

STUDI EKSPERIMENTAL PEMISAH MINYAK-AIR MENGUNAKAN HIDROSIKLON-*BUBBLE* GENERATOR BERDASARKAN VARIASI DIAMETER *UNDERFLOW*

Trismi Rimbata⁽¹⁾, IGNB. Catrawedarma^(1*), Eli Novita Sari⁽¹⁾, M. Abdul Wahid⁽¹⁾ dan Anggra Fiveriati⁽¹⁾

⁽¹⁾Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

^(*)E-mail: ignb.catrawedarma@poliwangi.ac.id

Abstrak

Minyak dan air merupakan dua cairan yang digunakan baik untuk masyarakat maupun perusahaan industri, pencampuran minyak dan air ini perlu dilakukan pemisahan pada berbagai industri seperti pengolahan limbah, produksi minyak dan gas, serta proses industri lainnya. Hidrosiklon merupakan salah satu metode pemisah dengan prinsip pemisahan berdasarkan berat jenis yang memanfaatkan gaya sentrifugal dengan menambahkan *bubble* generator pada bagian *input* dan menambahkan variasi diameter *underflow*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dari hidrosiklon *bubble* generator berdasarkan variasi *underflow* sebagai pemisahan minyak-air. *Bubble* generator ini digunakan untuk mempermudah penghisapan udara. Variasi diameter *underflow* yang digunakan yaitu diameter 10 mm, 15 mm, dan 20 mm. penelitian ini dilakukan untuk menginjeksikan campuran minyak dan air ke sistem hidrosiklon sebagai media pemisahan. Debit udara yang diinjeksikan kedalam *bubble* generator menggunakan variasi debit udara 0.1, 0.6, dan 1.2 lpm (liter/menit). Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa semakin besar bukaan *underflow*, maka semakin besar tekanan di *underflow*, sehingga *pressure drop underflow* semakin besar. Semakin kecil bukaan *underflow*, maka semakin besar tekanan *overflow*, sehingga *pressure drop overflow* semakin besar. Semakin besar debit udara *input*, semakin besar perbedaan *pressure drop underflow* dan *overflow*. Semakin kecil bukaan *valve* maka semakin menurun efisiensi pemisahan minyak pada *overflow* dan semakin meningkat efisiensi pada *underflow*. Hasil efisiensi tertinggi pada *overflow* yaitu 88.6%.

Kata Kunci: Variasi-*underflow*, Minyak-air, Hidrosiklon, *Bubble*-generator, *Split-ratio*, Tekanan, Efisiensi.

Abstract

Oil and water are two liquids that are often used by the public and industrial companies. Mixing oil and water need to be separated in various industries such as waste processing, oil and gas production, and other industrial processes. Hydrocyclone is a separation method with the principle of separation based on specific gravity which utilizes centrifugal force by adding a bubble generator to the input section and adding variations in the underflow diameter. This research aims to analyze the performance of a hydrocyclone bubble generator based on underflow variations as oil-water separation. This bubble generator is used to make it easier to suck in air. The variations in underflow diameter used are 10mm, 15mm and 20mm. This research was carried out to inject a mixture of oil and water into a hydrocyclone system as a separation medium. The air flow injected into the bubble generator uses air flow variations of 0.1, 0.6 and 1.2 lpm (liters/minute). From the research that has been carried out, the results show that the larger the underflow opening, the greater the pressure in the underflow, so that the underflow pressure drop is greater. The smaller the underflow opening, the greater the overflow pressure, so the overflow pressure drop is greater. The greater the input air flow, the greater the difference in underflow and overflow pressure drop. The smaller the valve opening, the lower the efficiency of oil separation in overflow and the greater the efficiency in underflow. The highest efficiency results on overflow are 88.6%.

Keywords : Variation-*underflow*, Oil-water, Hydrocyclone, *Bubble*-generator, *Split-ratio*, Pressure, Efficiency.

1 PENDAHULUAN

Minyak dan air merupakan dua cairan yang sering digunakan baik untuk masyarakat maupun perusahaan industri, pencampuran minyak dan air ini perlu dilakukan pemisahan pada berbagai industri seperti pengolahan limbah, produksi minyak dan gas, serta proses industri lainnya. Pemisahan minyak dan air yang efektif menjadi krusial untuk menjaga lingkungan dari pencemaran limbah dan memenuhi regulasi lingkungan yang semakin ketat. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemisahan minyak dan air dengan menggunakan metode hidrosiklon. Hidrosiklon merupakan salah satu metode pemisah dengan prinsip pemisahan berdasarkan berat jenis dengan memanfaatkan gaya sentrifugal, dimana campuran minyak dan air di injeksikan kedalam proses hidrosiklon dengan kecepatan yang tinggi sehingga akan berputar dan akan terjadi pemisahan berdasarkan densitas. Densitas yang berat akan cenderung mengalir ke bawah dan keluar melalui *output* bawah, sedangkan densitas yang lebih ringan akan cenderung keatas dan keluar melalui *output* atas.

Berdasarkan penelitian dan analisis hidrosiklon yang sudah ada menyatakan bahwa separator yang digunakan untuk memisahkan minyak dan air dengan mengubah parameter, seperti diameter kerucut, diameter silinder, dan diameter panjang kerucut [1]. Pada penelitian ini efisiensi pemisah minyak dan air menggunakan hidrosiklon dengan menambahkan variasi gelembung udara, gelembung udara di gunakan untuk membantu mengikat minyak dan menyebabkan penurunan densitas sehingga efisiensi pemisah dapat teratasi dengan baik [5]. Berdasarkan prinsip pemisahan siklon dan teknologi pencetakan 3D, struktur *hydrocyclone* dengan *pitch* variabel diusulkan untuk separator hidrosiklon aliran aksial sumur minyak [4]. Variasi pada efisiensi *hydrocyclone* sebesar 94.1% disebabkan oleh *head* dan luas *underflow*, sementara 5.9% dipengaruhi oleh faktor lain yang belum dapat dijelaskan. Antara *head* dan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* terdapat hubungan yang searah namun lemah. Luas *underflow* memiliki korelasi negatif yang sangat kuat dengan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*. Model regresi linier berganda menghasilkan persamaan prediksi: $Y = 0.612 + 0.915 \text{ head} - 0.646 \text{ luas underflow}$. Prediksi efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* paling tinggi terjadi sebesar 98.746% dengan hasil penelitian laboratorium sebesar 99.781%, yang terjadi pada *head* 50% dan luas *underflow* 13% dari pintu *inlet* [2]. Dari penelitian di atas perlu dilakukan pengembangan teknologi pemisah minyak dan air yang lebih efektif. Salah satu solusi yang diusulkan yaitu studi eksperimental pemisah minyak dan air menggunakan hidrosiklon *bubble generator* berdasarkan variasi diameter *underflow*. Inovasi terbaru dalam metode hidrosiklon yaitu dengan menambahkan *bubble generator* pada sisi input hidrosiklon, yang dapat meningkatkan

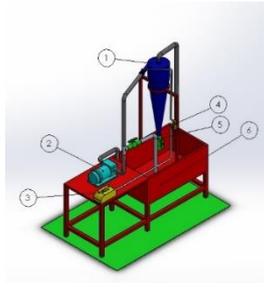
efisiensi pemisahan dengan menghasilkan gelembung-gelembung kecil yang membantu memisahkan minyak dan air, sehingga minyak dapat mengalir melalui *overflow* dengan lebih mudah [3].

Dalam penelitian pemisah minyak dan air menggunakan metode hidrosiklon *bubble generator* ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi pemisah minyak dan air pada bagian diameter *underflow*. Dimana tekanan menurun karena pengaruh gravitasi dan massa, air akan mengendap di bawah dan minyak berada di atas. Serta mengetahui *split ratio* pemisah minyak dan air pada berbagai diameter *underflow*. Dengan melakukan eksperimen mengenai pengaruh kecepatan aliran masuk dan *split ratio* terhadap nilai yang dihasilkan pada *underflow*. Dengan demikian, studi ini bertujuan mengkaji perhitungan *split ratio* pemisahan minyak-air, *split ratio* merupakan *ratio* antara debit pada tekanan *underflow* dibandingkan dengan debit pada *inlet*.

2 METODOLOGI

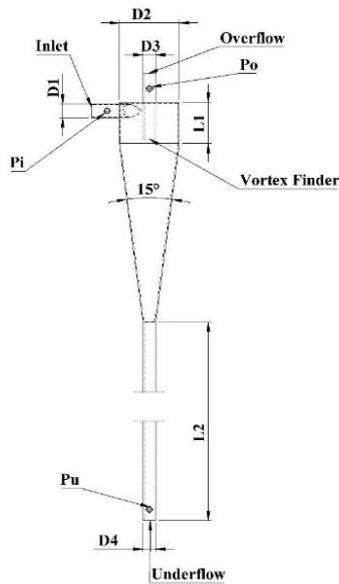
Proses pembuatan desain dan hidrosiklon ini bertempat di laboratorium, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi. Penelitian ini ada beberapa tahapan pada langkah penelitian yang dilakukan, tahap persiapan meliputi pembuatan dan *setting apparatus* seperti pada gambar 1. *Apparatus* hidrosiklon *bubble generator* memiliki beberapa komponen utama yaitu meliputi :

1. Bak penampung yang digunakan sebagai tempat penampung minyak dan air yang masih tercampur dan minyak dan air yang sudah terpisah.
2. Pompa digunakan untuk menginjeksikan campuran minyak dan air kedalam instalasi hidrosiklon.
3. *Aerator* digunakan sebagai penghasil udara yang digunakan untuk mengikat minyak pada proses pemisahan.
4. *Flowmeter* digunakan untuk mengatur debit udara dan air yang masuk kedalam instalasi hidrosiklon.
5. *Microbubble generator* sebagai inputan campuran minyak-air dan udara.
6. Hidrosiklon digunakan sebagai tempat pemisahan minyak dan air, serta terjadinya proses gaya sentrifugal dan gaya apung.
7. *Stop kran* digunakan untuk bukaan katup buang *by pass* inputan cairan sebelum masuk ke *bubble generator* dan output bawah. Serta digunakan untuk variasi diameter pada *underflow*.



(A) (B)

Gambar 1. Apparatus hidrosiklon-bubble generator



Gambar 2. Detail ukuran hidrosiklon-bubble generator

Tabel 1. Detail ukuran hidrosiklon-bubble generator

No	Nama	Ukuran
1.	(D1) Diameter Inlet	22 mm
2.	(D2) Diameter Body	100 mm
3.	(D3) Diameter Overflow	22 mm
4.	(D4) Diameter Underflow	22 mm
5.	(L1) Panjang Body	70 mm
6.	(L2) Panjang Underflow	500 mm
7.	(Pi) Pressure Tap Input	-
8.	(Po) Pressure Tap Overflow	-
9.	(Pu) Pressure Tap Underflow	-

Selanjutnya dilakukan proses uji coba alat dengan mengalirkan air kedalam sistem hidrosiklon-bubble generator untuk dilakukan pengecekan kebocoran. Apabila tidak terjadi kebocoran dilakukan uji coba dengan memasukkan campuran minyak-air ke dalam sistem hidrosiklon untuk mengetahui apakah fluida keluar melalui outlet yang sudah ditentukan. Pada proses pemisahan minyak-air menggunakan minyak-

air dengan volume masing-masing 2 liter, sehingga total campuran minyak-air 4 liter. Setelah tahapan uji coba dilakukan proses pengambilan data dengan menginjektikan campuran fluida ke dalam sistem hidrosiklon-bubble generator dan debit udara disetting pada 0,1 lpm, campuran fluida selanjutnya di sirkulasikan ± 15 menit untuk proses steady sehingga campuran fluida dapat bersirkulasi secara normal. Setelah itu dilakukan pengukuran debit fluida pada overflow dan underflow dengan menggunakan gelas ukur dan stopwatch, serta mengukur tekanan input dan output menggunakan differential pressure transducer yang terhubung dengan data logger untuk merubah data analog dengan digital. Lakukan proses yang sama dengan berbagai variasi debit udara 0.1, 0.6, dan 1.2 lpm, serta variasi diameter underflow 10 mm, 15 mm, dan 20 mm. setelah pengambilan data selesai dilakukan analisa kinerja hidrosiklon bubble generator yang meliputi efisiensi pemisahan minyak-air yang keluar dari overflow, serta split ratio yang merupakan rasio debit fluida pada overflow dan inlet.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dan pembahasan dari penelitian pemisahan minyak dan air menggunakan hidrosiklon bubble generator yaitu dengan berbagai perhitungan seperti Debit, Split Ratio, Pressure drop, Efisiensi pemisahan, dan Pressure Drop Ratio.

Split Ratio

Split Ratio merupakan laju aliran volume over flow. Split ratio digunakan untuk mengetahui hasil efisiensi dan evaluasi hasil pemisahan minyak dan air didalam sistem instalasi hidrosiklon-bubble generator, Setelah dilakukan penelitian didapatkan nilai split ratio sebagai berikut split ratio dengan diameter valve 10 mm 73,92, split ratio dengan diameter valve 15 mm 61,08, dan split ratio dengan diameter valve 20 mm 47,01 dengan menggunakan variasi udara 0,1. Split ratio dapat diketahui menggunakan persamaan (1).

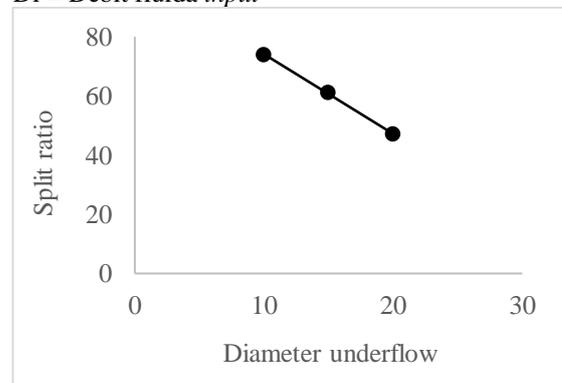
$$R = \frac{D_o}{D_i} \times 100 \quad (1)$$

Dimana:

R = Split ratio

Do = Debit fluida pada overflow

Di = Debit fluida input



Gambar 3. Pengaruh diameter underflow terhadap split udara

Berdasarkan gambar 3 menunjukkan semakin besar bukaan pada *underflow* maka nilai *split ratio* semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh laju aliran pada *overflow* semakin rendah ketika bukaan *underflow* semakin besar karena tekanan pada *underflow* semakin meningkat sehingga gaya apung semakin menurun yang menyebabkan gaya keatas semakin kecil sehingga semakin sedikit fluida yang mengalir ke *overflow*. Oleh karena itu gaya sentrifugal yang terjadi pada saat proses pemisahan minyak dan air semakin meningkat sehingga fluida dengan massa jenis yang rendah akan mengalir melalui *overflow*.

Pressure Drop

Pressure drop merupakan perubahan tekanan saat fluida mengalir pada suatu sistem seperti hidrosiklon. Penurunan tekanan ini sangat berpengaruh pada efisiensi pemisahan minyak dan air. Sehingga dilakukan perhitungan *pressure drop* untuk mengetahui perubahan tekanan pada saat proses pemisahan minyak dan air sesuai dengan variasi diameter *underflow* 10 mm, 15 mm dan 20 mm dan variasi udara yang digunakan 0,1, 0,6 dan 1,2. Dengan menggunakan persamaan (2) dan (3).

$$\Delta P_{io} = P_i - P_o \quad (2)$$

$$\Delta P_{iu} = P_i - P_u \quad (3)$$

Dimana:

ΔP_{io} = Beda tekanan *input-overflow*

ΔP_{iu} = Beda tekanan *input-underflow*

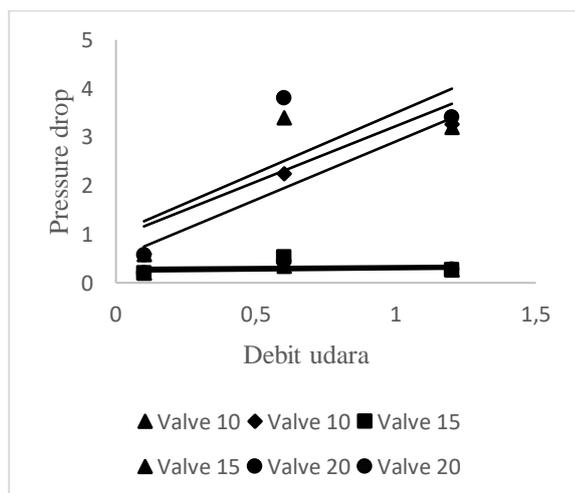
P_i = Tekanan *input*

P_o = Tekanan *overflow*

P_u = Tekanan *underflow*

Adapun pentingnya hubungan antara dua tekanan untuk mengendalikan aliran fluida. Sedangkan ratio dari kedua *pressure drop* tersebut dinyatakan dalam bentuk *pressure drop ratio* berdasarkan persamaan (4).

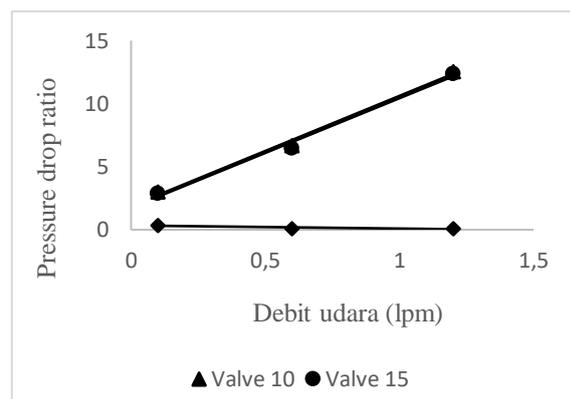
$$P_R = \frac{\Delta P_{io}}{\Delta P_{iu}} \quad (4)$$



Gambar 4. Grafik *pressure drop* berdasarkan variasi diameter *underflow*

Gambar 4 menunjukkan hasil dari *pressure drop* pada *overflow* dan *underflow*. Semakin kecil bukaan *valve*

maka semakin kecil tekanan pada *underflow*, sehingga semakin kecil *pressure drop underflow*. *Pressure drop underflow* merupakan selisih tekanan pada *input* dan *underflow*. Semakin besar bukaan *valve* pada *underflow*, maka semakin besar tekanan pada *underflow*, semakin kecil tekanan pada *overflow*, sehingga semakin besar *pressure drop* pada *overflow*. Hal ini menunjukkan bahwa bukaan *valve underflow* semakin besar menyebabkan penurunan tekanan pada *overflow* akibat semakin sedikit fluida yang mengalir pada *overflow*. Perbedaan tekanan ini menghasilkan peningkatan *pressure drop* yang tidak signifikan. Hal ini menyebabkan tekanan *underflow* semakin rendah ketika bukaan *valve* semakin kecil karena gaya kebawah akibat berat jenis air akan semakin kecil, sehingga air akan ikut keluar melalui *overflow* sehingga pemisahan kurang maksimal. Begitupun sebaliknya tekanan *underflow* semakin meningkat ketika bukaan *valve* semakin besar karena gaya kebawah semakin besar akibat berat jenis air semakin besar dan akan keluar melalui *underflow*, sehingga massa jenis yang lebih rendah akan lebih banyak keluar pada *overflow*. Perbedaan *pressure drop underflow* dan *overflow* juga semakin besar ketika debit air semakin besar. Dapat dilihat pada gambar 5 *pressure drop ratio* akan semakin meningkat pada saat bukaan *valve* semakin kecil.



Gambar 5. Pengaruh debit udara terhadap *pressure drop ratio*

Efisiensi pemisahan

Efisiensi pemisahan merupakan perhitungan efisiensi pemisahan minyak pada hidrosiklon digunakan untuk perhitungan pada *underflow* dan *overflow* untuk mengetahui efisiensi pemisahan minyak dalam sekali proses. Dengan menggunakan persamaan (5) dan (6).

$$E = \left(1 - \frac{F_u}{F_i}\right) \times 100 \quad (5)$$

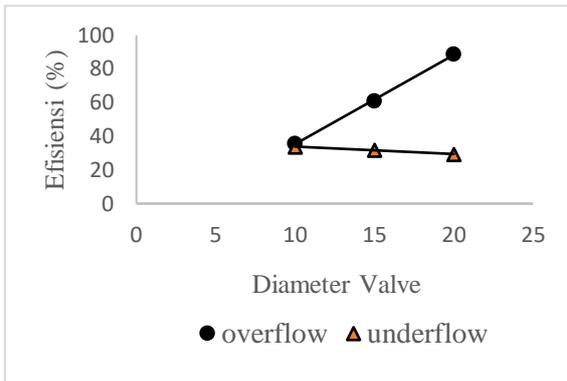
$$E = \left(1 - \frac{F_o}{F_i}\right) \times 100 \quad (6)$$

Dimana:

F_u = Fraksi minyak *underflow* (m^3/s)

F_o = Fraksi minyak *overflow*

F_i = Fraksi minyak *input*



Gambar 6. Pengaruh diameter valve terhadap efisiensi pemisahan dengan variasi debit udara 1.2

Dapat dilihat pada gambar 6 menunjukkan pengaruh diameter valve terhadap efisiensi pemisahan yang dihasilkan oleh hidrosiklon *bubble generator*. Dapat diketahui semakin besar bukaan valve efisiensi pemisahan yang terjadi pada *overflow* semakin meningkat sedangkan pada *underflow* semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkat tekanan pada *underflow* sehingga massa jenis yang rendah akan lebih banyak mengalir ke *overflow* dan massa jenis yang lebih berat akan keluar mengalir ke *underflow*. Jika bukaan valve semakin kecil maka tekanan pada *overflow* semakin besar, sehingga mengakibatkan massa jenis yang lebih berat akan ikut mengalir ke *overflow* sehingga tekanan pada *underflow* akan menurun. Kondisi ini menyebabkan efisiensi pada *overflow* akan semakin rendah ketika bukaan pada valve *underflow* semakin kecil.



Gambar 7. Proses pengambilan data

4 KESIMPULAN

Adapun Kesimpulan dari studi eksperimental pemisahan minyak dan air menggunakan hidrosiklon *bubble generator* berdasarkan variasi diameter *underflow* dengan ringkasan sebagai berikut:

1. Semakin besar bukaan valve *underflow*, split ratio semakin menurun.
2. Hasil dari *pressure drop overflow* semakin meningkat sedangkan *pressure drop underflow* meningkat signifikan ketika bukaan valve semakin besar.
3. Semakin besar bukaan valve *underflow*, maka semakin besar *pressure drop underflow* dan *overflow*. Hal ini disebabkan oleh semakin besar *pressure drop*.
4. Semakin kecil bukaan valve, maka semakin menurun efisiensi pemisahan minyak pada *overflow* dan semakin meningkat efisiensi pada *underflow*. Hasil efisiensi tertinggi pada *overflow* yaitu 88.6%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih saya berikan kepada dosen pembimbing yang telah membantu dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bai, Z. shan, Wang, H. lin, & Tu, S. T. Oil-water separation using hydrocyclones enhanced by air bubbles. *Chemical Engineering Research and Design*. 2011. 89(1), 55–59. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2010.04.012>
- [2] Rahmawati, D, Budi, S. Pengaruh Head Dan Luas Underflow Terhadap Efisiensi Pemisah Sedimen Hydrocyclone 150-Article Text-437-1-10-20211105. (n.d.). 2017.
- [3] Sari, E. N., Fiveriati, A., Rusti, N., Rulianto, J., Susanto, R. B., & Catrawedarma, I. G. N. B. Visual and Pressure Signal Investigations on Bubble Produced by Ejector Bubble Generator. *E3S Web of Conferences*. 2024. 483. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448303020>
- [4] Wastoyo, P. T., Mardiana, D. A., Setiati, R., & Fathaddin, T. Hydrocyclone optimisation to separate oil and water in the separator. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 894(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/894/1/012022>
- [5] Xiaobo Zeng dkk. Experimental Investigation on a New Axial Separator for Oil-Water with Small Density Difference. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2021. 60(26), 9560–9569. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c01406>