

Kaji Eksperimental Aliran Dua Fase Water-Crude Oil Melewati Pipa Horizontal Dengan Variasi Putaran Kecepatan Pompa

Eva Hertnacahyani Herraprastanti^{a*}, Asep Juliyana Eka Santoso^a,

^a Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Jln. Kampus Ronggolawe Blok B No. 1 Mentul Cepu; Telp. (0296) 422322.

*Email: ev.hertna@gmail.com

Intisari

Tentang naskah:

- diterima, 07 Juli 2022
- direview, 30 Agt 2022
- diterbitkan, 30 Sep 2022

Kata kunci:

Dua Fase, Water-Crude Oil, Pressure Drop, Flow Pattern.

Aliran multi fasa terjadi dalam kehidupan sehari-hari, baik pada industri kecil maupun industri besar. Aliran multi-fase dalam proses industri perminyakan, mulai dari pengeboran minyak di perut bumi, hingga proses distribusi ke kilang. Pola aliran yang terjadi terkadang tidak sesuai dengan yang diinginkan. Dimana zat cair terbawa oleh aliran gas, yang menyebabkan perubahan tekanan secara tiba-tiba dan perbedaan tekanan yang besar. Penelitian untuk melihat pola dan situasi aliran minyak mentah dua fasa yang melewati suatu pipa dengan perubahan penampang secara mendadak dengan diameter pipa kecil yaitu 0,014 m dan untuk diameter pipa besar 0,021. Untuk mendapatkan visualisasi aliran pada daerah pemuaian digunakan pipa akrilik transparan. Persentase minyak mentah yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan persentase air adalah 0%, 5%, 10%, 15% dengan memvariasikan putaran motor pompa mulai dari 2100 rpm, 2400 rpm, 2700rpm. Untuk mengidentifikasi pola aliran yang terjadi pada penelitian ini digunakan kamera tipe digital single-lens reflex (DSLR). Pola aliran yang diperoleh dari penelitian ini adalah aliran tersebar. Peningkatan volume minyak mentah menyebabkan laju alir menurun. Laju alir diperoleh pada saat aliran udara satu fasa yaitu 0,00032 m³/s, sedangkan nilai terendah diperoleh pada saat campuran yaitu 85% -15% pada 0,0002 m³/s.

Abstract

Keyword:

Two Phase, Water-Crude Oil, Pressure Drop, Flow Pattern.

Multi-phase flow occurs in everyday life, both in small and large industries. Multi-phase flow in the process of the petroleum industry, starting from drilling for oil in the bowels of the earth, to the distribution process to refineries. The flow pattern that occurs is sometimes not as desired. Where the liquid is carried by the gas flow, which causes sudden pressure changes and large pressure differences. Research to see the pattern and situation of two-phase water-crude oil flow that passes through a pipe with a sudden change in cross-section with a small pipe diameter is 0.014 m and 0.021 for large pipe diameters. To get a visualization of the flow in the expansion area, a transparent acrylic pipe was used. The percentage of crude oil used is 0%, 5%, 10%, 15% and the percentage of water is 0%, 5%, 10%, 15% by varying the rotation of the motor pump starting from 2100 rpm, 2400 rpm, 2700 rpm. To identify the flow patterns that occur in this study, a digital single-lens reflex (DSLR) type camera is used. Flow patterns obtained from this study are scattered flow. The increase in the volume of crude oil causes the flow rate to decrease. The flow rate is obtained when the air flow is one-phase, namely 0.00032 m³ / s, while the lowest value is obtained when the mixture is 85% -15% at 0.0002 m³ / s.

1. Pendahuluan

Aliran dua fase merupakan aliran yang memiliki dua jenis fase, baik itu cair-gas, cair-padat, dan padat-gas. Aliran dua fase mempunyai fenomena yang sangat kompleks, hal ini dikarenakan adanya interaksi antar fase yang berbeda, bentuk geometri dan orientasi (vertikal maupun horizontal), arah aliran (searah maupun berlawanan arah), deformasi permukaan dan sebagainya.

Penelitian Balakhrisna (2010), tentang aliran multi fase (*liquid-liquid*) air-kerosine dan air-minyak pelumas yang melewati pipa kontraksi dan ekspansi di dalam penelitian ini karakteristik dari fluida sangat berpengaruh terhadap pola aliran yang terjadi baik untuk aliran yang melewati daerah kontraksi maupun daerah ekspansi. Fluida dengan nilai viskositas yang tinggi mempunyai kecenderungan untuk membentuk pola *core annular flow*, sedangkan fluida dengan nilai viskositas yang lebih rendah akan membentuk pola yang bervariasi seperti *three layers flow*, *stratified flow*, dan *dispersed flow*.

Siregar dan Yohana (2014), Melakukan Percobaan terhadap aliran campuran air-*crude oil* yang mengalir melalui pipa pengecilan mendadak. Ini dilakukan dengan mengalirkan fluida campuran dalam instalasi pipa yang telah dibuat dengan desain khusus pada bagian seksi uji. Sedangkan yang membedakan dengan penelitian sebelumnya adalah panjang dari pipa acrylic terhadap perubahan kecepatan variasi pompa, dengan diameter pipa 21:14 mm panjang masing-masing pipa adalah 60 cm. Dengan kecepatan variasi pompa 2100, 2400, 2700 rpm.

Campuran air dan crude oil di transportasi kan sepanjang jarak tertentu menuju reservoir sehingga prediksi yang akurat tentang bagaimana karakteristik aliran serta penurunan tekanan yang terjadi adalah suatu hal yang penting untuk diketahui dalam keperluan rekayasa industri perminyakan.

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah :

- a. Fluida kerja yang digunakan adalah Air dan *Crude Oil*. Presentase *Crude Oil* digunakan mulai dari 0%, 5 %, 10%, 15% dan prosentase air yang digunakan 100%, 95%, 90%, 85%.
- b. Pipa yang digunakan jenis *acrylic* dengan panjang 60 cm, diameter

dalam 14 mm dan 21 mm.

- c. Elbow yang digunakan dengan sudut sambungan 90°.
- d. Arah aliran ditentukan menggunakan aliran searah.
- e. Pengamatan fenomena aliran hanya dilakukan pada pipa Horizontal.
- f. Putaran motor pompa 2100, 2400, dan 2700 rpm.

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan yaitu W. Wang dkk (2001), meneliti karakteristik dari aliran multi fase heavy crude-water yang melewati pipa baja. W. Wang dkk menggunakan pipa dengan diameter 25.4 mm dan panjang total 50 m. Mereka menjelaskan bahwa nilai pressure drop akan tinggi ketika Crude Oil beremulsi secara kontiniu, tetapi nilai pressure drop akan menurun saat air mulai terpisah dari minyak dan membentuk lapisan tersendiri.

T. Balakhrisna dkk (2010), melakukan penelitian terhadap aliran multi fase (*liquid-liquid*) air-kerosine dan air-minyak pelumas yang melewati pipa kontraksi dan ekspansi. Mereka menjelaskan bahwa karakteristik dari fluida sangat berpengaruh terhadap pola aliran yang terjadi baik untuk aliran yang melewati daerah kontraksi maupun daerah ekspansi. Fluida dengan nilai viskositas yang tinggi mempunyai kecenderungan untuk membentuk pola *core annular flow*, sedangkan fluida dengan nilai viskositas yang lebih rendah akan membentuk pola yang bervariasi seperti *three layers flow*, *stratified flow*, dan *dispersed flow*.

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yaitu “Bagaimana merancang dan mengamati pola aliran yang menyebabkan nilai pressure drop berubah- ubah (*fluktuatif*) serta merugikan transportasi fluida ?”.

Adapun penelitian yang dilakukan mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui besaran pressure drop yang terjadi antara aliran air-*crude oil*.
 2. Mengetahui pola dan karakteristik dari aliran dua fase air-*crude oil* dengan variasi kecepatan pompa.
- Sedangkan hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:
1. Mengetahui besar *pressure drop*

- pada aliran Air dan *Crude oil*.
- Mengetahui fenomena aliran yang terjadi pada aliran dua fase.
 - Dapat menjadi acuan untuk penelitian aliran dua fase yang lebih lanjut.

2. Kerangka Teori

2.1. Aliran Dua Fase

Adiwibowo (2010), Aliran dua fase adalah merupakan bagian dari aliran multi fase mempunyai fenomena yang sangat kompleks dibanding pada aliran satu fase di antaranya adalah interaksi antar fase, pengaruh deformasi permukaan dan pergerakan antar fluida, pengaruh ketidak seimbangan fase, perubahan pressure drop.

2.1.1 Aliran MultiFase

Menurut Awaludin, dkk (2014), Aliran multifase adalah aliran yang fasenya (padat, cair dan gas) saling berinteraksi antara satu dengan yang lainnya dan setiap hubungan antar fase pergerakannya saling mempengaruhi. Sedangkan aliran dua fase adalah aliran yang terdiri dari dua fase yang berbeda, dan merupakan bagian aliran multiphase. Aplikasi aliran multiphase misalnya kavitasi pompa dan turbin, electrophotographic printer di proses aliran efektif toner untuk menghasilkan kualitas gambar dan kecepatan pencetakan, ketel uap, proses reaktor nuklir di sistem pembangkit tenaga nuklir, proses destilasi, industri perminyakan dan pertambangan.

2.1.2 Pola Aliran Dua Fase Saluran Horizontal

Menurut Zuber, dkk (1975), Pola Aliran Dua Fase Saluran Horizontal Berkuruan Mini Pola aliran atau rezim aliran merupakan konfigurasi geometrik dari kombinasi aliran dua buah fase. Beberapa metode yang dapat digunakan dalam pengamatan pola aliran salah satunya metode visualisasi menggunakan kamera video berkecepatan tinggi. Zuber, Jones, & Owen (1975), Adapun metode analisis spectral dari tekanan yang berfluktuasi pada fraksi volume yang dapat digunakan untuk beberapa keadaan jika pengamatan visual sulit didapatkan.

Berikut ini merupakan gambaran umum pola aliran yang terbentuk pada saluran konvensional horizontal.

a. *Bubbly Flow*

Bubbly flow terbentuk ketika gas terdispersi ke dalam cairan, kemudian ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung dalam cairan yang disebabkan oleh fluida gas yang tidak mampu menahan gaya geser pada kontak kedua fase. Dalam saluran horizontal, dapat dilihat bahwa gelembung lebih dominan berada dibagian atas saluran. Hal ini dikarenakan gaya gravitasi masih sangat dominan dalam saluran.

b. *Stratified Flow*

Stratified flow dapat dikarakteristikan sebagai pola aliran udara-air yang mengalir terpisah tetapi berkelanjutan dengan permukaan air yang tenang dan terjadi pada kondisi kecepatan aliran gas-air yang rendah.

c. *Stratified Wavy Flow*

Pada *stratified wavy flow* pola yang terbentuk berupa gelombang pada permukaan cairan yang bergerak searah dengan aliran gas. Hal ini dikarenakan terjadinya peningkatan kecepatan gas.

d. *Plug Flow*

Plug flow dikarakteristikan sebagai aliran yang memiliki liquid plug yang di pisahkan oleh bubble gas yang memanjang dan menyerupai peluru. Diameter bubble tersebut kurang dari ukuran saluran. Plug flow bisa disebut juga sebagai aliran elongated bubble.

e. *Slug Flow*

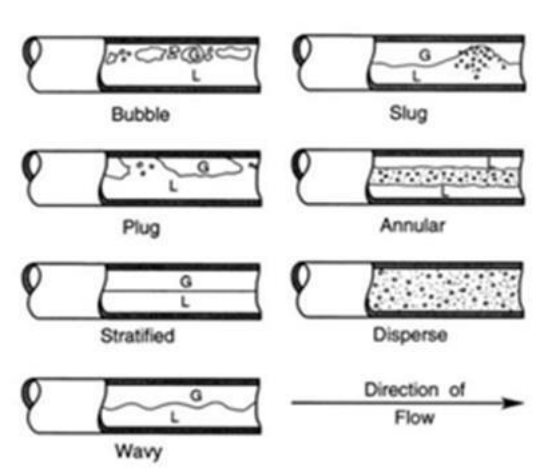
Pola aliran *slug* dapat terjadi ketika laju aliran gas yang semakin tinggi. Hal itu mengakibatkan bentuk gelombang semakin besar dan ketika gelombang mencapai bagian atas pipa maka akan terbentuk kantung. Kantung fase gas yang dibatasi oleh fase cair akan terbawa oleh aliran gas dengan kecepatan tinggi, sehingga akan terbentuk gelembung-gelembung kecil pada bagian ekor (tail).

f. *Annular Flow*

Pola *annular flow* dapat disebut juga aliran cincin. Aliran ini terjadi pada kecepatan gas yang tinggi dimana aliran gas akan mengalir kontinyu pada bagian tengah saluran sedangkan aliran air berada disekitar dinding saluran dengan sedikit bubbledan riak. Karena pengaruh gravitasi maka ketebalan lapisan cairan yang ada di bawah lebih tebal dibandingkan dengan lapisan yang ada di atas.

g. *Dispersed Flow*

Dispersed flow terbentuk pada saat saat bubble-bubble berukuran kecil yang tersebar di hampir seluruh pipa terutama pada bagian atas karena efek dari gaya apung bubble itu sendiri. Fenomena *dispersed flow* ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut



Gambar 1. Gambaran umum pola aliran yang terbentuk pada saluran konvensional horizontal

2.2 Minyak Mentah (*Crude Oil*)

Minyak mentah (*crude oil*) yang baru keluar dari sumur eksplorasi mengandung bermacam-macam zat kimia yang berbeda baik dalam bentuk gas, cair maupun padatan. Lebih dari separoh (50-98%) dari zat-zat tersebut adalah merupakan hidrokarbon. (Supriharyono, 2000). Minyak mentah merupakan campuran yang kompleks dengan komponen utama alkana dan sebagian kecil alkena, alkuna, siklo-alkana, aromatik, dan senyawa anorganik.

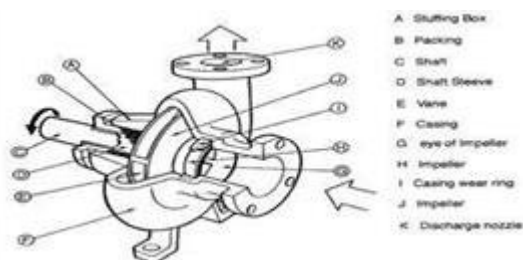
Minyak mentah mengandung sekitar 50-98 % senyawa hidrokarbon dan sisanya merupakan senyawa non-hidrokarbon (Sulfur, Nitrogen, Oksigen, dan beberapa Logam Berat seperti V, Ni dan Cu).

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Minyak Mentah

No.	Komponen Minyak Mentah	Komposisi (%)
1.	Karbon	84
2.	Hidrogen	14
3.	Belerang	1-3
4.	Nitrogen	<1
5.	Oksigen	<1
6.	Logam (Ni, Cu, As, Fe, V)	<1
7.	Garam (NaCl, MgCl ₂ , CaCl ₂)	<1

2.3 Pompa

Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*) adalah perpindahan fluida yang bersentuhan dengan impeller yang sedang berputar menimbulkan gaya sentrifugal menyebabkan fluida terlempar keluar. Kapasitas yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal adalah sebanding dengan putaran, sedangkan total head (tekanan) sebanding dengan kuadrat dari kecepatan putaran



Gambar 2. Pompa Sentrifugal

2.4 Pengaruh Elbow Terhadap Aliran

Elbow merupakan jenis pipa yang melengkung dengan sudut tertentu yang berfungsi sebagai pengubah arah aliran. *Elbow* sendiri dapat dibagi menjadi dua jenis menurut tipe geometri belokannya yaitu *elbow miter* dan *elbow jari - jari* (radius). (Sukmono, 2009)

2.5 Viskositas

Elset, (2001), Viskositas adalah kekentalan lapisan- lapisan fluida ketika lapisan tersebut bergeser satu sama lain.

Viskositas juga merupakan gesekan dalam fluida.

$$\mu_m = (\beta_o) \mu_o + (\beta_w) \mu_w$$

Dimana :

μ_m = Viscositas Aliran Campuran (Kg/m³)

μ_o = Viscositas Minyak (Pa s)

μ_w = Viscositas Air (Pa s)

β_o = Fraksi Minyak

β_w = Fraksi Air

2.6 Massa jenis / Densitas

Massa Jenis / Densitas adalah sebuah fluida dilambangkandengan huruf yunani ρ (rho), yang didefinisikan sebagi massa fluida per satuan volume. Massa jenis biasanya digunakan untuk mengkarakteristikkan massa sebuah sistemfluida.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho_m = (\beta_o) \rho_o + (\beta_w) \rho_w$$

ρ = Massa jenis (kg/m³)

ρ_m = Densitas aliran campuran (kg/m³)

ρ_w = Densitas air (kg/m³)

ρ_o = Densitas Minyak (kg/m³)

m = Berat jenis (kg)

v = Volume zat (m³)

2.7 Kecepatan aliran

Debit adalah suatu koefesien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari suatu sumber persatuan waktu, biasanya diukur dalam satuan liter per/detik, untuk memenuhi keutuhan air pengairan, debit air harus lebih cukup untuk disalurkan ke saluran yang telah disiapkan.

$$v = \frac{q}{A}$$

Dimana :

V = Kecepatan Aliran (m/s)

Q = Debit (m³/s)

A =Luas Penampang (m²)

2.8 Pressure Drop

Adiwibowo. P.A (2009), *Pressure drop* merupakan istilah yang digunakan untuk mendefinisikan penurunan tekanan dari suatu titik aliran didalam pipa atau aliran air. Penurunan tekanan adalah hasil dari gaya gesek fluida dengan area yang dilalui fluida tersebut.

$$P = P_{atm} + \rho_2 g h_{\Delta h_2} - \rho_1 g h_{\Delta h_1}$$

Pressure drop pada sudden expansion :

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

Dimana:

P = Tekanan(Pa)

P_{atm} = Tekanan atmosfer (Pa)

ΔP = Penurunan Tekanan(Pa)

ρ = Massa Jenis(Kg/m³)

G = Percepatan Gravitasi(m/s²)

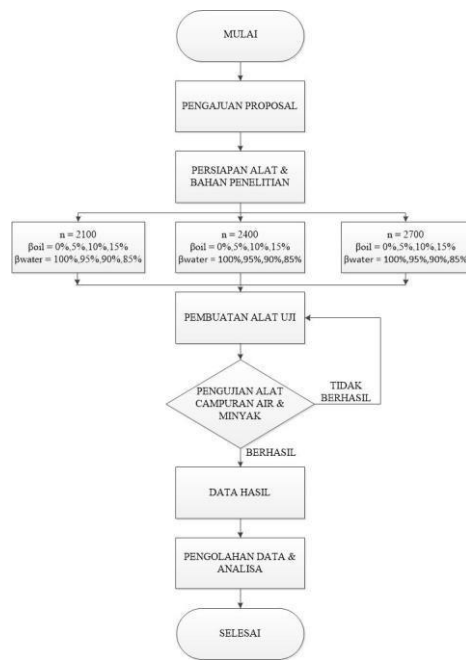
Δh = Ketinggian Vertikal(m)

H = Ketinggian Level Air Pada Manometer(m)

3. Metodologi

3.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai penelitian ini, maka penulis membuat metode penelitian dengan menggunakan *flowchart* di bawah ini



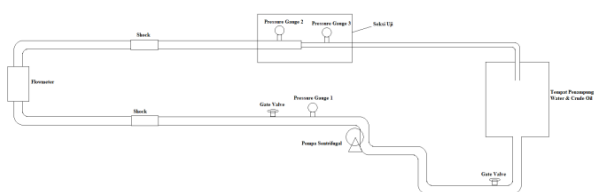
Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tempat Penelitian

Pengujian dan pengambilan data dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin STTR Cepu dengan menggunakan perangkat uji aliran dua fase.

3.3 Skema Alat Uji

Adapun skema alat pengujian yang dilakukan dalam *pengambilan data* di tampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skema Alat Uji

3.4 Bahan dan Alat Penelitian

Tabel 1 Bahan Penelitian

No.	Bahan	Spesifikasi
1.	Pipa	Diameter dalam : 21 mm & 14 mm
2.	Pompa	Max. Capacity: 42 lt/min Rpm: 2850
3.	Tangki Penampungan	20 Liter
4.	Drain Valve	
5.	Crude Oil	

Tabel 2 Alat Penelitian

No.	Alat Uji	Spesifikasi
1.	Vacum Gauge	Range: 0 – -76 cmHg
2.	Pressure Gauge	Range: 0 – 2,5 bar / 0 – 35 Psi
3.	Flow Meter	Range: 1,5 – 30 Lpm
4.	Kamera	14 Megapixel
5.	Dimmer	

3.5 Langkah Penelitian

Selama pengujian, temperatur laboratorium dijaga mendekati konstan yang berkisar antara 26 sampai 30°C. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan air ke dalam tangki penampung sebanyak 20 L dan kemudian memompanya dalam kondisi kedua katup terbuka penuh (100% bukaan) hingga air mengalir.
2. Aliran bersirkulasi selama 5 menit untuk menghilangkan udara dalam pipa sehingga aliran mencapai *steady*.
3. Mengatur putaran motor pompa menjadi 2100 rpm, 2400 rpm, dan 2700 rpm kemudian bukaan katup diatur dengan cara mengatur bukaan katup tekan.
4. Membuat campuran *crude oil* dan air sebanyak 20 L dengan prosentase *crude oil* 5% dan air 95%. Variasi selanjutnya *crude oil* 10% dan air 90%, dan *crude oil* 15% dan air 85%.
5. Mengoperasikan pengaduk yang di dalam tangki untuk mencampur minyak-air sehingga terbentuk fluida campuran yang bersifat homogen. Pompa tetap bersirkulasi.
6. Setelah fluida campuran minyak-air mengalir melalui instalasi perpipaan, maka dilakukan pengambilan data untuk mengetahui pressure drop dan aliran yang terjadi dengan menggunakan kamera beresolusi yang tinggi.
7. Data pada *pressure gauge* dicatat dan diamati penurunan tekanannya dan debit alirannya pada tiap variasi putaran pompa dan prosentase minyak.

3.6 Analisis Data

Data yang telah didapat dari pengujian selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus pada 2.1 sampai dengan 2.7.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

Hasil Uji Eksperimen Aliran Air dan *Crude Oil* pada pipa dengan diameter 21 dan 14 mm dan panjang pipa 60 cm bertujuan untuk mengetahui pola aliran dan penurunan tekanan dengan variasi putaran pompa 2100, 2400, dan 2700 rpm.

Tabel 3 Hasil Pengujian Eksperimen Aliran Air dan *Crude oil*

No	Putaran Pompa (Rpm)	Fluida Campuran		Flow Meter (Lpm)	Pressure Gauge (Psi)		
		Air (%)	Minyak (%)		1	2	3
1	2100	100	0	14,0	6,5	2,5	1,25
2		95	5	13,5	5	1,25	0,625
3		90	10	13,5	5,5	1,25	0,625
4		85	15	12,0	5	2,5	0,625
1	2400	100	0	17,0	8	3,75	2,5
2		95	5	16,5	6,5	1,875	1,25
3		90	10	15,0	7	2,5	1,875
4		85	15	13,5	7	1,875	1,25
1	2700	100	0	19,5	10,5	6	5
2		95	5	17,0	7	3,125	1,875
3		90	10	16,5	8,5	3,75	2,5
4		85	15	15,5	8	1,875	0,625

4.1.1 Data Hasil Perhitungan Densitas Campuran

Hasil perhitungsn densitas campuran ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 4. Perhitungan Densitas Campuran

Fluida Campuran			Fraksi Volume		ρ_m		
No	Fluida Campuran (%)		Fraksi Volume		ρ_m (kg/ m3)	μ_m (Pa s)	Q (m ³ /s)
	Air	Minyak	βwater	βoil			
1	100	0	1	0	996	0,82	0,00028
2	95	5	0,95	0,05	986,5	1,245	0,00027
3	90	10	0,90	0,1	977	1,671	0,00025
4	85	15	0.85	0.15	967.5	2.096	0.00022

No.	Air	Minyak	β water	β oil	(kg/m ³)
1	100%	0%	1	0	996
2	95%	5%	0,95	0,05	986,5
3	90%	10%	0,90	0,1	977
4	85%	15%	0,85	0,15	967,5

4.1.2 Perhitungan Viscositas Campuran

Hasil perhitungsn viscosita campuran ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 5. Perhitungan Viscositas Campuran

No.	Fluida Campuran		Fraksi Volume		μ_m (Pa s)
	Air	Minyak	β water	β oil	
1	100%	0%	1	0	0,82
2	95%	5%	0,95	0,05	1,245
3	90%	10%	0,90	0,1	1,671
4	85%	15%	0,85	0,15	2,096

4.1.3 Data Hasil Debit Aliran

4.1.3.1 Pada Putaran 2100 rpm

Data yang dihasilkan dari pengujian flow meter dalam satuan Lpm selanjtnya di konversikan ke dalam m³/s, Data yang dihasilkan flow meter :

Tabel 6. Debit Aliran Putaran 2100 rpm

No	Fluida Campuran (%)		Fraksi Volume		ρ_m (kg/m ³)	μ_m (Pa s)	Q (m ³ /s)
	Air	Minyak	β water	β oil			
1	100	0	1	0	996	0,82	0,00023
2	95	5	0,95	0,05	986,5	1,245	0,00022
3	90	10	0,90	0,1	977	1,671	0,00022
4	85	15	0,85	0,15	967,5	2,096	0,0002

4.1.3.2 Pada Putaran 2400 rpm

Data yang dihasilkan dari pengujian flow meter dalam satuan Lpm selanjtnya di konversikan ke dalam m³/s, yang ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Debit Aliran Putaran 2400 rpm

4.1.3.3 Pada Putaran 2700 rpm

Data yang dihasilkan dari pengujian flow meter dalam satuan Lpm selanjutnya di konversikan ke dalam m^3/s , yang ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Debit Aliran Putaran 2700 rpm

No	Fluida Campuran (%)		Fraksi Volume		ρ_m (kg/m^3)	μ_m (Pa s)	Q (m^3/s)
	Air	Minyak	β water	β oil			
1	100	0	1	0	996	0,82	0,00032
2	95	5	0,95	0,05	986,5	1,245	0,00028
3	90	10	0,90	0,1	977	1,671	0,00027
4	85	15	0,85	0,15	967,5	2,096	0,00025

4.1.4 Data Hasil Pressure Drop

4.1.4.1 Pada Putaran 2100 rpm

Data yang dihasilkan manometer tekan ke 2 dan ke 3 diamati penurunannya berdasarkan prosentase air.

Tabel 9. Perhitungan Pressure Drop Pada Putaran 2100

No	Fluida Campuran		Fraksi Volume		ρ_m (kg/m^3)	μ_m (Pa s)	Q (m ³ /s)	ΔP (Pa)
	Air	Minyak	β water	β oil				
1	100	0	1	0	996	0,82	0,00023	8618
2	95	5	0,95	0,05	986,5	1,245	0,0002	4309
3	90	10	0,90	0,1	977	1,671	0,00022	4309
4	85	15	0,85	0,15	967,5	2,096	0,00022	12927

4.1.4.2 Pada Putaran 2400 rpm

Data yang dihasilkan manometer tekan ke 2 dan ke 3 diamati penurunannya berdasarkan prosentase air.

Tabel 10. Perhitungan Pressure Drop Pada Putaran 2400

4.1.4.3 Pada Putaran 2700 rpm

Data yang dihasilkan manometer tekan ke 2 dan ke 3 diamati penurunannya berdasarkan prosentase air.

Tabel 11. Perhitungan Pressure Drop Pada Putaran 2700

No.	Fluida Campuran (%)		Fraksi Volume		ρ_m (kg/m^3)	μ_m (Pa s)	Q (m ³ /s)	ΔP (Pa)
	Air	Minyak	β water	β oil				
1	100	0	1	0	996	0,82	0,00032	6894
2	95	5	0,95	0,05	986,5	1,245	0,00028	8618
3	90	10	0,90	0,1	977	1,671	0,00026	8618
4	85	15	0,85	0,15	967,5	2,096	0,00025	8618

4.1.1 Pola Aliran

Pola aliran yang dihasilkan dari tiap variasi putaran dan prosentase minyak menghasilkan aliran *Dispersed Flow*, dimana Fraksi *crude oil* tersebar kedalam fase air yang mempunyai konsentrasi yang tinggi didalam aliran seperti pada gambar berikut.



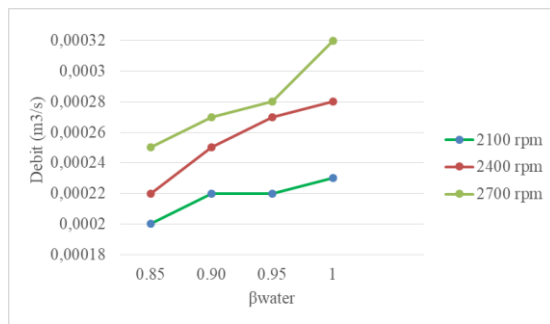
Gambar 5 Pola Aliran Dispersed Flow

4.1 Pembahasan

4.1.1 Debit Aliran

Debit yang dihasilkan pada putaran 2100 rpm mengalami peningkatan ketika air mengalir satu fase (tanpa campuran crude oil). Tiap penambahan prosentase minyak, debit akan menurun dikarenakan viscositas air dan viscositas crude oil terdapat perbedaan sehingga mengalami penurunan debit aliran. Debit aliran campuran air dan crude oil pada variasi putaran dapat di lihat pada grafik berikut.

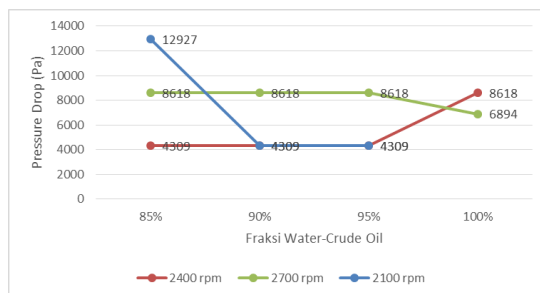
No	Fluida Campuran		Fraksi Volume		ρ_m (kg/m^3)	μ_m (Pa s)	Q (m ³ /s)	ΔP (Pa)
	Air	Minyak	β water	β oil				
1	100	0	1	0	996	0,82	0,00028	8618
2	95	5	0,95	0,05	986,5	1,245	0,00027	4309
3	90	10	0,90	0,1	977	1,671	0,00025	4309
4	85	15	0,85	0,15	967,5	2,096	0,00022	4309



Gambar 6. Debit Aliran Setiap Variasi Putaran

4.1.2 Pressure Drop

Pressure Drop terbesar terjadi pada putaran 2100 rpm yaitu sebesar (12927 pa). Dengan putaran pompa yang lambat dan penambahan minyak yang lebih banyak menimbulkan gesekan yang lebih tinggi pada dinding pipa sehingga menyebabkan tekanan yang lebih besar. Adapun pressure drop pada variasi putaran pompa dapat dilihat pada grafik.



Gambar 7. Pressure Drop Putaran 2700 rpm

4.1.3 Pola Aliran

Pola aliran pada Putaran 2100, 2400, 2700 rpm dengan prosentase air 100%, 95%, 90%, 85% dan minyak 0%, 5%, 10%, 15%, dihasilkan pola aliran dispersed flow dikarenakan dimana Fraksi crude oil tersebar kedalam fase air yang mempunyai konsentrasi yang tinggi didalam aliran.

5. Simpulan (Bookman Old Style, 10 Bold)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Pressure Drop* terbesar terjadi pada putaran 2100 rpm yaitu sebesar (12927 pa).
2. Pola aliran yang terjadi pada seksi uji di setiap variasi putaran pompa adalah *Dispersed Flow*.
3. Debit aliran tertinggi didapat saat air mengalir satu fase yaitu sebesar 0,00032 m³/s, sedangkan nilai terendah didapat saat campuran 85%-15% sebesar 0,0002 m³/s. Penambahan minyak mentah menyebabkan debit aliran semakin menurun dikarenakan minyak memiliki tingkat viskositas yang cenderung lebih tinggi.

Saran

Dalam penelitian ini penulis memiliki beberapa saran untuk mahasiswa yang akan melakukan penelitian lanjutan tentang aliran dua fase yaitu:

1. Pada penelitian selanjutnya bisa menggunakan spesifikasi pompa yang lebih besar agar terdapat perbedaan dari penelitian sebelumnya dan dapat memvariasi putaran pompa yang lebih variatif lagi.
2. Pilihlah kamera dengan resolusi dan performa sensor yang cukup tinggi untuk pengambilan gambar pola aliran agar pola aliran dapat teridentifikasi dengan jelas.
3. Gunakan penyangga kamera (*tripod*) jika dalam pengambilan gambar tidak bisa dilakukan dengan posisi yang stabil.
4. Perhatikanlah kebersihan alat dan media kerja sebelum proses pengambilan data penelitian.

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Jurnal Ilmiah dengan Kaji Eksperimental Aliran Dua Fase Water-Crude Oil Melewati Pipa Horizontal Dengan Variasi Putaran Kecepatan Pompa. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Sekolah Tinggi Ronggolawe Cepu, orang tua penulis,

serta rekan-rekan yang telah membantu dalam penyelesaian jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwibowo: Karakteristik Flow Patern pada Aliran Dua Fase Gas-Cairan Jurnal Teknik Industri, Vol. 11, No. 2, Agustus (2010): 117-122
- Awaludin, Wahyudi, S., Widodo, A.S., (2014). Analisis Aliran Fluida Dua Fase (Udara-Air) Melalui Belokan 45o . Vol.5: 217-224.
- Balakhrisna, T., Ghosh, S., Das, G., Das, P.K., (2009). Oil- Water Flows Through Sudden Contraction And Expansion In A Horizontal Pipe – Phase Distribution And Pressure Drop. International Journal Of Multiphase Flow 36 (2010) 13-24.
- Elseth, G., (2001). An experimental study of oil/water flow in horizontal pipes, Ph.D. Thesis, Telemark University College.
- Siregar Dan Yohana (2014). Studi Eksperimental Aliran Campuran Water-Crude Oil Melewati Pipa pengecilan Mendadak Horizontal Berpenampang Lingkaran
- Sorimuda Harahap, Muhammad Iqbal Fakhrudin, (2018) Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Water Treatment Plant Kapasitas 0.25 M3/S Pada Kawasan Industri Karawang
- Supriharyono, M. S., (2000). Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Tropis. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Wang, W., Gong, J., Angeli, P., (2011), Investigation On Heavy Crude-Water Two Phase Flow And Related Flow Characteristics. Int, J. Multiphase Flow 36, 1156-1164.