

# Evaluasi Pengolahan Limbah Cair Pada Unit API II PPSDM Migas

Amartia Cindi Oktaviani<sup>1</sup>, Khulud Rihadatul 'Aisy<sup>1</sup>, Dina Kartika Maharani<sup>1</sup>,  
Rieza Mahendra Kusuma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia Universitas Negeri Surabaya

<sup>2</sup>PPSDM Migas

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 8 Mei 2024  
Direvisi : 2 November 2024  
Disetujui : 4 November 2024  
Terbit : 4 November 2024

Email korespondensi:  
[amartiacnd@gmail.com](mailto:amartiacnd@gmail.com)

Laman daring:  
[https://doi.org/10.37525/  
sp/2024-2/606](https://doi.org/10.37525/sp/2024-2/606)

## ABSTRAK

American Petroleum Institute (API) II merupakan salah satu unit pengolahan limbah terakhir di IPAL PPSDM Migas sebelum dialirkan ke Sungai Bengawan Solo. Oleh karena itu, hasil pengolahan limbah API II harus memenuhi baku mutu pada regulasi yang berlaku. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui kesesuaian kualitas hasil pengolahan limbah serta efektivitas unit API II. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah BOD<sub>5</sub>, COD, Fenol, Ammonia, pH, temperatur, dan minyak lemak. Sampel yang digunakan menggunakan teknik grab sampling pada titik inlet dan outlet di API II. Hasil penelitian ini adalah hasil uji limbah cair pada unit API II PPSDM Migas menunjukkan persentase penurunan parameter BOD<sub>5</sub> 26%, COD 8.11%, fenol 9.49%, ammonia 42.13%, dan minyak lemak 48.5%. Nilai pH pada inlet sebesar 7.25, sedangkan pada outlet sebesar 7.18. Untuk temperatur limbah cair pada inlet yaitu sebesar 37.5°C, sedangkan pada outlet adalah 35°C. Semua parameter yang diuji telah memenuhi baku mutu.

**Kata kunci:** limbah, inlet API II, dan outlet API II.



## PENDAHULUAN

Dalam sepuluh tahun terakhir, industri minyak dan gas telah menjadi salah satu motor penggerak utama pembangunan ekonomi di negara-negara yang kaya akan sumber daya alam. Melalui jaringan pemasok yang luas dan proses produksi yang terintegrasi, industri minyak dan gas juga berperan penting dalam mendukung perekonomian dengan menciptakan peluang kerja di berbagai sektor, mulai dari kegiatan hulu sampai hilir seperti eksplorasi dan produksi minyak dan gas, pengeboran, peralatan dan layanan terkait, penyulingan dan pemasaran, penyimpanan dan transportasi, serta distribusi bahan bakar fosil dan gas, serta pelayanan utilitas gas (Mohd Noor, 2021). Di Indonesia salah satunya terdapat PPSDM Migas di Cepu, Kabupaten Blora. Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia dan Gas Bumi (PPSDM Migas) adalah lokasi pengeboran sumur minyak pertama di Indonesia. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2016, PPSDM Migas memiliki tugas pokok melaksanakan pengembangan sumber daya manusia di bidang minyak dan gas bumi.

Dampak dari permintaan global akan sumber daya alam dari industri minyak dan gas telah meningkat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Kegiatan eksploitasi minyak dan gas selalu akan menyebabkan dampak lingkungan tertentu. Termasuk di antaranya adalah tumpahan minyak, kerusakan lahan, kecelakaan dan kebakaran, serta polusi udara dan air, yang semuanya telah tercatat sebagai dampak dari produksi industri minyak dan gas di berbagai waktu dan lokasi. Pengelolaan sumber daya dan kontaminan ini menjadi sulit dilakukan tanpa jadwal yang ketat untuk limbah dan polutan yang dihasilkan sebelum pengembangan. Biaya pengelolaan limbah dan kontaminan yang dihasilkan oleh produksi minyak bumi dan gas alam biasanya tinggi, sehingga perusahaan cenderung menghindari biaya ini. Produksi industri juga menjadi faktor utama dalam peningkatan efek rumah kaca karena gas-gas yang tidak terpakai dilepaskan ke udara, yang dapat mempengaruhi lapisan ozon. Selain itu, pembuangan limbah ke perairan dan tanah juga merupakan ancaman bagi kelangsungan hidup flora dan fauna di banyak negara maju serta masyarakat yang tinggal di daerah penghasil minyak. Sebagian besar implikasi lingkungan di masa mendatang dari aktivitas industri minyak dan gas telah tercatat. Menemukan cara untuk menyelaraskan pertumbuhan industri dengan keberlanjutan lingkungan melalui pembangunan yang berkelanjutan masih menjadi tantangan. Setelah penemuan minyak mentah, proses penyulingan diperlukan untuk mengubahnya menjadi produk yang memiliki nilai komersial. Kilang minyak dikenal sebagai penyebab polusi utama karena menggunakan sejumlah besar energi dan air, menghasilkan limbah air, melepaskan gas beracun ke lingkungan, serta menciptakan limbah padat yang sulit diurus dan dibuang (Mohd Noor, 2021).

Di PPSDM Migas, limbah bersumber dari kilang minyak dan boiler plant. Limbah-limbah ini dialirkan menuju ke IPAL juga terhubung langsung dengan saluran di area kilang. Air limbah kemudian diproses secara fisika di dalam sistem IPAL PPSDM Migas dimulai dari masuk ke API (*American Petroleum Institute*) I – CPI (*Corrugated Plate Interceptor*) – API (*American Petroleum Institute*) II menggunakan konsep pemisahan dikarenakan tingginya kandungan minyak dan lemak dari air limbah sebelum akhirnya dibuang ke Sungai Bengawan Solo. Pada penelitian ini, pengambilan serta pengujian sampel hanya dilakukan di API II dikarenakan API II merupakan tempat pengolahan terakhir limbah sebelum dibuang ke Sungai Bengawan Solo. Oleh karena itu, kualitas air limbah yang dibuang dipastikan harus memenuhi standar regulasi yang berlaku. Sampel yang diuji diambil di titik inlet dan outlet pada API II untuk mengetahui persentase penurunan limbah dari inlet ke outlet serta mengevaluasi sistem IPAL PPSDM Migas berdasarkan hasil uji di outlet. Teknik sampling yang digunakan di dalam grab sampling dimana ketika sampel dalam kondisi fluktuatif dan hasilnya akan mewakili untuk keseluruhan sampel. Di dalam pengujian yang dilakukan ini menggunakan acuan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan minyak bumi untuk mencegah adanya pencemaran lingkungan dengan parameter yang terdapat di dalam regulasi tersebut yaitu, kadar BOD<sub>5</sub>, COD, Fenol, Ammonia, Sulfida, pH, temperatur, dan minyak lemak.



## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lindungan Lingkungan PPSDM Migas pada bulan Maret. Sampling limbah cair dilaksanakan di inlet dan outlet API II PPSDM Migas pada tanggal 20 Maret 2024. API II bekerja menggunakan prinsip flotasi, yaitu berdasarkan perbedaan massa jenis/densitas. Pengambilan sampel dilaksanakan dengan teknik pengambilan contoh uji sesaat (*grab sampling*). Parameter yang digunakan yaitu BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), fenol, ammonia, serta minyak dan lemak. Uji BOD<sub>5</sub> dilakukan dengan metode berdasarkan SNI 6989.72-2009 dan metode titrasi iodometri (modifikasi azida) sesuai dengan SNI 06-6989.14-2004. Uji COD dilakukan dengan metode refluks tertutup secara titrimetri sesuai SNI 6989.73:2009. Uji fenol menggunakan metode kolorimetri 4-aminoantipyrine (reagen Emerson) yang berdasarkan APHA 5530-Phenols. Uji kadar ammonia dilakukan dengan metode fenat yang didasarkan pada APHA 4500-NH<sub>3</sub>. Pengujian nilai pH dan termometer dilakukan menggunakan pH meter. Pengujian pH mengacu pada SNI 6989.11:2019. Uji kandungan minyak dan lemak dilakukan menggunakan instrumen OCMA-310. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan minyak bumi.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan SNI 6989.72-2009 *Biochemical Oxygen Demand 5* (BOD<sub>5</sub>) adalah jumlah miligram oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk menguraikan bahan organik karbon dalam 1 L air selama 5 hari pada suhu 20°C ± 1°C. Semakin tinggi nilai BOD<sub>5</sub> menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan bahan organik dalam sampel yang meningkatkan pertumbuhan mikroba aerobik sehingga kadar oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air rendah. Rendahnya DO dapat mengganggu kehidupan organisme akuatik. Oleh karena itu, nilai BOD<sub>5</sub> yang tinggi menunjukkan bahwa kualitas air limbah rendah (Abdullahi *et al.*, 2021).

Uji BOD<sub>5</sub> dilakukan dengan metode sesuai SNI 6989.72-2009. Prinsip pengujian ini adalah sejumlah sampel ditambahkan ke dalam larutan pengencer jenuh oksigen yang mengandung larutan nutrisi dan bibit mikroba. Hal ini dilakukan untuk memastikan aktivitas mikrobiologis mikroba berlangsung dengan baik. Kemudian diukur kadar DO 0 hari, sedangkan untuk DO 5 dilakukan setelah larutan uji diinkubasi dalam larutan gelap pada suhu 20°C ± 1°C selama 5 hari. Nilai BOD<sub>5</sub> dihitung berdasarkan selisih konsentrasi DO 0 hari dan 5 hari. Sementara itu dalam penghitungan kadar DO menggunakan metode titrasi iodometri (modifikasi azida) sesuai dengan SNI 06-6989.14-2004, yaitu berdasarkan pada sifat oksidasi DO atau kecenderungan oksigen bebas untuk mengikat ion tertentu.

Larutan uji ditambahkan MnSO<sub>4</sub> dan alkali iodida azida karena garam mangan hanya dapat bereaksi dengan oksigen dalam media yang basa sehingga terbentuk endapan kecoklatan (MnO(OH)<sub>2</sub>) dimana Mn<sup>2+</sup> menjadi Mn<sup>4+</sup>. Kemudian ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sehingga kembali ke Mn<sup>2+</sup> dan melepaskan I<sub>2</sub> yang jumlahnya setara dengan DO dan dititrasi dengan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Berikut merupakan reaksi yang terjadi:



Tabel 1. Volume Titrasi Iodometri dan DO Hari ke-0 dan ke-5

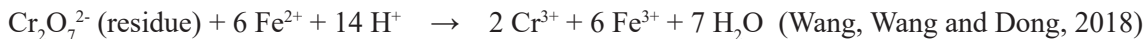
Sampel	Volume (mL)		DO (mg/L)	
	0 hari	5 hari	0 hari	5 hari
Blanko	1.98	1.52	8.04	6.13
Inlet	1.78	1.28	8.00	5.24
Outlet	1.60	1.10	7.35	4.18

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa kadar BOD<sub>5</sub> sampel inlet API II adalah 42.60 mg/L, sedangkan sampel outlet API II adalah 31.53 mg/L dengan penurunan sebesar 26%. Hasil ini sesuai baku mutu BOD<sub>5</sub> air limbah proses dari kegiatan pengolahan minyak bumi berdasarkan Permen Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 yaitu maksimum 80 mg/L.

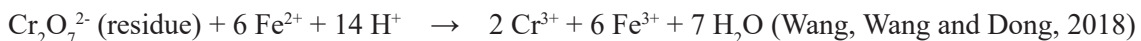
### B. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik terlarut, bahan anorganik (seperti ammonia dan nitrat), dan partikulat dalam air. Kadar COD yang tinggi pada air limbah dapat disebabkan karena akumulasi limbah padat, senyawa organik terlarut, minyak emulsi, serta matinya sel bakteri yang bertanggung jawab atas penguraian DOC (*Degradable Organic Carbon*) (Sharma & Dahiya, 2023). Maka tingginya COD menunjukkan tingginya kandungan bahan organik dalam perairan (Islam *et al.*, 2019).

Uji COD dilakukan dengan metode sesuai SNI 6989.73:2009 yaitu menggunakan refluks tertutup secara titrimetri. Sampel ditambahkan dengan *digestion solution* (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida dan air, hal ini terjadi pada kondisi asam, panas, dan katalis. Oleh karena itu, ditambahkan larutan pereaksi asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 2 jam. Berikut persamaan reaksi yang terjadi:



Larutan uji ditunggu dingin terlebih dahulu, kemudian ditambahkan indikator ferroin. Hal ini dikarenakan indikator ferroin tidak tahan suhu tinggi atau diatas 60°C. Kemudian larutan uji dititrasi dengan larutan baku FAS (Ferro Ammonium Sulfat) 0.025 N hingga terjadi perubahan warna dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan. Pada titrasi oksidasi-reduksi ini, sisa Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> yang tidak mengalami reduksi oleh senyawa organik akan direduksi oleh FAS. Berikut persamaan reaksi yang terjadi:



Tabel 2. Data volume titrasi dan COD

Sampel	Volume FAS (mL)	Kadar COD (mg/L)
Inlet	0.64	59.2
Outlet	0.7	54.4

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa kadar COD sampel inlet API II adalah 59.2 mg/L sedangkan sampel outlet API II adalah 54.4 mg/L, dengan persentase penurunan sebesar 8.11%. Hasil ini sesuai baku mutu COD air limbah proses dari kegiatan pengolahan minyak bumi berdasarkan Permen Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 yaitu maksimum 160 mg/L.

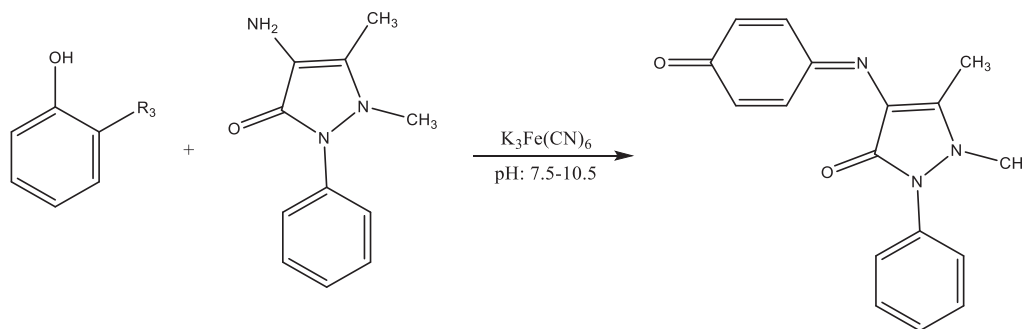
### C. Fenol

Fenol merupakan salah satu polutan yang terdapat dalam limbah hasil pengolahan minyak bumi. Fenol memiliki toksisitas tinggi dan kemampuan terurai secara hayati yang buruk, sehingga bahkan dalam konsentrasi yang sangat rendah fenol dapat bertindak sebagai polutan. Akibatnya, jika senyawa



fenolik dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan apapun maka dapat menimbulkan risiko masalah yang serius baik bagi manusia, hewan, maupun sistem perairan (Saputera *et al.*, 2021). Paparan polutan fenolik yang berlebihan dapat melukai paru-paru, hati, ginjal, sistem saraf pusat, dan pembuluh darah. Fenolik dapat menyebabkan denaturasi banyak sistem enzim protein sel hidup (Panigrahy *et al.*, 2022). Kadar fenol yang tinggi juga dapat memberikan efek toksik pada kehidupan akuatik, misalnya pada ikan, alga, krustasea, moluska, bakteri, dan lain-lain (Duan *et al.*, 2018).

Metode analisis kadar fenol dalam prosedur ini berdasarkan pada APHA 5530-Phenols yaitu kolorimetri 4-aminoantipyrine (reagen Emerson) yang menentukan fenol yang tersubstitusi orto dan meta pada pH yang tepat. Sampel diatur pada  $\text{pH} \pm 4.0$  dan didestilasi terlebih dahulu untuk meminimalisir gangguan pengotor seperti belerang. Uji fenol nantinya akan menggunakan instrumen UV-Vis. Instrumen memiliki LOD (*limit of Detection*), sehingga untuk mengurangi kemungkinan galat maka dibuat juga distilat dengan pengenceran 5x. Distilat non-pengenceran, distilat pengenceran 5x, dan aquades (blanko) ditambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  0.5 N untuk memberi suasana basa, dan pH diatur hingga  $7.9 \pm 0.1$  menggunakan buffer fosfat. Lalu ditambahkan 4-aminoantipyrine dan kalium ferisianida. Kalium ferisianida mengoksidasi fenol target menjadi radikal fenoksi yang bereaksi dengan 4-aminoantipyrine membentuk larutan berwarna (Kolliopoulos, Kampouris and Banks, 2015). Senyawa yang terbentuk disini adalah p-quinoneimide (warna merah) yang ekuivalen dengan kadar fenol. Berikut reaksi yang terjadi:



(Fiamegos, Stalikas and Pilidis, 2002)

Larutan uji kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500 nm. Pada penelitian ini digunakan kurva larutan standar fenol dengan R<sup>2</sup> sebesar 0.9986 dan persamaan regresi linear  $y = 0.268x - 0.0066$ . Berikut data analisis UV-Vis:

Tabel 3. Data Analisis UV-Vis Parameter Fenol

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi pada UV-Vis (mg/L)	Konsentrasi Sebenarnya (mg/L)
Inlet (Pengenceran 5x)	0.032	0.137	0.685
Outlet (Pengenceran 5x)	0.028	0.124	0.62

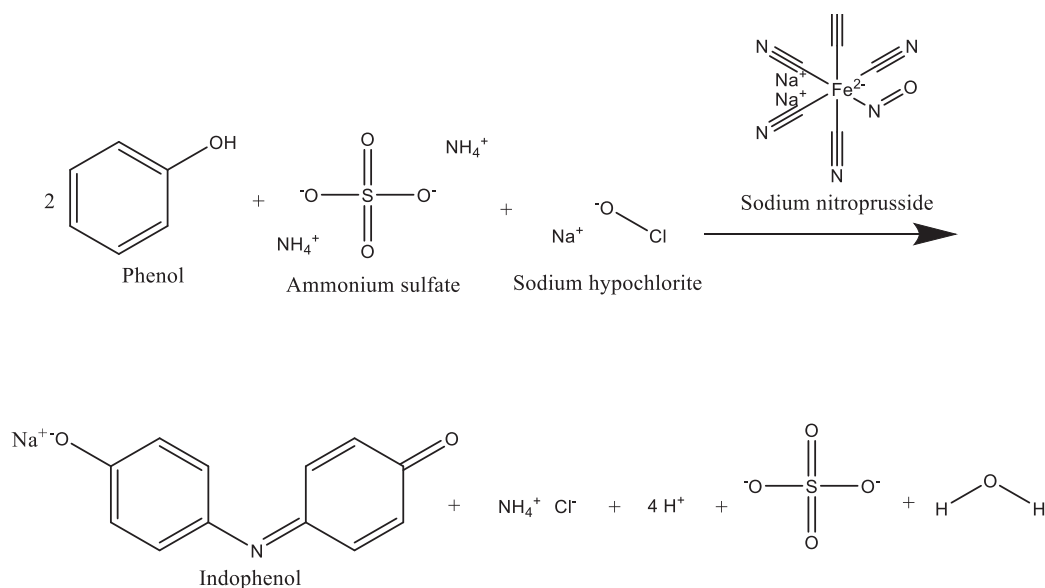
Dari hasil analisis UV-Vis diketahui bahwa kadar fenol total sampel inlet dan outlet API II setelah dikembalikan ke konsentrasi semula berturut-turut adalah 0.685 mg/L dan 0.62 mg/L, serta persentase penurunan sebesar 9.49%. Hasil ini sesuai baku mutu COD air limbah proses dari kegiatan pengolahan minyak bumi berdasarkan Permen Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 yaitu maksimum 0.8 mg/L.

#### D. Ammonia

Ammonia dapat ditemukan dalam air limbah baik dari kota maupun industri, dan konsentrasinya dapat bervariasi tergantung pada asalnya. Paparan dan penyerapan senyawa ammonia dalam jangka waktu yang panjang dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan dan organisme hidup. Paparan

langsung terhadap ammonia melalui inhalasi dapat menyebabkan sejumlah masalah pernapasan, termasuk trakeo bronkitis, bronkiolitis, radang tenggorokan, bronkopneumonia, dan edema paru (Tonelli and Pham, 2009). Pada kasus yang lebih parah, paparan akut dapat mengakibatkan penyakit paru yang mengancam jiwa, seperti penyakit paru obstruktif kronik, dan dalam beberapa kasus, penyakit paru interstitial (Adam *et al.*, 2019).

Metode pengukuran kadar ammonia dalam prosedur ini berdasarkan pada APHA 4500-NH<sub>3</sub> yaitu metode fenat. Prosedur pengujian kadar ammonia diawali dengan *pre-treatment sample* yaitu destilasi untuk mengurangi pengotor. Distilat diencerkan agar sampel tidak terlalu pekat sehingga tidak melebihi LoD instrument saat diuji. Sampel kemudian ditambahkan dengan fenol untuk bahan dalam reaksi membentuk senyawa kompleks indofenol. Setelah itu sampel dan blanko ditambahkan dengan natrium nitroprusida sebagai katalis. Kemudian, ditambahkan alkaline citrate untuk membentuk senyawa fenat dimana alkalin sitrat akan bereaksi dengan fenol membentuk fenat yang nantinya dengan amonium klorida membentuk indofenol. Terakhir, sampel ditambahkan sodium hipoklorit untuk membentuk amonium klorida yang nantinya akan bereaksi dengan fenat. Setelah itu, didiamkan di dalam ruang gelap selama 1 jam untuk memaksimalkan reaksi terbentuknya senyawa kompleks indofenol yang mewakili kandungan ammonia. Adanya perubahan warna terjadi karena reaksi antara ammonia yang berada di dalam sampel yang telah terjerat dengan asam sulfat membentuk amonium sulfat dengan hipoklorit dan fenol membentuk senyawa kompleks bernama indofenol dimana reaksi ini dikatalisasi oleh natrium nitroprusida. Perbedaan warna pada pengenceran di atas dipengaruhi oleh kadar ammonia yang terkandung di dalam sampel. Semakin biru warna sampel maka kandungan ammonia semakin banyak. Reaksi kimia yang terjadi adalah (Putri and Samsunar, 2020):



Sampel diuji dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 640 nm dan menggunakan kurva standar dengan nilai R<sup>2</sup>= 0,9989. Berikut hasil analisis UV-Vis:

Tabel 4. Data Uji Sampel Ammonia dengan Spektrofotometer UV-Vis

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi pada UV-Vis (mg/L)	Konsentrasi Sebenarnya (mg/L)
Inlet (Pengenceran 5x)	0.243	0.356	1.78
Outlet (Pengenceran 5x)	0.130	0.206	1.03

Berdasarkan hasil data uji menggunakan spektrofotometer UV-Vis diatas, didapatkan hasil konsentrasi kadar ammonia untuk sampel inlet API II sebesar 1.78 mg/L dan sampel outlet API II sebesar



1.03 mg/L dengan persentase penurunan 42.13%. Hasil ini sesuai baku mutu  $\text{NH}_3$  air limbah proses dari kegiatan pengolahan minyak bumi berdasarkan Permen Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 yaitu maksimum 8 mg/L.

### E. pH dan Temperatur

Salah satu indikator penting dalam penentuan kualitas air limbah, terutama bagi yang akan dialirkan ke badan air. Perubahan pada pH dapat mempengaruhi perubahan konsentrasi zat tertentu di lingkungan sekitarnya (Qasem, Mohammed and Lawal, 2021). pH juga berpengaruh pada kelarutan dan toksisitas senyawa dalam air. Pada pH tinggi, kandungan ammonia dalam air juga tinggi, sehingga air memiliki rasa dan bau yang menyengat. Selain itu, logam juga cenderung mengendap pada pH tinggi. Sementara itu, pada pH rendah air dapat menimbulkan korosi pada pipa logam. Kandungan sianida dan sulfida pada pH rendah juga menjadi lebih beracun. Selain itu, logam berat cenderung mudah larut pada pH rendah, sehingga berbahaya karena lebih mungkin menyebabkan keracunan (Saalidong *et al.*, 2022).

Temperatur, atau suhu, adalah indikator dari tingkat panas atau dinginnya air limbah. Parameter ini memiliki pengaruh yang besar karena mempengaruhi berbagai aspek, termasuk reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air, dan penggunaan air untuk aktivitas sehari-hari (Metclaf and Eddy, 2003). Sebuah kenaikan suhu sebesar  $10^\circ\text{C}$  dapat mengakibatkan penurunan kadar oksigen sebesar 10% dan dapat mempercepat laju metabolisme hingga dua kali lipat (Indrayani and Rahmah, 2018).

Metode pengukuran pH limbah cair dalam prosedur ini dilakukan berdasarkan SNI 6989.11:2019 yaitu menggunakan pH meter. Pengukuran temperatur dilakukan secara bersamaan dengan pH, dikarenakan pH meter juga dapat mengukur temperatur. Kemudian pengukuran outlet API II dilakukan dengan cara elektroda langsung dicelupkan di limbah cair pada *sampling point*.

Tabel 5. pH dan Temperatur Inlet dan Outlet API II

Tempat Sampling	pH	Temperatur ( $^\circ\text{C}$ )
Inlet API II	7.25	37.5
Outlet API II	7.18	35

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pH dan temperatur pada outlet API II mengalami penurunan dibandingkan pada inlet API II. Hasil ini sesuai baku mutu pH dan temperatur air limbah proses dari kegiatan pengolahan minyak bumi berdasarkan Permen Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 yaitu pH 6-9 dan temperatur maksimum  $45^\circ\text{C}$ .

### F. Minyak dan Lemak

Parameter minyak dan lemak mengacu pada berbagai senyawa kimia seperti lilin, minyak, dan lemak dari sumber petrokimia. Parameter ini sangat penting dan memiliki dampak besar bagi lingkungan. Konsentrasi minyak dan lemak yang tinggi dapat menyebabkan penipisan oksigen di badan air dan mempengaruhi kehidupan tanaman maupun hewan akuatik (Eldos *et al.*, 2022). Tingginya paparan minyak lemak dapat berdampak pada jantung, sistem pernapasan, pembesaran hati, gangguan reproduksi, serta penurunan pertumbuhan pada ikan dan kerang. Efek negatif juga terjadi pada alga, antara lain penurunan aktivitas fotosintesis dan penghambatan aktivitas nitrogenase (Masifwa *et al.*, 2020). Paparan minyak tinggi juga berdampak bagi kesehatan manusia yaitu dapat menyebabkan efek neurologis (pusing, mual, dan muntah), iritasi (kulit, mata, atau tenggorokan), masalah sistem pernapasan, dan lain-lain (Laffon, Pásaro and Valdíglesias, 2016).

Pengukuran kandungan minyak dan lemak pada penelitian ini menggunakan instrumen OCMA-310 yang mampu mengukur minyak hingga konsentrasi 200 mg/L. Prinsip kerja instrumen ini didasarkan pada ekstraksi dan deteksi inframerah. Sampel air atau sedimen ditambahkan pelarut khusus agar hanya minyak yang terlarut. Pada analisis ini digunakan pelarut S-316. Kemudian, sinar inframerah ditembakkan ke sampel dan diserap oleh minyak. Intensitas cahaya yang diserap ini diukur, lalu hasilnya

ditampilkan sebagai konsentrasi minyak dalam ppm. Hasilnya diketahui bahwa konsentrasi minyak dan lemak pada inlet adalah 6.8 mg/L, sedangkan pada outlet sebesar 3.5 mg/L. Hasil kedua pengukuran ini sesuai dengan baku mutu kandungan minyak dan lemak air limbah proses dari kegiatan pengolahan minyak bumi Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan minyak bumi yaitu maksimum 20 mg/L. Dari perhitungan juga dapat diketahui bahwa pada kadar minyak dan lemak pada outlet API II PPSDM Migas mengalami penurunan sebanyak 48.5% dibandingkan pada inlet.

### G. Evaluasi Unit Pengolahan Limbah API II

Pengolahan limbah di PPSDM Migas melalui API I-CPI-API II. Pada unit API I pengolahan limbah terjadi dengan prinsip flotasi, yaitu berdasarkan perbedaan berat jenis atau densitas. API I sendiri mampu memisahkan air limbah dan partikel yang berukuran lebih dari 150 µm. Selanjutnya, di unit CPI memiliki prinsip kerja yang sama dengan API yaitu flotasi, namun pada unit CPI terdapat pelat sejajar bergelombang dengan kemiringan 40°-70° yang memungkinkan terjadinya pemisahan minyak dan air dengan lebih efektif. CPI mampu memisahkan partikel dengan ukuran 30-150 µm. Terakhir, di unit API II memiliki prinsip kerja yang sama dengan API I. Perbedaan keduanya terletak pada kapasitas pengolahan air limbahnya. API I memiliki kapasitas pengolahan limbah sebesar 80 m<sup>3</sup>/jam, sedangkan API II sebesar 200 m<sup>3</sup>/jam.

Unit pengolahan API II akan memisahkan minyak dan padatan tersuspensi yang masih lolos dari API I dan CPI. Air limbah dari CPI akan masuk ke inlet API II. Kemudian pada bak-bak yang tersedia minyak akan mengapung di permukaan air karena berat jenisnya yang lebih ringan dibandingkan air. Lapisan minyak yang terbentuk akan diambil secara kontinu ke bak penampung minyak (*oil collector*) dan dipompa ke tanki timbun residu untuk diproses ulang. Sedangkan padatan tersuspensi akan mengendap di dasar bak. Jadi lapisan minyak berada di atas, air berada di tengah, sedangkan padatan tersuspensi di lapisan bawah.

Kelebihan dari pengolahan limbah dengan API *separator* adalah desainnya yang sederhana, perawatan yang tidak rumit, dan resisten terhadap sumbatan. API *separator* juga telah terbukti efektif dalam pemisahan partikel minyak. Lapisan minyak yang terbentuk juga akan dikumpulkan ke tangki timbun residu untuk digunakan kembali. Selain itu, pemisahan pada API *separator* terjadi secara fisika, sehingga ramah lingkungan karena tidak memerlukan bahan kimia. Namun, API *separator* juga memiliki kekurangan yaitu hanya bisa memisahkan partikel minyak yang berukuran diatas 150 µm, sehingga untuk partikel minyak yang berukuran lebih kecil masih bisa lolos (Mohr, 1969).

Air hasil pengolahan dari API II yang berada di tengah akan keluar sebagai efluen. Efluen dari API II ini kemudian akan dialirkan ke Sungai Bengawan Solo, sehingga harus sesuai dengan baku mutu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan minyak bumi untuk mencegah adanya pencemaran lingkungan. Berikut merupakan rekapitulasi hasil dari uji air limbah pada inlet dan outlet API II:

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Uji Limbah Cair di Unit API II

Parameter	Kadar (mg/L)		Persentase Penurunan (%)	Baku Mutu Maksimum (mg/L)
	Inlet	Outlet		
	42.60	31.53	26	80
COD	59.2	54.5	8.11	160
Fenol	0.685	0.62	9.49	0.8
Ammonia	1.78	1.03	42.13	8
pH	7.25	7.18	-	6-9
Temperatur	37.5°C	35°C	-	45°C
Minyak dan Lemak	6.8	3.5	48.5	20





Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa parameter inlet dan outlet di unit API II yang diuji telah memenuhi baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan minyak bumi. Limbah cair hasil pengolahan API yang masuk ke inlet API II sebenarnya sudah aman untuk dialirkan ke Sungai Bengawan Solo. Namun, pengolahan API II tetap penting dilakukan untuk memaksimalkan penurunan kadar polutan sehingga meminimalisir pencemaran pada lingkungan Sungai Bengawan Solo.

Adanya persentase penurunan pada tiap parameter pengujian dari inlet ke outlet menunjukkan bahwa API II efektif dan efisien sebagai unit pengolahan limbah cair. Efektivitas API II dapat ditingkatkan dengan menggunakan komponen tambahan pada desainnya. Misalnya yaitu dengan penggunaan pemisah pelat miring (*inclined plate separator*) atau pelat bergelombang. Dengan adanya pelat ini maka partikel-partikel minyak yang lebih kecil dapat menyatu dan membentuk partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah diapungkan. Selain itu, upaya meningkatkan efisiensi pemisahan juga dapat dilakukan dengan menggunakan membran, namun hal ini kemungkinan membutuhkan biaya yang lebih mahal.

## KESIMPULAN

Hasil uji limbah cair pada unit API II PPSDM Migas menunjukkan persentase penurunan parameter BOD<sub>5</sub> 26%, COD 8.11%, fenol 9.49%, ammonia 42.13%, dan minyak lemak 48.5%. Nilai pH pada inlet sebesar 7.25, sedangkan pada outlet sebesar 7.18. Untuk temperatur limbah cair pada inlet yaitu sebesar 37.5°C, sedangkan pada outlet adalah 35°C. Semua parameter yang diuji telah memenuhi baku mutu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 19 tahun 2010 tanggal 30 November 2010 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan minyak bumi sehingga aman dialirkan ke Sungai Bengawan Solo. Hal ini menunjukkan bahwa API II efektif dan efisien sebagai unit pengolahan limbah cair.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, A.B. *et al.* (2021) 'The analysis of (Biological Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand) contents in the water of around laying chicken farm', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 788(1), p. 012155. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012155>.
- Adam, M.R. *et al.* (2019) 'Current trends and future prospects of ammonia removal in wastewater: A comprehensive review on adsorptive membrane development', *Separation and Purification Technology*, 213, pp. 114–132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.12.030>.
- Duan, W. *et al.* (2018) 'Ecotoxicity of phenol and cresols to aquatic organisms: A review', *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 157, pp. 441–456. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.089>.
- Eldos, H.I. *et al.* (2022) 'Characterization and assessment of process water from oil and gas production: A case study of process wastewater in Qatar', *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 6, p. 100210. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100210>.
- Fiamegos, Y., Stalikas, C. and Pilidis, G. (2002) '4-Aminoantipyrine spectrophotometric method of phenol analysis: Study of the reaction products via liquid chromatography with diode-array and mass spectrometric detection', *Analytica Chimica Acta*, 467, pp. 105–114.
- Indrayani, L. and Rahmah, N. (2018) 'Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik', *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), p. 41. doi: <https://doi.org/10.22146/jrekpros.35754>.
- Islam, M.M.M. *et al.* (2019) 'Chapter 3 - Impact of environmental changes and human activities on bacterial diversity of lakes', in S.A. Bandh, S. Shafi, and N. Shameem (eds) *Freshwater Microbiology*. Academic Press, pp. 105–136. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817495-1.00003-7>.
- Kolliopoulos, A.V., Kampouris, D.K. and Banks, C.E. (2015) 'Indirect electroanalytical detection of phenols', *Analyst*, 140(9), pp. 3244–3250. doi: <https://doi.org/10.1039/C4AN02374A>.
- Kroner, A.E. (1976) *Chemical Analyses for Water Pollutants*. EPA-430/1-75-013. Ohio: U. S. Environmental Protection Agency. Available at: <http://bit.ly/3U2r2cn>.



- Laffon, B., Pásaro, E. and Valdiglesias, V. (2016) 'Effects of exposure to oil spills on human health: Updated review', *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 19(3–4), pp. 105–128. doi: <https://doi.org/10.1080/10937404.2016.1168730>.
- Masifwa, F.W. *et al.* (2020) 'Potential Impacts of Oil and Grease on Algae, Invertebrates and Fish in the Bujagali Hydropower Project Area', *Uganda Journal of Agricultural Sciences*, 20(2), pp. 23–35. doi: <https://doi.org/10.4314/ujas.v20i2.3>.
- Metclaf and Eddy (2003) *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Mohd Noor, M.A.M. (2021) 'Environmental Impacts of Oil Industry: An overview of the impacts and source management', *Environmental Management*. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/352282066\\_Environmental\\_Impacts\\_of\\_Oil\\_Industry\\_An\\_overview\\_of\\_the\\_impacts\\_and\\_source\\_management\\_EEEE\\_Environmental\\_Impacts\\_of\\_Oil\\_Industry\\_An\\_overview\\_of\\_the\\_impacts\\_and\\_source\\_management](https://www.researchgate.net/publication/352282066_Environmental_Impacts_of_Oil_Industry_An_overview_of_the_impacts_and_source_management_EEEE_Environmental_Impacts_of_Oil_Industry_An_overview_of_the_impacts_and_source_management)
- Mohr, K.S. (1969) *A New Type of Oil-Water Separator for Better Water Quality Management*. Iowa State University. Available at: <https://shareok.org/bitstream/handle/11244/13303/Thesis-1993-M699n.pdf?sequence=1>.
- Panigrahy, N. *et al.* (2022) 'A comprehensive review on eco-toxicity and biodegradation of phenolics: Recent progress and future outlook', *Environmental Technology & Innovation*, 27, p. 102423. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102423>.
- Putri, K.A. and Samsunar, S. (2020) 'Penentuan Kadar Amonia (NH<sub>3</sub>), Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) dan Total Suspended Particulate (TSP) Pada Udara Ambien di Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sukoharjo', *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 5(2), pp. 69–79.
- Qasem, N.A.A., Mohammed, R.H. and Lawal, D.U. (2021) 'Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review', *npj Clean Water*, 4(1), p. 36. doi: <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>.
- Saalidong, B.M. *et al.* (2022) 'Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems', *PLoS ONE*, 17(1), p. e0262117. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262117>.
- Saputera, W.H. *et al.* (2021) 'Technology Advances in Phenol Removals: Current Progress and Future Perspectives', *Catalysts*, 11(8), p. 998. doi: <https://doi.org/10.3390/catal11080998>.
- Tonelli, A.R. and Pham, A. (2009) 'Bronchiectasis, a long-term sequela of ammonia inhalation: A case report and review of the literature', *Burns*, 35(3), pp. 451–453. doi: <https://doi.org/10.1016/j.burns.2008.02.007>.
- Wang, J.-P., Wang, X.-H. and Dong, Q.-H. (2018) 'Analysis and Discussion on the Formula of Classical Monitoring Method for Chemical Oxygen Demand (CODCr)', *Journal of Education and Practice*.

