



Kajian Kualitas Air Terproduksi Minyak Bumi dan Dampaknya Terhadap Pencemaran Air Sungai Dong Rupit Di Kawasan Sumur Tua Minyak Bumi Desa Wonocolo, Bojonegoro, Jawa Timur

Study of the Quality of Petroleum Produced Water and Its Impact on Water Pollution in the Dong Rupit River in the Oil Old Well Area of Wonocolo Village, Bojonegoro, East Java

Agus Bambang Irawan^{1*}, I Putu Gema Bujangga Waisnawa²

^{1,2}Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, Jalan SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Sleman, 55283

*Corresponding Author: bambang.irawan@upnyk.ac.id

Article Info:

Received: 1-04-2022

Accepted: 26-11-2022

Kata kunci: sumur minyak bumi, air terproduksi, kualitas air, polutan

Abstrak:

Kegiatan penambangan rakyat sumur tua minyak bumi di Desa Wonocolo, Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur menghasilkan air terproduksi. Air terproduksi ini berasal dari sumur tua yang jumlahnya lebih dari 200 sumur. Air terproduksi ini dibuang ke badan air sehingga berdampak pada pencemaran air Sungai Dong Rupit. Penelitian ini bertujuan mengkaji kualitas air terproduksi sumur tua minyak bumi di Desa Wonocolo dan dampaknya terhadap pencemaran Sungai Dong Rupit. Metode penelitian yang digunakan berupa survey dan observasi lapangan. Pengambilan sampel air terproduksi dilakukan berdasarkan lamanya sumur beroperasi, yaitu 2 jam/hari, 5 jam/hari dan 24 jam/hari. Sampel air sungai diambil 5 titik, yang mewakili hulu, tengah dan hilir sungai. Hasil uji laboratorium air terproduksi pada ketiga sumur mengandung unsur-unsur Fe, Cu, Zn, Cl, Br, Ca, Si dan polutan TDS, minyak lemak dan COD tinggi. Kadar Cl, Ca, Cu, Si, COD, TDS, minyak dan lemak tertinggi bisa ditemukan dalam sumur minyak bumi yang beroperasi 5 jam/hari. Variasi waktu operasi sumur minyak bumi tidak mempunyai korelasi terhadap kandungan unsur pencemar. Sungai Dong Rupit yang berada di sebelah utara kawasan sumur tua tercemar sedang. Air Sungai Dong Rupit memiliki kadar TDS dan minyak lemak yang tinggi serta telah melebihi baku mutu air kelas 3 untuk semua segmen sungai.

Keywords: oil and gas wells, produced water, water quality, pollutants

Abstract:

Mining activities in old wells in Wonocolo village, Bojonegoro regency produce lots of drilling produced water. This kind of water originated from more than 200 wells. This produced water has been discharged into nearest waterbody such as river and impacted and pollutes Dong Rupit river. Research method conducted in this research consist of surveillance, field observation and gathering various data. Samples of produced water taken in 3 different intervals, such as 2 hours/day, 5 hours/day and 24 hours/day, while samples of river water taken from 5 different points, spread in the areas between river upstream and downstream. Laboratory analysis results in samples of produced water have several distinguished elements such as Fe, Cu, Zn, Cl, Br, Ca, Si and TDS pollutant, fat and high value of COD. High reading of Cl, Ca, Cu, Si, COD and TDS found in samples of 5 hours/day interval, although time of operation highly unlikely correlated with amount of pollutant substances found in samples. Polluted Dong Rupit River located in northern region of Wonocolo's old wells complex. This specific river have a high reading of TDS and fat and have surpassed class 3 water quality standards.

1. Pendahuluan

Penambangan sumur tua minyak bumi yang dilakukan secara tradisional di daerah Wonocolo tidak hanya dilakukan pada sumur-sumur tua yang sudah ada. Rentang 10 tahun terakhir, para investor dari luar Desa Wonocolo juga banyak melakukan pengeboran minyak untuk menemukan sumur-sumur minyak baru. Dengan bertambah maraknya penambangan tersebut potensi terjadinya pencemaran juga semakin besar.

Penambangan tradisional minyak bumi yang dilakukan masyarakat selain memberi dampak positif dalam peningkatan produksi minyak bumi nasional dan pendapatan masyarakat, tetapi juga memiliki dampak negatif yang ditimbulkan. Dampak negatif tersebut berupa pencemaran air, pencemaran tanah dan pencemaran udara. Air limbah yang dihasilkan dalam proses penambangan cukup besar karena sumur tua minyak bumi pada umumnya memiliki nilai *water cut* yang tinggi yaitu mencapai di atas 90 %. Air terproduksi merupakan produk samping dari pengolahan minyak dan gas bumi. Air ini berbeda dengan air biasanya karena mengandung bahan-bahan kimia berbahaya dan unsur-unsur lainnya yang terkandung di dalam minyak dan gas bumi tersebut. Kandungan unsur dan senyawa kimia dalam air terproduksi merupakan campuran kompleks senyawa kimia organik dan anorganik (MacMahon et al., 2018). Karakteristik kandungan logam dan non logam air terproduksi bisa menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF). Metode XRF ini mempunyai limit deteksi hingga satuan part per million (ppm) (Jamaluddin & Umar, 2018). Produksi air terproduksi setiap harinya sangat banyak. Air terproduksi akan semakin banyak seiring dengan tuanya umur dari lahan penambangan minyak ataupun gas. Pengolahan yang baik dan pembukaan lahan penambangan minyak ataupun gas yang baru akan mengurangi jumlah air terproduksi.

Aktivitas penambangan sumur tua minyak bumi di Desa Wonocolo menghasilkan air terproduksi cukup banyak. Air ini ditampung sementara kemudian dialirkan ke saluran drainase yang menuju ke Sungai Dong Rupit. Sungai ini termasuk sungai musiman atau sungai periodik yaitu jenis sungai yang pada musim kemarau airnya sedikit dan pada musim hujan airnya banyak. Peneliti melakukan survey saat musim kemarau. Debit Sungai Dong Rupit saat musim kemarau sangat kecil. Aliran air di Sungai Dong Rupit banyak berasal dari pembuangan air terproduksi ke saluran drainase. Hal ini berpotensi mencemari air sungai dan mengganggu habitat hidup organisme sungai. Pemantauan pencemaran air, khususnya pencemaran air sungai bisa menggunakan indikator fisika, kimia dan biologi (Trisnaini dkk, 2018). Penelitian ini bertujuan 1. Mengkaji kualitas air terproduksi sumur tua minyak bumi; dan 2. Mengkaji dampak pembuangan air terproduksi terhadap pencemaran air di Sungai Dong Rupit.

2. Metode

Penelitian ini merupakan jenis penelitian observasi dan survey lapangan yang didukung dengan uji kualitas air sumur minyak bumi dan air sungai di laboratorium. Lokasi penelitian berada di kawasan Sumur Tua Minyak Bumi Desa Wonocolo dan Sungai Dong Rupit. Observasi dilakukan untuk mengamati kegiatan produksi minyak bumi di sumur tua yang meliputi kondisi sumur tua, jumlah sumur tua, waktu operasi, pengelolaan air terproduksi dan pengambilan sampel air terproduksi pada sumur tua. Pengambilan sampel air terproduksi dilakukan pada 3 macam jenis sumur berdasarkan waktu operasi produksi minyak bumi. Ketiga macam jenis sumur tersebut adalah sumur yang beroperasi 2 jam/hari, 5 jam/hari dan 24 jam/hari. Pengambilan sampel air sungai dilakukan wilayah hulu, tengah dan hilir. Sampel air sumur tua minyak bumi dan air Sungai Dong Rupit dibawa ke Balai Besar Teknik Penyehatan Lingkungan Yogyakarta untuk diuji kandungan COD, sulfat terlarut, NH₃, Fenol Total, TDS, pH, minyak dan lemak. Pada sampel air terproduksi dilakukan uji kandungan unsur-unsur kimia, baik logam maupun nonlogam, seperti Fe, Cu, Hg, Zn, Cd, Pb, Ca, Si, Ni dan unsur-unsur turunan lainnya menggunakan metode XRF di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada (LPPT UGM).

Analisis hasil kualitas air terproduksi sumur tua minyak bumi dilakukan berdasarkan Permen LH No. 19 tahun 2010 tentang baku mutu air limbah kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi dari fasilitas darat. Sedangkan analisis hasil kualitas air sungai dilakukan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dan tingkat pencemaran air sungai dihitung menggunakan indeks pencemaran menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 115/2003 Lampiran II tentang penentuan status mutu air.

Rumus sebagai berikut:

$$IP = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_{Lij}}{L_{ij}}\right)^2 + \left(\frac{C_{Lij}}{L_{ij}R}\right)^2}{2}} \quad (1)$$

Nilai kualitas air IP ditentukan dari hasil nilai maksimum dan nilai rerata rasio konsentrasi per parameter terhadap nilai baku mutunya. Kelas indeks IP ada 4 yaitu:

- a. Skor $0 \leq IP \leq 1,0$ Baik
- b. Skor $1,0 < IP \leq 5,0$ Tercemar ringan
- c. Skor $5,0 < IP \leq 10$ Tercemar sedang
- d. Skor $IP > 10$ Tercemar berat

3. Hasil dan Pembahasan

Pertambangan sumur minyak bumi di Desa Wonocolo awalnya merupakan sumur minyak bumi peninggalan Pemerintah Kolonial Hindia Belanda yang berjumlah 225 sumur. Seiring perkembangan zaman dan berakhirnya penjajahan Kolonial Belanda, pertambangan sumur minyak bumi akhirnya dikelola oleh Masyarakat Desa Wonocolo. Pada puncak penambangan minyak bumi terjadi pada tahun 2000an dengan jumlah mencapai 730 sumur minyak bumi, namun sekarang sumur minyak bumi yang masih aktif berjumlah 53 sumur. Itupun kondisi sumur minyak bumi bervariasi dalam produksinya. Secara garis besar produksi sumur minyak bumi terbagi menjadi 3 macam sumur, yaitu 1. Sumur minyak bumi operasi 24 jam non stop, 2. Sumur minyak bumi operasi 5 jam / hari, dan 3. Sumur minyak bumi operasi 2 jam / hari. Perbedaan waktu operasi produksi minyak bumi disebabkan heterogenitas reservoir. Faktor-faktor yang mempengaruhi heterogenitas reservoir yaitu sedimentasi tektonik regional, geometri pori-pori, komposisi dan tekstur (Rukmana dkk, 2012). Faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap keseimbangan fluida dalam reservoir minyak bumi.

Sumur-sumur minyak bumi pertambangan rakyat tersebut sebagian besar berada pada formasi Wonocolo dengan satuan batuan napal bersisipan batugamping kalkarenit, batupasir dan batulanau. Sebagian kecil sumur-sumur minyak bumi berada pada formasi Ledok. Formasi ini terdiri atas batupasir gampingan dengan sisipan batugamping tipis, gradasi ke batulempung gampingan diselingi dengan batupasir gampingan di bagian bawah. Batupasirnya berbutir halus hingga sedang, gampingan umumnya glauconic. Kawasan Wonocolo secara geologi lebih dikenal sebagai struktur Wonocolo, yang merupakan satu rangkaian struktur Antiklin Kawengan yang memanjang berarah Barat Timur (Setiawan dkk, 2017). Wonocolo merupakan ujung dari antiklin Kawengan, sehingga secara geologi proses terbentuknya lipatan pada Wonocolo menjadi satu dengan antiklin pada Kawengan. Kondisi geomorfologi Kawasan Wonocolo terdiri atas bentukan perbukitan yang mana pada bagian puncak tinggian terdapat ratusan sumur tua. Batuan yang tersingkap pada kawasan tersebut merupakan bagian formasi Wonocolo, dimana formasi tersebut memberikan kontribusi hidrokarbon di Wonocolo sampai sekarang (Triyono, 2015). System reservoir minyak bumi di Wonocolo

3.1 Kualitas Air Terproduksi Sumur Tua Minyak Bumi

Karakteristik unsur-unsur dan senyawa kimia air terproduksi dilakukan dengan melakukan uji X-Ray Fluorescence (X-RF) dan uji kualitas air di laboratorium terakreditasi. Unsur dan senyawa kimia yang terkandung dalam air terproduksi sangat dipengaruhi oleh karakteristik mineral dan batuan reservoir. Reservoir minyak bumi formasi Wonocolo dan formasi Ledok akan mempengaruhi kandungan unsur-unsur dan senyawa kimia air terproduksi sumur tua minyak bumi. Pada tabel 1, semua air terproduksi pada semua tipe sumur tua minyak bumi mengandung unsur Fe, Cu, Zn, Cl, Br dan H₂O, namun tidak dijumpai adanya logam berat toksik seperti Hg, Cd dan Pb. Kandungan unsur Fe tertinggi berada pada sumur tua yang

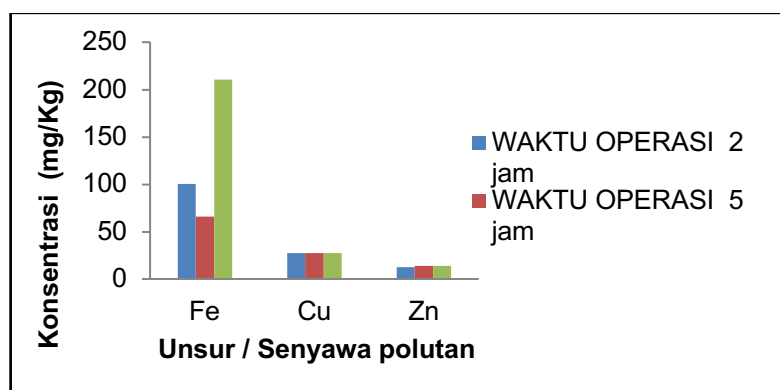
beroperasi 24 jam/hari. Hal ini ditunjukkan dalam gambar 1. Kandungan unsur Zn dan Cu relatif sama untuk ketiga macam sumur. Keberadaan unsur Fe yang tinggi diketiga sumur karena Fe merupakan unsur yang jumlahnya sangat melimpah di kerak bumi. Kelimpahan unsur Fe dominan atas unsur-unsur lain di alam maupun batuan. Sumur tua minyak bumi yang beroperasi 24 jam/hari dan 2 jam/hari mengandung unsur Fe diatas 100 mg/Kg dibandingkan sumur tua minyak bumi yang beroperasi 5 jam/hari. Hadirnya unsur Fe juga bisa disebabkan umur pipa-pipa produksi minyak bumi di sumur tua Desa Wonocolo sudah berumur puluhan tahun, sehingga mudah teroksidasi.

Tabel 1. Hasil Uji XRF Air Terproduksi Sumur Tua Minyak Bumi

No	Parameter	Sumur Operasi 2 jam/hari	Sumur Operasi 5 jam/hari	Sumur Operasi 24 jam/hari	Satuan
1	Fe	100,2	65,7	210,4	mg/Kg
2	Cu	27,4	27,5	27,4	mg/Kg
3	Zn	12,58	13,58	13,75	mg/Kg
4	Cl	0,123	683	0,012	mg/Kg
5	Br	9,43	7,25	14,11	mg/Kg
6	Si	0,246	934	0	mg/Kg
7	Ni	84,7	85,7	0	mg/Kg
8	Ca	0	1231	0	mg/Kg
9	H ₂ O	99,61	99,70	99,75	mass%

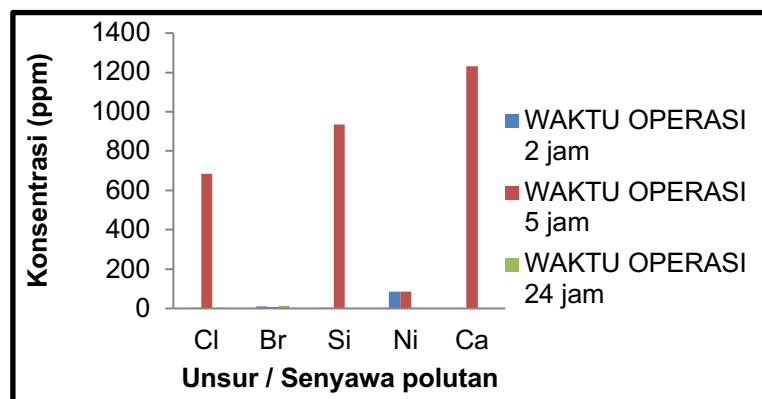
Sumber: Hasil Uji XRF di LPPT UGM

Karakteristik unsur-unsur dan senyawa kimia air terproduksi dilakukan dengan melakukan uji X-Ray Fluorescence (X-RF) dan uji kualitas air di laboratorium terakreditasi. Unsur dan senyawa kimia yang terkandung dalam air terproduksi sangat dipengaruhi oleh karakteristik mineral dan batuan reservoir. Reservoir minyak bumi formasi Wonocolo dan formasi Ledok akan mempengaruhi kandungan unsur-unsur dan senyawa kimia air terproduksi sumur tua minyak bumi. Pada tabel 1, semua air terproduksi pada semua tipe sumur tua minyak bumi mengandung unsur Fe, Cu, Zn, Cl, Br dan H₂O, namun tidak dijumpai adanya logam berat toksik seperti Hg, Cd dan Pb. Kandungan unsur Fe tertinggi berada pada sumur tua yang beroperasi 24 jam/hari. Hal ini ditunjukkan dalam gambar 1. Kandungan unsur Zn dan Cu relatif sama untuk ketiga macam sumur. Keberadaan unsur Fe yang tinggi diketiga sumur karena Fe merupakan unsur yang jumlahnya sangat melimpah di kerak bumi. Kelimpahan unsur Fe dominan atas unsur-unsur lain di alam maupun batuan. Sumur tua minyak bumi yang beroperasi 24 jam/hari dan 2 jam/hari mengandung unsur Fe diatas 100 mg/Kg dibandingkan sumur tua minyak bumi yang beroperasi 5 jam/hari. Hadirnya unsur Fe juga bisa disebabkan umur pipa-pipa produksi minyak bumi di sumur tua Desa Wonocolo sudah berumur puluhan tahun, sehingga mudah teroksidasi.



Gambar 1. Grafik kandungan Fe, Cu dan Zn dalam air terproduksi sumur tua minyak bumi

Pada gambar 2 menunjukkan nilai konsentrasi unsur pada air terproduksi pada waktu operasi berbeda untuk parameter Cl, Br, Si, Ni dan Ca. Kandungan unsur Ca pada sumur yang beroperasi 5 jam/hari sangat tinggi, sedangkan kedua sumur yang lainnya kandungan Ca adalah nol. Unsur Ca mengindikasikan sumber mineral dan batuan yang berasal dari endapan laut yang mengandung batugamping. Formasi Wonocolo tersusun oleh napal dan batulempung tidak berlapis. Bagian bawahnya tersusun oleh batugamping pasir dan batupasir gampingan, yang secara umum menunjukkan gejala pengendapan transgresif. Batu gamping dan batu pasir inilah sebagai reservoir minyak bumi di Formasi Wonocolo. Kedua sumur lainnya tidak mengandung unsur Ca, diduga berasal dari reservoir batupasir yang terendapkan di darat. Unsur Cl yang tinggi pada sumur yang beroperasi 5 jam/hari bisa diasosiasikan dengan senyawa CaCl_2 . Hal ini ditunjukkan bahwa unsur Cl di alam selalu berikatan dengan unsur-unsur kimia lain dan jarang berdiri sendiri. Unsur Cl terbentuk dan bereaksi dengan batugamping membentuk senyawa CaCl_2 . Kandungan Br pada ketiga sumur cenderung relatif hampir sama konsentrasinya.



Gambar 2. Grafik kandungan Cl, Br, Si, Ni dan Ca dalam air terproduksi sumur tua minyak bumi

Pada sumur minyak bumi yang beroperasi 5 jam/hari, kandungan unsur Si, dan Ni juga cukup tinggi. Kedua unsur tersebut biasa ditemukan dari mineral vulkanik yang terendapkan di daratan maupun lautan. Fenomena ini mengindikasikan bahwa endapan vulkanik bisa dijumpai dalam reservoir Formasi Wonocolo, namun penyebarannya heterogen dan tidak merata. Keberadaan unsur Si dan Ni yang bervariasi diduga berasal dari kedalaman sumur minyak bumi yang berbeda. Komposisi fluida dalam sumur minyak bumi adalah gas pada bagian atas, minyak bumi pada bagian tengah dan air terproduksi pada bagian bawah. Perbedaan ini dipengaruhi perbedaan massa jenis pada ketiga fluida tersebut. Pada sumur beroperasi 5 jam/hari diduga berasal dari bagian reservoir yang didominasi minyak bumi. Viskositas minyak bumi paling kental dibandingkan air dan gas, sehingga ini akan berdampak mengikat unsur-unsur logam maupun logam lebih banyak. Hal ini ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2, dengan kadar Si, Ca dan Cl tertinggi dijumpai pada sumur yang beroperasi 5 jam/hari, sedangkan parameter unsur-unsur lainnya cenderung hampir sama konsentrasinya untuk kedua sumur lainnya. Pada tabel 2 ditunjukkan sumur yang beroperasi 5 jam kandungan minyak 57,4 mg/Kg dan nilai ini jauh lebih besar dibandingkan dengan kedua sumur lainnya. Sumur yang beroperasi 2 jam/hari diduga berasal dari bagian reservoir bagian atas yang didominasi minyak bumi. Minyak bumi bisa diambil selama produksi 2 jam, namun setelah lewat 2 jam tidak dihasilkan minyak bumi lagi. Sumur yang beroperasi 24 jam/hari diduga berasal dari bagian reservoir yang didominasi air terproduksi. Pada tabel 1 ditunjukkan kadar airnya tertinggi di sumur yang beroperasi 24 jam/hari. Ini berimplikasi konsentrasi minyak lebih sedikit dibandingkan dengan sumur yang beroperasi 5 jam/hari (tabel 2).

Berdasarkan hasil uji laboratorium yang ditunjukkan pada tabel 2, kualitas air terproduksi sumur tua minyak bumi menurut Permen LH No 19 tahun 2010 memiliki tiga parameter kimia yang melebihi baku mutu. Ketiga parameter tersebut adalah TDS, minyak lemak dan NH_3 . Pada sumur tua minyak bumi yang beroperasi 5 jam/hari memiliki kadar TDS, minyak lemak dan NH_3 paling tinggi dibandingkan dua sumur tua minyak bumi lainnya. Ini ada kaitannya lokasi sumur yang beroperasi 5 jam/hari berada pada bagian reservoir yang didominasi minyak bumi dengan viskositas lebih tinggi dibandingkan fluida air terproduksi dan gas. Viskositas minyak bumi yang tinggi berdampak pada nilai TDS dan NH_3 tinggi, seperti yang ditunjukkan pada sumur operasi 5 jam/hari pada tabel 2. Nilai TDS tinggi diatas baku mutu khususnya sumur

yang beroperasi 2jam/hari dan 5 jam/hari dimungkinkan berasal dari mineral organik dan anorganik dari reservoir batupasir gampingan dengan sisipan batugamping tipis.

Pada tabel 1 dan 2 memperlihatkan variasi waktu operasi sumur minyak bumi ternyata tidak berkorelasi dengan konsentrasi unsur-unsur yang terkandung di dalamnya. Nilai konsentrasi setiap unsur maupun senyawa kimia yang terkandungnya bersifat fluktuatif untuk setiap sumur minyak bumi. Namun demikian, tingkat pencemaran sumur minyak bumi berada dalam kondisi baik dan tercemar ringan.

Tabel 2. Kualitas Air Terproduksi Sumur Minyak Bumi Desa Wonocolo menurut Permen LH No. 19 tahun 2010

No	Parameter	Sumur Operasi 2 jam /hari	Sumur Operasi 5 jam / hari	Sumur Operasi 24 jam/hari	Baku Mutu Air Limbah Industri Minyak bumi
1	COD	12,4	52,4	11	200
2	Sulfur Terlarut	<0,0043	<0,0043	<0,0043	0,5
3	NH ₃	4,2033	11,6577	4,3347	5
4	Fenol Total	0,0953	<0,0611	0,2377	2
5	TDS	4470	8450	3860	4000
6	pH	8	8,2	7,8	6 – 9
7	Minyak & Lemak	16,4	57,4	18,2	25
8	Indeks Pencemaran	0,90 (baik)	3,152 (tercemar ringan)	0,947 (baik)	-

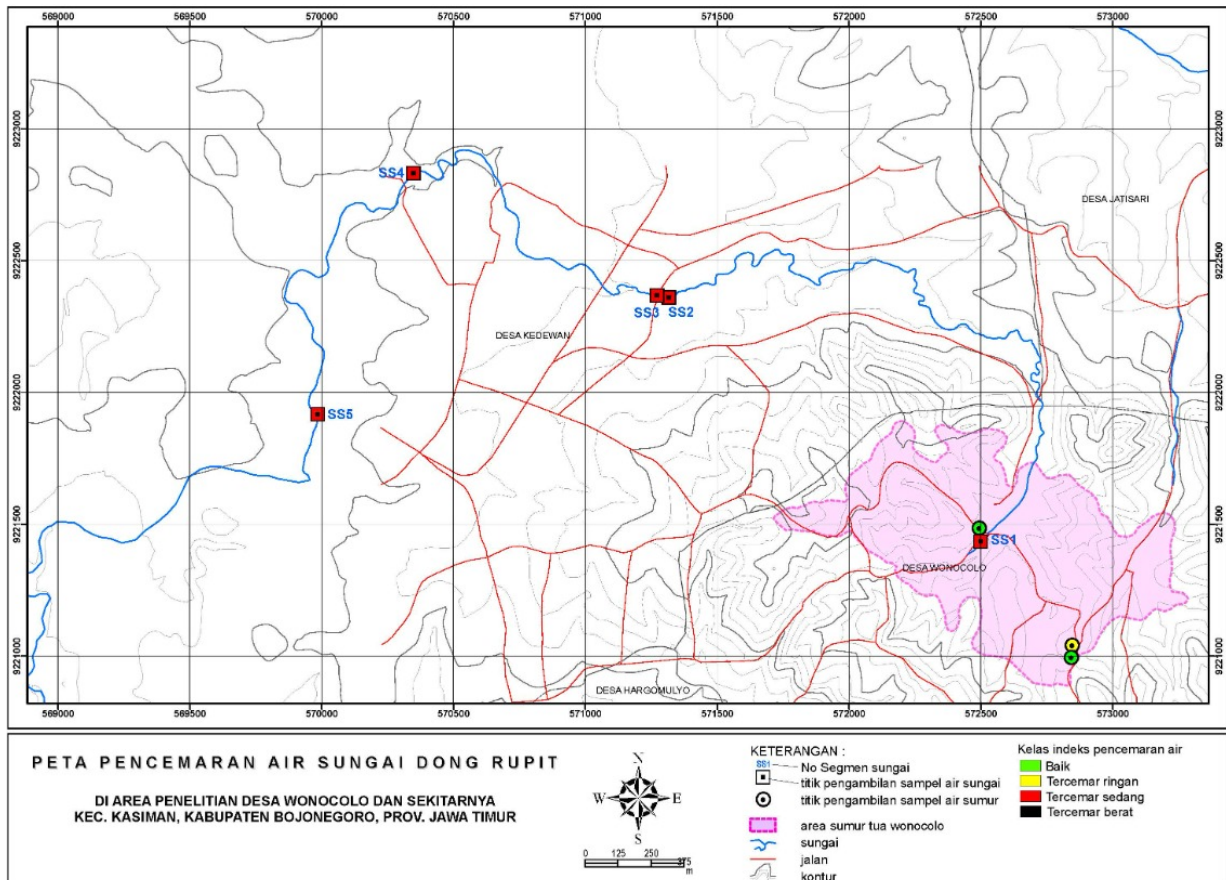
Sumber : Hasil uji kualitas air di Balai Besar Teknik Penyehatan Lingkungan DIY

3.2. Pencemaran Air Sungai Dong Rupit

Sungai Dong Rupit merupakan sungai musiman, ketika musim kemarau debit air sungai menurun tajam. Sungai ini terletak di sebelah utara kawasan sumur tua minyak bumi Desa Wonocolo. Hulu sungai Dong Rupit adalah perbukitan antiklin di kawasan tambang rakyat minyak bumi Desa Wonocolo, kemudian mengalir ke bagian utara perbukitan dan akhirnya berbelok ke barat menuju bagian hilir yaitu anak Sungai Bengawan Solo. Debit air sungai pada musim kemarau yang relatif kecil berpotensi meningkatkan kadar polutan air sungai. Penggunaan air sungai ini digunakan untuk pengairan pada sawah, kebun dan tegalan yang berada di sekitar kawasan sumur tua minyak bumi. Mengacu pada peruntukan air sungai ini, maka air Sungai Dong Rupit termasuk kelas 3 untuk baku mutu air bersih. Aliran air terproduksi minyak bumi masuk ke badan Sungai Dong Rupit melalui selokan dan drainase saluran terbuka. Kontruksi drainase dan selokan ini masih berupa tanah akan menimbulkan erosi yang tinggi khususnya saat musim penghujan. Penggunaan lahan di Daerah Aliran Sungai Dong Rupit berupa sawah, kebun, tegalan dan permukiman. Polutan-polutan bisa masuk ke badan sungai dari aktivitas penggunaan lahan.

Pada gambar 3 ditunjukkan peta pencemaran Sungai Dong Rupit. Sampel kualitas air sungai diambil pada 5 segmen, yaitu 1 sampel di segmen sungai 1 (hulu), 3 sampel di segmen sungai 2,3,4 (tengah) dan 1 sampel di segmen sungai 5 (hilir). Secara alami sungai mempunyai kemampuan melakukan proses pemulihan diri sendiri (*self purification*) terhadap polutan-polutan yang masuk ke badan sungai (Agustiningsih dkk, 2012). Kemampuan ini dipengaruhi oleh morfologi dan morfometri sungai. Kedua faktor tersebut akan berpengaruh terhadap kecepatan, debit dan tipe aliran sungai. Air sungai dengan tipe aliran turbulen menyebabkan polutan air mudah tercampur dari posisi di permukaan, tengah dan dasar sungai. Kondisi ini memudahkan proses *self purification*. Sungai Dong Rupit pada gambar 3 mempunyai morfologi berkelok-kelok dan di sejumlah tempat ada input masukan air dari saluran irigasi sawah dan mata air. Pada segmen sungai 2 dan 3 dijumpai tempat pengolahan minyak bumi pada sempadan sungai dan bendungan kecil. Hal ini berpotensi mempengaruhi kualitas air Sungai Dong Rupit. Tingkat pencemaran air Sungai Dong Rupit berada pada kondisi tercemar sedang untuk semua segmen sungai, mulai dari hulu, tengah dan hilir. Pada tabel 3 ditunjukkan nilai indeks pencemaran (IP) hampir sama untuk setiap segmen sungai. Khusus untuk segmen 2 dan 3, nilai IP sedikit lebih tinggi dibandingkan segmen sungai lainnya. Hal ini

dipicu pada segmen 2 dan 3 dijumpai tempat pengolahan minyak bumi yang dilakukan oleh penduduk setempat.



Gambar 3. Peta Pencemaran Air Sungai Dong Rupit
 Sumber : Hasil sampling air sungai dan uji laboratorium di BBTP DIY

Tabel 3. Nilai Indeks Pencemaran Sungai Dong Rupit

No	Sungai Dong Rupit Segmen ke	Indeks Pencemaran	Status Mutu
1	I	6,99	Tercemar Sedang
2	II	7,39	Tercemar Sedang
3	III	7,34	Tercemar Sedang
4	IV	6,82	Tercemar Sedang
5	V	6,36	Tercemar Sedang

Sumber : Hasil perhitungan data kualitas air Sungai Dong Rupit

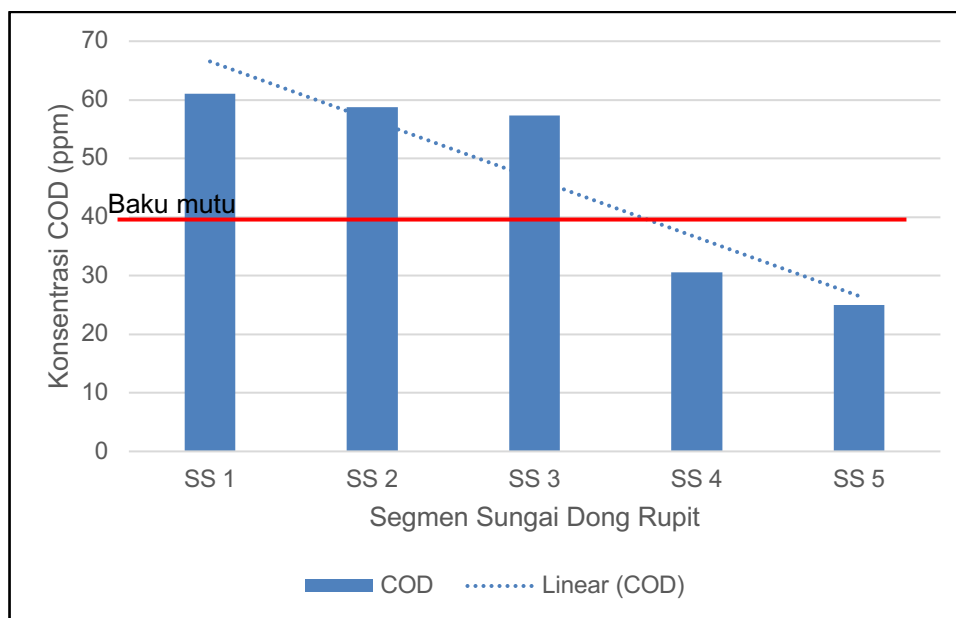
Pada tabel 4 menunjukkan nilai kualitas air Sungai Dong Rupit untuk semua segmen sungai, mulai dari segmen sungai 1 sampai dengan segmen sungai 5. Mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup bab 4 bagian perlindungan dan pengelolaan mutu air, nilai konsentrasi parameter kualitas air Sungai Dong Rupit hampir semuanya berada diatas baku mutu air kelas 3. Ada dua parameter polutan yang nilainya menunjukkan ketidakpastian hasil pengukuran, yaitu sulfur terlarut dan Fenol Total pada Segmen sungai 4 dan 5. Ketidakpastian hasil pengukuran ini disebabkan keterbatasan alat di Laboratorium BBTP DIY. Untuk mengatasinya, peneliti melakukan nilai rata-rata antara hasil pengukuran dengan baku mutu air kelas 3, sehingga didapatkan nilai rata-rata 0,00315 ppm untuk sulfur terlarut dan 0,01575 ppm untuk fenol total pada Sungai Dong Rupit segmen 4 dan 5.

Tabel 4. Kualitas Air Sungai Dong Rupit

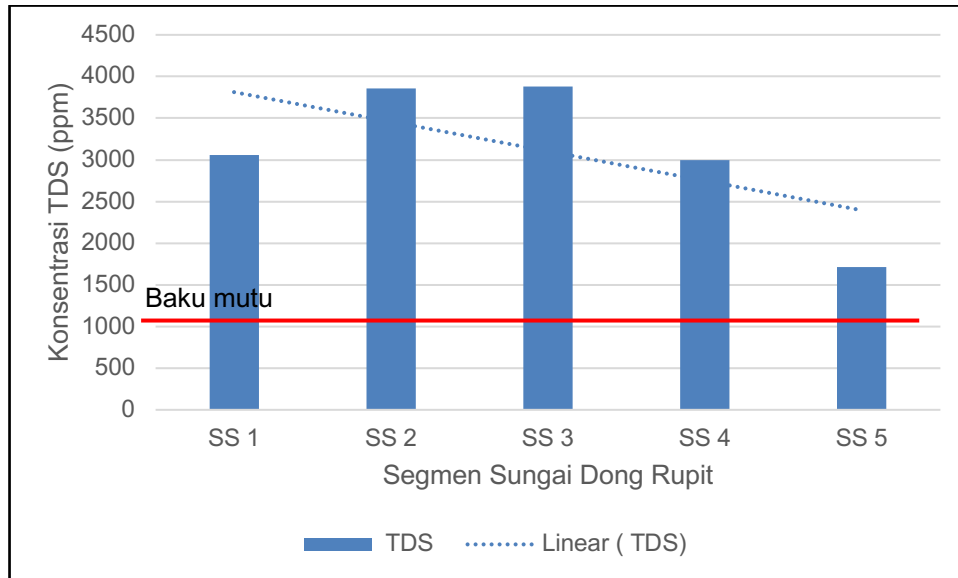
No	Parameter Polutan	Segmen Sungai (SS) 1	Segmen Sungai (SS) 2	Segmen Sungai (SS) 3	Segmen Sungai (SS) 4	Segmen Sungai (SS) 5	Baku Mutu Air Kelas 3*	Satuan
1	COD	61	58,7	57,3	30,6	25	40	ppm
2	Sulfur Terlarut	<0,0043	<0,0043	<0,0043	<0,0043	<0,0043	0,002	ppm
3	NH ₃	2,7256	2,233	12,216	0,0243	0,0282	0,5	ppm
4	Fenol Total	0,0731	0,0407	0,0453	<0,0215	<0,0215	0,01	ppm
5	pH	8,1	8,5	8,4	8,3	7,8	6-9	
6	TDS	3060	3860	3880	3000	1717	1000	ppm
7	Minyak & Lemak	10,2	13	11	12,2	10,2	1	ppm

Sumber : Hasil uji kualitas air Sungai Dong Rupit di Laboratorium BBTP DIY
 *Baku mutu air kelas 3 pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021

Pada gambar 4 ditunjukkan nilai konsentrasi COD melebihi baku mutu untuk segmen sungai 1, 2 dan 3. Tingginya kadar COD lebih disebabkan faktor berdekatan dengan sumber air terproduksi sumur tua minyak bumi dan adanya tempat pengolahan minyak bumi di sempadan sungai pada segmen sungai 2 dan 3. Namun pada segmen sungai 4 dan 5 (penggal Sungai Dong Rupit bagian tengah dan hilir), kadar COD sudah mulai menurun. Penurunan ini terjadi karena morfologi sungai yang berkelok-kelok, sehingga terjadi pencampuran air permukaan dan dasar sungai yang meningkatkan kadar DO. Peningkatan kadar DO berimplikasi pada penurunan kadar COD air sungai.

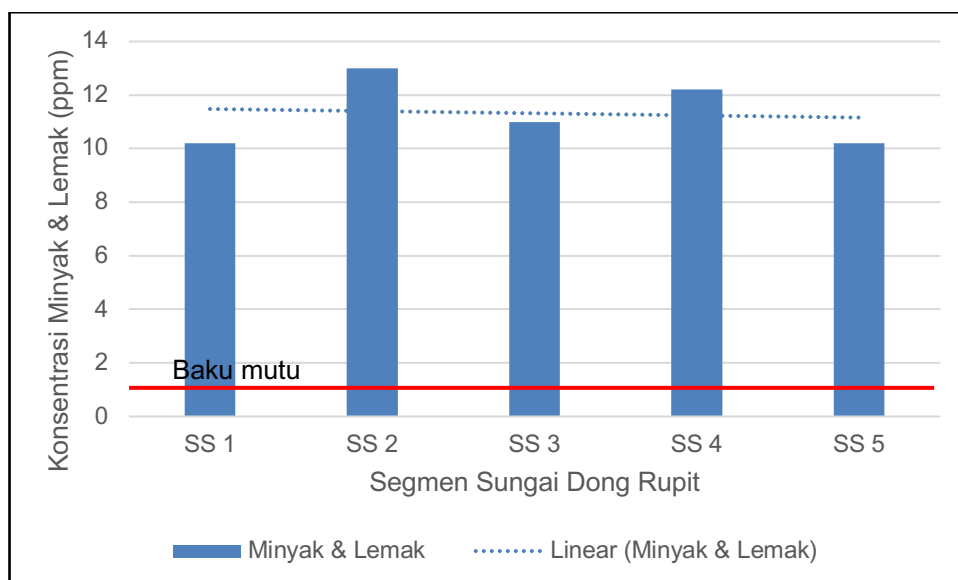


Gambar 4. Kadar polutan COD pada setiap segmen Sungai Dong Rupit



Gambar 5. Kadar polutan TDS pada Sungai Dong Rupit

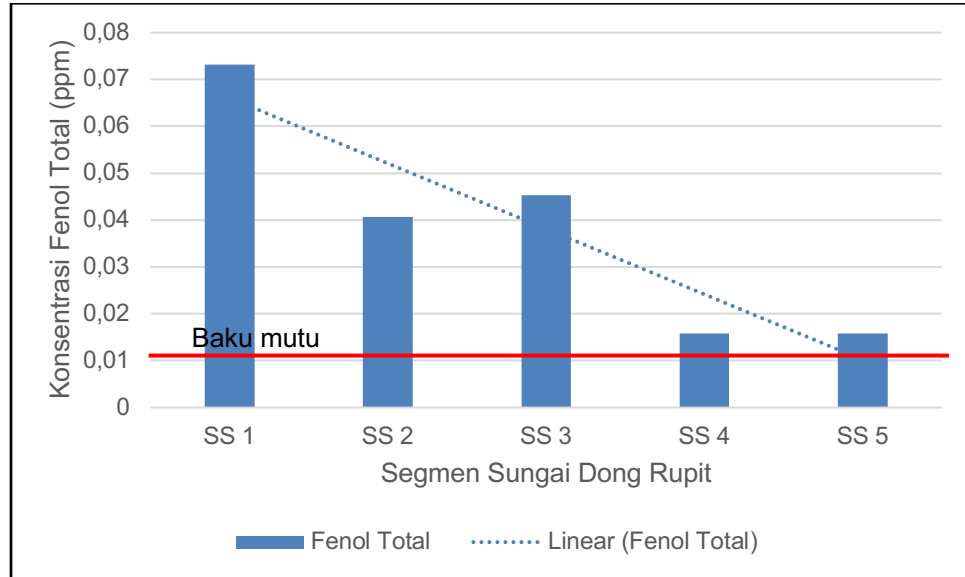
Pada gambar 5 menunjukkan bahwa konsentrasi TDS untuk semua segmen Sungai Dong Rupit relatif sangat tinggi dan diatas baku mutu air, namun trendnya cenderung menurun menuju hilir. TDS menyatakan banyaknya padatan terlarut di dalam air. Penurunan ini dipengaruhi oleh faktor pengendapan sedimen seiring dengan semakin tenangnya aliran sungai menuju arah hilir. Sumber utama TDS yang tinggi di sungai lebih banyak disebabkan oleh air terproduksi. Kadar TDS air terproduksi berkisar 3800 – 8400 ppm. Nilai TDS yang tinggi ini masih jauh di atas baku mutu air sungai kelas 3. Pada segmen sungai 2 dan 3, konsentrasi TDS nilainya paling tinggi dibandingkan segmen sungai lainnya. Tingginya TDS ini dipengaruhi adanya unit pengolahan minyak bumi di sempadan sungai dan adanya bendungan kecil di lokasi tersebut. Ini berakibat terjadinya akumulasi sedimen terlarut. Di samping itu, kondisi lahan sekitar berupa sawah bisa menjadi sumber tambahan pemasok sedimen padatan terlarut pada Sungai Dong Rupit.



Gambar 6. Kadar polutan minyak dan lemak pada Sungai Dong Rupit

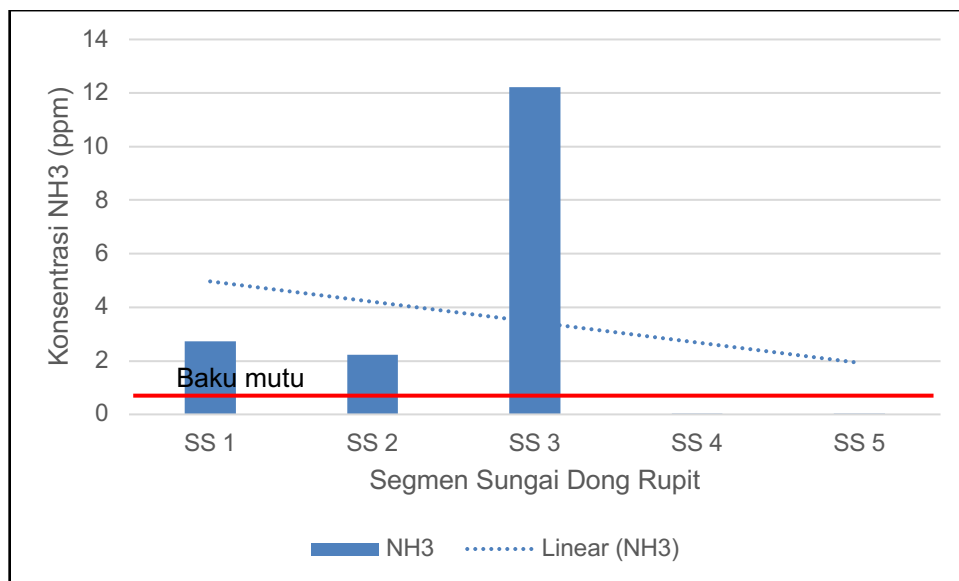
Pada gambar 6 menunjukkan minyak dan lemak yang terkandung dalam air terproduksi cukup besar dan ikut terbuang ke badan sungai sebagai limbah air formasi. Minyak dan lemak ini akan menutupi permukaan air Sungai Dong Rupit. Hal ini bisa menurunkan DO dan menaikkan COD, BOD dan daya hantar listrik (Tanjung dkk, 2019). Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kehidupan biota air Sungai Dong Rupit, seperti populasi dan habitat zooplankton, phytoplankton dan ikan yang hidup di sungai (Bakke et al, 2103). Jika mengacu baku mutu air kelas 3, maka semua lokasi yang berada di Sungai Dong Rupit

tercemar minyak dan lemak. Kadar minyak dan lemak berada pada kisaran 10 – 13 ppm, padahal baku mutunya 1 ppm. Minyak mempunyai massa jenis yang lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan di permukaan air. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sulit diurai oleh bakteri (Hedar, 2021). Konsentrasi minyak cenderung stabil untuk setiap segmen Sungai Dong Rupit. Ini menandakan, proses *self purification* untuk polutan minyak dalam air sungai sulit terjadi.



Gambar 7. Kadar polutan minyak dan lemak pada Sungai Dong Rupit

Pada gambar 7 menunjukkan konsentrasi fenol total masih diatas baku mutu air untuk semua segmen sungai. Keberadaan polutan fenol berkaitan dengan adanya polutan minyak di permukaan air sungai. Konsentrasi fenol yang cukup tinggi diatas baku mutu bisa dihasilkan dari sisa minyak yang terkandung dalam air terproduksi (Ardiansah dkk, 2017) yang dibuang ke Sungai Dong Rupit. Sungai Dong Rupit mampu melakukan proses *self purification* untuk senyawa fenol. Hal ini ditunjukkan pada gambar 7, bahwa konsentrasi polutan fenol mempunyai trend menurun dari hulu (SS 1) ke hilir (SS 5), meskipun konsentrasinya masih di atas baku mutu.



Gambar 8. Kadar polutan NH₃ pada Sungai Dong Rupit

Pada Gambar 8 menunjukkan konsentrasi NH_3 untuk Sungai Dong Rupit segmen 1, 2 dan 3 berada di atas baku mutu air. Sumber NH_3 berasal dari limbah pengolahan minyak bumi di kawasan tambang rakyat Wonocolo. Pada sungai segmen 3, nilai konsentrasi NH_3 mengalami kenaikan cukup tajam. Ini disebabkan ada masukan air irigasi dari sawah yang banyak menggunakan pupuk urea, sebagai sumber amoniak. Kadar NH_3 mulai menurun di bawah baku mutu air untuk SS 4 (tengah) dan SS 5 (hilir). Morfologi Sungai Dong Rupit yang berkelok-kelok berimplikasi pada perubahan aliran sungai dari laminer menjadi turbulen, sehingga membantu proses *self purification* polutan-polutan pencemar air.

4. Kesimpulan

Kawasan sumur tua penambangan minyak bumi di Desa Wonocolo menghasilkan air terproduksi. Kandungan zat-zat polutan yang terkandung dalam air terproduksi cukup bervariasi dan sebagian sudah di atas baku mutu air terproduksi menurut Permen LH Nomer 19 Tahun 2010. Sumur minyak bumi yang beroperasi 5 jam/hari memiliki nilai TDS, NH_3 , minyak dan lemak jauh di atas baku mutu air terproduksi dibandingkan dua sumur lainnya. Di samping itu berdasarkan uji XRF, air terproduksi pada ketiga sumur tua minyak bumi mengandung unsur-unsur Fe, Cu, Zn, Cl, Br dan H_2O . Pada sumur tua minyak bumi yang beroperasi 5 jam/hari mempunyai kandungan Ca, Cl dan Ni cukup tinggi jika dibandingkan sumur-sumur lainnya. Air terproduksi pada sumur minyak bumi Desa Wonocolo berada pada kondisi baik dan tercemar ringan. Variasi waktu operasi sumur minyak bumi tidak mempunyai korelasi terhadap tinggi rendahnya konsentrasi unsur dan senyawa kimia yang terkandung di dalamnya.

Sungai Dong Rupit yang berada di sebelah utara kawasan sumur tua minyak bumi menjadi tempat pembuangan air terproduksi hasil pengolahan minyak bumi dan memiliki tingkat pencemaran sedang di semua segmen sungai. Sungai ini merupakan sungai musiman yang akan berkurang tajam debitnya saat musim kemarau. Penggunaan lahan di sekitar Sungai Dong Rupit berupa lahan pertanian, perkebunan dan tegalan. Pencemaran minyak bumi di Sungai Dong Rupit berpotensi mengganggu aktivitas pertanian dan perkebunan yang berada di sekitarnya.

Ucapan Terima-Kasih

Penulis mengucapkan terima-kasih kepada LPPM UPN Veteran Yogyakarta atas pembiayaan hibah penelitian internal nomer: B/136/UN.62/pt/v/2019 untuk survey dan pengambilan sampel air Sungai Dong Rupit dan air terproduksi di sumur tua minyak bumi Desa Wonocolo, sehingga penelitian ini terlaksana dengan lancar.

Daftar Pustaka

- Agustiningsih, D., Sasongko, S. B., & Sudarno. (2012). Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal. *Jurnal Presipitasi*, 9(2), 64 – 71
- Ardiansah, M., Suryanto, A., & Haerudin. (2017). Hubungan Konsentrasi Minyak dan Fenol Dengan Kelimpahan Fitoplankton di Sungai Asem Binatur, Kota Pekalongan. *Journal of Maquares*, 6(1), 95 - 102
- Bakke, T., Klungsoyr, J., & Sanni, S. (2013). Environmental Impacts of Produced water and Drilling Waste Discharges from The Norwegian Offshore Petroleum Industry. *Journal Marine Environmental Research*, 92 (10), 154 – 169
- Hedar, Y. (2021). Analisis Air Sungai Penerima Air Limbah Penambangan Minyak Bumi Secara Tradisional Pada Sumur Tua di Desa Wonocolo Kabupaten Bojonegoro. *Migaszoom*, 3(2), 29 – 41
- Jamaluddin., Umar. E. P. (2018). Identifikasi Kandungan Unsur Logam Batuan Menggunakan Metode XRF (X-Ray Fluorescence) (Studi Kasus: Kabupaten Buton). *Jurnal Geocelebes*, 2(2), 47-52
- MacMahon, P. B., Kulongoski, J. T., Vengosh, A., Cozzarelli, I. M., Landon, M. K., Kharakae, Y. K., Gillespie, J. M., & Davis, T.A. (2018). Regional Patterns in The Geochemistry of Oil-Feld Water, Southern San Joaquin Valley, California, USA. *Journal Applied Geochemistry*, 98 (2018), 127–140
- Rukmana, D., Kristanto, D., & Aji, V.D.C. (2012). *Teknik Reservoir : Teori dan Aplikasi*. Penerbit Pohon Cahaya, Edisi Kedua, Yogyakarta, 43 – 49
- Setiawan, J., Kristanto, D., Gunawan, R., & Amperiyanto, A. (2017). Buku Wisata Petroleum Geoharitage Wonocolo. 1 – 51
- Tanjung, R. H. R., Hamuna, B., & Alianto. (2019). Konsentrasi Surfaktan dan Minyak di Perairan Depapre, Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(1), 49 – 54

- Trisnaini, I., Kumalasari, T.N., & Utama, F., (2018), Identifikasi Habitat Fisik Sungai dan Keberagaman Biotilik Sebagai Indikator Pencemaran Air Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17 (1), 1 – 8
- Triyono, F.Y. (2015), Lapangan Geologi Sebagai Sarana Diklat Bidang Migas. *Forum Teknologi*, 5(2), 23 – 30