

Karakteristik Pola Aliran Pemisahan Kerosene-Water Pada Pipa T-Junction Sudut 90° Dan Radius 25 mm Dengan Bahan Pleksiglass

Kms. Ridhuan

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara N0. 116 Metro Timur Kota Metro

Email : kmsridhuan@yahoo.co.id

Abstract

Tests with the fluid flow pattern visualization kerosene (kerosene)-water through a pipe with a T-junction has been performed at the Laboratory of Fluid Mechanics, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University. Tests performed on the test section of T-Junction with an angle of 90° and 25 mm bend radius. Fleksiglass material with a diameter of 1.5 inches with kerosene (kerosene) and water as working fluid. To determine the flow pattern is done by kerosene and set the superficial velocity of water. Kerosene superficial velocity (J_k) and superficial velocity of water (J_w) that flowed in the test section is set by using a valve and measured using flow meters at a range of values $J_k = 0.10 \text{ m/s} - 0.22 \text{ m/s}$ and $J_w = 0, 10 \text{ m/s} - 0.40 \text{ m/s}$. Flow patterns that occur during the research process was recorded by using cameras and observed visually with the movement slowed. As a result, it is known that the flow pattern occurring in this study is stratified (S), Stratified Wavy (SW), Three Layer (3L), Stratified Wavy Water in Oil (SWw/o), and dispersed (D). For kerosene-water separation of the most well occur in Stratified Wavy flow pattern at a speed superficial kerosene (J_k) 0.14 to 0.18 m/s and superficial velocity of water (J_w) 0.15 to 0.25 m/s. In the superficial mixture velocity (J_{mix}) 0.34 to 0.43 m/s. And for kerosene-water separation of the less well occur in dispersed flow pattern (D) velocity superficial kerosene (J_k) 0.12 m/s down and 0.20 m/s upward. Superficial velocity of water (J_w) 0.15 m/s down and 30 m/s upward. In the superficial mixture velocity (J_{mix}) below 0.56 m/s. And on top of 0.60 m/s.

Keywords: flow patterns, kerosene-Water, T-junction.

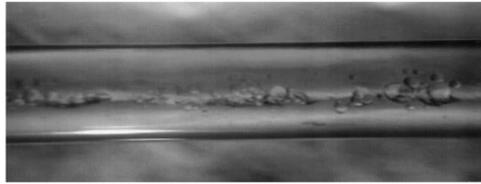
PENDAHULUAN

Salah satu metode yang digunakan untuk memisahkan antara fluida air dan fluida minyak adalah dengan menggunakan konstruksi perpipaian dengan sambungan-T (*T Junction*) untuk menggantikan fungsi dari separator yang selama ini digunakan. Ketika aliran dua fase mengalir melalui *T-junction* terjadi distribusi tidak merata terhadap kualitas campuran pada kedua sisi keluar (*run* dan *side arm*) dari *T-junction*. Distribusi tidak merata dari aliran fluida tersebut berdampak pula pada parameter lain seperti gradien tekanan dan efisiensi pemisahan.

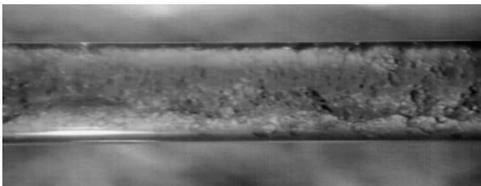
Penelitian tentang pola aliran minyak dan air pada pipa horizontal telah dilakukan oleh Angeli dan Hewitt (1999). Pipa yang digunakan adalah *stainless steel* dan *acrylic* dengan diameter dalam 7 mm dan 5,7 mm. Penelitian dilakukan pada kecepatan *superficial*

campuran minyak-air antara 0,2 sampai 3,9 m/s dan fraksi volume air yang masuk antara 6 % sampai 86 %. Minyak yang digunakan mempunyai densitas 801 kg/m³ dan viskositas 1,6 mPa.s. Hasil penelitiannya yaitu empat pola aliran utama, antara lain pola aliran *Stratified Wavy* pada pipa *acrylic* terjadi pada kecepatan campuran 0,6 m/s. Sedang pada pipa *stainless steel* terjadi pada kecepatan campuran 0,3 m/s. Pola *three layer* pada pipa *acrylic* terjadi pada kecepatan campuran 0,9 sampai 1,7 m/s dan fraksi volume air 0,2 sampai 0,5. Sedangkan pada pipa *stainless steel* terjadi pada kecepatan campuran 0,9 sampai 1,7 m/s. Untuk pola *Stratified Mixed* terjadi pada pada kecepatan campuran yang sama pada *Three Layer* tetapi fraksi volume airnya di bawah 0,3 dan diatas 0,5 pada kedua pipa. *Fully Dispersed/Mixed* pada pipa *stainless steel* terjadi pada kecepatan campuran 1,3 m/s ke atas. Sedangkan pada pipa *acrylic* terjadi pada kecepatan campuran

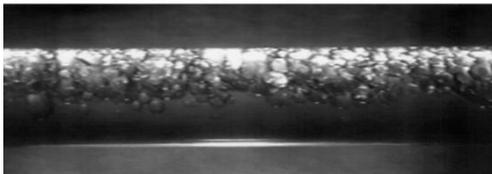
1,7 m/s.



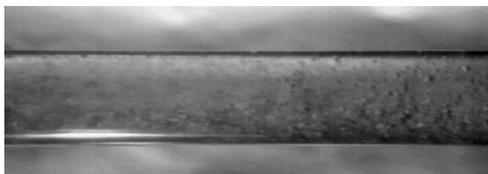
a. Pola aliran *Stratified Wavy* (SW)



b. Pola aliran *Three Layer* (3L)



c. Pola aliran *Stratified Mixed* (SM)



d. Pola aliran *Mixed* (M)

Gambar 1. Gambar Pola aliran yang dihasilkan dari penelitian (Angeli dan Hewitt,1999).

Yang dan Azzopardi (2006) meneliti pengaruh kecepatan superfisial campuran terhadap pola aliran yang terjadi pada sisi *inlet* dari *T-junction* dan pemisahan fase antara *kerosene*-air. Pada tahun berikutnya (2007) mereka melakukan penelitian tentang *phase maldistribution* dengan fokus kajian pada pola aliran *stratified with mixture interface* (ST & MI) dan pola aliran *dispersed*. Data yang diukur berdasarkan pada besarnya aliran fraksi massa yang keluar dari *side arm*.

Penelitian tentang pola aliran *kerosene*-air pada pipa horizontal dengan bahan acrylic telah dilakukan juga oleh Imam Syopii (2009). Diameter pipa yang digunakan 1 inch. Kecepatan *superficial* air 0,087 m/s sampai

0,58 m/s Dan kecepatan *superficial kerosene* 0,084 m/s sampai 0,336 m/s. Dengan fraksi volume air (*water cut*) 21 % sampai 87 %. Secara umum ada lima pola aliran yang dapat ditemui yaitu *stratified wavy* terjadi pada kecepatan *superficial kerosene* 0,087 sampai 0,204 m/s, dan air 0,087 sampai 0,583 m/s. Pola aliran *Three layer* terjadi pada kecepatan *superficial kerosene* 0,0141 sampai 0,274 m/s dan air 0,087 sampai 0,583m/s. Untuk pola alira *mixed* atau *dispersed* pada kecepatan *superficial kerosene* 0,029 sampai 0,336 m/s dan air pada 0,521 sampai 0,583 m/s. Pola aliran *dispersed water in oil (Dw/o)* pada kecepatan *superficial kerosene* 0,029 sampai 0,336 m/s, air 0,389 sampai 0,583. Dan pola aliran *Caterpillar wavy* pada kecepatan *superficial kerosene* 0,084 sampai 0,141 m/s, dan air 0,472 sampai 0,583.

a. Pola Aliran

Aliran cairan-cairan dapat mempunyai berbagai konfigurasi geometrik yang dikenal dengan pola aliran. Parameter fisik yang penting dalam menentukan pola aliran adalah tegangan permukaan dan gravitasi. Pola aliran dalam pipa vertikal dan horizontal akan berbeda. Banyak kriteria pola aliran yang dilaporkan, seperti Brauner dan Maron (1992) membagi pola aliran cairan-cairan pada pipa horizontal, seperti pola aliran strata licin (*stratified*) merupakan pola aliran dasar yang terjadi dengan densitas cairan yang berbeda. Pola aliran strata dengan dipisahkan campuran (*stratified with mixing interface*), ini pola aliran *stratified* tetapi diantara kedua fase terdapat pemisah yang berupa campuran fase. Dan pola aliran *dispersed* atau *mixing* yaitu ketika ada dua fluida yang salah satunya mengalir terus-menerus tetapi yang lain menyebar.

Bareta dkk (1997) telah meneliti efek viskositas terhadap pola aliran minyak-air pada pipa horisontal yang berdiameter 3 mm, panjang 1000 mm, dengan variasi *water cut* 0,2 dan 0,4. Dengan menggunakan tiga macam minyak yaitu Gilotherm ALD (viskositas kinematik $71,170 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$), Gilotherm RD (viskositas kinematik $9,874 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$), dan Santhotherm SP (viskositas kinematik $53,325 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$). Hasil penelitiannya

mendapatkan lima pola aliran utama, yaitu pola aliran dispersed, annular, slug, bubbly dan plug.

$$\varepsilon_k = \frac{J_{ks}}{J_{ks} + J_{ws}} \quad (5)$$

b. Kecepatan Superfisial

Kecepatan *superficial* (J) (m/s) didefinisikan sebagai perbandingan antara laju alir volumetrik dari fase tunggal (V) dengan luas melintang pipa (A). Berikut beberapa persamaan untuk mengetahui karakteristik pemisahan *kerosene-water* :

Kecepatan *Superfisial* :

$$J_{ks} = \frac{A_k J_k}{A} \quad (1)$$

Kecepatan *Superfisial Water* :

$$J_{ws} = \frac{A_w J_w}{A} \quad (2)$$

Kecepatan *superficial* campuran :

$$J_m = J_{ks} + J_{ws} \quad (3)$$

Fraksi volume air (*water cut*) :

$$\varepsilon_w = \frac{J_{ws}}{J_{ks} + J_{ws}} \quad (4)$$

Fraksi volume *kerosene* (*kerosene cut*) :

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan fluida *kerosene* (densitas = 819 kg/m³ dan viskositas kinematik = 0,00192 kg/m.s) dan air (densitas = 998 kg/m³ dan viskositas absolut = 0,00102 kg/m.s). Pipa uji yang berdiameter dalam 1,5 inci. Sudut *T-junction* yang digunakan adalah 90° dengan radius belokan 25 mm.

Pada tahap awal, air terlebih dahulu dipompakan dari tangki penampungan ke dalam pipa saluran sampai penuh, selanjutnya *kerosene* dipompakan dari tangki penampungan ke dalam pipa saluran sehingga *kerosene* dan air akan bercampur di dalam *mixer*. Setelah *kerosene* dan air bercampur di dalam *mixer*, kemudian laju aliran keduanya diatur dengan menggunakan katup dan diukur dengan *flow meter* dengan nilai besaran sesuai dengan matriks tes penelitian pada Tabel 1. Aliran campuran kemudian mengalir menuju seksi uji dan besarnya fraksi massa campuran yang keluar dari kedua *outlets* diukur. Pengukuran pola aliran dilakukan dengan menggunakan *camera* pada sisi inlet dan sisi *T-Junction*. Selanjutnya aliran tersebut keluar dari kedua bagian yaitu air dominan ke *run* dan *kerosene* ke *branch*. Selanjutnya aliran tersebut masuk ke sparator, kemudian dipisahkan, setelah itu air kembali ke tangki penampung air dan *kerosene* pun demikian. Kemudian dengan cara yang sama dilakukan pengukuran untuk matrik tes selanjutnya dan seterusnya.

Tabel 1. Matriks Test Penelitian

No.	Kecepatan <i>superficial</i> air J_w (m/s)	Kecepatan <i>superficial kerosene</i> J_k (m/s)
1	0,10	0,10
2	0,15	0,12
3	0,20	0,14
4	0,25	0,16
5	0,30	0,18
6	0,35	0,20
7	0,40	0,22

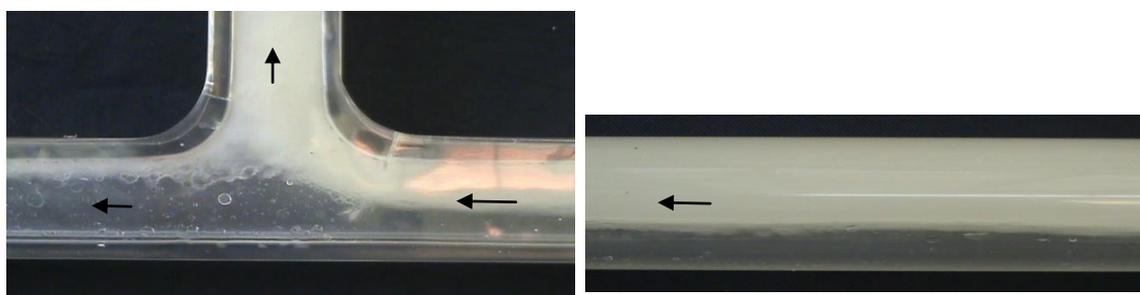
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pada kecepatan *superficial* campuran (J_{mix}) 31 m/s sampai 80 m/s. Dan fraksi volume air masuk 0,23 m/s sampai 0,64 m/s. Secara umum ada 5 pola aliran yang ditemui pada penelitian ini yaitu :

1. *Stratified Wavy* (SW),
2. *Three Layer* (3L),
3. *Dispersed atau Mixer* (D),
4. *Dispersed water in oil* (Dw/o) dan
5. *Dispersed oil in water* (Do/w).

a. Kecepatan *Superficial* Rendah

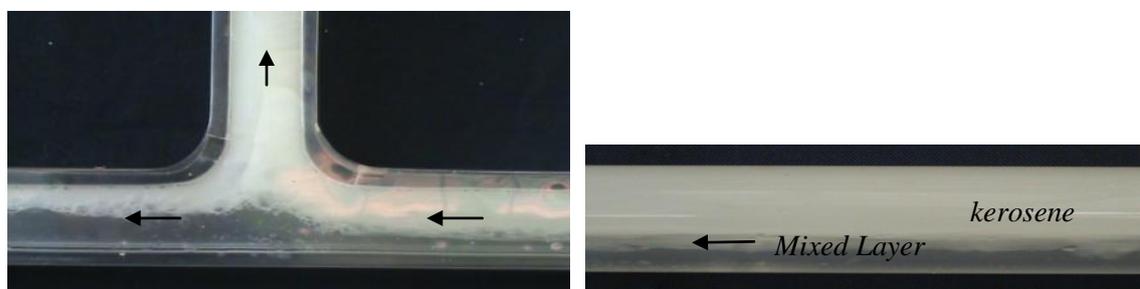
Pada kecepatan *superficial* air rendah ($J_w \leq 0,15$ m/s) ada 4 pola aliran yang terbentuk yaitu (SW) terjadi pada $Jk \leq 0,12$ m/s, Pola aliran (SWw/o) pada $Jk \leq 0,16$ m/s, Pola aliran (3L) pada $Jk \leq 0,20$. Dan pola aliran (D) pada $\geq 0,2$. Keempat pola aliran tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda, karena fraksi volume air yang semakin sedikit, seperti pada gambar 2, 3, 4 dan 5.



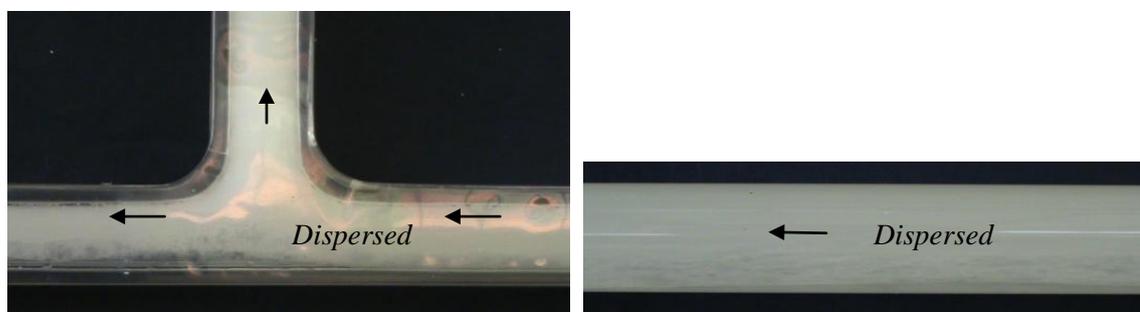
Pola aliran di T-Junction

Pola aliran di inlet (Skala 1:3)

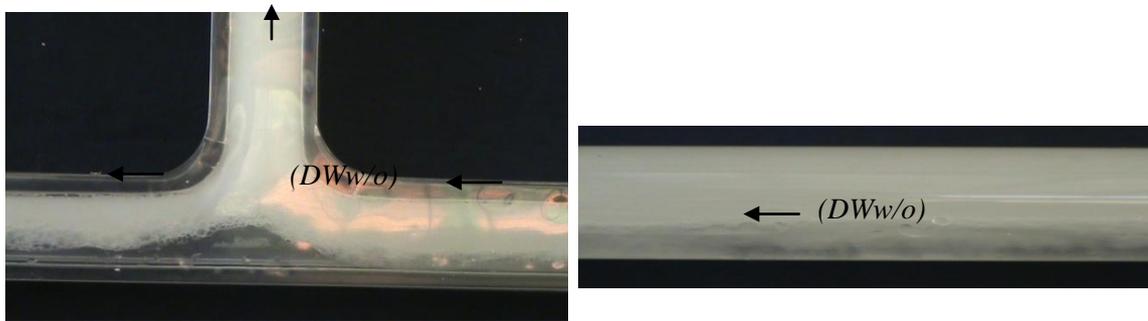
Gambar 2. Pola aliran *Stratified Wavy* (SW)



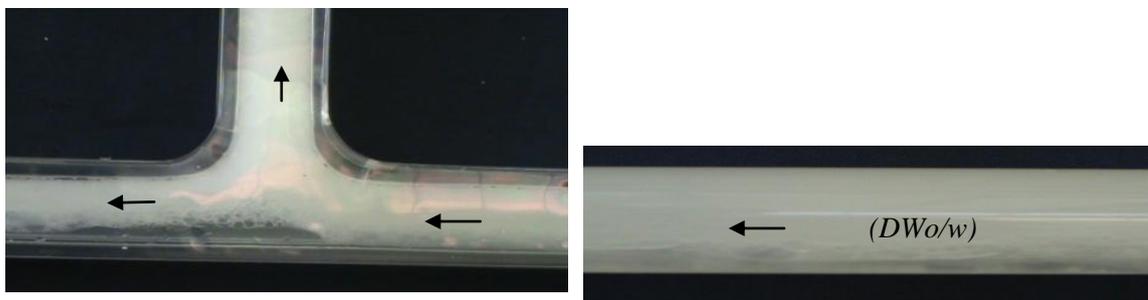
Gambar 3. Pola aliran *Three Layer* (3L) (Skala 1:3)



Gambar 4. Pola aliran *Dispersed* (Skala 1:3)



Gambar 5. Pola aliran *Dispersed Wavy Water in Oil* (DWw/o) (Skala 1:3)



Gambar 6. Pola aliran *Dispersed Wavy Oil in Water* (SWo/w) (Skala 1:3)

b. Kecepatan *Superficial* Menengah

Pada kecepatan *superficial* air menengah ($J_w \leq 0,20$ sampai $0,30$ m/s) ada 4 pola aliran yang terbentuk yaitu Pola aliran (SW) terjadi pada $J_k \leq 0,10$ m/s, Pola aliran (DWO/w) pada $J_k \leq 0,12$ sampai $0,14$ m/s, Pola aliran (3L) pada $J_k \leq 0,16$ sampai $0,20$ m/s. Dan pola aliran (D) pada $\geq 0,22$. Konfigurasi pola aliran yang terjadi hampir sama dengan konfigurasi pola aliran kecepatan *superficial* rendah. Ini terlihat pada gambar 2, 3, 4 dan 6.

c. Kecepatan *Superficial* Tinggi

Pada kecepatan *superficial* air tinggi ($J_w \leq 0,20$ sampai $0,30$ m/s) ada 2 pola aliran yang terbentuk yaitu Pola aliran *Dispersed Wavy Water in Oil* (DWw/o) pada J_k $0,10$ sampai $0,16$ m/s. (DWO/w) pada $J_k \leq 0,16$ sampai $0,22$ m/s. Dibandingkan dengan kecepatan *superficial* sebelumnya, pada kecepatan *superficial* air tinggi ini hanya terdapat pola aliran yang hampir sama, seperti pada gambar 5 dan 6.

Pola aliran *Stratified Wafi* (SW) terjadi

pada kecepatan *superficial kerosene* $0,10$ sampai $0,12$ m/s. Dan kecepatan *superficial* air $0,10$ sampai $0,30$ m/s. Dimana pada pola aliran ini terjadi gelombang pada lapisan *kerosene* karena relative terpengaruh oleh tegangan geser yang terjadi pada kedua lapisan fluida, sehingga efisiensi pemisahan *kerosene*-air belum sempurna, seperti pada gambar 2.

Pada pola *Dispersed Wavy Oil in Water* (DWO/w) terjadi pada kecepatan *superficial kerosene* $0,12$ sampai $0,22$ m/s. Dan pada semua kecepatan *superficial* air yaitu $0,10$ sampai $0,22$ m/s. Hal ini terjadi akibat tegangan geser yang terjadi dekat dinding pipa pada lapisan *kerosene* relative lebih terpengaruh oleh tegangan geser, dimana fluida lebih cenderung menyebar dan pecah membentuk butiran-butiran dan pada butiran-butiran *kerosene* diselimuti atau dikelilingi oleh air sehingga *kerosene* di dalam air, seperti pada gambar 6.

Untuk pola aliran *Dispersed Wavy Wate in Oil* (DWw/o) terjadi pada kecepatan *superficial kerosene* $0,10$ samapi $0,14$ m/s. Dan kecepatan *superficial* air $0,30$ sampai $0,40$ m/s. yang terjadi pada pola aliran (SWw/o)

analisisnya tidak jauh berbeda dengan (SWo/w) hanya saja tegangan geser kedua permukaan fluida yang terjadi lebih dominan pada lapisan air, sehingga air cenderung pecah dan membentuk butiran-butiran. Dimana butiran-butiran air tersebut diselimuti atau dikelilingi oleh kerosene, sehingga air di dalam kerosene, seperti pada gambar 5 dan 6.

Pola aliran *Three Layer* (3L) terjadi pada kecepatan *superficial kerosene* 0,16 sampai 0,20 m/s. Dan kecepatan *superficial air* 0,10 sampai 0,30 m/s. yang terjadi karena dekat dinding pipa pada lapisan kerosene relative terpengaruh oleh tegangan geser permukaan yang terjadi sehingga fluida cenderung pecah dan menyebar. Semakin meningkatnya kecepatan *superficial air* menyebabkan butiran-butiran kerosene berubah menjadi butiran berukuran kecil dan terdistribusi pada daerah batas fase dan membentuk lapisan campuran antara air dan kerosene seperti pada gambar 3.

Pola aliran *Dispersed* (D) atau *pully Dispersed* terjadi pada kecepatan *superficial kerosene* 0,20 sampai 0,22 m/s. Dan kecepatan *superficial air* 0,10 sampai 0,30 m/s. Pola aliran ini terjadi akibat kecepatan *superficial kerosene* lebih besar dari kecepatan *superficial air*, sehingga kerosene cenderung menyebar karena pengaruh tegangan geser dan membentuk lapisan campuran dibagian atas sedangkan air bergerak secara kontinyu dibagian bawah. Pembentukan pola aliran *Dispersed* dengan diawali terjadinya pola aliran *Three Layer*, karena meningkatnya salah satu kecepatan *superficial* fluida yang mengakibatkan naiknya tegangan geser kedua permukaan fluida sehingga berpengaruh terhadap semakin meluasnya daerah campuran (*mixed*) dan akhirnya terbentuklah pola aliran *dispersed*, seperti pada gambar 4.

Pada seksi pemisahan kerosene-air di *T-Junction* terlihat bahwa pembentukan pola aliran yang terjadi sangat berpengaruh terhadap hasil pemisahan yang didapat. Seperti terlihat pada gambar 2 dan 6 di atas bahwa untuk pola aliran *Stratified Wavy* pada kecepatan *superficial kerosene* (Jk) 0,10 sampai 0,20 m/s dan kecepatan *superficial air* (Jw) 0,25 sampai 0,30 m/s adalah merupakan kondisi pemisahan yang baik sekali, dimana efisiensi pemisahannya yang paling baik.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi kecepatan *superficial* aliran kerosene dan air dalam penelitian ini akan menghasilkan pola aliran *Stratified Wavy* (SW), *Three Layer* (3L), *Dispersed* atau *Mixer* (D), *Dispersed water in oil* (Dw/o) dan *Dispersed oil in water* (Do/w).
2. Untuk pemisahan kerosene-air yang paling baik terjadi pada pola aliran *Stratified Wavy* pada kecepatan *superficial kerosene* (Jk) 0,10 sampai 0,20 m/s dan kecepatan *superficial air* (Jw) 0,25 sampai 0,30 m/s. Atau pada kecepatan *superficial campuran* (Jmix) 0,30 sampai 0,40 m/s. Dan dengan *Water cut* 67 % sampai 70 %.
3. Dan untuk pemisahan kerosene-air yang kurang baik terjadi pada pola aliran *Dispersed* (D) kecepatan *superficial kerosene* (Jk) 0,20 sampai 0,22 m/s dan kecepatan *superficial air* (Jw) 0,10 sampai 0,20 m/s. Atau pada kecepatan *superficial campuran* (Jmix) 0,30 sampai 0,47 m/s. Dan dengan *Water cut* 31 % sampai 50 %.
4. Ditemukan aliran transisi atau peralihan yaitu *Stratified Wavy*, dan *Dispersed* yaitu *Three Layer* pada kecepatan kerosene (Jk) 0,16–0,20 m/s dan kecepatan air (Jw) 0,15–0,30 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angeli, P and Hewitt, G.F. 1999. *Flow Structure in Horizontal Oil-Water Flow*. International Journal of Multiphase Flow. Vol-26. pp 1117-1140.
- [2] Bereta A, Ferrari P, Galbiati L and Andreini PA, 1997, *Horizontal Oil-Water Flow in Small Diameter Tubes Flow Patterns*. International Comunkastion of Heat and Mass Transfer, Vol.24, pp223-229
- [3] Brauner, N. And Maron DM.1992. *Flow Pattern Transition in Two phase Liquid-liquid Flow in Horizontal Tube*. International Journal of Multiphase Flow, Vol 18, pp. 123-140.
- [4] Syofii Imam, 2009, Studi eksperimen

mengenai pola aliran cairan-cairan minyak tanah dan air pada pipa horizontal sebagai simulasi aliran dua fase pada pipa ekspolasi

- [5] Yang L, B.J Azzopardi, A. Belghasi, 2006. *Phase separation of liquid-liquid two-phase flow at a T-junction*. *AIChE Journal*. Vol. 52(1), pp. 141-149.
- [6] Yang L, B.J Azzopardi, 2007. *Phase split of liquid-liquid two-phase flow at a horisontal T-junction*. *International Journal of Multiphase Flow*. Vol. 33(2),pp. 207-216.