

PEMISAHAN EMULSI CPO (CRUDE PALM OIL) – AIR PADA HORIZONTAL T-JUNCTION KE ATAS 60° DAN 90°

Agato^{1,*}, Sunarso², Dominikus Sulistiono¹

¹Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Pontianak Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak Indonesia

Telp:(0561) 736180, Fax:(0561) 740143

*Email: agato2006@yahoo.co.id

ABSTRAK

Emulsi CPO-air merupakan aliran dua fase yang tidak dapat menyatu dan bila dialirkan dalam pipa akan membentuk pola aliran. Pemisahan fase cair-cair dilakukan pada pola aliran strata (*stratified*) yang terbentuk dalam pipa horizontal. Pemisahan fase cair-cair dilakukan pada sistem horizontal *t-junction*. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh pemisahan fase CPO (*crude palm oil*)-air pada horizontal *t-junction* ke atas dengan sudut 60° dan 90°. Pola aliran dan pemisahan fase diamati pada horizontal *t-junction* ke atas dengan sudut 60° dan 90° pipa akhirik transparan dengan diameter dalam 25,4 mm. Kecepatan *superfacial* CPO (S_{CPO})-air (S_w) yang digunakan bervariasi pada rentang 0,10-0,35 m/s dengan interval 0,05 m/s. Pencatatan data menggunakan perangkat keras Ns.One/32 berbasis mikrokontroler AVR Atmega 32. Pemisahan fase terbaik untuk horizontal *t-junction* 60° terjadi pada S_w 0,1 m/s dan S_{CPO} 0,11 m/s, sedangkan pemisahan fase terbaik untuk horizontal *t-junction* 90° terjadi pada S_w 0,1 m/s dan S_{CPO} 0,20 m/s.

Kata kunci: Horizontal t-junction, pemisahan fasa, kecepatan superficial, pola aliran

ABSTRACT

CPO-water emulsion is a two-phase flow that cannot be fused and when flowed in a pipe will form a flow pattern. Liquid-liquid phase separation is conducted on stratified flow patterns formed in horizontal pipe. Liquid-liquid phase separation is conducted on a horizontal t-junction system. The purpose of this research is investigating phase separation of CPO (crude palm oil)-water on the horizontal t-junction upward at angle of 60° and 90°. Flow patterns and phase separation were observed on the horizontal t-junction upward at angle of 60° and 90° the transparent acrylic pipe with inside diameter 25.4 mm. The superficial velocity of CPO (S_{CPO})-air (S_w) used varies in the range of 0.10-0.35 m/s with an interval of 0.05 m / s. Data recording uses Ns.One/32 hardware based on Atmega 32 AVR microcontroller. The best phase separation for horizontal t-junction 60° occurs at S_w 0.1 m/s and S_{CPO} 0.11 m/s, while the best phase separation for horizontal t-junction 90° occurs at S_w 0.1 m/s and S_{CPO} 0.20 m/s.

Keywords: Horizontal t-junction, phasa separation, superficial velocity, flow pattern

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara produsen kelapa sawit dengan produksi 37.925.224 ton tandan buah kelapa sawit (TBS) pada tahun 2017 (Direktorat Jendral Perkebunan, 2017). Proses awal TBS yaitu pengolahan TBS menjadi *crude palm oil* (CPO). Pengolahan TBS menjadi CPO melalui beberapa tahapan

proses. Pada tahapan proses ini terjadi penambahan air (*digester, vibrating screen*) untuk mempermudah proses dan pada akhirnya dilakukan pemisahan air dari CPO (stasiun pemurnian). Emulsi CPO-air mulai didistribusikan melalui pipa menuju dan dalam stasiun pemurnian.

Emulsi CPO-air merupakan aliran dua fase yang tidak dapat menyatu dan bila dialirkan dalam pipa akan membentuk pola aliran. Pola aliran CPO-air dalam pipa sangat penting untuk diketahui guna melakukan proses pemisahan fase CPO dan air. Proses distribusi CPO kasar (CPO yang mengandung banyak air) pada sistem perpipaan dapat dimanfaatkan untuk membantu proses pemisahan fase CPO dan air di stasiun pemurnian.

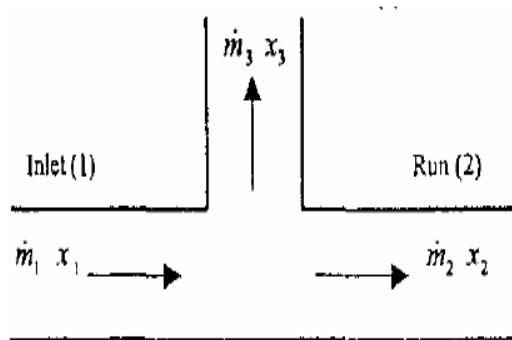
Mixing characteristics (flow pattern) dapat dipengaruhi temperatur dan rata-rata kecepatan aliran dua phasa (Zhou dkk., 2019). Untuk variasi kecepatan *superfacial* CPO-air 0,1-0,35 m/s pada pipa horizontal dengan diameter 25,4 cm membentuk pola aliran *stratified* dan *stratified wave* (Agato dkk., 2015). Menurut Yang dkk. (2019), Aliran liquid dalam *t-junction* ditentukan oleh gaya sentrifugal dan gaya inersia. Ketika viskositas meningkat, gaya inersia liquid menurun.

Gaya sentrifugal tidak dipengaruhi viskositas sehingga banyak liquid mengalir melewati cabang. Saieed¹ dkk. (2018) melakukan pemisahan fase air-udara pada *t-junction* dengan variasi rasio diameter horizontal *t-junction* pada pola aliran *stratified* dan *slug*. Ratio diameter horizontal *t-junction* sebesar 0,2 menjadi pilihan untuk pemisahan fase pada pola aliran *stratified-wavy*. Penggunaan kecepatan *superfacial* udara yang tinggi menyebabkan penurunan tekanan pada *t-junction* meningkat (Saieed dkk., 2018). Setiap cairan pembentuk aliran dua fasa baik cair-cair ataupun cair-gas memiliki viskositas yang berbeda. Kondisi *interface* dapat disebabkan oleh viskositas.

Aliran dua fase cair-cair yang mengalir dalam pipa dan kemudian mengalir melewati *t-junction* jarang sekali memiliki rasio yang sama. Bentuk pola aliran, kondisi *interface*, bentuk

geometri *t-junction* sangat penting untuk diperhatikan dalam proses pemisahan fase. Bentuk geometri aliran dua fasa pada *t-junction* ini berkaitan dengan tekanan aliran dua fasa dalam pipa yang tentunya akan mempengaruhi ketinggian lapisan air pola aliran *stratified*. Pemisahan fasa tidak tepat dilakukan pada pipa vertikal melainkan pada pipa horizontal. Gaya momentum dan viskositas *Oil-water* mempengaruhi kestabilan *interface* dan amplitudo gelombang pada aliran *stratified* (Al-Wahaibi dkk., 2012).

Bentuk geometri *t-junction* perlu diperhatikan dengan memperhatikan pola aliran dan tekanan aliran menuju sistem *t-junction*. Deskripsi geometri *t-junction* sebagai saluran masuk (*inlet*), cabang (*branch*) dan saluran keluar (*run*) (Gambar 1).



Gambar 1. Bentuk Geometri *T-Junction*

Aliran fase terpisah dapat mengalir pada cabang sistem *t-junction* yang tentunya dipengaruhi pola aliran, viskositas dan tekanan aliran dua fasa menuju sistem *t-junction*. Nilai kecepatan *superfacial* CPO (S_C , m/s) dan air (S_w , m/s) merupakan variable yang digunakan pada saat menentukan pola aliran CPO-air. Proses pencampuran dan turbulensi menghambat pemisahan fase air-minyak pada pipa horizontal.

Gravitasi dan perbedaan momentum air-minyak mempengaruhi pemisahan pada pipa horizontal sebelum

t-junction (Chen dkk., 2012). Pada pemisahan minyak-air perlu diperhatikan perbandingan campuran. Cairan kehilangan momentum pada saat memasuki *t-junction*. Pemisahan fase tergantung pada ratio campuran (*water cut*) (Memon dkk., 2020). Menentukan nilai Sc dan Sw dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran debit *CPO* (Q_C , m^3/s) dan air (Q_W , m^3/s) serta luasan penampang pipa (A , m^2).

$$S_C = \frac{Q_C}{A} \dots(1)$$

$$S_W = \frac{Q_W}{A} \dots(2)$$

Sehingga kecepatan *superfacial* campuran

$$(S_{\text{mix}} \text{ m/s}) = S_C + S_W \dots(3)$$

Fraksi *CPO* (F_C) dan air (F_W) yang terpisah dapat ditentukan dengan mengukur debit atau volume *CPO* dan air yang mengalir melewati *branch* (m_3) dan masuk sistem *t-junction* (m_1). Besarnya debit/volume *CPO* yang mengalir melewati cabang (m_3) diharapkan memiliki nilai persen yang tinggi sebagai fasa yang ingin dipisahkan dan sebaliknya untuk debit air yang melewati cabang (m_3).

$$F_{C,W} = \frac{m_3}{m_1} \dots\dots(4)$$

Proses pemisahan fase *CPO* dan air terjadi pada sistem *t-junction* pada pipa horizontal. Untuk pemisahan fase pada horizontal *t-junction* 45° dan 60° pipa alklik diameter 25,4 mm terbaik terjadi pada kecepatan *superfacial* *CPO* 0,11 m/s dan air 0,1 m/s yaitu fraksi *CPO* 99,5% dan fraksi air 0,7% pada *t-junction* 60° (Agato dkk., 2015). Aplikasi di dunia industri, dominan menggunakan pipa bercabang dengan sudut 90° dengan alasan teknis. Kondisi ini menjadi penting

untuk dapat mengetahui pola aliran dan pemisahan fase *CPO* dan air pada horizontal *t-junction* 90° sebagai pertimbangan dalam penggunaan *t-junction* 60°.

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah *CPO* (densitas= 893 kg/m³, kadar ALB=3,8%, kadar air=0,2%) dan air (densitas= 1000 kg/m³)

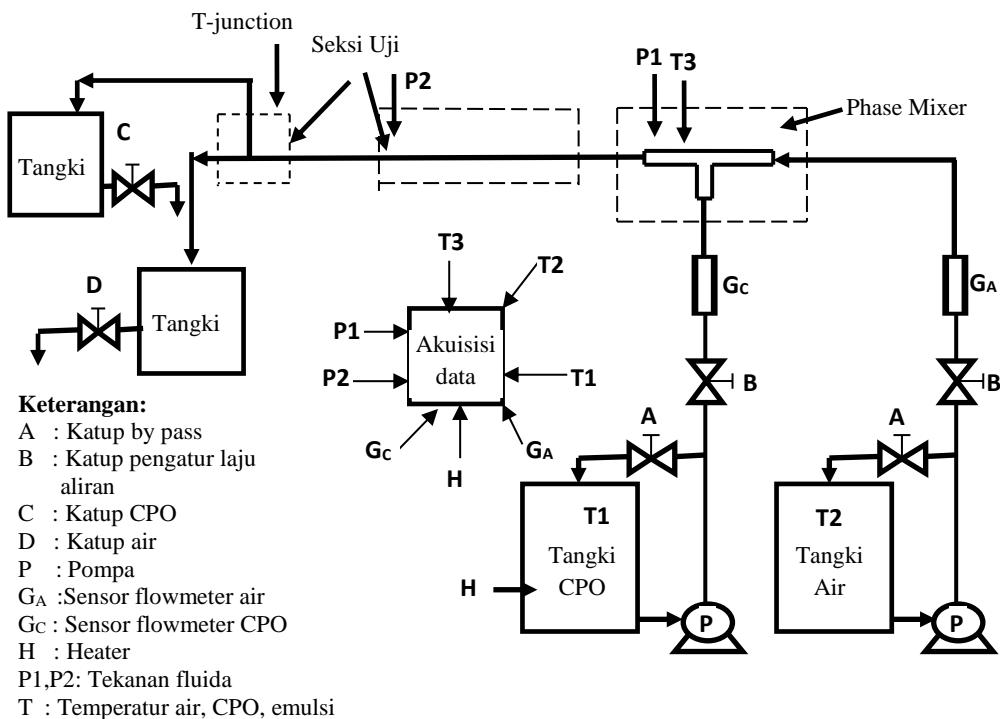
Alat

Alat yang digunakan adalah seperangkat peralatan pemisahan fasa (Gambar 2) dan akuisisi data menggunakan perangkat keras Ns.One/32 berbasis mikrokontroler AVR Atmega 32.

Pipa horizontal menuju inlet sistem *t-junction* sepanjang 2 m. Pipa horizontal dan sistem *t-junction* menggunakan pipa alklik dengan diameter dalam 25,4 mm dan dipergunakan *t-junction* dengan sudut 60° dan 90° terhadap garis horizontal (Gambar 2). Pada eksperimen dilakukan pengamatan pada seksi uji pipa horizontal *t-junction*. Pengamatan dilakukan pada variasi kecepatan *superfacial* *CPO* dan air 0,1-0,35 m/s dan temperatur *CPO* pada bak *CPO* dipertahankan pada 60°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola aliran strata (*stratified*) terbentuk pada aliran dua fasa searah pipa horizontal. Untuk aliran dua fasa *CPO*-air, aliran strata terbentuk pada aliran laminar dan transisi, sedangkan pada aliran turbulen terbentuk pola aliran *dispersed*. Stabilitas dan elastisitas *CPO* menjadi alasan untuk sulitnya terbentuk pola aliran strata licin, melainkan strata gelombang.



Gambar 2. Skema peralatan penelitian

Amplitudo gelombang pada pola aliran strata gelombang akan menjadi penentu mudah tidaknya CPO lepas dari lapis batas CPO dan terdispersi dalam air. Turbulensi membantu terjadinya perpindahan massa (difusi) CPO dalam air dan sebaliknya, tetapi turbulensi pada sistem *t-junction* dapat menghambat pemisahan fase.

Selain pola aliran, jenis aliran yang tergantung pada Sw dan Sc_{CPO} , *water cut* juga mempengaruhi pemisahan CPO dan air. Secara umum, pola aliran tergantung pada Sw dan Sc_{CPO} . Pola aliran dipengaruhi juga oleh *water cut* (Jumlah air dalam aliran dua fasa CPO-air).

Tekanan aliran dua fasa yang menuju sistem *t-junction* adalah sama untuk Sc_{CPO} dan Sw yang sama dan dissipasi energi dan turbulensi akan terjadi saat melewati sistem *t-junction* karena terdapat perubahan bentuk pola

aliran dalam pipa yaitu pipa horizontal (satu aliran) menjadi pipa bercabang (dua aliran) berupa aliran lurus (*run*) dan cabang (*brach*) (Agato dkk., 2015). Pada saat Sw 0,1 m/s dan Sc_{CPO} 0,11 m/s, tekanan aliran belum mampu melewati cabang *t-junction* 90° , tetapi terpisah dengan baik pada *t-junction* 60° yaitu CPO terpisah mencapai 99,5% dengan air yang ikut terpisah pada cabang sebesar 0,7% (Tabel 1).

Pada kondisi ini *interface* aliran strata stabil (mendekati strata licin), CPO yang densitasnya lebih kecil ter dorong mengalir pada pipa cabang. Untuk aliran yang lebih cepat yaitu Sw 0,1 m/s dan Sc_{CPO} 0,20 m/s CPO yang terpisah pada *t-junction* 60° mencapai 99,5% tetapi air yang ikut terpisah dua belas kali lebih besar dari air yang terpisah pada *t-junction* 60° dengan Sw 0,1 m/s dan Sc_{CPO} 0,11 m/s. Kondisi lebih baik terjadi pada

t-junction 90° yaitu terjadi pemisahan CPO 91,2 % dan air yang ikut terpisah 4,2% (Tabel 1). Turbulensi aliran dua fasa CPO-air mempengaruhi stabilitas *interface* dan mempercepat proses difusi air dalam CPO. Pada kecepatan *superfacial* yang sama, yaitu S_w 0,1 m/s dan S_{CPO} 0,29 m/s CPO yang terpisah pada *t-junction* 60° adalah 86,3% lebih sedikit dibanding *t-junction* 90° sebanyak 91,1% sedangkan air yang ikut terpisah pada *t-junction* 60° lima kali lebih banyak dari pada *t-junction* 90° (Tabel 1 dan Gambar 4).

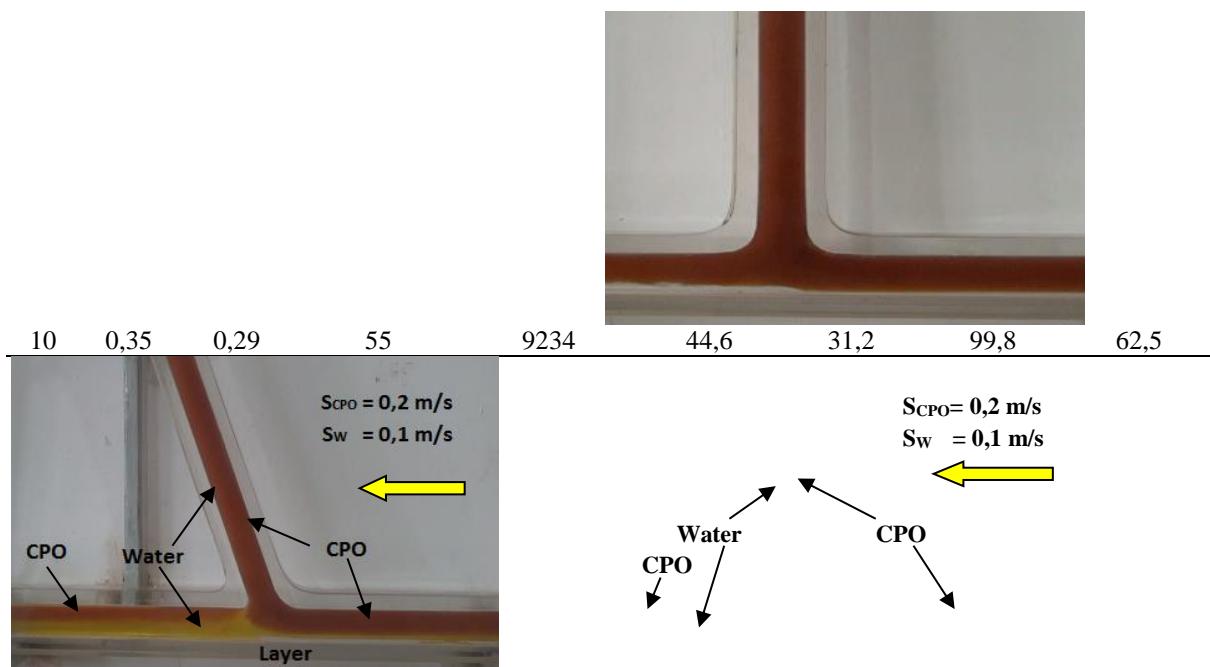
Kondisi ini menjelaskan bahwa *t-junction* 90° menghasilkan pemisahan fase CPO dan air lebih optimal untuk S_w 0,1 m/s dan S_{CPO} 0,29 m/s. Sudut cabang pada sistem *t-junction* mempengaruhi pemisahan fasa CPO dan air. Aliran CPO-air yang mengalir melewati *t-junction* 90° tentunya memerlukan tekanan yang lebih besar dibandingkan *t-junction* 60° padahal tekanan aliran CPO-air yang menuju *t-junction* adalah sama. Aliran CPO-air yang mengalir melewati *t-junction* 90° tertahan kecepatannya sehingga aliran menjadi lebih tenang. Dengan kata lain, turbulensi aliran CPO-air yang mengalir pada *t-junction* 60° lebih besar dibandingkan pada *t-junction* 90°. Turbulensi yang lebih besar pada *t-*

junction 60° melepaskan lapis batas CPO-air sehingga cukup banyak CPO yang ikut mengalir pada pipa aliran lurus (*run*) dan air pada aliran cabang (*branch*) (Tabel 1). Turbulensi aliran dua fasa CPO-air semakin meningkat pada S_w 0,20 m/s dan S_{CPO} 0,20 m/s menghasilkan CPO terpisah lebih besar pada *t-junction* 90° yaitu 94,7% dan air yang ikut terpisah lebih kecil yaitu 16%. Jumlah fasa CPO terpisah relatif tinggi pada aliran turbulen dengan mengkondisikan *water cut* yang tinggi, tetapi hal ini mengakibatkan jumlah air yang ikut terpisah meningkat (Tabel 1 dan Gambar 4).

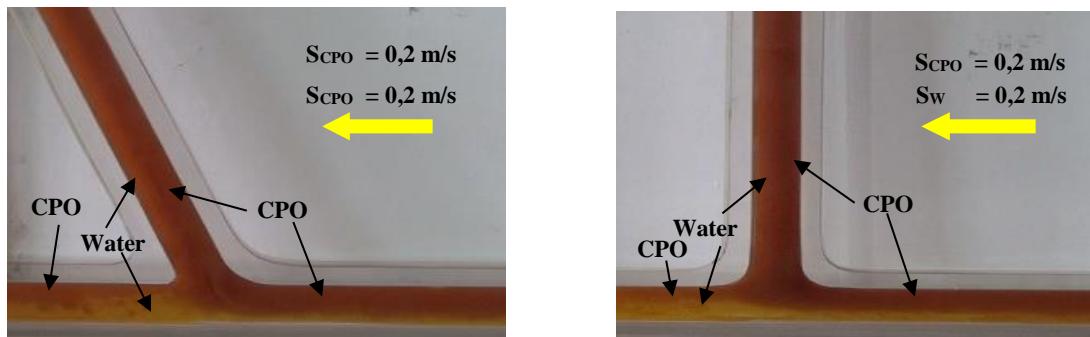
Dari fenomena yang terjadi pada pemisahan fase CPO-air dapat dikatakan bahwa pemisahan fase CPO dan air ditentukan oleh jenis aliran, pola aliran dua fasa, *water cut* dan sudut *t-junction*. Jenis aliran laminar atau turbulen sangat menentukan bentuk pola aliran, stabilitas lapis batas dan *interface*. Sifat CPO yang lebih viskos memberikan kestabilan pada lapis batas VCO yang berkenaan dengan kondisi pola aliran strata (Al-Wahaibi dkk., 2012). Aliran air akan lebih cepat turbulen dari pada VCO pada kecepatan *superfacial* yang sama.

Tabel 1. Data Pemisahan Fraksi *T-Junction* 60° dan 90°

No	S_w (m/s)	S_{CPO} (m/s)	Water Cut (WC) %	Re Campuran	Data <i>T-junction</i> 60°		Data <i>T-junction</i> 90°	
					F_{CPO} (%)	F_w (%)	F_{CPO} (%)	F_w (%)
1	0,10	0,11	48	2733	99,5	0,7	0	0
2	0,10	0,20	33	3048	99,5	11,5	91,2	4,2
3	0,10	0,29	28	3363	86,3	27,3	91,1	5,0
4	0,10	0,40	20	3748	78,9	15,8	76,7	11,1
5	0,15	0,20	43	4222	90,9	15,3	94,9	22,9
6	0,20	0,20	50	5397	91,6	40,4	94,7	16,0
7	0,25	0,20	56	6571	99,8	52,4	90,0	27,1
9	0,30	0,29	51	8060	92,7	36,4	99,8	52,8



Gambar. 3 Visualisasi Pola Aliran pada T -junction 60° dan 90° untuk Water Cut 33%



Gambar. 4 Visualisasi Pola Aliran pada T -junction 60° dan 90° untuk Water Cut 50%

SIMPULAN

Pemisahan fase dipengaruhi jenis aliran, pola aliran dan sudut horizontal t -junction. Hasil penelitian pemisahan fase CPO-air pada horizontal t -junction 60° dan 90° untuk pola aliran strata (*stratified*) yang terjadi pada kisaran kecepatan superficial $0,1\text{-}0,35 \text{ m/s}$ yaitu pemisahan fase terbaik untuk horizontal t -junction 60° terjadi pada $S_w 0,1 \text{ m/s}$ dan $S_{CPO} 0,11 \text{ m/s}$, sedangkan pemisahan fase terbaik untuk horizontal t -junction 90°

terjadi pada $S_w 0,1 \text{ m/s}$ dan $S_{CPO} 0,20 \text{ m/s}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kemenristekdikti yang telah memberi dana untuk penelitian, PTPN XIII yang telah memberi ijin penggunaan CPO untuk penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- Agato; Sunarso; dan Dominikus. S, 2015, Pemisahan CPO-Air Pada Sistem Horizontal *T-juntion*, Prosiding Seminar Nasional Fisika 2014 Pusat Penelitian Pusat Fisika-LIPI
- Al-Wahaibi,T; Yusuf, N; Al-Wahaibi,Y; Al-Ajmi, A, 2012, *Experimental Study on The Transition Stratified and non-Stratified Horisonal Oil-Water Flow*, International Journal of Multiphase Flow, 38(2012) 126-135
- Chen, J; He, L; Luo, X; Bai, H; Wei, Y, 2012, *Simulation of Oil-Water Two Phase Flow and Separation Behaviors in Combined T Junctions*, International Journal of Hydrodynamics, 24(6), 848-857
- Direktorat Jendral Perkebunan, 2017, Statistik Perkebunan
- Memon, Z.Q.; Paoa, W.; Hashima, F.M.; Ali, H.M., 2020, *Experimental investigation of two-phase separation in T-Junction with combined diameter ratio*, International Journal of Natural Gas Science and Engineering, 73 (2020) 103048
- Saeed, A; Pao, W; Hewakandamby, B.; Azzopardi, B.J; Wood, D.A; Ali, H.M, 2018, *Experimental Investigation on The Effect of Diameter Ratio on Two-Phase Slug Flow Separation in A T-Junction*, International Journal of Petroleum Science and Engineering, volume 170,139-150
- Saeed, A; Pao, W; Ali, H.M, 2018, *Effect of T-Junction diameter ratio on stratified-wavy flow separation*, International Journal of Natural Gas Science and Engineering, volume 51, 223-232
- Yang, B; Su, W; Deng, S; Zhao, L; Lu, P, 2019, *State-of-art of branching T-junction: Experiments, modeling, developing prospects and applications*, International Journal Experimental Thermal and Fluid Science 109 (2019), 109895
- Zhou, M; Kulenovic, R; Laurien, E, 2019, *Advanced flow pattern for describing tangential flow oscillation in thermal mixing pipe flow at a horizontal T-Junction*, International Journal of Thermal Sciences 136 (2019) 328-336
- .