



# Karakteristik *Hydrocyclone* untuk Pemisahan Minyak dan Air

Dian Ratna Suminar\*, Nurcahyo

Jurusan Teknik Kimia Produksi Bersih, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, 40559, Indonesia

\*E-mail: dian.ratna@polban.ac.id

## ABSTRAK

Eksplorasi minyak bumi dari sumur-sumur yang sudah tua menghasilkan minyak dengan kandungan air tinggi. *Hydrocyclone* suatu alat yang berfungsi untuk pemisahan cair-cair berdasarkan perbedaan berat jenis setiap komponen. Pemisahan ini terjadi dikarenakan adanya gaya sentrifugal dan gaya gravitasi yang dihasilkan dari bentuk *hydrocyclone* yang seperti kerucut. Perancangan dan pembuatan *hydrocyclone* menghasilkan alat dengan spesifikasi sebagai berikut : diameter pipa masukan : 25,4 mm, diameter *cylindrical section* : 120 mm, tinggi *cylindrical section* : 120 mm, tinggi *cone section* : 600 mm, diameter pipa *overflow* : 25,4 mm, diameter pipa *underflow* : 25,4 mm. Laju alir optimum untuk pemisahan air-minyak tanah pada *hydrocyclone* adalah 91,8 liter/menit dengan kadar minyak tanah di *overflow* sebesar 11,4% dan kadar minyak tanah di *underflow* sebesar 3%.

**Kata kunci:** *hydrocyclone*, pemisahan cair-cair, pemisahan minyak bumi dari air

## ABSTRACT

Petroleum exploration from old wells produces oil with a very high water content. Hydrocyclone is a device that functions for liquid-liquid separation based on differences in specific gravity of each component. This separation occurs due to the presence of centrifugal forces and gravitational forces resulting from cone-like forms of hydrocyclone. The design and manufacture of hydrocyclone produces tools with the following specifications: input pipe diameter: 25.4 mm, cylindrical section diameter: 120 mm, high cylindrical section: 120 mm, cone section height: 600 mm, overflow pipe diameter: 25.4 mm, underflow pipe diameter: 25.4 mm. The optimum flow rate for the separation of water-kerosene on hydrocyclone is 91.8 liters / minute with the level of kerosene in overflow of 11.4% and the level of kerosene in underflow of 3%.

**Keywords:** hydrocyclone, liquid-liquid separation, separation of petroleum from water

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah, salah satu sumber daya alam yang melimpah di Indonesia adalah minyak bumi. Minyak bumi adalah sumber daya alam yang tidak terbarukan yang dikuasai oleh negara dan pengelolaannya untuk memberikan kemakmuran rakyat [1]. Eksplorasi minyak bumi di Indonesia sudah dilakukan sejak dahulu kala, dan eksplorasi yang dilakukan secara terus-menerus mengakibatkan minyak bumi yang dihasilkan mengandung gas dan air [2].

Air yang terbawa dalam proses pengeboran yang mempunyai pH kecil, yang bersifat asam dapat menimbulkan korosi pada logam [3].

Pemisahan minyak dan air memakai prinsip kerapatan fluida [4]. Teknologi yang ada yaitu berupa suatu alat pemisah atau separator untuk mengurangi kandungan air di dalam minyak. Separator adalah vessel yang banyak digunakan di perusahaan perminyakan [5]. Prinsip kerja alatnya memakai gaya gravitasi, yang terdiri dari ruang-ruang sehingga kecepatan air

melambat untuk memungkinkan minyak bebas naik ke permukaan [6]. Kelemahan dari alat ini yaitu dari segi tempat, waktu dan biaya yang tinggi [2].

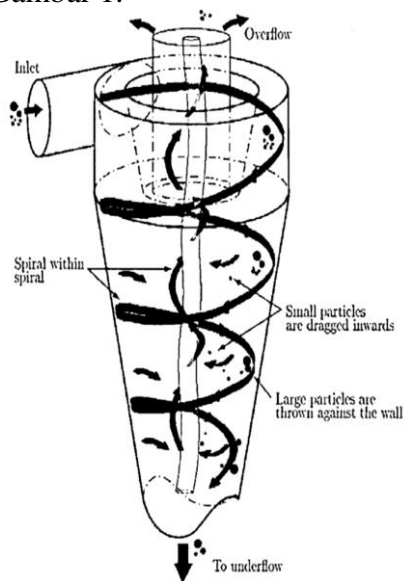
*Hydrocyclone* merupakan suatu alat yang memanfaatkan gaya sentrifugal dan gaya gravitasi, serta menggunakan prinsip kerja sedimentasi sentrifugal untuk proses pemisahannya [7].

*Hydrocyclone* mudah dioperasikan, lebih ekonomis, investasi instalasi dan pemeliharaan yang rendah, sehingga dapat dijadikan alat pemisahan minyak-air [7, 8].

Pada penelitian sebelumnya, Saidi *et al* (2013) melakukan simulasi dengan menggunakan *hydrocyclone* yang mempunyai diameter 35 mm, dengan memvariasikan sudut *cone* ( $6^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ). Perubahan sudut *cone* mempengaruhi tekanan dan kecepatan di dalam *hydrocyclone* [9].

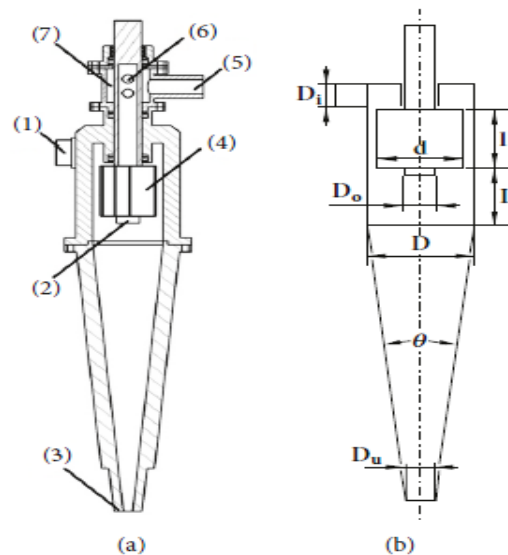
Dalam penelitian Souza *et al* (2012), melakukan variasi suhu ( $20^\circ\text{C}$ ,  $100^\circ\text{C}$ ) pada *hydrocyclone*, dengan menggunakan ukuran partikel minyak  $40\ \mu\text{m}$  dan kecepatan inlet 20 m/s. Semakin besar nya suhu inlet mengakibatkan penurunan viskositas fluida, sehingga gaya gesek antar partikel dengan dinding *hydrocyclone* juga menurun [10].

Adapun bentuk *hydrocyclone* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** *Hydrocyclone Flow and Operation* [11]

*Hydrocyclone* bekerja dengan cara memutar fluida yang dimasukan ke dalam ruang yang bersifat *conical*. Material yang lebih berat dialirkan ke bawah melalui jalur spiral di sepanjang dinding ruangan, sementara material yang lebih ringan diarahkan ke ruang penampungan di bagian atas. Dengan adanya tangensial *inlet*, fluida yang memasuki *hydrocyclone* akan mengalami gaya sentrifugal. Kecepatan sentrifugal tercipta dari, fluida yang awalnya bergerak secara laminar menjadi gerakan angular [12]. Aliran yang berputar pada *hydrocyclone* menginduksi gaya sentrifugal sehingga akan terjadi pemisahan berdasarkan kepadatan perbedaan fase antara [13]. Bagian-bagian *hydrocyclone* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** (a) *Internal structure view of compound hydrocyclone*: (1) inlet pipe; (2) vertex finder pipe; (3) apex pipe; (4) rotating blade; (5) overflow outlet; (6) holes; (7) overflow chamber). (b) the symbols of structure parameters [14]

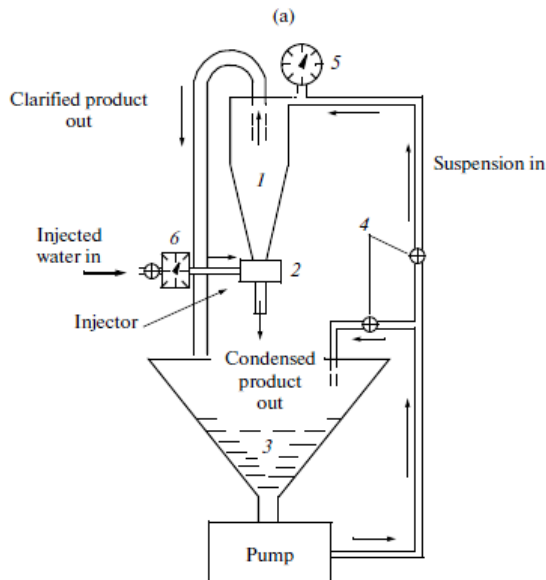
Desain *hydrocyclone* tidak memiliki bagian yang bergerak dan tidak memerlukan kembali pembilasan. Cairan masuk secara tangensial dan bagian kerucut menginduksi aliran spiral [11].

Kondidi operasi yang mempengaruhi kinerja *hydrocyclone* [15]:

- Ukuran partikel ( $D$ )
- Split Rasio ( $S$ ) : rasio aliran volume overflow ke aliran volume inlet

c. Total efisiensi (E) : Rasio massa partikel dalam underflow ke inlet

*Hydrocyclone* dengan menggunakan injektor di laboratorium, di tunjukan pada Gambar 3. Dengan penambahan injektor ini, disuntikan air untuk memberikan kecepatan radial tambahan dari dinding ke porosnya, dan produk berada dalam pipa bawah air [16].



**Gambar 3.** Injectors: (1) *hydrocyclone*, (2) *injector*; (3) *tank filled with a suspension*, (4) *pressure adjusting valves*, (5) *pressure gauge*, and (6) *digital flow rate gauge* [16]

## 2. METODE PENELITIAN

*Hydrocyclone* yang dibuat dalam penelitian ini, adalah dengan skala *pilot plant* agar alat yang dibuat lebih mendekati kondisi lapangan jika dibandingkan dengan skala laboratorium. Umpan *hydrocyclone* skala *pilot plant* ini menyerupai minyak bumi.

Proses pemisahan dengan menggunakan *hydrocyclone* menghasilkan gaya sentrifugal, yaitu [17]:

$$F_c = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad \text{SI}$$

$$= m \cdot r \cdot \omega^2 / g_c \quad \text{British}$$

dimana :

$F_c$  = gaya sentrifugal (N)

$m$  = massa partikel (gr, kg, lb)

$r$  = jarak radial dari interfase , meter

$\omega$  = kecepatan putar , rad/det

Operasi *hydrocyclone* dikendalikan oleh *reject rasio*. *Reject rasio* biasa juga disebut

*pressure drop* (PDR) dan didefinisikan sebagai [18]:

$$PDR = P_{in} - P_{or} > 1,6 \quad (1)$$

$$P_{in} - P_{wo}$$

Dimana,

$P_{in}$  = tekanan masuk *hydrocyclone*

$P_{or}$  = tekanan *oil reject (overflow)*

$P_{wo}$  = tekanan *water outlet (underflow)*

Efisiensi separator dihitung dengan menggunakan rumus berikut [10]:

$$E = \frac{W_{overflow}}{W_{inlet}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana,

$E$  = Efisiensi separator

$W_{overflow}$  = Laju massa inlet (kg/s)

$W_{inlet}$  = Laju massa overflow (kg/s)

Umpan *hydrocyclone* skala *pilot plant* ini menyerupai minyak bumi.

### 2.1. ALAT DAN BAHAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air dan minyak tanah. Hal ini dikarenakan, berat jenis minyak tanah berada di tengah berat jenis komponen minyak bumi. Air dan minyak tanah ini dicampurkan dan kemudian dipisahkan kembali menggunakan *hydrocyclone* yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari *hydrocyclone*.

Minyak tanah yang dipakai merupakan produk Pertamina yang diperoleh dari SPBU Jalan Cipaganti Bandung, sedangkan air yang dipakai merupakan air ledeng yang ada dalam jaringan Polban.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: rangkaian pemisahan, neraca analitik, piknometer, gelas plastic, spatula.

### 2.2. PROSEDUR PENELITIAN

Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu :

- Tahap persiapan : penentuan ukuran dan pemilihan bahan *hydrocyclone*. Ukuran *hydrocyclone* didasarkan kepada diameter *inlet* yang langsung mempengaruhi kecepatan linier bahan

masuk. Ditentukan *design basis* yang akan menentukan dimensi alat yang akan dirancang. Dari ukuran *inlet* ini selanjutnya ditentukan diameter *cylindrical section*. Diameter *cylindrical section* selanjutnya menentukan ukuran *vortex finder*, *conical section*, serta *apex* dan *spigot*. Selanjutnya dilakukan penentuan jenis bahan yang digunakan, dengan kriteria: proses dalam *hydrocyclone* sedapat mungkin dapat terlihat, bersifat tahan terhadap benturan dan goresan, serta mudah diperoleh di pasaran.

- Tahap perancangan *hydrocyclone* dan tahap pembuatan (*manufacturing*). Perancangan *hydrocyclone* didasarkan kepada prinsip bahwa alat yang dibuat berskala *pilot plant* dengan laju alir 2 - 8 m<sup>3</sup>/jam dan memerlukan diameter inlet 1 inch.

Dalam rencana pembuatan peralatan yang utuh, dilakukan perancangan yang lebih detail tentang:

1. Sambungan antar *section*: akrilik
2. *Inlet*: akrilik
3. *Vortex finder* : pipa PVC
4. *Spigot* : pipa PVC

Metoda yang digunakan dalam pembuatan *hydrocyclone* ini adalah metode *rolling*.

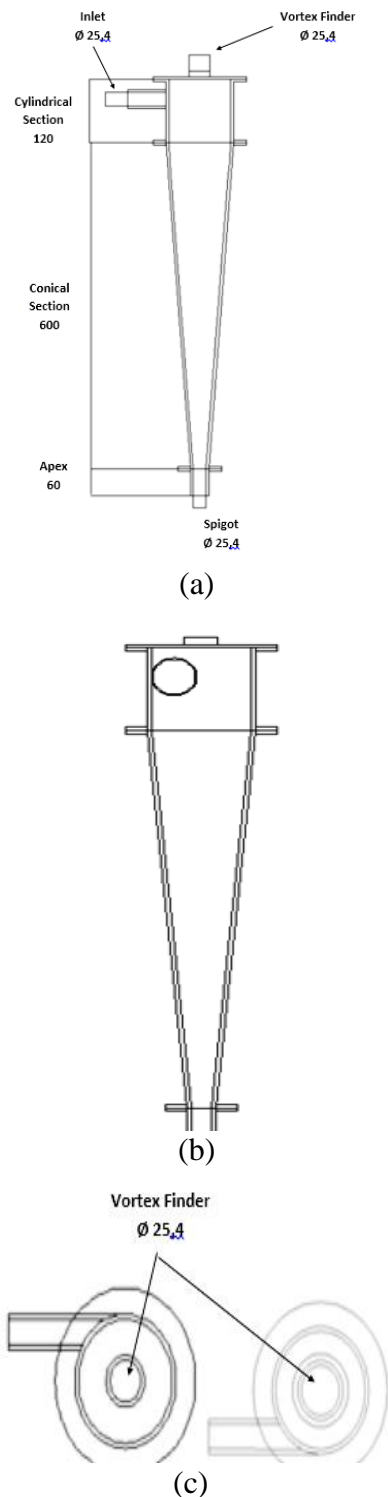
- Tahap analisa karakteristik *hydrocyclone* untuk pemisahan minyak dan air : tahap pengujian dan pengambilan data sampai dengan analisa.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Tahap Persiapan (Penentuan Ukuran Hydrocyclone)

Dalam penentuan ukuran *hydrocyclone*, yang pertama ditentukan yaitu diameter *inlet* dari *hydrocyclone* tersebut. Dengan pertimbangan bahwa alat yang dibuat nantinya diterapkan sebagai modul praktikum serta ketersediaan bahan di pasaran, maka ditentukan diameter inlet adalah 1 inch. Setelah itu, penentuan dari diameter *cylinder section* dan keluaran dari *hydrocyclone*. Sehingga dapat ditentukan semua ukuran dari *hydrocyclone*

seperti terlampir pada Tabel 1 dan dapat dilihat ukuran keseluruhan dari *hydroyclone* pada Gambar 4.



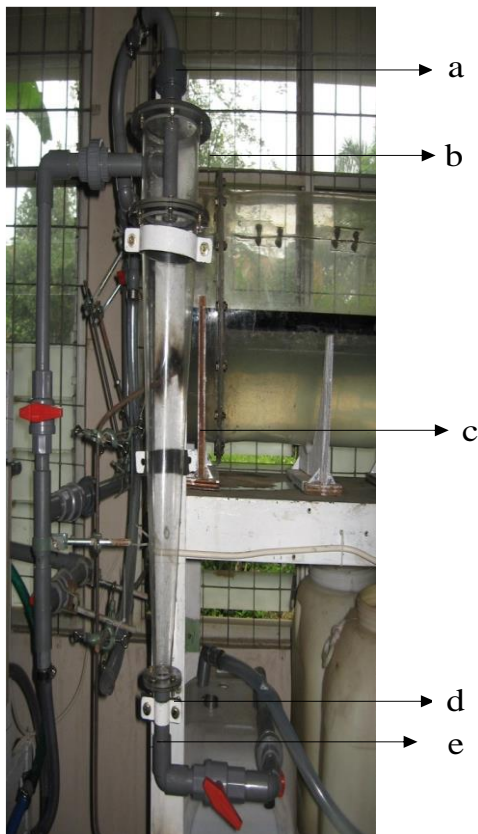
**Gambar 4.** (a). Skema *hydrocyclone* (b). skema *hydrocyclone* tampak samping (c). pandangan *hydrocyclone* tampak atas dan bawah \*(semua ukuran dalam mm)

**Tabel 1.** Ukuran *hydrocyclone*

Bagian Hydrocyclone	Ukuran (mm)	Keterangan
Pipa masukan	25,4	Diameter
<i>Cylindrical section</i>	120	Diameter dan tinggi
<i>Cone section</i>	600	Tinggi
<i>Spigot</i>	25,4	Diameter
<i>Vortex finder</i>	25,4	Diameter

### 3.2. Tahap Perancangan *Hydrocyclone*

*Hydrocyclone* ini dibuat dari bahan *acrylic*, karena bahan ini permukaannya bening yang bertujuan untuk memudahkan dalam mengamati secara visual kinerja dari *hydrocyclone*. *Hydrocyclone* yang menggunakan pompa masukan  $2 \text{ m}^3/\text{jam}$ .



**Gambar 5.** Hasil akhir *hydrocyclone*: (a) *vortex finder*, (b) *cylindrical section*, (c) *conical section*, (d) *apex*, (e) *spigot*

Proses pembuatan *hydrocyclone* dilakukan di bengkel Teknik Fisika ITB. *Hydrocyclone* yang dibuat terdiri dari *cylindrical section*,

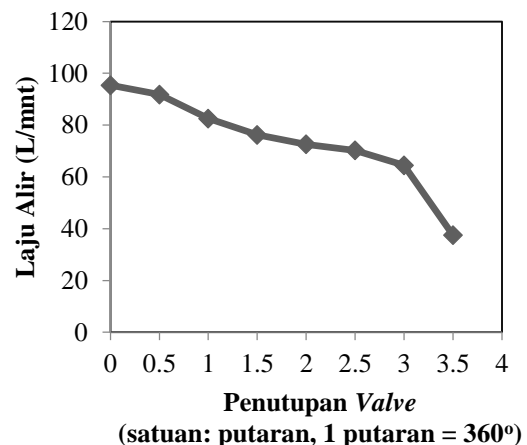
*cone section*, pipa masukan, pipa *underflow/spigot*, dan pipa *overflow/vortex finder*. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.

### 3.3 Tahap Analisa Karakteristik *Hydrocyclone* Untuk Pemisahan Minyak Dan Air

Uji karakteristik *hydrocyclone*, dilakukan beberapa pengujian diantaranya pengaruh bukaan *valve* terhadap laju alir masukan *hydrocyclone*, dan laju optimum aliran masuk *hydrocyclone*

#### 3.3.1 Pengaruh Bukaan *Valve* terhadap Laju Alir Masukan *Hydrocyclone*

Pengujian ini untuk mengetahui besarnya laju alir dari aliran umpan yang masuk kedalam *hydrocyclone* untuk setiap bukaan *valve* yang berbeda. Agar kinerja pompa terjaga tetap optimum, maka percobaan dimulai dari kondisi *valve* terbuka penuh atau penutupan 0 putaran, selanjutnya dilakukan pengamatan dengan menambah putaran penutupan *valve*. Gambar 6 menunjukkan kurva kalibrasi antara jumlah putaran penutupan *valve* dengan laju alir umpan yang masuk ke :



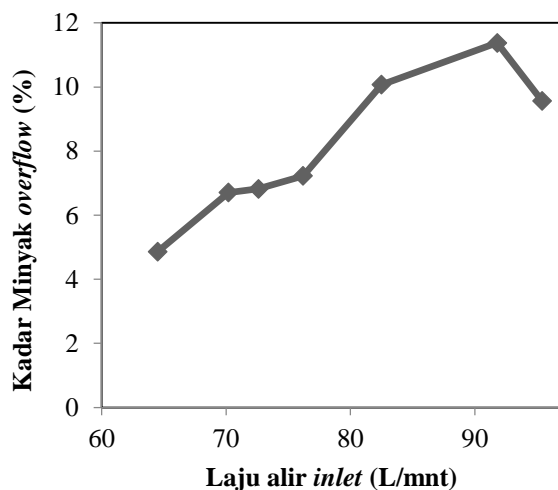
**Gambar 6.** Kurva Kalibrasi Laju Alir Masukan *Hydrocyclone*

Laju alir minimum yang dapat bekerja pada *hydrocyclone* yaitu pada saat bukaan *valve* sebesar 3 putaran dari bukaan penuh atau sebesar  $64,5 \text{ L/mnt}$ . Hal ini dikarenakan pada saat bukaan *valve* sebesar 3,5 putaran dari bukaan penuh atau sebesar  $37,5 \text{ L/mnt}$  tidak

didapatkan produk *overflow* dari *hydrocyclone*. Sehingga untuk penentuan laju optimum aliran masuk *hydrocyclone* dimulai dari bukaan *valve* sebesar 3 putaran dari bukaan penuh atau sebesar 64,5 L/min hingga bukaan *valve* penuh atau sebesar 95,4 L/min.

### 3.3.2 Laju Optimum Aliran Masuk Hydrocyclone

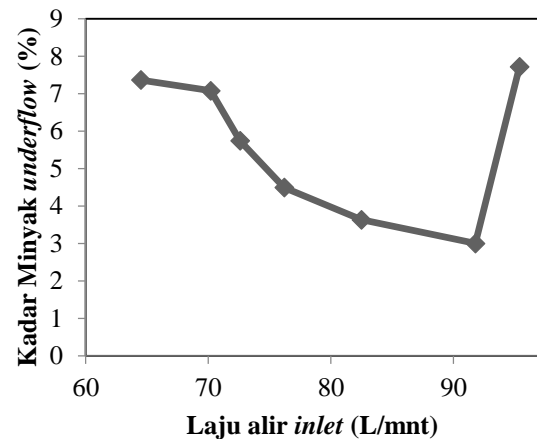
Variabel tetap dalam analisa ini yaitu konsentrasi umpan dengan kadar air 90% dan variabel bebasnya yaitu laju alir masukan *hydrocyclone* dari bukaan *valve* sebesar 3 putaran dari bukaan penuh atau sebesar 64,5 L/mnt hingga bukaan *valve* penuh atau sebesar 95,4 L/mnt. Gambar 7 menunjukkan pengaruh laju alir *inlet* terhadap kadar minyak di *overflow*. Laju optimum aliran masuk *hydrocyclone* didapat ketika didapatkan hasil pemisahan yang optimum yaitu kadar minyak tanah di dalam *overflow*. Dari hasil pemisahan *hydrocyclone* pada setiap variasi laju alir kemudian dibuat grafik antara laju alir masukan *hydrocyclone* terhadap kadar minyak tanah yang dihasilkan baik di *overflow* maupun di *underflow*.



**Gambar 7.** Kurva profil pengaruh laju alir masukan *hydrocyclone* terhadap kadar minyak tanah di *overflow*

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa kadar minyak tanah yang dihasilkan di dalam *overflow* semakin meningkat seiring dengan

semakin besarnya laju alir masukan *hydrocyclone*, akan tetapi didapatkan hasil pemisahan yang optimum pada laju alir sebesar 91,8 L/mnt yaitu kadar minyak tanah di *overflow* sebesar 11,4% dan kadar minyak tanah di *underflow* sebesar 3%. Karena dengan laju alir yang lebih besar lagi kadar minyak tanah yang dihasilkan di *overflow* menurun.



**Gambar 8.** Kurva profil pengaruh laju alir masukan *hydrocyclone* terhadap kadar minyak tanah di *underflow*

Ketika laju alir masukan *hydrocyclone* terlalu besar akan menyebabkan banyak air yang terbawa ke dalam *overflow*, hal ini dikarenakan tekanan yang dihasilkan dari laju alir masukan sangat besar dan menyebabkan air terbawa aliran *overflow*. Sedangkan ketika laju alir masukan *hydrocyclone* kecil akan menyebabkan tidak terbentuknya gaya sentrifugasi di dalam kolom *hydrocyclone* sehingga proses pemisahan tidak berlangsung dengan baik. Hal ini dikarenakan tekanan yang dihasilkan dari laju alir masukan kecil dan tidak cukup untuk membentuk gaya sentrifugasi dan *air flow* untuk memisahkan minyak tanah-air.

Kondisi *underflow* merupakan keseimbangan (*balance*) dari kondisi operasi. Dapat dilihat dari kedua grafik sekaligus bahwa jika *overflow* naik kadar minyak tanahnya, maka *underflow* akan turun kadar minyak tanahnya, begitu pula sebaliknya.

#### 4. KESIMPULAN

Perancangan dan pembuatan *Hydrocyclone* menghasilkan alat dengan spesifikasi sebagai berikut :

- (a). Diameter pipa masukan : 25,4 mm.
- (b). Diameter *cylindrical section* : 120 mm.
- (c). Tinggi *cylindrical section* : 120 mm.
- (d). Tinggi *cone section* : 600 mm.
- (e). Diameter pipa *overflow* : 25,4 mm.
- (f). Diameter pipa *underflow* : 25,4 mm.

Laju alir optimum untuk pemisahan air-minyak tanah pada *hydrocyclone* adalah 91,8 liter/menit dengan kadar minyak tanah di *overflow* sebesar 11,4% dan kadar minyak tanah di *underflow* sebesar 3%. Untuk memenuhi laju alir optimum di atas diperlukan harga variable: laju alir minimum yang dapat bekerja pada *hydrocyclone* yaitu pada saat bukaan *valve* sebesar 3 putaran dari bukaan penuh atau sebesar 64,5 liter/menit.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sebagian didanai oleh Hibah Penelitian Mandiri Politeknik Negeri Bandung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sholikin, Otonomi Daerah dan pengelolaan minyak bumi di Kabupaten Bojonegoro, *Jurnal Ilmu Administrasi*, vol. 15, no.1, hal. 35-50, 2018.
- [2] M.H. Ramadhan, A. Widyaparaga, Studi eksperimental terhadap unjuk kerja dari liquid-liquid cylindrical cyclone (LLCC) sebagai separator air dan minyak, M.Eng. thesis, Teknik Mesin, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2017.
- [3] M.F. Sidiq, Analisa pengendalian laju korosi pada pipa minyak bumi lepas pantai, *J. Sain dan Tek. Maritim*, vol. 10, no.1, hal. 11-12, 2011.
- [4] S. Sutikno, Optimasi perancangan model hidraulika untuk memisahkan limbah minyak pada air buangan, *J. Sains & Tek.*, vol. 4, no. 2, hal. 53-57, 2005.
- [5] A.S. Nugroho, F. Faridah, K. Suryopratomo, Rancang bangun sensor pengukur level interface air dan minyak pada mini plant separator, *Teknofisika*, vol. 2 , no. 2, hal. 42-54, 2013.
- [6] G. Gerdes, A. DeGuzman, J. Grubich, Designing coalescing oil/water separators for use at army washracks, *US Army Corps Of Engineers*, 2000.
- [7] L.G.M., Vieira, E.A. Barbosa, J.J. Damasceno, M. Barrozo, Performance analysis and design of filtering hydroclones, *Braz. J. Chem. Eng.*, vol. 22, no. 1, hal. 143-152, 2005.
- [8] O.S. Motsamai, Investigation of the influence of hydrocyclone geometric and flow parameters on its performance using CFD, *Sage Journal*, vol. 2010, hal. 1-12, 2010.
- [9] S. Masyam, M. Reza, F. Bijan, Numerical investigation of cone angle effect on the flow field and separation efficiency of deoiling hydrocyclones, *Heat Mass Transfer*, vol. 49, no. 2, hal. 247-260, 2013.
- [10] J.S. Souza, M.K.N. Paiva, F.P.M. Farias, S.R.F. Neto, A.G.B. Lima, Hydrocyclone Applications in Produced Water: A Steady-State Numerical Analysis, *Brazilian Journal of Petroleum and Gas*, vol. 6, no. 3, hal. 133-143, 2012.
- [11] D.K. McCluskey, A.E. Holdo, Optimizing the hydrocyclone for ballast water treatment using computational fluid dynamic, *Int. J. of Multiphys*, vol. 2, hal. 221-234, 2009.
- [12] H. Jun, A. Lian-suo, W. Zhi-quan, Study on application and operation

- optimization of hydrocyclone for solid-liquid separation power plant, in: WCECS, (the World Congress on Engineering and Computer Science) San Fransisco USA, Oct. 2009.
- [13] J.C. Caldentey, A mechanistic model for liquid hydrocyclones (LHC), University of Tulsa, 2000.
- [14] J. Jiang, R. Ying, J. Feng, W. Wang, Computational and experimental study of the effect of operating parameters on classification performance of compound hydrocyclone, *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2018, hal. 1-16, 2018.
- [15] L. Svarovsky, Solid-liquid separation, Woburn: Butterworth-Heinemann, 2000.
- [16] J. Dueck, A.V. Krokhina, L.L.Minkov. Controlling characteristics of hydrocyclone via additional water injection, *Theor. Found. Chem. Eng.*, vol. 46, no. 3, hal. 342–352, 2012.
- [17] A. Kusmayanti, Pengaruh panjang cone dan tekanan pada hydrocyclone dalam menurunkan total suspended solid, Undergradute thesis, Dept. Environ. Eng. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
- [18] C.J. Geankoplis, Transport Processes and Unit Operation 3<sup>rd</sup> edition, New Jersey: Prentice-Hall International, Inc. 1993.