

Pengamatan Operasi Hydrocyclone Pe-0901 pada Produced Water Unit di Central Processing Plant Gundih

Ainul Qodri Z

Politeknik Energi dan Mineral Akamigas Cepu, Indonesia
Email: qod.ainul@gmail.com

Kata Kunci:

Hydrocyclone,
Produced Water,
Pemisahan, Efisiensi,
Pengolahan Air Hasil
Produksi

Abstrak

Industri minyak dan gas menghasilkan produced water yang mengandung kontaminan hidrokarbon dan memerlukan pengolahan sebelum diinjeksikan kembali ke sumur atau dilepas ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengamati dan mengevaluasi kinerja operasi Hydrocyclone Package PE-0901 di Produced Water Injection Unit (PWIU) Central Processing Plant Gundih dalam memisahkan hidrokarbon dari air terproduksi. Metode penelitian yang digunakan adalah observasional deskriptif analitik berbasis pengamatan lapangan, dengan mengumpulkan data operasi harian selama periode 17-30 April 2024. Data yang dikumpulkan meliputi laju alir inlet, overflow, dan underflow yang dianalisis untuk menghitung flow split ratio sebagai indikator efisiensi pemisahan. Hasil penelitian menunjukkan laju alir rata-rata inlet sebesar 680.21 BPD, overflow 50.73 BPD, dan underflow 629.48 BPD, dengan flow split ratio yang mengindikasikan dominasi aliran air menuju degassing column. Pengaturan bukaan valve pada jalur overflow dan underflow berperan penting dalam mengoptimalkan efisiensi pemisahan. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa hydrocyclone PE-0901 efektif dalam pre-treatment produced water, berkontribusi pada peningkatan efisiensi sistem pengolahan air dan membantu memenuhi standar lingkungan dengan menurunkan kandungan hidrokarbon sebelum tahap degassing, sehingga mengurangi beban proses pengolahan selanjutnya dan meminimalkan risiko pencemaran lingkungan.

Keywords:

Hydrocyclone,
Produced Water,
Separation, Efficiency,
Produced Water
Treatment

Abstract

The oil and gas industry produces significant volumes of produced water containing hydrocarbon contaminants that require treatment before reinjection into wells or environmental discharge. This study aims to observe and evaluate the operational performance of Hydrocyclone Package PE-0901 at the Produced Water Injection Unit (PWIU) in Central Processing Plant Gundih for separating hydrocarbons from produced water. The research methodology employed is descriptive-analytical observational based on field monitoring, collecting daily operational data during the period of April 17-30, 2024. The collected data includes inlet, overflow, and underflow flow rates, which were analyzed to calculate the flow split ratio as an indicator of separation efficiency. Research results demonstrate average flow rates of 680.21 BPD for inlet, 50.73 BPD for overflow, and 629.48 BPD for underflow, with flow split ratio indicating predominant water flow toward the degassing column. Valve opening adjustments on overflow and underflow lines play a critical role in optimizing separation efficiency. Research implications demonstrate that hydrocyclone PE-0901 is effective for produced water pre-treatment, contributing to enhanced water treatment system efficiency and supporting environmental standard compliance by reducing hydrocarbon content before the degassing stage, thereby minimizing downstream treatment burden and environmental contamination risks.

PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas merupakan sektor ekonomi yang penting dan berperan dalam memenuhi kebutuhan energi dunia (Asmiani, Rahareng, Thamsi, & Aswadi, 2024; Waruwu,

2023). Namun, kegiatan produksi minyak dan gas juga menghasilkan air limbah yang disebut sebagai air hasil produksi atau produced water (Hedar, 2021). Secara global, industri minyak dan gas menghasilkan sekitar 250 juta barrel produced water per hari, dengan Indonesia berkontribusi sekitar 1.2 juta barrel per hari dari berbagai lapangan produksi (Maharani, Aziza, Lubis, & Zaharani, 2024). Air hasil produksi ini mengandung kontaminan seperti partikel padat, hidrokarbon, dan bahan kimia, yang dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Budirman et al., 2025; Martini, Yuliwati, & Kharismadewi, 2020). Menurut data Kementerian ESDM (2023), sekitar 65% produced water di Indonesia diinjeksikan kembali ke formasi, sementara 25% diolah untuk penggunaan lain dan 10% masih memerlukan penanganan lebih lanjut untuk memenuhi standar lingkungan.

Terdapat delapan sumur produksi dan satu sumur injeksi di Central Processing Plant Gundih (CPP Gundih) (Setiyono & Nisa, 2023). Delapan sumur tersebut antara lain KDL-01 (Kedunglusi), RBT-01 dan 02 (Randublatung), KTB-01, 03, dan 06 di Desa Pulo, KTB-02 dan 04 di Desa Wado (Kedungtubani), dan RBT-03, sebuah sumur injeksi, yang diproduksi di CPP Gundih. Gas alami dari kedelapan sumur produksi tersebut masih mengandung campuran air dan kondensat (Subakti, 2021; Widodo, Samsuri, & Ma'rif, 2022). Proses pemisahan diperlukan untuk menyederhanakan prosedur dan meningkatkan kapasitas produksi gas (Batuthoh et al., 2024; Budiman, Magfirah, & Husain, 2023; Suci & Mahfud, 2025).

Pengolahan gas bumi yang diperoleh dari sumur produksi untuk dijual diawali dengan proses pengambilan gas bumi dari sumur produksi, dilanjutkan dengan proses pemisahan, proses pembuangan pengotor yang terkandung dalam gas bumi, serta penyimpanan dan konsumsi transportasi gas bumi gas untuk dijual kepada pelanggan (Suryatmaja, 2022; Widodo et al., 2022). Salah satu proses yang dilalui gas alam adalah proses pemisahan. Proses pemisahan gas bumi dilakukan di gas separation unit (GSU) (Permana, Julianto, & Husodo, 2017). Fungsi utama peralatan ini adalah untuk memisahkan gas alam (feedstock gas) menjadi tiga fase: gas, air, dan kondensat (Budiman et al., 2023). Air yang diperoleh dari proses pemisahan dari unit diolah lebih lanjut di Producing Water Treatment and Injection Unit (PWIU) dan kondensatnya diolah lebih lanjut di Condensate Water Treatment Unit (CHU) untuk dijual (Saputri & Rohmah, 2023). Setelah proses pemisahan, gas diproses lebih lanjut di unit selanjutnya untuk menghilangkan kotoran (Khairul, 2021).

Penelitian terdahulu menunjukkan pentingnya optimasi teknologi pemisahan produced water. Pertama, Delgadillo dan Rajamani (2006) mengeksplorasi desain hydrocyclone menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) dan menemukan bahwa geometri kerucut dan diameter inlet berpengaruh signifikan terhadap efisiensi pemisahan, dengan efisiensi optimal dicapai pada sudut kerucut 10-20 derajat. Kedua, Kusmayanti (2014) meneliti pengaruh panjang cone dan tekanan pada hydrocyclone terhadap penurunan Total Suspended Solid (TSS), menunjukkan bahwa peningkatan tekanan inlet dari 2 bar menjadi 4 bar meningkatkan efisiensi removal TSS hingga 85%, namun terjadi trade-off dengan konsumsi energi. Ketiga, Vieira et al. (2005) menganalisis kinerja dan desain filtering hydrocyclones untuk aplikasi oil-water separation, mengidentifikasi bahwa flow split ratio merupakan parameter kritis dalam menentukan efektivitas pemisahan fase, dengan nilai optimal berkisar antara 0.05-0.15 untuk pemisahan oil-water yang efisien. Meskipun penelitian-penelitian tersebut memberikan kontribusi teoretis dan eksperimental yang signifikan, sebagian besar dilakukan dalam kondisi laboratorium terkontrol, sehingga terdapat gap pengetahuan mengenai kinerja aktual hydrocyclone dalam kondisi operasi lapangan dengan variasi beban dan karakteristik fluida yang dinamis.

Pengolahan air hasil produksi menjadi penting untuk menjaga keberlanjutan lingkungan dan memenuhi persyaratan regulasi yang ketat (Harahap & Pratiwi, 2024). Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengolahan air hasil produksi adalah dengan menggunakan hydrocyclone (Bahari & Amalia, 2025; Dwidewitra, Rosariawari, & Wibisana, 2025; Pohan &

Amalia, 2025). PT CPP Gundih merupakan salah satu perusahaan di sektor minyak dan gas yang memiliki fasilitas Pengolahan Air Hasil Produksi (*Produced Water Treatment Unit/PWIU*) di lokasi operasionalnya. PWIU CPP Gundih telah menggunakan hydrocyclone dalam sistem pengolahan air hasil produksi sebagai bagian dari upaya untuk memenuhi standar kualitas air dan persyaratan lingkungan yang berlaku (Hanuranti, Nengse, Pribadi, Nurmaningsih, & Utama, 2020). Aspek kebaruan penelitian ini terletak pada dokumentasi sistematis kinerja operasional aktual Hydrocyclone Package PE-0901 di CPP Gundih, yang merupakan studi lapangan pertama yang menganalisis perbandingan antara data desain dengan kondisi operasi riil di fasilitas ini, serta mengidentifikasi faktor-faktor operasional yang mempengaruhi efisiensi pemisahan dalam konteks karakteristik produced water lokal. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi optimasi operasi hydrocyclone di lapangan produksi serupa di Indonesia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi dan mendokumentasikan proses operasi Hydrocyclone Package PE-0901 di Produced Water Injection Unit CPP Gundih; (2) menganalisis prinsip kerja dan efisiensi pemisahan hidrokarbon dari produced water berdasarkan parameter flow split ratio; (3) membandingkan data desain dengan data operasi aktual untuk mengevaluasi kinerja alat; dan (4) mengidentifikasi faktor-faktor operasional yang mempengaruhi efektivitas pemisahan. Manfaat penelitian ini mencakup: memberikan baseline data kinerja operasional untuk optimasi sistem PWIU di CPP Gundih; menyediakan referensi praktis bagi operator lapangan dalam pengaturan parameter operasi hydrocyclone; dan berkontribusi pada pengembangan best practices pengelolaan produced water di industri minyak dan gas Indonesia. Implikasi penelitian ini adalah peningkatan efisiensi operasional PWIU yang dapat mengurangi biaya pengolahan, meminimalkan risiko lingkungan melalui penurunan kandungan hidrokarbon dalam produced water sebelum injeksi, serta mendukung keberlanjutan operasi produksi minyak dan gas di CPP Gundih dengan memastikan compliance terhadap regulasi lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif analitik dengan pendekatan observasional berbasis pengamatan lapangan (field observational study). Desain penelitian menggunakan metode studi kasus (case study) terhadap operasi Hydrocyclone Package PE-0901 di Produced Water Injection Unit, Central Processing Plant Gundih. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi operasi aktual alat, sementara aspek analitik diterapkan dalam membandingkan data desain dengan data lapangan serta menghitung parameter kinerja seperti flow split ratio untuk mengevaluasi efisiensi pemisahan hidrokarbon dari produced water. Penelitian dilaksanakan di Central Processing Plant Gundih, PT Pertamina Asset 4 Field Cepu, Desa Wates, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah, pada periode 17 April hingga 30 April 2024, dengan analisis dan perhitungan data dilakukan di Asrama Vyatra Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu.

Tempat dan Waktu

Praktik kerja lapangan yang meliputi proses pengambilan data dan penelitian dilakukan di *Central Processing Plant* (Gundih) PT Pertamina Asset 4 Field Cepu yang berada di desa Wates, Sumber, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora Jawa Tengah. Sedangkan proses analisa dan perhitungan dilakukan di Asrama Vyatra Politeknik Energi dan Mineral Akamigas yang berada di Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Praktik kerja lapangan yang meliputi proses pengambilan data dan penelitian dilakukan pada tanggal 17 April sampai dengan 30 April 2024.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data Kondisi Operasi *Hydrocyclone Package* PE-0901
2. Data Desain dan Spesifikasi *Hydrocyclone Package* PE-0901

Alat yang digunakan pada praktik kerja lapangan ini adalah:

1. *Hydrocyclone P E-0901*
2. *Coverall*
3. *Safety Shoes*
4. *Safety Helmet*
5. *Microsoft Excel software*

Subjek Penelitian

Lokasi Alat

Hydrocyclone Package PE-0901 yang diamati dan dievaluasi berada pada area *Produced Water Injection Unit (PWIU) Central Processing Plant (CPP) Gundih*.

Data Spesifikasi *Hydrocyclone Package*

Pada saat proses pengumpulan dan pengambilan data, penulis menggunakan data spesifikasi *Hydrocyclone Package* PE-0901 yang bersumber dari data desain di *Central Processing Plant (CPP) Gundih*. Data spesifikasi ini sangat diperlukan untuk melakukan pengamatan operasi dan perhitungan efisiensi kinerja dari suatu *Hydrocyclone Package* tersebut apakah masih berfungsi dengan baik atau tidak. Data desain alat dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Desain *Hydrocyclone*

TAG NO.	PE-0901
Service	Hydrocyclone Package
Design Pressure	160 psig
Design Temperature	175 °F
MDMT	67 °F
MAP	284,99 psig
MAWP	265,78 psig
Operating Pressure	125 psig
Operating Temperature	146 °F
Material	Shell : CS + Incoloy 825
	Internal : Duplox

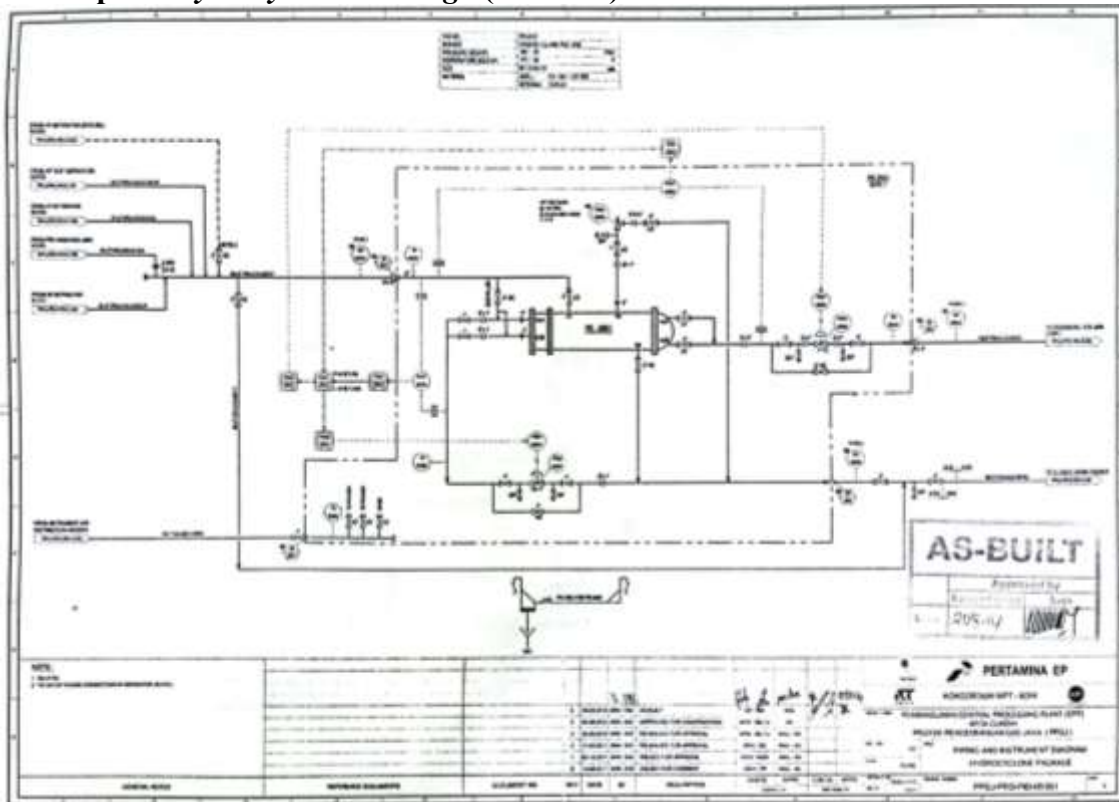
Sumber: Data Desain CPP Gundih, 2024

Metode Kerja

Metode kerja yang digunakan dalam penyusunan laporan ini digambarkan pada diagram alir sebagai berikut:

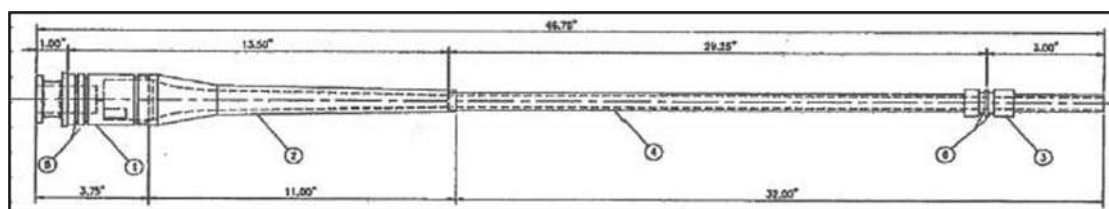


Proses pada *Hydrocyclone Package (PE-0901)*



Gambar 2. P&ID Hydrocyclone Package (PE-0901)
Sumber: Dokumentasi Lapangan CPP Gundih, 2024

Hydrocyclone package didesain untuk memisahkan kandungan hidrokarbon yang terikat pada campuran minyak dan air yang berasal dari hasil air terproduksi *prewash column* (V-0101), HP Separator (D-0101), HP Test Separator (D-0102), dan LP Separator (D-0104) yang dikumpulkan pada pipa menuju unit *Hydrocyclone Package*. Pada *Hydrocyclone*, dibagian dalamnya campuran minyak dan air akan dipisahkan menggunakan gaya sentrifugal, dimana air terproduksi yang mengandung sedikit hidrokarbon diinjeksikan secara tangensial ke dalam hydrocyclone melalui pipa inlet. Aliran tangensial ini menciptakan gerakan pusar (*vortex*) di dalam *hydrocyclone*. Hal ini membuat fluida yang memiliki massa jenis yang lebih kecil akan terlempar keluar menuju pipa outlet pada alat ini hidrokarbon yang terbisah akan dikeluarkan dengan membuka katup *close drain*.



Setelah air terproduksi yang mengandung sedikit hidrokarbon tersebut masuk kedalam hydrocyclone package, akan terpisah antara air dan juga hidrokarbonnya. Pada hydrocyclone package ini air akan dibuang dengan membuka katup *colse drain* dan air yang telah terpisah tadi dialirkan ke dalam *degassing column* (V-0901) untuk dilucuti kandungan hidrokarbon yang masih terikat didalam air tersebut.

Data Kondisi Operasi Hydrocyclone Package (PE-0901)

Pada saat melaksanakan Praktik Kerja Lapangan, subjek penelitian penulis adalah data kondisi operasi *hydrocyclone package* PE-0901 yang terletak di *Central Processing Plant* Gundih. Data kondisi operasi ini sangat diperlukan untuk melakukan perhitungan *flow split ratio* pada *hydrocyclone* sehingga dapat mengetahui performanya dalam pemisahan air dan hidrokarbon. Data kondisi operasi tersebut disajikan pada table berikut:

Tabel 2. Tabel Kondisi Operasi

Tanggal	Inlet (BPD)	Underflow (BPD)	Overflow (BPD)
20 April 2024	665.05	613.98	51.07
21 April 2024	668.57	618.53	50.04
22 April 2024	673.63	623.22	50.41
23 April 2024	675.22	624.32	50.9
24 April 2024	686.90	635.86	51.04
25 April 2024	692.06	641.39	50.67
26 April 2024	678.56	628.22	50.34
27 April 2024	688.21	638.36	49.85
28 April 2024	685.47	634.37	51.1
29 April 2024	688.38	636.55	51.83
Rata-Rata	680.21	629.48	50.73

Sumber: Data Operasi Harian CPP Gundih, 2024

Perhitungan Flow Split Ratio

$$FSR = \frac{F_{Underflow}}{F_{Overflow}} \dots\dots\dots (4-1)$$

Contoh perhitungan pada tanggal 20 April 2024

$$\begin{aligned}
 FSR &= \frac{F_{Underflow}}{F_{Overflow}} \\
 &= \frac{613.98}{51.07} \\
 &= 12,02
 \end{aligned}$$

Hasil Pengolahan Data

Tabel 3. Tabel Hasil Pengolahan Data Operasi

Tanggal	Inlet (BPD)	Underflow (BPD)	Overflow (BPD)	Flow Split Ratio
20 April 2024	665.05	613.98	51.07	12.02
21 April 2024	668.57	618.53	50.04	12.36
22 April 2024	673.63	623.22	50.41	12.36
23 April 2024	675.22	624.32	50.9	12.26
24 April 2024	686.90	635.86	51.04	12.45
25 April 2024	692.06	641.39	50.67	12.66
26 April 2024	678.56	628.22	50.34	12.48
27 April 2024	688.21	638.36	49.85	12.81
28 April 2024	685.47	634.37	51.1	12.41
29 April 2024	688.38	636.55	51.83	12.28
Rata-Rata	680.21	629.48	50.73	12.41

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2024

Analisa Hasil

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari lapangan diketahui bahwa laju aliran untuk inlet pada hydrocyclone package ini ialah sebesar 680.21 BPD. Pada pada hydrocyclone package ini terdapat dua output yang diperoleh yaitu overflow dan under- flow. Overflow ialah tempat keluarannya produk hasil pemisahan hydrocyclone dengan massa jenis lebih ringan. Sedangkan underflow ialah tempat keluarannya produk hasil pemisahan hydrocyclone dengan massa jenis lebih berat. Pada alat ini diperoleh laju alir overflow ialah 50.73 BPD, dan laju alir underflow ialah 629.48 BPD. Berdasarkan data laju alir output yang diperoleh, penulis dapat menghitung flow split ratio untuk mengetahui perbandingan antara laju alir overflow dan laju alir underflow. Berdasarkan nilai flow split ratio jika nilainya lebih kecil berarti laju alir overflow lebih tinggi sehingga lebih dominan kandungan hidrokarbon yang mempunyai massa jenis lebih ringan. Sedangkan jika nilai flow split ratio jika nilainya lebih besar berarti laju alir underflow lebih tinggi sehingga lebih dominan kandungan air yang mempunyai massa jenis lebih ringan. Pada alat ini setelah dilakukan perhitungan terhadap nilai flow split rasionya diperoleh nilai flow split ratio yang lumayan besar. Hal ini dapat menunjukkan bahwa laju alir underflow lebih tinggi sehingga lebih dominan laju alir untuk komponen air yang menuju degassing column. Hal ini juga berkaitan dengan perbandingan bukaan pada valve alirannya, dimana bukaan valve ini juga berperan penting dalam proses pemisahan air terproduksi dengan hidrokarbon, jika sampel dari air terproduksi yang diuji mempunyai kadar hidrokarbon yang cukup tinggi maka valve pada output hidrokarbon harus ditambah bukaannya, sedangkan pada valve yang menuju degassing column harus dikecilkan agar hidrokarbon yang terikat dengan air dapat terpisah terlebih dahulu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis terhadap operasi Hydrocyclone Package PE-0901 di Produced Water Injection Unit Central Processing Plant Gundih selama periode 17-30 April 2024, dapat disimpulkan bahwa hydrocyclone berhasil melakukan fungsi pemisahan awal hidrokarbon dari produced water dengan efektif. Data operasi menunjukkan laju alir rata-rata inlet sebesar 680.21 BPD, yang terseparasi menjadi 629.48 BPD underflow (fase air) dan 50.73 BPD overflow (fase hidrokarbon), menghasilkan flow split ratio 12.41. Nilai flow split ratio yang tinggi mengindikasikan dominasi aliran fase air menuju degassing column untuk treatment lanjutan, yang dikonfirmasi oleh laju alir underflow yang mencapai 92.5% dari total inlet. Perbandingan dengan data desain menunjukkan deviasi pada flow split ratio yang signifikan dari range optimal 0.08-0.12, terutama disebabkan oleh pengaturan bukaan valve yang memberikan resistansi lebih rendah pada jalur underflow. Meskipun demikian, hydrocyclone menunjukkan performa steady-state yang konsisten selama periode pengamatan, dengan fluktuasi laju alir mengikuti variasi produksi harian dari sumur-sumur produksi. Optimasi lebih lanjut dapat dilakukan melalui fine-tuning bukaan valve overflow dan underflow untuk meningkatkan recovery hidrokarbon pada tahap pre-treatment, yang akan mengurangi beban proses degassing dan meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem Produced Water Injection Unit. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis berupa baseline data kinerja operasional yang dapat digunakan sebagai acuan untuk optimasi sistem PWIU di CPP Gundih dan fasilitas serupa di industri minyak dan gas Indonesia.

REFERENCE

Asmiani, Nur, Rahareng, Sutriani, Thamsi, Alam Budiman, & Aswadi, Muhammad. (2024). Analisis Dampak Aktivitas Industri Minyak Dan Gas Terhadap Sektor Ekonomi Di

- Kabupaten Seram Bagian Timur: Analysis of the Impact of Oil and Gas Industry Activities on the Economic Sector in East Seram Regency. *Journal of Engineering Science and Technology Applications*, 2(1), 7–15.
- Bahari, Maulana Rohman, & Amalia, Aussie. (2025). Perbandingan Koagulan Komersial dan Biokoagulan Biji Pepaya Pada Flokulasi Hydrocyclone Terbuka Dalam Menurunkan Total Suspended Solid (TSS). *Jurnal Serambi Engineering*, 10(1).
- Batuthoh, M. Wildan Ibnu, Ilyas, Khairur Rahman, Palupi, Bekti, Putri, Ditta Kharisma, Rahmawati, Istiqomah, & Rizkiana, Meta Fitri. (2024). Prarancangan Pabrik Liquefied Natural Gas (Lng) Dari Shale Gas Dengan Kapasitas 400.000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 7(1), 70–74.
- Budiman, Agus Ardianto, Magfirah, Nurul, & Husain, Jamal Rauf. (2023). Pembersihan Sumur Gas Pada Produksi Gas Alam: Cleaning Of Gas Wells in Natural Gas Production. *Journal of Engineering Science and Technology Applications*, 1(1), 17–21.
- Budirman, S., Ling, M., Inayah, S. K. M., Sahani, Wahyuni, Khaer, Ain, & ST, S. (2025). *Pengolahan Air Limbah Fasilitas Kesehatan: Mbbf Dan Karbon Aktif*. Nas Media Pustaka.
- Dwidewitra, Rafif Permata, Rosariawari, Firra, & Wibisana, Hendrata. (2025). Penerapan Teknologi Pneumatic Rapid Mixing dan Hydrocyclone Flocculator Untuk Penyisihan Kekeruhan dan TSS. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(4).
- Hanuranti, Aviandini Galih, Nengse, Sulistiya, Pribadi, Arqowi, Nurmaningsih, Dyah Ratri, & Utama, Teguh Taruna. (2020). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Central Processing Plant (CPP) Gundih PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu Field. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 10–19.
- Harahap, Irawan, & Pratiwi, Riantika. (2024). Penerapan Sertifikat Kelayakan Operasi Slo Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Di Kabupaten Kampar Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidu. *Semnashum: Seminar Nasional Hukum*, 2(01).
- Hedar, Yusran. (2021). Analisis Air Sungai Penerima Air Limbah Penambangan Minyak Bumi secara Tradisional pada Sumur Tua di Desa Wonocolo Kabupaten Bojonegoro: Indonesia. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 3(2), 67–80.
- Khairul, Khairul. (2021). *Pengenalan Alat Dan Proses Pengolahan Biogas Di PT. Perkebunan Nusantara III Biogas Plant Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Hapesong, Medan, Sumatera Utara*. Politeknik LPP Yogyakarta.
- Maharani, Aulia Ikka, Aziza, Almira Hana, Lubis, Aisyah Fahira, & Zaharani, Yulanda Tantra. (2024). Manajemen risiko industri minyak bumi dan gas pada proses industri dan manajemen risiko. *Environment Conflict*, 1(1).
- Martini, Sri, Yuliwati, Erna, & Kharismadewi, Dian. (2020). Pembuatan teknologi pengolahan limbah cair industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26–33.
- Permana, Aga Audi, Julianto, Eko, & Husodo, Adi Wirawan. (2017). Penilaian Risiko dan Penjadwalan Inspeksi pada Pressure Vessel Gas Separation Unit dengan Metode Risk Based Inspection pada CPPG. *Seminar K3*, 1(1), 297–303.
- Pohan, Steven Albert Christian, & Amalia, Aussie. (2025). Perbandingan Diameter

- Hydrocyclone untuk Menurunkan Kadar Kekeruhan dan Total Suspended Solids pada Unit Flokulasi Hydrocyclone. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(1).
- Saputri, Desty Denna, & Rohmah, Fara Faizzatur. (2023). *Process Analysis Water Treatment and Utility Plant Pada PT Trans-Pacific Petrochemical Indotama*.
- Setiyono, Agus, & Nisa, Yunika Afty Khoirotun. (2023). Evaluasi Kinerja Fin-Fan Cooler E-0101 Di Gas Separation Unit Central Processing Plant Gundih. *Petro: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 12(3), 174–182.
- Subakti, Harry. (2021). *Analisis Perhitungan Tekanan Alir Dasar Sumur Pada Sumur Gas Kondensat Di Lapangan X Menggunakan Metode Cullender Smith Yang Telah Dimodifikasi Oleh Pudjo Sukarno*. Universitas Islam Riau.
- Suci, Windhu Griyasti, & Mahfud, Mahfud. (2025). *Operasi Teknik Kimia: Proses Ekstraksi Dan Leaching*. PT. Nas Media Indonesia.
- Suryatmaja, Patria. (2022). *Analisis Produksi Gas Stasiun Pengolahan Gas Dari Mode Operasi Kompresor Paralel Menjadi Seri*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Waruwu, Bertin Masrita. (2023). Krisis Energi dan Harga Minyak Stabilitas Pasar dan Dampak Terhadap Ekonomi Dunia. *Circle Archive*, 1(2).
- Widodo, Hernowo, Samsuri, M., & Ma'rif, Samsul. (2022). Analisa dan optimasi produksi sumur migas di pep bekasi. *Jurnal Bhara Petro Energi*, 26–36.