

## Studi Eksperimental Separasi Air dan Minyak pada Liquid-Liquid Cylindrical Cyclone (LLCC)

Muhamad Hanif Ramadhan<sup>1</sup>, Fakhri Ilham Faza<sup>1</sup>, Gilang Prasetya Adi<sup>1</sup>, Adhika Widyaparaga<sup>1,2</sup>

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada<sup>1</sup>  
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta 55281, Indonesia  
haniframadhan96@gmail.com  
Pusat Studi Energi, Universitas Gadjah Mada<sup>2</sup>

### Abstrak

Separator air dan minyak dibutuhkan dalam berbagai hal di dunia industri. Dalam dunia perminyakan, separator air dan minyak digunakan baik dalam proses eksplorasi ataupun dalam proses penganggulangan pencemaran minyak pada air laut. Salah satu jenis separator yang dapat digunakan adalah *liquid-liquid cylindrical cyclone* (LLCC). Penelitian ini berfokus pada pengaruh kecepatan aliran masuk terhadap hasil separasi pada LLCC. Kecepatan aliran masuk divariasikan pada nilai 0,7m/s; 0,8m/s; 0,9m/s; dan 1,1m/s. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa semakin tinggi kecepatan aliran masuk, maka *watercut* pada *underflow* yang dihasilkan akan semakin rendah pada nilai *split-ratio* yang sama. Hal tersebut juga berlaku pada fraksi minyak pada *overflow* dan semakin tinggi nilai *split-ratio* maka *watercut* yang dihasilkan pada *underflow* akan semakin tinggi. Namun ada perbedaan grafik fraksi minyak pada *overflow* pada kecepatan 0,7-0,8 m/s dan 0,9-1,1m/s. Hal tersebut diakibatkan karena aliran yang masuk tidak mampu mengikuti jari-jari kelengkungan dari LLCC. Pada penelitian ini nilai *watercut* tertinggi yang mampu dihasilkan adalah hampir mencapai 100% pada nilai *split-ratio* 90%.

Kata Kunci: Separator Air-Minyak, *Hydrocyclone*, *Water Extraction*.

### 1. Pendahuluan

Proses eksplorasi dalam dunia perminyakan bukan hanya dihasilkan minyak saja namun air dan juga gas. Hal tersebut perlu untuk dilakukan pemisahan dengan menggunakan separator. Selain hal tersebut, dalam dunia perminyakan juga kadang terjadi karam atau bocornya kapal tanker pengangkut minyak di laut, dimana hal tersebut dapat membahayakan ekosistem laut.



Gambar 1. Pencemaran Minyak di Laut

Sumber: <http://www.breitbart.com/big-government/2015/05/01/five-years-on-why-obama-will-always-cherish-the-gulf-oil-spill/>

Salah satu alat separasi air dan minyak yang masih digunakan dalam dunia perminyakan adalah *conventional gravity based vessels*, yang mana besar, berat dan mahal untuk memisahkan aliran dua fasa (Gomez, 2001)[1].

Cara kerja dari *conventional gravity based vessel* adalah minyak, yang lebih ringan daripada air, akan naik ke atas dari tangki lalu dapat diambil atau disimpan pada storage tank. Namun, air harus dipisahkan terlebih dahulu sebelum minyak dapat dialirkan melalui pipeline (Escobar, 2005)[2].

Salah satu cara lain yang dapat digunakan dalam memisahkan air dan minyak adalah dengan *hydrocyclone*. *Hydrocyclone* merupakan alat yang mampu memisahkan minyak dan air dengan memanfaatkan gaya sentrifugal dan gaya gravitasi. Beberapa keunggulan yang ada dari *hydrocyclones* adalah berat yang relatif lebih ringan, konstruksi yang sederhana, perawatan yang mudah, biaya rendah, tidak ada bagian yang bergerak, dan pengoperasian mudah. Salah satu tipe *hydrocyclone* yang umum digunakan adalah *liquid-liquid cylindrical cyclone* (LLCC).

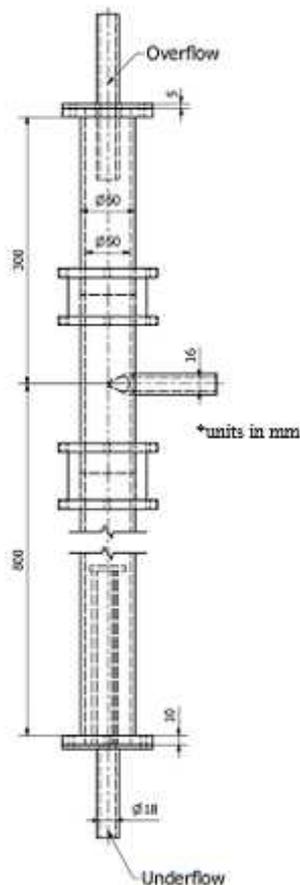
Oropeza-Vasquez,dkk.(2016)[3] melakukan eksperimen mengenai pengaruh kecepatan aliran masuk dan *split-ratio* terhadap nilai *watercut*

yang dihasilkan pada *underflow*. Pada penelitian ini, *split-ratio* merupakan rasio antara debit pada *underflow* dibandingkan debit pada *inlet*. Dari eksperimen yang dilakukan didapatkan bahwa semakin rendah nilai *split-ratio*, maka semakin tinggi nilai *watercut* yang dihasilkan.

Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk meneliti mengenai fenomena pemisahan air dan minyak (ditinjau dari fraksi minyak pada *overflow* dan fraksi minyak/*watercut* pada *underflow*) pada LLCC dengan variasi kecepatan aliran masuk.

## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fenomena separasi pada LLCC akibat pengaruh dari kecepatan aliran masuk, dan *split-ratio* terhadap fraksi minyak pada *overflow* dan *watercut* pada *underflow*. Jenis hydrocyclone yang digunakan adalah cylindrical cyclone dengan inlet tangensial. Panjang cylindrical cyclone yang digunakan 1100 mm, dengan diameter 50 mm. Diameter inlet 16 mm, diameter *overflow* 22 mm dan diameter *underflow* 18 mm. Gambar 2 menunjukkan dimensi LLCC yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Dimensi LLCC

Pada eksperimen ini kecepatan aliran masuk campuran divariasikan pada nilai 0,7m/s; 0,8m/s; 0,9m/s dan 1,1m/s. Nilai *split-ratio* pada

eksperimen ini divariasikan pada nilai 5%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75% dan 90%. Fraksi volume minyak inlet ( *i* ) dijaga konstan pada nilai 25%. Fluida yang digunakan adalah air dengan masa jenis (  $\rho$  ) 997 kg/m<sup>3</sup> dan minyak tanah (kerosene) yang dicampur pewarna (merah) dengan masa jenis 820 kg/m<sup>3</sup>. Gambar 3. Menunjukkan skema alat penelitian yang digunakan.

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

*Split-ratio* dalam penelitian ini didefinisikan sebagai rasio antara debit pada *overflow* dibagi dengan debit *inlet* (Afanador, 1999) [4]. Mencari *split-ratio* dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$F = Q_o/Q_i \quad (1)$$

Dimana :

F = *Split-ratio*

Q<sub>o</sub> = Debit pada *overflow*

Q<sub>i</sub> = Debit pada inlet

Kecepatan superfisial suatu fasa dapat dituliskan dengan persamaan :

$$J_{sf} = \frac{Q_f}{A} \quad (2)$$

Dimana :

J<sub>sf</sub> = Kecepatan superfisial fluida

Q<sub>f</sub> = Debit fluida

A = Luas penampang aliran total

Dalam menentukan kecepatan aliran masuk, apabila fluida tersebut merupakan aliran dua fasa, maka kecepatan campuran fluida dapat dicari dengan menambahkan kecepatan superfisial fluida pada fasa pertama ditambah dengan kecepatan superfisial fluida pada fasa kedua.

Dalam menentukan fraksi suatu fluida dalam aliran campuran maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$u_f = \frac{V_f}{V_m} \quad (3)$$

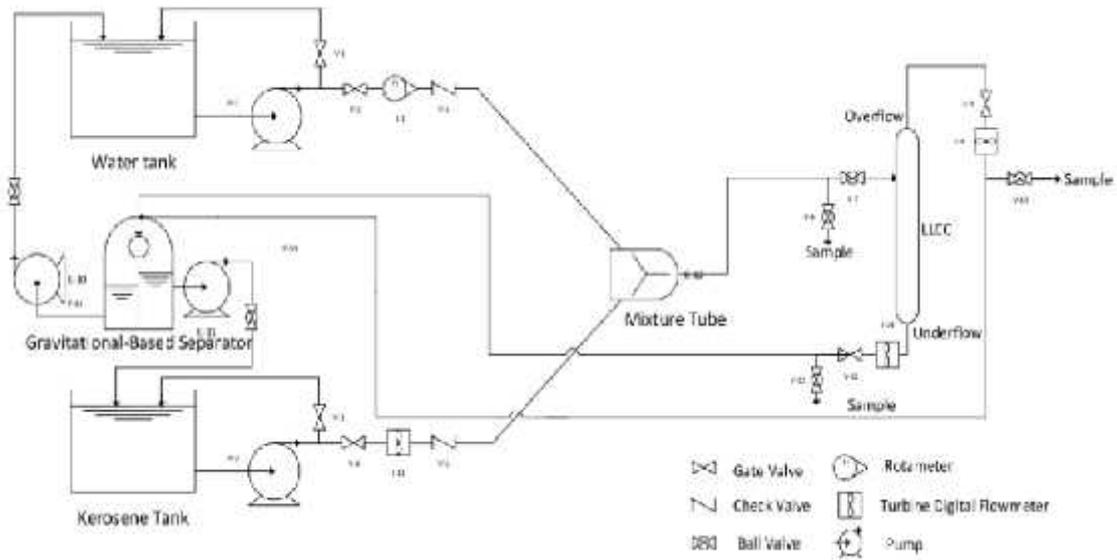
Dimana :

f = Fraksi suatu fasa

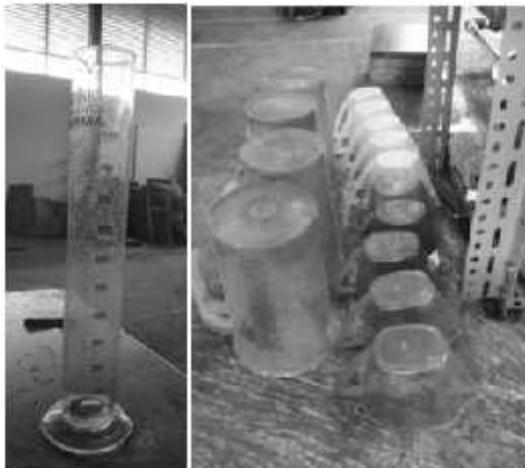
V<sub>f</sub> = Volume fluida yang ditinjau

V<sub>m</sub> = Volume total

Metode pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan sampel menggunakan gelas ukur dengan volume ±400ml dan diukur berapa fraksi minyak yang dihasilkan pada *overflow* dan jumlah *watercut* pada *underflow*. Gambar 4 menunjukkan gelas ukur dan gelas kimia yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Skema Penelitian LLCC



Gambar 4. Gelas Ukur dan Gelas Kimia

## 2.2 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan mengamati fenomena separasi baik dengan menggunakan kamera dan juga mengolah data sampel yang didapatkan lalu dibuat grafik dan melihat bagaimana pengaruh dari kecepatan aliran masuk dan *split-ratio* terhadap hasil separasi pada LLCC.

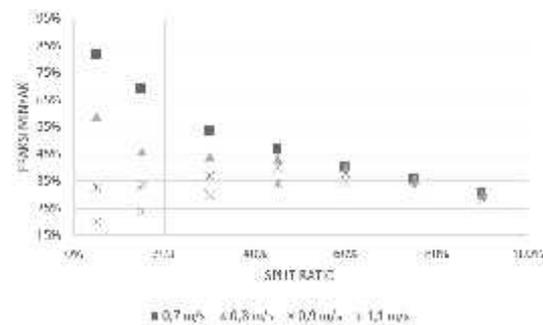
## 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil separasi yang diamati berupa jumlah fraksi minyak pada overflow dan jumlah fraksi air (watercut) pada underflow. Percobaan dilakukan tiga kali dan diambil nilai rata-rata dari hasil yang didapatkan.

### 3.1 Fraksi Minyak pada Overflow

Poin ini akan menjelaskan mengenai pengaruh dari kecepatan aliran masuk (0,7m/s; 0,8m/s;

0,9m/s; dan 1,1m/s) dan *split-ratio* 5-90%. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui fenomena separasi air dan minyak pada LLCC dengan *range* kecepatan yang cukup banyak. Gambar 5 menunjukkan grafik pengaruh kecepatan dan *split-ratio* terhadap fraksi minyak yang dihasilkan pada *overflow*.



Gambar 5. Fraksi Minyak pada Overflow

Dari Gambar 5 didapatkan bahwa pada kecepatan 0,7m/s dan 0,8 m/s memiliki pola grafik yang sama yaitu semakin tinggi nilai *split-ratio* maka semakin rendah fraksi minyak yang dihasilkan. Pada kecepatan 0,7 m/s fraksi minyak tertinggi yang dihasilkan yaitu pada *split-ratio* 5% yaitu 82% dan 59% pada kecepatan 0,8 m/s.

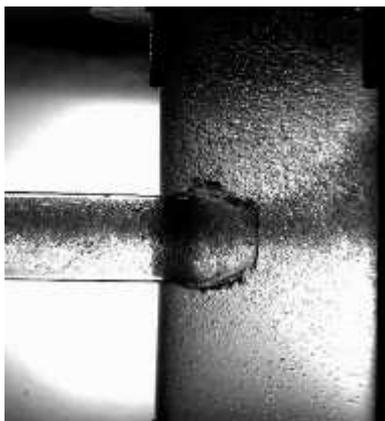
Perbedaan terjadi pada grafik fraksi minyak untuk kecepatan 0,9 m/s dan 1,1 m/s yaitu semakin tinggi nilai *split-ratio* maka semakin tinggi pula fraksi minyak yang dihasilkan lalu turun setelah mencapai titik tertinggi yaitu pada *split-ratio* 45%. Pada kecepatan 0,9 m/s nilai tertinggi fraksi minyak yang dihasilkan adalah 40% dan 34% untuk kecepatan 1,1 m/s. Nilai tersebut terletak pada *split-ratio* 45%.

Perbedaan grafik tersebut akibat adanya pengaruh dari apakah aliran fluida mampu

mengikuti jari-jari kelengkungan dinding LLCC atau tidak. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 6~9. Gambar 6~9 menunjukkan pengaruh dari kecepatan aliran masuk terhadap apakah aliran tersebut mampu mengikuti jari-jari kelengkungan dinding LLCC atau tidak. Data visual diambil dengan menggunakan *high speed camera*.



Gambar 6. Visualisasi Inlet (0,7m/s)



Gambar 7. Visualisasi Inlet (0,8m/s)



Gambar 8. Visualisasi Inlet (0,9m/s)

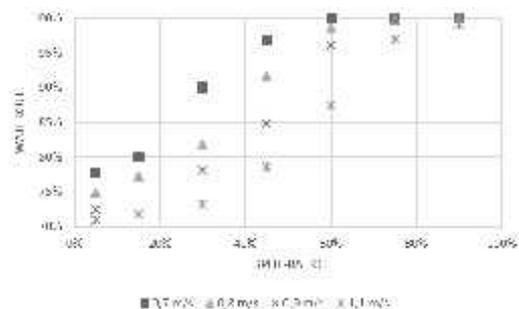


Gambar 9. Visualisasi Inlet (1,1m/s)

Dari Gambar 6~9 didapatkan perbedaan pada kecepatan 0,7-0,8m/s dan 0,9-1,1m/s bahwa pada kecepatan 0,9 dan 1,1m/s tampak bahwa aliran yang masuk tidak mampu mengikuti jari-jari kelengkungan dinding LLCC sehingga akan menabrak dan minyak akan cenderung turun menuju ke *underflow*. Hal tersebut yang mengakibatkan adanya perbedaan grafik fraksi minyak antara kecepatan 0,7-0,8m/s dan kecepatan 0,9-1,1m/s.

### 3.2 Watercut pada Underflow

Selain mengamati fraksi minyak pada *overflow* juga perlu diamati nilai *watercut* pada *underflow*. Hal tersebut dilakukan karena sebagai separator air dan minyak dalam aplikasinya, nilai *watercut* yang tinggi diperlukan, apalagi menyangkut sebagai alat untuk mengatasi tumpahan minyak (*oil spill*). Dalam penelitian ini kecepatan aliran masuk divariasikan pada nilai 0,7m/s; 0,8m/s; 0,9m/s; dan 1,1m/s. Gambar 10 menunjukkan grafik pengaruh kecepatan aliran masuk dan *split-ratio* terhadap nilai *watercut* yang dihasilkan pada *underflow*.



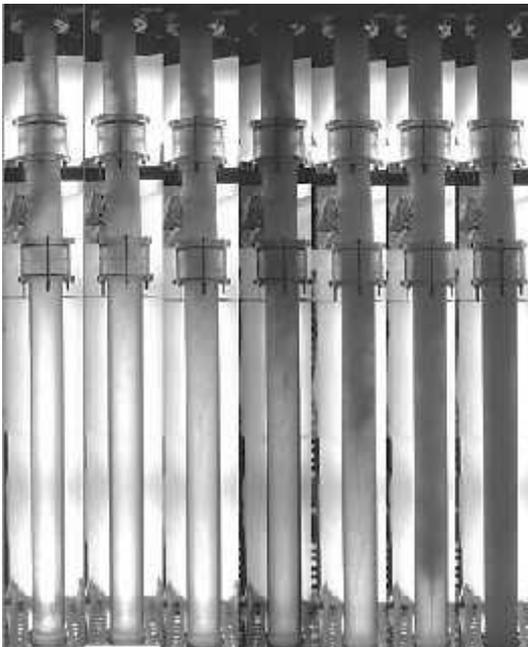
Gambar 10. Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Masuk dan *Split-ratio* terhadap *Watercut* pada *Underflow*

Dari Gambar 10 didapatkan bahwa semakin tinggi kecepatan aliran masuk maka nilai *watercut* yang dihasilkan semakin rendah pada nilai *split-ratio* yang sama. Hal tersebut dikarenakan pada kecepatan aliran masuk yang lebih tinggi, *oil bubble* yang

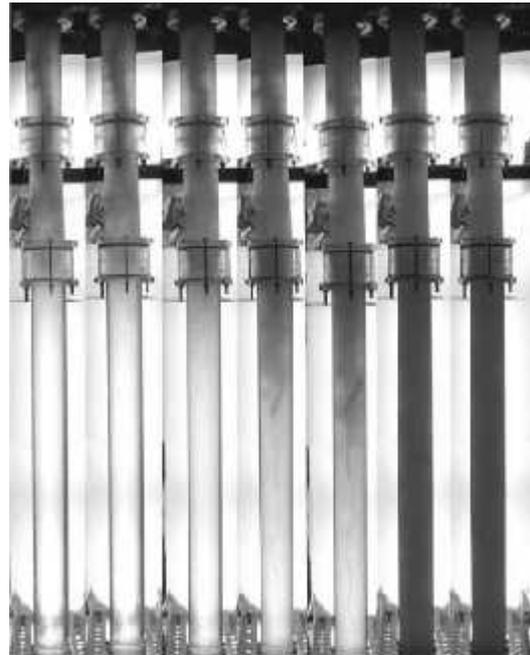
terbentuk semakin kecil akibat bergesekan dengan air sehingga air dan minyak akan membentuk emulsi dan turbulensi akan meningkat, akibat hal tersebut nilai *watercut* yang dihasilkan pada kecepatan lebih tinggi akan lebih rendah.

Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa *split-ratio* juga mempengaruhi nilai *watercut* yang dihasilkan. Semakin rendah nilai *split-ratio* yang digunakan maka semakin rendah pula nilai *watercut* pada *underflow*. Hal tersebut dikarenakan pada nilai *split-ratio* rendah, debit yang keluar melalui *overflow* juga rendah (*gap* pada *valve overflow* kecil) yang mengakibatkan minyak akan susah keluar (terhambat) melalui *overflow* sehingga minyak akan turun menuju ke *underflow* dan mengurangi nilai *watercut* yang dihasilkan.

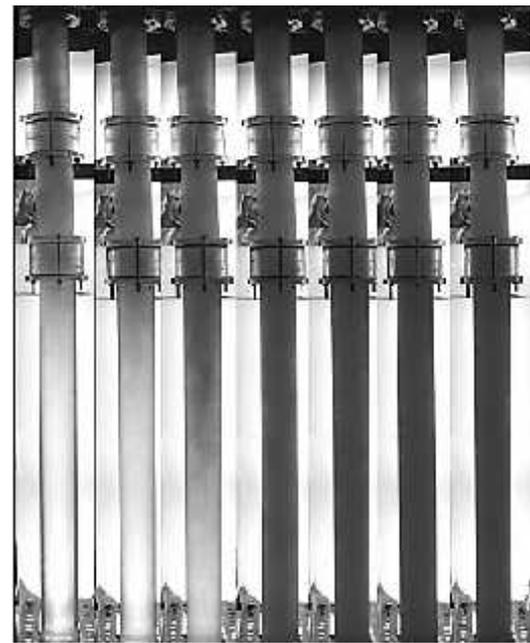
Namun pada nilai *split-ratio* tinggi, *watercut* yang dihasilkan pada *underflow* juga tinggi karena pada kondisi ini, *overflow* terbuka lebar dan minyak akan cenderung langsung keluar menuju *overflow* dan nilai *watercut* pada *underflow* dapat mencapai 100%. Gambar 11~14 menunjukkan visualisasi pengaruh kecepatan aliran masuk dan *split-ratio* pada LLCC.



Gambar 11. Data Visual Pengaruh *Split-ratio* (90-5%) pada Kecepatan 0,7 m/s



Gambar 12. Data Visual Pengaruh *Split-ratio* (90-5%) pada Kecepatan 0,8 m/s



Gambar 13. Data Visual Pengaruh *Split-ratio* (90-5%) pada Kecepatan 0,9 m/s



Gambar 14. Data Visual Pengaruh *Split-ratio* (90-5%) pada Kecepatan 1,1 m/s

#### 4. Kesimpulan

Dari Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin tinggi nilai *split-ratio* maka semakin rendah fraksi minyak yang dihasilkan. Namun pada kecepatan 0,9m/s dan 1,1m/s terdapat perbedaan grafik akibat aliran fluida tidak mampu mengikuti jari-jari kelengkungan LLCC.
2. Semakin tinggi kecepatan aliran masuk, maka hasil separasi air-minyak oleh LLCC akan semakin rendah.
3. Semakin tinggi nilai *split-ratio* maka nilai *watercut* yang dihasilkan akan semakin tinggi.
4. LLCC mampu memisahkan air dan minyak dengan hasil *watercut* (fraksi air) hingga 100%.

Dari penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan apabila dilakukan penelitian lanjutan, maka dilakukan variasi geometri dari LLCC sehingga didapatkan pengaruh geometri terhadap fenomena separasi dari LLCC.

#### Ucapan Terima Kasih

Pada penelitian ini, peneliti ingin mengucapkan terimakasih kepada Dr. Adhika Widyaparaga, S.T., M.Biomed.Sc, Departemen Teknik Mesin dan Industri, serta para dosen dan staff-staff Teknik Mesin atas segala dukungan dan supportnya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

#### Daftar Pustaka

- Gomez, Carlos Herman; (2001), 'Oil water separation in liquid-liquid hydrocyclones (LLHC) experiment and modeling', Master of Science Thesis in the Dicipline of Petroleum Engineering, The Graduate School University of Tulsa.
- Escobar, Oscar M.; (2005), 'Performance evaluation of a modified liquid-liquid cylindrical cyclone (LLCC) separator', Master of Science Thesis in the Dicipline of Petroleum Engineering, The Graduate School University of Tulsa.
- Oropeza-Vazquez, C; Gomez, E.A.L; Wang, S; Mohan, R; Shoham, O & Kouba, G; (2004), 'Oil-water separation in a novel liquid-liquid cylindrical cyclone (llcc) compact separator-experiment and modelling', Journal of Fluids Engineering, pp. 553-563.
- Afanador, Edelmira.; (1999), 'Oil-water separation in liquid-liquid cylindrical cyclone separators', Master of Science Thesis in the Dicipline of Petroleum Engineering, The Graduate School University of Tulsa.



**BERITA ACARA  
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017**

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

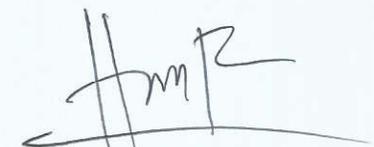
- Nama Pemakalah : Muhamad Hanif Ramadhan<sup>1</sup>, Fakhri Ilham Faza<sup>2</sup>, Gilang Prasetya Adi<sup>3</sup>, Adhika Widyaparaga<sup>4</sup>
- Judul Makalah : STUDI EKSPERIMENTAL SEPARASI AIR DAN MINYAK PADA LIQUID-LIQUID CYLINDRICAL CYCLONE (LLCC)
- Pukul : 11.15 - 11.30
- Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
- Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY
- Ruang : D.12
- Moderator : Aris Warsito, ST, MT, Ph.D
- Notulen : Wartono, ST, M.Eng

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh Moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh Moderator.

Jumlah Peserta yang hadir : \_\_\_\_\_ orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Aris Warsito, ST, MT, Ph.D	 Muhamad Hanif Ramadhan <sup>1</sup> , Fakhri Ilham Faza <sup>2</sup> , Gilang Prasetya Adi <sup>3</sup> , Adhika Widyaparaga <sup>4</sup>



## NOTULEN KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

Nama Pemakalah : Muhamad Hanif Ramadhan<sup>1</sup>, Fakhri Ilham Faza<sup>2</sup>, Gilang Prasetya Adi<sup>3</sup>, Adhika Widyaparaga<sup>4</sup>

Judul Makalah : STUDI EKSPERIMENTAL SEPARASI AIR DAN MINYAK PADA LIQUID-LIQUID CYLINDRICAL CYCLONE (LLCC)

Pukul : 11.15 - 11.30

Bertempat di : STTNAS Yogyakarta

Dengan alamat : Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY

Ruang : D.12

Pertanyaan/Kritik/Saran	Tanggapan Pemakalah
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tujuan penelitian ulh apa ?</li> <li>- Kesimpulan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utk separasi minyak &amp; air</li> <li>- Semakin tinggi nilai split ratio semakin meningkat fraksi minyak yg dihasilkan</li> </ul>

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Aris Warsito, ST, MT, Ph.D	 Muhamad Hanif Ramadhan <sup>1</sup> , Fakhri Ilham Faza <sup>2</sup> , Gilang Prasetya Adi <sup>3</sup> , Adhika Widyaparaga <sup>4</sup>