

EVALUASI SISTEM DAN DAMPAK LINGKUNGAN PENGELOLAAN AIR TERPRODUKSI PADA SUMUR X1 PT MGBI LAPANGAN WUNUT

Ida Bagus Dhana J^{1*)}, I Wayan Budiarsa Suyasa²⁾, I Made Sara Wijana³⁾

¹⁾PT Mass Kreasi Indonesia, Kec. Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

²⁾Program Studi Kimia Fakultas MIPA, Universitas Udayana-Denpasar

³⁾Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Udayana-Denpasar

*Email: jagadnatha123@gmail.com

ABSTRACT

ASSESSMENT OF SYSTEM PERFORMANCE AND ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF MANAGING PRODUCED WATER AT WELL X 1 IN THE PT MGBI, WUNUT FIELD

PT Minarak Gas Brantas Inc.'s operations in the Wunut Field involve the production of waste in various forms, primarily liquid waste, with produced water being the most significant type. Proper management of this produced water waste is crucial to prevent environmental pollution and ensure economic and environmental sustainability. The company manages this waste by reinjecting it into the reservoir to prevent groundwater contamination. To ensure the effectiveness of this reinjection process, they have created a groundwater flow pattern map (flow net) at three locations near the injection well: LP1 in Keduung Boto Village, LP2 in Candi Pari Village, and LP3 in Candi Pari Village, all in Sidoarjo Regency. This helps in understanding the potential spread of pollutants in the soil and underground water, aiding in environmental pollution monitoring and management. The groundwater from this area is used for various human activities like bathing, cooking, and washing. However, based on water quality standards outlined in Ministry of Health Regulation No. 2 of 2023, the produced water from Well X-1 in the Wunut Field does not meet the required TDS (Total Dissolved Solids) content standards due to a decline in hydrocarbon fluid production, resulting in a separator efficiency of 74,86%. Additionally, lab tests and flow net results indicate that the TDS levels in LP1, LP2, and LP3 do not meet the sanitation and hygiene water quality standards, suggesting potential seepage in these locations that could contaminate groundwater.

Keywords: Oil; Gas Produced Water; Gas Separator Efficiency; Groundwater Flow

1. PENDAHULUAN

Air terproduksi merupakan produk sampingan yang dihasilkan selama proses ekstraksi minyak dan gas, dan volumenya bisa sangat besar karena, ketika minyak mentah dan gas alam diekstraksi dari bawah permukaan bumi, proporsi air yang

tercampur dengan minyak bumi atau gas alam sering kali lebih besar daripada air yang terproduksi, yaitu air itu sendiri (Wahyu et al., 2018). Air terproduksi dicirikan oleh komposisi yang kompleks, termasuk garam, bahan organik terlarut, tetesan minyak terdispersi, senyawa organik terlarut, gas kimia, bakteri terlarut, mikroorganisme, dan partikel padatan tersuspensi. Bahan ini berpotensi

mengandung zat berbahaya dan masih mengandung sejumlah besar minyak, lemak, senyawa hidrokarbon, hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH), logam berat, klorida, anion, senyawa fenolik, senyawa amonia, dan masih banyak lagi. Berbagai metode, yang mencakup proses fisik, kimia, dan biologis, dapat digunakan untuk mengolah dan mengelola air terproduksi.

PT Minarak Gas Brantas Inc., adalah sebuah perusahaan energi yang bergerak di bidang eksplorasi dan produksi minyak dan gas, menghasilkan limbah dalam bentuk padat, cair, dan gas, dengan limbah cair sebagai produk sampingan utama dari operasi mereka. Karena sifat yang melekat pada kegiatan produksi, sejumlah besar limbah cair dihasilkan secara konsisten, sehingga penting untuk menerapkan praktik pengelolaan berkelanjutan khususnya untuk penanganan limbah air yang dihasilkan. Pengelolaan air terproduksi yang tidak memadai berpotensi mengakibatkan pencemaran lingkungan, sehingga menekankan pentingnya pengelolaan yang tepat dan efektif untuk mencapai keuntungan ekonomi dan kelestarian lingkungan secara bersamaan.

Sebagaimana dikemukakan oleh Tiana (2015), setiap ladang minyak dan gas memiliki karakteristik unik terkait air terproduksi, dan terdapat variasi dalam metode pengolahan yang digunakan. Dalam kasus Sumur X-1 di Lapangan Wunut milik PT Minarak Gas Brantas Inc., terdapat kendala terkait kualitas air terproduksi, terutama terkait parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) yang melampaui baku mutu yang ditetapkan. Meski demikian, Pabrik Wunut telah menerapkan metode pengelolaan air terproduksi, khususnya teknik sumur

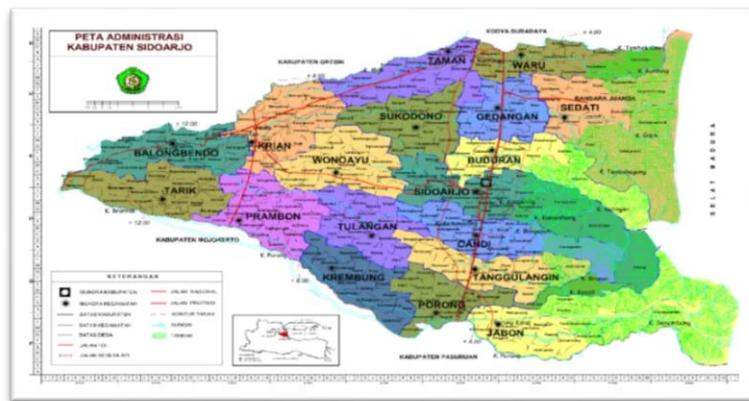
injeksi, yang memanfaatkan sumur-sumur non-produksi untuk keperluan tersebut. Efisiensi sistem pengolahan limbah cair ini menjadi landasan permasalahan penelitian yang ada: "Penilaian Sistem dan Konsekuensi Lingkungan Pengelolaan Air Terproduksi di Sumur X-1 PT Minarak Gas Brantas Inc., Lapangan Wunut."

Metode pemetaan arah pola aliran air tanah, yang dikenal sebagai *flownet*, penting untuk memastikan bahwa air yang diinjeksikan kembali ke dalam reservoir tidak mencemari air tanah. Pembuatan *flownet* bertujuan untuk memahami bagaimana zat pencemar dapat tersebar dalam tanah atau air bawah tanah, sehingga membantu dalam pemantauan dan manajemen pencemaran lingkungan. Ini krusial karena air tanah digunakan dalam berbagai aktivitas manusia sehari-hari seperti mandi, memasak, dan mencuci. Standar mutu air untuk keperluan sanitasi dan kebersihan mengacu pada Peraturan Kementerian Kesehatan No. 2 Tahun 2023.

2. METODOLOGI

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan fokus pada PT Minarak Gas Brantas Inc. yang berlokasi di Desa Wunut, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. Untuk melanjutkan pengamatan di lokasi ini, perlu mendapat izin tertulis dari pihak yang berwenang. Observasi dijadwalkan pada 1 September 2022 dengan fleksibilitas menyesuaikan kondisi atau keadaan di lapangan. Penelitian ini diperkirakan akan berlangsung selama dua bulan. Di bawah ini adalah Gambar 1 peta yang menggambarkan lokasi penelitian.

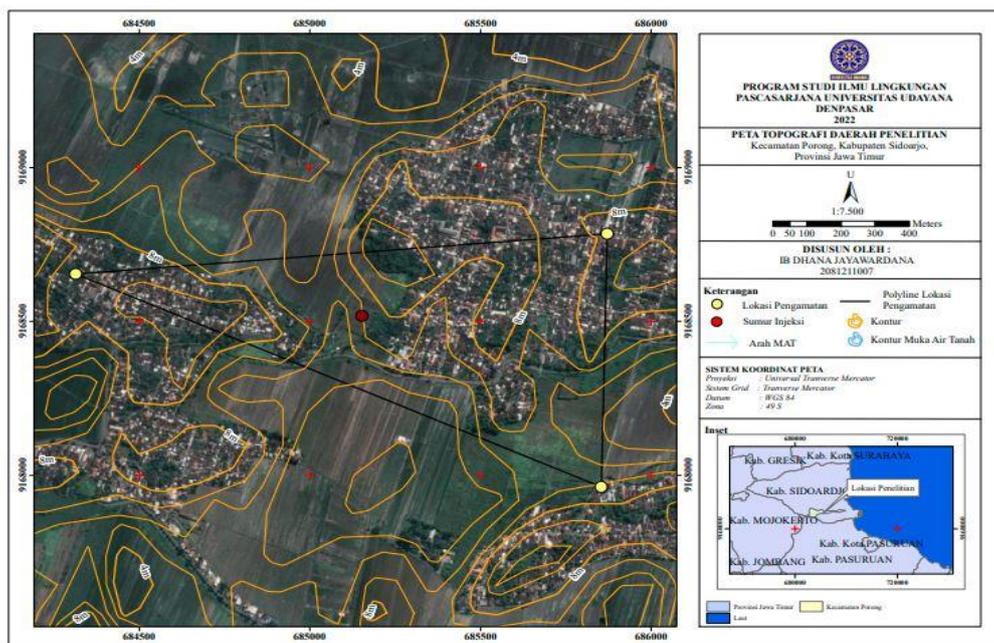


Gambar 1. Lokasi Penelitian Kabupaten Sidoarjo

2.2. Pengambilan Sampel Akan Dilakukan di Tiga Lokasi Yang Ditentukan Untuk Air Sumur Dari Sumur Galian

Jumlah sampel yang diambil yaitu ada tiga sesuai dengan titik koordinat sumur penduduk. Untuk lokasi pengambilan sampling pada LP1 terletak pada Desa Kedung Boto, Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo dengan koordinat X 684314 dan Y 9168654, untuk LP2 terletak pada Desa Candi Pari, Kecamatan

Porong, Kabupaten Sidoarjo dengan koordinat X 685872 dan Y 91687585, lalu LP 3 terletak pada Desa Candir Pari, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo dengan koordinat 685855 dan Y 9167962. Pengambilan sampling dilakukan pada tanggal 20 September 2022 pukul 09.00 – 13.00 WIB dan dianalisis di Lab. Dinas Pengujian Energi dan Sumber Daya Mineral UPT Pengujian Energi dan Sumber Daya Mineral, Surabaya. Letak 3 titik koordinat lokasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel

2.3. Analisa Data

Untuk menilai data efisiensi, kecepatan lateral/horizontal, pembebanan permukaan separator, dan kepatuhan terhadap standar kualitas air terproduksi, peneliti menggunakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Para ahli dilibatkan untuk membantu pembuatan peta arah aliran air (*flownet*) dan melakukan pengambilan sampel air bersih. Analisis mutu sampel sesuai baku mutu air bersih dilakukan di Laboratorium Pelayanan Energi dan Sumber Daya Mineral, UPT Pengujian Energi dan Sumber Daya Mineral, Surabaya. Selanjutnya data sekunder dan hasil uji laboratorium akan dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif. Perhitungan akan dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi sistem pengolahan, kecepatan lateral/horizontal, pembebanan permukaan berdasarkan standar API Separator 12 J (*America Petroleum Institute*), dan pemetaan arah aliran air tanah di lapangan Wunut.

2.3.1. Efisiensi Sistem Pengolahan Air Terproduksi Separator Sumur X-1

Pada lapangan Migas separator ini merupakan perlakuan dalam sistem pengolahan air terproduksi. Efisiensi

penyisihan kandungan minyak/gas pada separator adalah berkisar 90-95% (Singh, 1976). Efisiensi penyisihan dapat dihitung dengan (Persamaan 1):

$$\eta (\%) = \frac{C_{inlet} - C_{outlet}}{C_{inlet}} \times 100\% \tag{1}$$

Keterangan:

- η = efisiensi (%)
- C_{inlet} = konsentrasi minyak di inlet;
- C_{outlet} = konsentrasi minyak di outlet

2.3.2. Kecepatan Horizontal Separator Sumur X-1

Berikut adalah perhitungan kecepatan lateral/horizontal pada separator merujuk pada desani kriteria Separator 12 J API/*America Petroleum Institute* (Andarani & Rezagsms. 2015). Yang tersaji pada Tabel 1. Adapun berikut (Persamaan 2):

$$V_H = \frac{Q}{A_{cross}} = \frac{Q}{l \times d} \tag{2}$$

Keterangan:

- Q = debit / laju alir (m^3 /mnt)
- (1 BWPD (*barrel water per day*) = 0,00011 m^3 /mnt);
- L = lebar pit (m);
- D = kedalaman (m);
- V_H = kecepatan horizontal (m/mnt)

Tabel 1. Desain Kriteria Separator 12 J

Parameter	Desain Debit	
	<185 gpm (11.7 L/s)	>185 gpm (11.7 L/s)
¹ Maksimum Surface Loading, gpd/ft ² (L/s-m ²)	² 1000 to 2000 (11.3 to 22.6)	1000 (11.3)
Panjang : Lebar (minimum)	4:1	4:1
Kedalaman : Lebar	1:1 (maksimum)	0.3 : 1 to 0.5 : 1
³ Maksimum Kedalaman, ft (m)	3 (0.9)	5 (1.5)
Maksimum Kecepatan Horizontal, fpm (m/mnt)	2 (0.6)	2 (0.6)

2.3.3. Beban Surface Loading Separator Sumur X-1

Untuk beban permukaan (*surface loading*) dapat dihitung dengan (Persamaan 3):

$$(L/s \cdot m^2) = \frac{Q}{A_{Surface}} = \frac{Q}{(p \times l)} \quad (3)$$

Keterangan :

Q = debit (L/s), (1m³/s = 1000 L/s);

P = panjang separator (m);

l = lebar separator (m)

2.3.4. Flownet (Jaring-Jaring Aliran Air Tanah)

Peta arah aliran, disebut juga jaring aliran, dihasilkan dengan mengidentifikasi minimal tiga koordinat sumur pemukiman (sumur gali) menggunakan GPS. Koordinat tersebut ditentukan dengan mengacu pada sumur injeksi sebagai titik pusat, dan dijaga jarak minimal 200 meter dari lokasi sumur injeksi. Pergerakan airtanah didorong oleh variasi gradien hidrolik (dh/dl) atau perbedaan tinggi hidrolik (h). Air tanah mengalir dari daerah yang tinggi hidroliknya lebih tinggi ke tinggi hidroliknya lebih rendah, seperti diilustrasikan pada Gambar 3, sesuai dengan Todd dan Mays (2004).



Gambar 3. Air Tanah Mengalir dari h Tinggi ke h Rendah

Kepala hidrolik terdiri dari dua komponen utama: kepala tekanan dan kepala elevasi. Aliran air tanah diatur oleh dua faktor ini, ketinggian dan tekanan, dan keduanya berinteraksi untuk menentukan arah aliran. Faktor-faktor ini bersaing untuk mendapatkan dominasi, dimana salah satu faktor berpotensi memberikan pengaruh yang lebih kuat terhadap faktor lainnya, seperti dijelaskan oleh Todd dan Mays (2004). Oleh karena itu, Persamaan

4 digunakan untuk menghitung tinggi muka air tanah.

$$m a t = z - (h1 - h2) \quad (4)$$

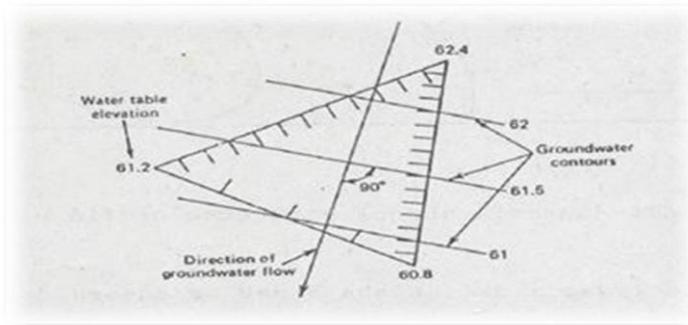
Keterangan:

m a t = muka air tanah

z = elevasi (m)

h1 = kedalaman sumur (m)

h2 = ketinggian kepala sumur (m)



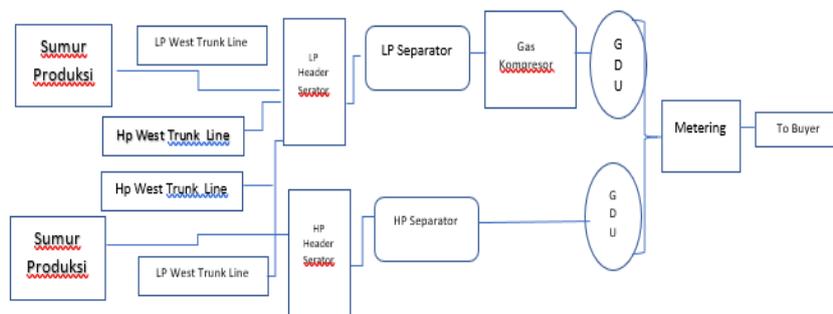
Gambar 4.
Arah Aliran Tanah dari 3 Titik MAT

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Alur Produksi Sumur X1 Wunut

Ekstraksi gas terjadi dari sumur gas yang terletak di Lapangan Wunut, dan selanjutnya dialirkan ke fasilitas pemrosesan gas melalui pipa saluran utama. Jalur utama ini dikategorikan menjadi empat tipe berbeda: Jalur Utama Barat LP, Jalur Utama Barat HP, Jalur Utama Timur LP, dan Jalur Utama Timur HP. Saat mencapai pabrik gas, gas diarahkan ke separator header, dengan dua

variasi yang tersedia: HP Separator Header dan LP Separator Header. Header ini kemudian mengarah ke LP Separator dan HP Separator. Dari LP Separator, gas dialirkan ke kompresor booster gas sebelum masuk ke unit dehidrasi glikogen. Sebaliknya outlet dari HP Separator langsung masuk ke Glycol Dehydration Unit (GDU). Di bawah ini adalah representasi dari lima sistem produksi di Lapangan Wunut.



Gambar 5.
Sistem Produksi Sumur X-1 Lapangan Wunut

3.2. Pemrosesan Air Terproduksi Melalui Pendekatan Sumur Injeksi

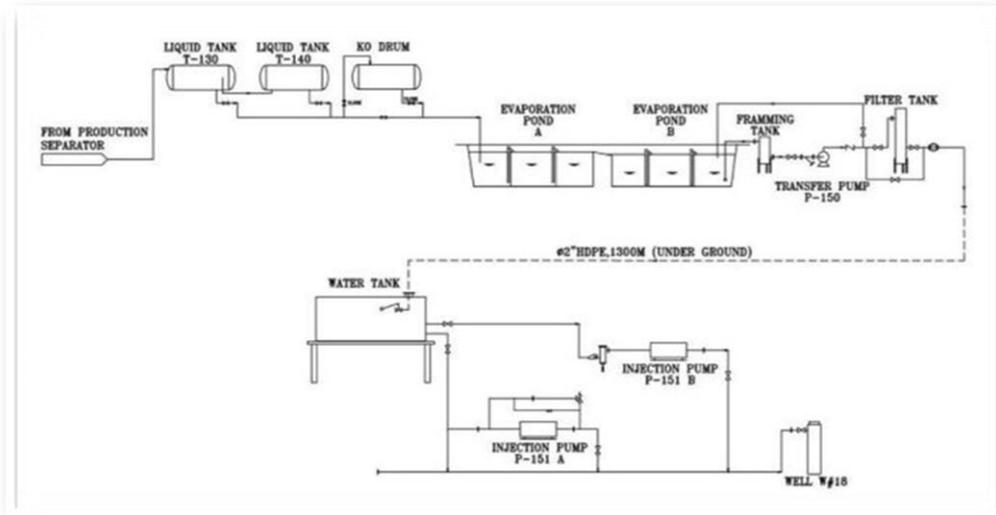
Di Lapangan Wunut, tepatnya di Sumur X1, PT Minarak Gas Brantas Inc. telah menerapkan metode pengolahan air dengan menyuntikkan air terproduksi ke dalam sumur non-produksi. Air

terproduksi yang dihasilkan dari proses produksi gas ditampung dalam tangki cair. Air ini juga berasal dari KO Drum, tempat pemisahan air dan gas. Selanjutnya air dialirkan ke kolam evaporasi. Kolam evaporasi ini memiliki berbagai tujuan, termasuk pengendapan padat, pemisahan minyak, dan pengurangan volume air.

Sumur X1 dilengkapi dengan dua buah kolam evaporasi.

Apabila kolam tersebut sudah mencapai kapasitasnya, kelebihan airnya dipompa ke tangki berkapasitas 16.000 liter. Tangki ini dilengkapi indikator ketinggian untuk memantau kapasitas air

saat ini. Air dari tangki kemudian diinjeksikan menggunakan mesin pompa injeksi yang beroperasi selama 6 jam untuk menginjeksikan 4.500 hingga 5.000 liter air. Representasi skema sistem pemrosesan ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6.
Skema Pengolahan Air Terproduksi Sumur X1

3.3. Kinerja Sistem Pengolahan Air Terproduksi Sumur X1

Pemisah API separaotr berukuran panjang 15 meter dan lebar 4 meter. Menurut spesifikasi desain, rasio pemisah yang direkomendasikan adalah p:l = 4:1, yang berarti panjang 16 meter akan lebih sesuai. Kedalaman separator dipertahankan pada 4 meter, selaras dengan kriteria desain yang mengizinkan kedalaman maksimum 1,5 meter untuk separator API. Sesuai prosedur operasi standar, sebelum penyaringan, kandungan minyak maksimum yang diperbolehkan adalah 5 mg/l, dan setelah penyaringan, kandungan minyak tersebut harus dikurangi menjadi kurang dari 1 mg/l. Untuk mengilustrasikan efisiensi, mari kita perhatikan contoh berdasarkan data yang diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Konten Minyak

Sebelum Penyaringan	Setelah Penyaringan
Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi (ppm)
3,54	0,29
3,82	0,23
3,89	0,35
3,25	0,53
3,48	0,21

$$\eta (\%) = \frac{C_{inlet} - C_{ouulet}}{C_{inlet}} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = \frac{3,54 - 0,29}{3,54} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = 74,86$$

3.4. Kecepatan Lateral/Horizontal Separator Sumur X1

Berikut ilustrasi perhitungan kecepatan horizontal pada separator #1 menggunakan informasi pada Tabel 3. Perhitungan untuk item #1 pada pemisah

#1: Kecepatan Horizontal (VH) = Laju Aliran (Q) / (Panjang (l) x Kedalaman (d)) = 36,558 m³/mnt/(4 m x 4 m) = 2,285 m/mnt. Perhitungan ini menghasilkan kecepatan horizontal yang melampaui kriteria desain yang ditentukan yaitu 0,6 m/menit.

Tabel 3. Debit dan Kecepatan Horizontal Separator

Separator I	
Q (m ³ /mnt)	V _H (m/mnt)
36,558	2,285
36,901	2,306
37,256	2,329
38,003	2,375
37,240	2,328

3.5 Perhitungan Beban Permukaan Separator Sumur X1

Berikut adalah contoh penghitungan beban pembebanan permukaan (dinyatakan dalam L/s-m²) menggunakan data yang tersedia:

$$\text{Beban Permukaan} = 609,307 / (15 \text{ m} \times 4 \text{ m}) = 8,704 \text{ L/s-m}^2.$$

Beban pembebanan permukaan yang dihitung, seperti disajikan pada Tabel 4, melebihi kriteria desain. Menurut standar desain, dengan laju debit lebih besar dari 11,7 L/s-m², beban permukaan maksimum yang diijinkan adalah 11,3 L/s-m². Meski demikian, tetap memenuhi kriteria desain API Separator 12J.

Tabel 4. Beban *Surface Loading* Sumur X-1

Separator I	
Debit (L/s)	Surface Loading (L/s-m ²)
609,307	8,704
615,008	8,786
620,936	8,871
633,384	9,048
620,669	8,867

3.6. Standar Baku Mutu Air Terproduksi Sumur X1

Berikut adalah hasil uji laboratorium air terproduksi pada Sumur X1 mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010. Berikut hasil data sekunder tahun 2018 yang disajikan pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Baku Mutu Air Terproduksi Sumur X1 2018

Parameter	Limit Aturan	Hasil Uji				Unit	Metode
		Inlet 5/11/2018	Inlet 11/12/2018	Outlet 5/11/2018	Outlet 11/12/2018		
pH	6-9	7,08	7,11	7,12	7,18	pH units	SNI 06-6989, 11-2004
Total Dissolved Solid (TDS)	4000	23900	22500	23500	20200	mg/L	SNI 06-6989, 27-2005
Sulfide (H ₂ S)	0,5	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	mg/L	SNI 6989, 70-2009
Ammonia (NH ₃ N)	5	3,36	0,45	3,17	1,44	mg/L	SNI 06-6989, 30-2005
Temperatur	40	32,9	34	32,6	32,4	°C	SNI 06-6989, 23-2005
Chemical Oxygen Demand (COD)	200	449	514	441	324	mg/L	SNI 6989, 73-2009
Phenol	2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	mg/L	SNI 06-6989, 21-2004
Oil and Grease	25	< 5	< 5	< 5	< 5	mg/L	SNI 06-6989, 10-2011

3.7. Standar Baku Mutu Air Bersih Lapangan Wunut

Hasil analisa air bersih tersebut diperoleh dari pengujian yang dilakukan pada tanggal 20 September 2022 di Laboratorium Pelayanan Energi dan Sumber Daya Mineral Kota Surabaya sesuai pedoman yang tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2

Tahun 2023. Sampel untuk pengujian air bersih adalah dikumpulkan dari tiga lokasi tertentu: lokasi pertama (LP1) yang terletak di Desa Kedung Boto, lokasi kedua di Desa Candi Pari, dan lokasi ketiga juga di Desa Candi Pari, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. Hasil ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Baku Mutu Air Bersih Parameter Fisika

Parameter Fisika	Satuan	Metode	Baku Mutu	Hasil Uji			Keterangan
				LP 1	LP 2	LP 3	
Suhu	⁰ C	SNI/APHA	Suhu udara +- 30	28,5	29,2	28,7	In lab
Total Dissolve Solid	mg/L	SNI/APHA	<300	389	874	376	LP 1, 2, dan 3 tidak sesuai baku mutu
Kekeruhan	NTU	SNI atau warna setara	<3	1,40	2,44	0,83	
Warna	TCU	SNI/APHA	10	5	5	5	
Bau	-	APHA	Tidak Berbau	TB	TB	TB	Tidak berbau (tb)

3.8 Pembuatan *Flow Net* dan Profil Sumur Lapangan Wunut.

Hasil pemetaan arah aliran airt anah pada tiga lokasi koordinat tertentu, Desa Kedung Boto, Desa Candi Pari,

Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, dan zona sasaran injeksi yang ditetapkan dirinci pada Tabel 7, Gambar 7, Tabel 8, dan Gambar 8.

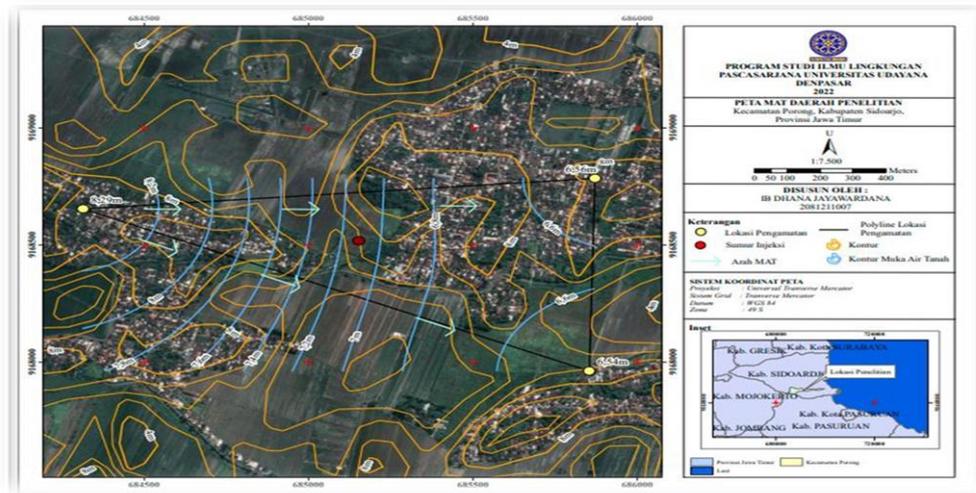
Tabel 7. Perhitungan Muka Air Tanah

LP	Coordinate		Elevasi (m)	Kedalaman Sumur (m)	Tinggi kps (m)	m a t (m)
	X	Y				
1	684314	9168654	9	1,27	0,56	8,29
2	685872	9168785	8	2,04	0,6	6,56
3	685855	9167962	7	1,09	0,63	6,54

Keterangan:

k p s = kepala sumur

m a t = muka ari tanh



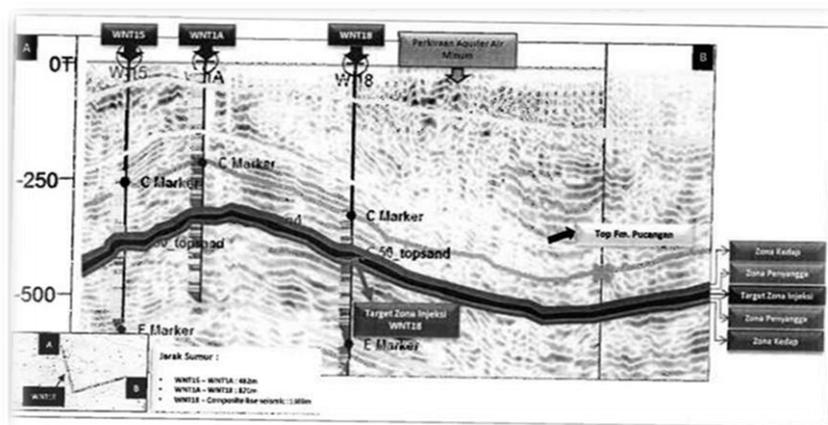
Gambar 7.
Jaring-Jaring Aliran Air Tanah Lapangan Wunut

Penampang geologi disediakan, memberikan perkiraan akuifer minum, zona target injeksi, zona penyangga, dan

zona kedap air dalam Formasi Pucangan di Lapangan Wunut, yang terletak di Blok Brantas, Jawa Timur.

Tabel 8. Zona Target Injeksi

Nama Sumur/Titik Penataan	Lokasi Permukaan dan Bawah Permukaan		Kedalaman / Panjang Sumur (ft)	Zona Target Injeksi	Jenis Sumur	Fungsi Sumur
	Lintang Utara	Bujur Timur				
Wunut Sumur# 18 SS	07 ⁰ 31'13,67"	112 ⁰ 40'42,22"	2780	Pucangan Zona C-50 (Sandstone)	Vertikal	Sumur Injeksi



Gambar 8.
Zona Target Sumur Injeksi Lapangan Wunut

Di atas zona target injeksi yang ditentukan, terdapat rangkaian stratigrafi yang terdiri dari lapisan batupasir,

batulanau, dan lempung. Lapisan batuan ini berfungsi sebagai penutup pelindung atau memberikan dukungan struktural

untuk zona target injeksi. Berdekatan dengan zona sasaran injeksi, lapisan paling atas tersusun dari tanah liat kedap air, dengan ketebalan kurang lebih 70 kaki, disusul lapisan tanah liat setebal 45 kaki di batas bawah. Zona target injeksi itu sendiri sesuai dengan lapisan C50, dengan ketebalan 70 kaki, dan terutama terdiri dari lapisan batu pasir yang cocok untuk menampung air limbah yang dimaksudkan untuk injeksi.

3.9. Tingkat Kinerja Sistem Pengolahan Air Terproduksi Sumur X1

Perhitungan efisiensi separator pada Sumur X1 menghasilkan nilai sebesar 74,86%. Singh (1976) menyatakan bahwa penghilangan kandungan minyak secara efisien biasanya berada dalam kisaran 90–95%. Penurunan efisiensi yang diamati kemungkinan besar disebabkan oleh penurunan produksi cairan hidrokarbon. Variasi produksi minyak dan gas seringkali dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti luas internal dan dimensi separator, seperti yang ditunjukkan oleh Hidayat dkk. (2014). Untuk meningkatkan kembali efisiensi pada separator Sumur X-1 perlunya dilakukan perawatan secara berkala.

Penurunan produksi gas terutama disebabkan oleh penurunan tekanan yang signifikan. Penurunan tekanan ini disebabkan oleh penggunaan kombinasi ukuran diameter pipa yang berbeda dalam satu saluran aliran untuk pengangkutan minyak dan gas. Untuk mengatasi masalah berkurangnya produksi gas selama proses pengiriman, solusinya adalah dengan melakukan standarisasi diameter pipa, seperti yang diusulkan oleh Chasanah dkk. (2015).

Sesuai Guo B. (2011), efisiensi pemisahan fasa cair dan gas dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain tekanan operasi separator, suhu, dan komposisi aliran fluida. Memodifikasi salah satu

faktor ini akan mengakibatkan perubahan pada jumlah gas dan cairan yang dikeluarkan dari separator.

3.10. Dampak Air Terproduksi/Limbah Cair Terhadap Lingkungan

Air terproduksi/limbah cair mengandung komponen yang memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan; jika tidak, hal ini menimbulkan risiko dan berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Kebocoran pipa merupakan salah satu faktor penyebab pencemaran lingkungan akibat air terproduksi (Tiana, 2015).

Air terproduksi yang dihasilkan pada Sumur X-1 lapangan Wunut berdasarkan tabel 6 untuk parameter fisika kandungan TDS pada LP 1, LP 2, dan LP 3 tidak memenuhi syarat standar baku mutu. Sehingga apabila akan digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti untuk diminum atau memasak tentunya sangat berbahaya bagi kesehatan masyarakat karena masyarakat sekitar masih memanfaatkan air untuk keperluan Higiene Sanitasi (Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2020 Tentang Standar Baku Mutu Air Bersih).

3.11. Hasil Pembuatan Flow Net Pada Lapangan Wunut

Tujuan dari pembuatan *flownet* adalah untuk memahami bagaimana polutan atau zat pencemar dapat tersebar di dalam tanah atau air bawah tanah. Pada gambar 7 dapat dilihat pola arah aliran air yang diinjeksikan kembali Sumur X-1 ke reservoir ini penting untuk membantu dalam pemantauan dan manajemen pencemaran lingkungan dengan memperbaiki sistem pengolahan limbah pada Sumur X-1, mengingat bahwa air tanah digunakan dalam berbagai kegiatan manusia seperti mandi, memasak, dan mencuci. Peraturan yang menetapkan standar mutu air untuk keperluan sanitasi

dan kesehatan merujuk pada Peraturan Kementerian Kesehatan (Permenkes) Nomor 2 Tahun 2023.

Kemampuan air tanah dalam menahan intrusi polutan atau kontaminan dari permukaan merupakan indikasi kerentanannya. Kerentanan air tanah dikategorikan menjadi dua jenis: kerentanan air tanah intrinsik dan kerentanan air tanah spesifik. Kerentanan intrinsik berkaitan dengan kerentanan yang dibentuk oleh kondisi alam, sedangkan kerentanan spesifik terhadap air tanah berkaitan dengan faktor-faktor yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1. Simpulan

Efisiensi separator di Sumur X-1, yang dihitung sebesar 74,86%, tidak memenuhi standar kriteria desain API Separator 12 J. Efisiensi yang kurang optimal ini mengindikasikan bahwa pengolahan air terproduksi belum sepenuhnya optimal, sehingga menghasilkan kandungan Total Padatan Terlarut (TDS) yang tinggi dan tidak sesuai dengan standar kualitas air terproduksi yang ditetapkan. Hasil uji laboratorium terhadap sampel air bersih yang diambil dari LP1, LP2, dan LP3 menunjukkan bahwa kandungan Total Padatan Terlarut (TDS) tidak sesuai dengan standar kualitas air bersih yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023. Ketidaksesuaian ini menimbulkan kekhawatiran akan potensi dampak buruk terhadap lingkungan yang terkait dengan air yang diproduksi, termasuk kemungkinan kebocoran atau rembesan pada peralatan produksi di permukaan, pembuangan air ke permukaan, dan injeksi ke bawah tanah. Selain itu, berdasarkan konstruksi flow net di dalam lapangan Wunut pada tiga lokasi tertentu, yaitu LP1, LP2, dan LP3, terdapat dugaan adanya rembesan yang menyebabkan

kontaminasi air tanah (akuifer) dengan kadar TDS yang tinggi.

4.2. Saran

Air yang diproduksi, sering disebut sebagai air limbah, dianggap berbahaya secara kimiawi karena berasal dari formasi yang kaya akan air garam. Dengan bertambahnya usia sumur minyak atau gas, volume air yang diproduksi cenderung meningkat. Praktik manajemen yang efektif dan pengembangan ladang minyak baru dapat membantu mengurangi volume air terproduksi atau air limbah yang dihasilkan. Sangat penting untuk memahami karakteristik spesifik air yang dihasilkan untuk mengidentifikasi metode yang sesuai untuk mengurangi komponen berbahaya sebelum dibuang.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hubail, J., & El-Dash, K. (2006). Managing disposal of water produced with petroleum in Kuwait. *Journal of environmental management*, 79(1), 43-50.
- Al-Khazaal, A. Z., Ahmad, F., & Ahmad, N. (2019). Study on the Removal of Thiosulfate from Wastewater by Catalytic Oxidation. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(2), 4053-4056.
- Andarani, P., & Rezagama, A. (2015). Analisis Pengolahan Air Terproduksi Di Water Treating Plant Perusahaan Eksploitasi Minyak Bumi (Studi Kasus: Pt Xyz). *Jurnal Presipitasi*, 12(2), 78-85.
- Anonim. (2015). Macam Sumur dan Rig dalam Perminyakan. Artikel: Oil and Gas
- Amarasooriya, A. A. G. D., & Kawakami, T. (2019). Removal of fluoride, hardness and alkalinity from

- groundwater by electrolysis. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100231.
- Ardiatma, D., & Sasmita, Y. (2019). Optimasi dosis injeksi reverse demulsifier dalam mengatasi masalah emulsi pada pengolahan air terproduksi Pt Pertamina Hulu Mahakam. *Jurnal Teknologi Dan Pengelolaan Lingkungan*, 6(01), 8-15.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*, 4(1), 83-93.
- Chasanah, S. J., Asof, M., & Prabu, U. W. (2015). Analisis Penurunan Produksi Gas Dari Sumur Ke Stasiun Pengumpul Lembak PT. Pertamina Field Prabumulih.
- Chandra, M., Yusuf, M., & Prabu, U. A. (2019). Penggunaan Zeolit dalam Menurunkan Konsentrasi Lemak dan Minyak pada Air Terproduksi Migas. *Jurnal Pertambangan*, 3(4), 23-27.
- Depdiknas. 2013. Proses Produksi Migas Hak Cipta © 2013 pada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Dilindungi Undang-Undang.
- Efendy, I., & Syamsul, D. (2019). Faktor yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih pada Rumah Tangga di Kecamatan Peudada Kabupaten Bireun. *Jurnal Biology Education*, 7(2).
- Ervinia, A. (2011). Keadaan Amonia Pasca Aerasi Hipolimnion di Danau Lido Bogor Jawa Barat. [Skripsi]. *Institut Pertanian Bogor, Bogor*.
- Fakhru'l-Razi, A., Pendashteh, A., Abdullah, L. C., Biak, D. R. A., Madaeni, S. S., & Abidin, Z. Z. (2009). Review of technologies for oil and gas produced water treatment. *Journal of hazardous materials*, 170(2-3), 530-551.
- Fatimah, A. S. (2020). Dampak Eksploitasi Minyak Dan Gas Bumi Pada Degradasi Biota Perairan Dan Penurunan Kualitas Air Permukaan. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 4(1).
- Firdaus, (2020). Pengolahan Air Terproduksi Pada Lapangan "FD". STT MIGAS Balikpapan. OFFSHORE, Volume 4 No. 1 Juni 2020.
- Garland, T. M. (1966). Selective plugging of water injection wells. *Journal of Petroleum Technology*, 18(12), 1550-1560.
- Guo, B. (2011). *Petroleum production engineering, a computer-assisted approach*. Elsevier.
- Habiba, S., Budiono, A., & Kusuma, R. M. (2021). Analisa Bod Unit Ipal Sistem Cpi (Corrugated Plate Interceptor) Dan Efisiensi Kinerjanya Di Ppsdm Migas Cepu. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 487-493.
- Harter, T., & Walker, L. G. (2001). Extension Service and the California Department of Health Services.
- Hapsari, D. (2015). Kajian kualitas air sumur gali dan perilaku masyarakat di sekitar pabrik semen Kelurahan Karangtalun Kecamatan Cilacap Utara Kabupaten Cilacap. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 18-28.
- Hasianny, S., Noor, E., & Yani, M. (2015).

- Penerapan Produksi Bersih Untuk Penanganan Air Terproduksi Di Industri Minyak Dan Gas. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 5(1), 25-25.
- Hidayat, R., Amin, M., & Herlina, W. (2014). Upaya Peningkatan Produksi Gas Pada Separator Terpasang Di Stasiun Pengumpul Gas Musi Barat PT. Pertamina Ep Asset 2 Pendopo Field.
- Ilham, I., Amri, A., & Anita, S. (2019). Pengolahan Air Terproduksi Migas Di Kecamatan Minas Berbasis Adsorpsi Logam Boron Dan Barium Menggunakan Adsorben Alami.
- Irvandi, M. A., Siswoyo, H., & Irawan, D. E. (2022). Pemetaan Pola Aliran Air Tanah di Sekitar Kali Sumpil Kota Malang. *JURNAL TECNOSCIENZA*, 6(2), 389-403.
- Konsachritian, M 2022, Klasifikasi dan Standar Baku Mutu Air, diakses 25 Februari 2022, (<https://www.linkedin.com/pulse/klasifikasi-standar-baku-mutu-air-mario-konsachritian/?originalSubdomain=id>).
- Lukitasari, K., & Hendrajaya, L. Meander Besar" Brantas", Tanah Vulkanik Kedap Air Membalikkan Aliran Berkekuatan ke Utara.
- Maharani, V. S. (2017). *Studi literatur: pengolahan minyak dan lemak limbah industri* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Maulana, M. F 2021, Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara, Cekungan Penghasil Hidrokarbon, Redaksi Kumparan, Diakses 22 Februari 2022, (<https://kumparan.com/muhammad-firman-maulana-1615697740143641226/fisiografi-cekungan-jawa-timur-utara-cekungan-penghasil-hidrokarbon-1vln7uOIaUt>)
- Nandari, W. W., Utami, A., Yogafanny, E., & Kristiati, M. T. (2018). Pengolahan Air Terproduksi dengan Membran Bioreaktor di Wilayah Penambangan Wonocolo. *Eksergi*, 15(2), 34-40.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2007 Tentang Persyaratan dan Tata cara Pengelolaan Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Hulu Minyak dan Gas serta Panas Bumi dengan Cara Injeksi
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak Dan Gas Serta Panasbumi.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014.
- Robinson, D. (2013). Oil and gas: Treatment and discharge of produced waters onshore. *Filtration+ Separation*, 50(3), 40-46.
- Rofil, R., & Maryono, M. (2018). Pendekatan Water Point Mapping (Wpm) Dalam Monitoring Program Penyediaan Air Bersih Penduduk Di Kabupaten Agam Studi Kasus Jorong Limo Badak Nagari Malalak Timur (Doctoral dissertation, School of Postgraduate).

- Safitri, H. I., & Aryanti, N. (2013). Teknologi Ultrafiltrasi Untuk Pengolahan Air Terproduksi (Produced Water). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(4), 205-211.
- Sagaria, A. (2012). Memanfaatkan Air Terproduksi Sebagai Media Injeksi. ANTARA News Kaltim, Diakses 20 Februari 2022, (<https://kaltim.antaranews.com/berita/8539/memanfaatkan-air-terproduksi-sebagai-media-injeksi>)
- Saldanella, S., Sutikno, S., & Hendri, A. (2015). *Pemetaan Pola Aliran Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kawasan Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Salsabilla, N., Aurilia, M. F., & Maulidina, F. (2021, February). Evaluasi Pengolahan Air Injeksi Minyak Bumi pada Proyek Pengembangan Injeksi Air di Lapangan X. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI* (Vol. 2, No. 1).
- Santosan, L. W., & Adji, T. N. (2018). *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. UGM PRESS.
- Setyaningrum, D., Harjono, H., & Rizqiyah, Z. (2020). Analisis Kualitas Air Terproduksi Desa Kedewan Kecamatan Wonocolo Kabupaten Bojonegoro. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 6(1), 1-9.
- Singh, A. H. (1976). *Industrial Wastewater Management Handbook*. McGraw-Hill Book Company.
- Supu, I., Usman, B., Basri, S., & Sunarmi, S. (2017). Pengaruh suhu terhadap perpindahan panas pada material yang berbeda. *Dinamika*, 7(1), 62-73.
- Tiana, A. N. (2015). Air Terproduksi: Karakteristik dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 01-11.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2004). *Groundwater hydrology*. John Wiley & Sons.
- Vegatama, M. R., Kumalasari, P. I., Megawati, E., Monde, J., & Pongtiku, S. (2023). Analisa Kinerja Separator Low Pressure V-4190 terhadap Retention Time Studi Kasus di PT. X FIELD Y. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 5387-5397.
- Wahyu, S. N., Setiawan, P., & Yogesvara, I.B. (2018) Studi Kasus Pengelolaan Air Terproduksi Di Lapindo Brantas Inc.
- Wisaksono, W., & Mulyono, M. (2018). Optimalisasi proses biodegradasi untuk menurunkan kandungan fenol di dalam air terproduksi pada industri migas. *SKRIPSI-2001*.
- Zulius, A. (2011). Rancang Bangun Monitoring pH air menggunakan soil moisture sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *Jurnal Teknologi Informasi MURA*, 3(1).