaitu udara kering dan air, dengan kecepatan superfisial gas (JG)= 0,08 - 64,42 m/s, dan kecepatan superfisial cairan (JL)= 0,02 - 3,09 m/s. Kondisi penelitian adalah adiabatik. Pola aliran yang terdeteksi adalah: *bubbly*, *slug*, *churn*, *slug-annular*, *wavy annular*, dan *annular*. Dari beberapa peta pola aliran yang ada, peta pola aliran yang paling mirip dengan penelitian ini adalah peta dari Triplett dkk.

Pengetahuan tentang penurunan tekanan untuk aliran fase tunggal dan aliran dua fase melalui katup, lubang, dan alat kelengkapan pipa lainnya penting untuk kontrol dan pengoperasian perangkat industri seperti reaktor kimia, unit pembangkit listrik, peralatan pendingin, sumur minyak, dan saluran pipa. Seperti yang dibahas di atas bahwa telah banyak penelitian yang telah dilakukan yang berhubungan dengan pola aliran dan *pressure drop* aliran dua fase pada pipa horizontal. Secara umum parameter-parameter yang diperhatikan diantaranya

debit fluida cair dan gas, viskositas fluida, densitas fluida, dan instalasi pipa. Maka pada penelitian ini akan membahas tentang aliran dua fase (cair-gas), dengan judul penelitian “**ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN DUA FASE (CAIR-GAS) DI DALAM PIPA HORIZONTAL**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, ada beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan antara lain :

1. Bagaimana pengaruh karakteristik aliran fluida dua fase (cair-gas) terhadap aliran dalam pipa?
2. Bagaimana pengaruh *pressure drop* terhadap karakteristik aliran fluida dua fase (cair-gas) dalam pipa?
3. Bagaimana hubungan antara debit aliran dan karakteristik aliran fluida dua fase (cair-gas) dalam pipa?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, ada beberapa tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisis pengaruh karakteristik aliran fluida dua fase (cair-gas) terhadap aliran dalam pipa.
2. Menganalisis pengaruh *pressure drop* terhadap karakteristik aliran fluida dua fase (cair-gas) dalam pipa.
3. Menganalisis hubungan debit aliran terhadap karakteristik aliran fluida dua fase (cair-gas) dalam pipa.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Pengujian dilakukan dengan menggunakan fluida campuran air dan gas dengan perbandingan sedemikian rupa untuk menghasilkan 7 variasi data.
2. Seksi uji pada pipa horizontal.
3. Karakteristik yang dimaksud yaitu Penurunan Tekanan, Faktor Gesek,

Bilangan Reynolds, dan Rasio Fluida Cair-Gas.

4. Pompa yang digunakan adalah Pompa Sentrifugal.
5. Pipa yang digunakan adalah pipa pvc dan akrilik dengan diameter 1 inci.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Bagi Penulis :
 - a. Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
 - b. Dapat mengaplikasikan ilmu dan keterampilan yang telah diperoleh semasa kuliah.
2. Bagi Departemen :
 - a. Dapat dijadikan referensi bagi generasi-generasi teknik mesin yang akan datang dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Fluida

Fluida didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus-menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser. Sebuah tegangan geser terbentuk apabila sebuah gaya tangensial bekerja pada sebuah permukaan. Apabila benda-benda padat biasa seperti baja atau logam-logam lainnya dikenai oleh suatu tegangan geser, mula-mula benda ini akan berdeformasi (biasanya sangat kecil, tetapi tidak akan terus-menerus berdeformasi atau mengalir). Namun cairan yang biasa seperti air dan minyak, serta gas seperti udara memenuhi definisi dari sebuah fluida. Artinya, zat-zat akan mengalir apabila pada zat tersebut bekerja sebuah tegangan geser (Salam dan Tarakka, 2021).

Dengan pengertian diatas maka fluida dapat dibedakan atas zat cair dan gas. Dimana kedua zat ini pun berbeda secara teknis akibat gaya kohesif. Zat cair cenderung mempertahankan volumenya dan akan membutuhkan permukaan bebas dalam medan gravitasi. Aliran muka bebas sangat dipenuhi efek gravitasi sedangkan zat gas akan memuai dengan bebas sampai tertahan oleh dinding yang membatasinya. Gas tersebut akan membentuk atmosfer yang pada hakekatnya akan bersifat hidrostatis (Zainuddin dkk., 2012).

2.2 Mekanika Fluida

Mekanika fluida merupakan ilmu yang mempelajari keseimbangan dan gerakan zat cair maupun gas, serta gaya tarik dengan benda-benda disekitarnya atau yang dilalui saat mengalir. Fluida dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu zat cair dan gas. Perbedaan antara keduanya juga bersifat teknis, yaitu berhubungan dengan akibat gaya kohesif. Zat cair terdiri atas molekul-molekul tetap dan rapat dengan gaya kohesif yang relatif kuat, sehingga cenderung mempertahankan volumenya dan akan membentuk permukaan bebas yang rata dalam medan gravitasi. Sebaliknya gas, karena terdiri dari molekul-molekul yang tidak rapat dengan gaya kohesif yang cukup kecil (dapat diabaikan) (Negara, 2014).

2.3 Jenis-jenis Aliran Fluida

Aliran fluida terbagi berdasarkan beberapa kategori, beberapa diantaranya :

2.3.1 Berdasarkan Sifat Pergerakannya

1. *Uniform Flow*

Merupakan aliran fluida yang terjadi dimana besar dan arah dari vektor-vektor kecepatan konstan dari suatu titik ke titik selanjutnya pada aliran fluida tersebut.

2. *Non Uniform Flow*

Aliran yang terjadi dimana besar dan arah vektor-vektor kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasan aliran fluida tersebut, hal ini terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah.

3. *Steady Flow*

Merupakan aliran yang terjadi apabila kecepatannya tidak dipengaruhi oleh waktu, sehingga kecepatannya konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.

4. *Non Steady Flow*

Merupakan aliran yang terjadi apabila ada suatu perubahan kecepatan aliran tersebut terhadap perubahan waktu.

2.3.2 Berdasarkan Pengaruh Tekanan Terhadap Volume

1. Fluida tak Termampatkan

Pada kondisi ini fluida tidak mengalami perubahan dengan adanya perubahan tekanan, sehingga fluida tak termampatkan.

2. Fluida Termampatkan

Pada keadaan ini, fluida mengalami perubahan volume dengan adanya perubahan tekanan, sehingga fluida ini secara umum disebut fluida termampatkan.

2.3.3 Berdasarkan Gaya Yang Terjadi

1. Aliran Laminer

Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar . Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan.

2. Aliran Turbulen

Aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran.

3. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan antara aliran laminar dan aliran turbulen (Negara, 2014).

2.4 Bilangan Reynolds

Untuk aliran pipa, parameter tanpa dimensi yang paling penting adalah bilangan Reynolds, Re -adalah rasio inersia terhadap efek viskos dalam aliran.

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (1)$$

dimana V adalah kecepatan rata-rata di dalam pipa. Artinya, aliran dalam pipa adalah laminar, transisi, atau turbulen asalkan bilangan Reynolds “cukup kecil”, “sedang”, atau “cukup besar”. Bukan hanya kecepatan fluida yang menentukan karakter aliran-densitas, viskositas, dan ukuran pipa juga sama pentingnya. Parameter ini digabungkan untuk menghasilkan bilangan Reynolds. Perbedaan antara aliran pipa laminar dan turbulen dan ketergantungannya pada besaran tak berdimensi yang sesuai pertama kali dikemukakan oleh Osborne Reynolds pada tahun 1883.

Kisaran bilangan Reynolds untuk aliran pipa laminar, transisi, atau turbulen tidak dapat diberikan secara tepat. Transisi aktual dari aliran laminar ke aliran turbulen dapat terjadi pada berbagai bilangan Reynolds, tergantung pada seberapa banyak aliran terganggu oleh getaran pipa, kekasaran daerah masuk, dan sejenisnya. Untuk tujuan rekayasa umum (yaitu, tanpa tindakan pencegahan yang tidak semestinya untuk menghilangkan gangguan tersebut), nilai berikut ini sesuai: Aliran dalam pipa bundar adalah laminar jika bilangan Reynolds kurang dari kira-kira 2100. Aliran dalam pipa bundar adalah turbulen jika Bilangan

Reynolds lebih besar dari kira-kira 4000. Untuk bilangan Reynolds di antara dua batas ini, aliran dapat beralih antara kondisi laminar dan turbulen dengan cara yang tampaknya acak (aliran transisi) (Munson et al, 2002).

2.5 Kekentalan (Viskositas)

Viskositas adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Atau viskositas dinamik adalah sifat fluida yang menghubungkan tegangan geser dengan gerakan fluida. Di dalam fluida yang tidak bergerak, atau yang bergerak sedemikian rupa sehingga tidak ada lapisan yang bergerak relatif terhadap lapisan yang berdekatan, tidak akan timbul gaya-gaya geser semu berapapun viskositasnya, karena du/dy adalah nol di seluruh fluida (Salam dan Tarakka, 2021).

Dimensi viskositas ditentukan dari hukum viskositas Newton. Penyelesaian untuk viskositas dinamik (μ):

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \text{ (N.s/m}^2\text{)} \quad (2)$$

Viskositas dinamik μ seringkali disebut viskositas mutlak, agar tidak kacau dengan viskositas kinematic (ν).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ (m}^2\text{/s)} \quad (3)$$

2.6 Massa Jenis (Densitas)

Massa jenis atau densitas (ρ) adalah ukuran konsentrasi suatu zat dan dinyatakan dalam satuan massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung rasio massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut. Hubungannya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{dm}{dv} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (4)$$

dimana :

m = massa fluida (kg)

v = volume fluida (m^3)

Besar nilai massa jenis dipengaruhi oleh temperatur, semakin tinggi temperatur maka kerapatan fluida akan berkurang dikarenakan gaya kohesi dari molekul-molekul fluida menjadi berkurang (Negara, 2014).

2.7 Persamaan Kontinuitas

Teorema transport Reynolds, menghubungkan laju perubahan sistem dengan integral volume dan integral muka volume kendali. Untuk kekekalan massa, bila aliran di dalam volume kendali itu tunak (stedi), maka diperoleh persamaan (5) (Salam dan Tarakka, 2021), yaitu :

$$\rho_2 A_2 V_2 = \rho_1 A_1 V_1 \quad (5)$$

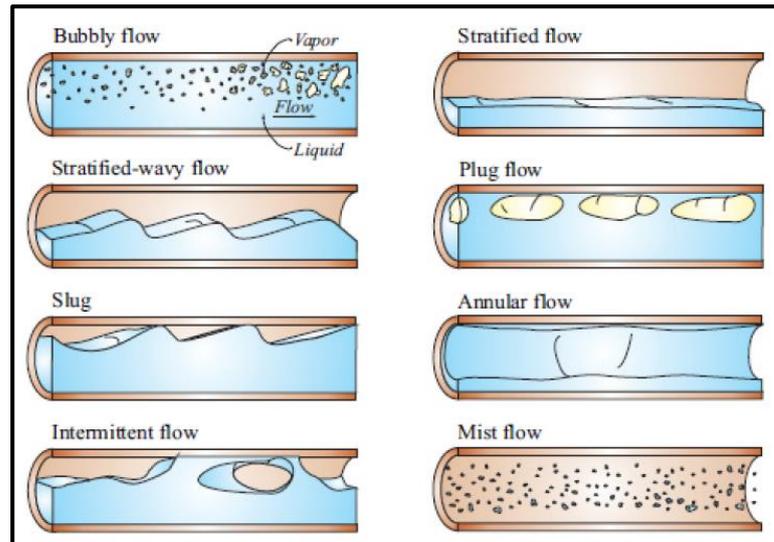
Untuk aliran-aliran inkompresibel di mana densitas tidak berubah, diantara jalur masuk dan jalur keluar dan kecepatannya adalah seragam di setiap area, maka kekekalan massa disederhanakan menjadi :

$$Q = AV \quad (6)$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (7)$$

2.8 Pola Aliran Dua Fase (Cair-Gas)

Pada kenyataannya, pola aliran dua fase dalam tabung horizontal mirip dengan aliran vertikal kecuali untuk efek stratifikasi aliran. Dalam aliran dua fase horizontal, cairan dan uap cenderung terpisah karena gaya apung: cairan ke dasar tabung dan gas ke atas. Pada laju aliran yang cukup tinggi pengaruh daya apung menjadi diabaikan dan aliran menjadi sangat mirip dengan aliran vertikal. Pola aliran untuk aliran gas dan cairan dalam tabung horizontal ditunjukkan pada gambar. Pola aliran individu dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Pola aliran fluida dua fase (cair-gas) di dalam penampang horizontal
Sumber : Thome, John R. 2015

1. *Bubbly Flow* (Aliran bergelembung)

Gelembung gas kecil yang banyak tersebar dalam fase cair kontinu, namun gelembung cenderung ke bagian atas tabung karena daya apungnya. Ketika gaya geser dominan pada laju aliran cairan yang tinggi, gelembung cenderung menyebar secara merata di dalam tabung. Dalam aliran horizontal, rezim aliran bergelembung biasanya hanya terlihat pada laju aliran massa yang tinggi karena pada laju aliran yang lebih rendah banyak gelembung di bagian atas cenderung cepat menyatu menjadi beberapa gelembung panjang yang besar.

2. *Stratified flow* (Aliran bertingkat)

Ketika gaya apung benar-benar dominan pada kecepatan cairan dan gas yang rendah, pemisahan lengkap dari dua fase terjadi: gas bergerak di sepanjang bagian atas saluran dan cairan di sepanjang bagian bawah. Antarmuka antara dua fase hampir datar tanpa gelombang yang signifikan. Biasanya lebih dari setengah keliling tabung kering sedangkan sisanya basah.

3. *Stratified-wavy flow* (Aliran berlapis-gelombang)

Meningkatkan kecepatan gas dalam aliran bertingkat, geser antarmuka pada permukaan cair menciptakan gelombang yang tidak hanya bergerak ke arah aliran tetapi juga cenderung membungkus sekeliling perimeter menuju bagian atas tabung. Amplitudo gelombang terkenal; namun, puncaknya tidak mencapai bagian atas tabung. Biasanya sebagian besar dari batas atas tabung tetap kering, meskipun gelombang amplitudo besar sesekali dapat membasahnya.

4. *Intermittent flow* (Aliran terputus-putus)

Semakin meningkatkan kecepatan gas, gelombang antarmuka menjadi cukup besar secara konsisten untuk membasahi perimeter atas, biasanya meninggalkan film cair sedemikian rupa sehingga seluruh perimeter tabung hampir selalu basah. Gelombang amplitudo besar dipisahkan oleh gelombang amplitudo kecil di antaranya yang tidak mencapai bagian atas saluran. Gelembung biasanya terlihat pada gelombang besar, yang terperangkap oleh gerakan gulungan ombak. *Slug* cair yang memisahkan gelembung-gelembung besar yang memanjang juga dapat digambarkan sebagai gelombang amplitudo periodik yang besar dan karenanya memberi nama rezim ini: aliran intermiten. Aliran terputus-putus kadang-kadang dibagi menjadi dua rezim lain: aliran *plug* dan aliran *slug* :

- a. *Plug Flow*, Aliran ini adalah aliran cairan dengan gelembung gas besar memanjang yang mengalir di sepanjang bagian atas saluran. Diameter gelembung memanjang lebih kecil dari tabung sehingga fase cairnya kontinu.
- b. *Slug Flow*, ketika laju aliran gas meningkat, diameter gelembung memanjang menjadi mirip dengan saluran dan aliran mulai terlihat mirip dengan aliran *slug* di saluran vertikal. Biasanya film cair antara bagian atas gelembung dan saluran lebih tipis dibandingkan dengan lapisan di bawah gelembung.

5. *Annular Flow* (Aliran *annular*)

Mirip dengan aliran vertikal, ketika meningkatkan laju aliran gas, cairan membentuk film *annular* kontinu di sekeliling tabung; namun, film cair lebih tebal di bagian bawah pipa daripada di bagian atas sampai pada tingkat aliran gas yang lebih tinggi, cincin cairan *annular* menjadi seragam ketebalannya. Antarmuka antara anulus cair dan inti uap terganggu oleh gelombang, dan tetesan dapat tersebar di inti gas. Pada fraksi gas yang tinggi, bagian atas tabung dengan film yang lebih tipis menjadi kering terlebih dahulu, sehingga film *annular* hanya menutupi bagian bawah tabung dan dengan demikian ini juga dapat diklasifikasikan sebagai aliran *stratified-wavy*.

6. *Mist Flow*.

Mirip dengan aliran vertikal, pada kecepatan gas yang sangat tinggi, semua cairan dapat terlepas dari dinding dan tertahan sebagai tetesan kecil dalam fase gas yang sekarang terus menerus. Ini cenderung menjadi proses progresif yang dimulai

pertama kali di bagian atas tabung di mana film cair lebih tipis dan kemudian berlanjut ke hilir sampai semua cairan tertahan sebagai tetesan. Kadang-kadang anak sungai cairan juga terlihat setelah film cairan pecah, yaitu cairan yang belum masuk (Thome, 2015).

2.9 Parameter Aliran Dua Fase (Cair-Gas)

Berdasarkan penelitian Kusumaningsih (2018) beberapa parameter dalam aliran dua fase (cair-gas) yaitu :

1. Massa Alir, \dot{m}_{TP}

Massa alir total aliran fluida dua fase seperti pada Persamaan 8 merupakan jumlah dari massa alir fase cair, \dot{m}_l dengan massa alir fase gas \dot{m}_g .

$$\dot{m}_{TP} = \dot{m}_l + \dot{m}_g \text{ (kg/s)} \quad (8)$$

2. Volume alir, Q_{TP}

Volume alir total aliran fluida dua fase seperti pada Persamaan 9 merupakan jumlah dari volume alir fluida berfase liquid, Q_l dengan volume alir fase gas Q_g .

$$Q_{TP} = Q_l + Q_g \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (9)$$

Sama halnya dengan aliran fluida satu fase, volume alir berhubungan dengan massa alir fluida. Untuk volume alir fluida berfase cair dapat dihitung menggunakan Persamaan 10 dan Persamaan 11 untuk volume alir fluida berfase gas.

$$Q_l = \frac{\dot{m}_l}{\rho_l} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (10)$$

$$Q_g = \frac{\dot{m}_g}{\rho_g} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (11)$$

3. Fluks Massa, G

Fluks massa merupakan banyaknya massa alir fluida yang melewati suatu luas penampang. Fluks massa untuk aliran dua fase dapat dihitung menggunakan Persamaan 12.

$$G = \frac{\dot{m}}{A} \text{ (kg/m}^2 \cdot \text{s)} \quad (12)$$

4. Kualitas Massa Udara, x

Kualitas massa udara merupakan rasio antara massa alir fluida berfase gas dengan massa alir total. Kualitas massa udara dapat dihitung menggunakan Persamaan 13.

$$x = \frac{\dot{m}_g}{\dot{m}_g + \dot{m}_l} \quad (13)$$

2.10 Rugi Energi Aliran Dalam Pipa

Bila fluida mengalir melalui suatu pipa dan tekanan fluida diukur pada dua tempat sepanjang pipa, akan dijumpai kenyataan bahwa tekanan berkurang dalam arah aliran. Penurunan tekanan ini disebabkan karena gesekan fluida pada dinding pipa (Nurcholis, 2008). Penurunan tekanan (Δp) sepanjang pipa (L) dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = h_f = f \frac{LV^2}{D2g} \text{ (m)} \quad (14)$$

dimana :

ΔP = penurunan tekanan (N/m²)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

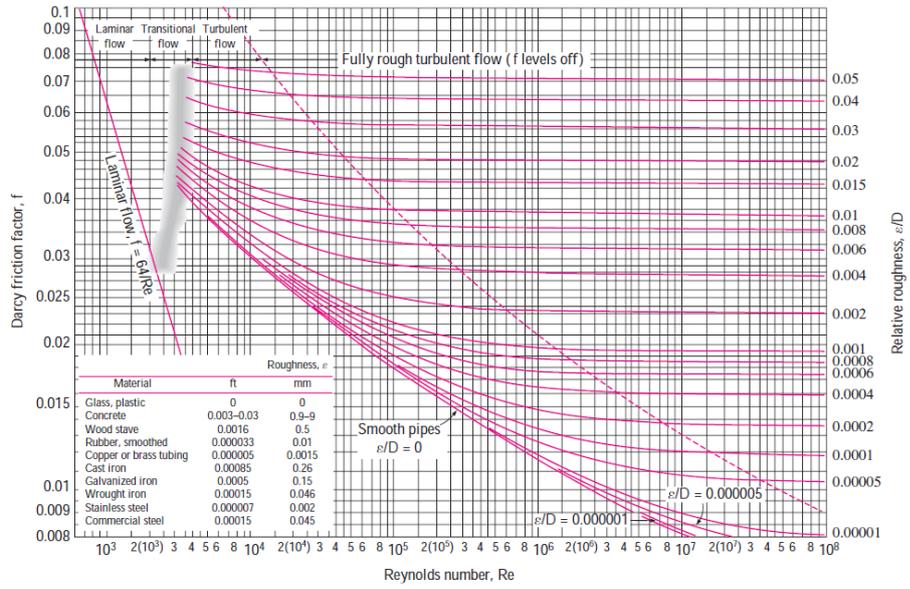
h_f = kerugian tinggi tekanan (m)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

f = koefisien gesekan pipa

V = kecepatan aliran fluida (m/s)



Gambar 2. Diagram Moody
 Sumber : Chengel and Cimballa, 2006