

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH UKURAN BUTIR ANDESIT DENGAN  
VARIABEL WAKTU TERHADAP KADAR LOGAM (Fe DAN Mn) PADA  
AIR TERPRODUKSI MIGAS**



**Oleh**

**M. Ilham Ridho Saputra**

**03021281520109**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH UKURAN BUTIR ANDESIT DENGAN  
VARIABEL WAKTU TERHADAP KADAR LOGAM (Fe DAN Mn) PADA  
AIR TERPRODUKSI MIGAS**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



Oleh

**M. Ilham Ridho Saputra**

**03021281520109**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS PENGARUH UKURAN BUTIR ANDESIT DENGAN VARIABEL WAKTU TERHADAP KADAR LOGAM Fe DAN Mn PADA AIR TERPRODUKSI MIGAS

#### LAPORAN SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**M. ILHAM RIDHO SAPUTRA** 03021281520109

Palembang, Juli 2020

Pembimbing I



Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT.  
NIP. 195909251988111001

Pembimbing II



Ir. Ubaidillah Anwar Prabu, MS.  
NIP. 195510181988031001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pertambangan



Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, S.T., M.T.  
NIP. 196902091997032001

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Ilham Ridho Saputra  
NIM : 03021281520109  
Judul : Analisis Pengaruh Ukuran Butir Andesit Dengan Variabel Waktu Terhadap Kadar Logam (Fe Dan Mn) Pada Air Terproduksi Migas

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk mendapatkan pembimbing sebagai korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



**M. Ilham Ridho Saputra**  
**NIM. 03021281520109**

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Ilham Ridho Saputra  
NIM : 03021281520109  
Judul : Analisis Pengaruh Ukuran Butir Andesit Dengan Variabel Waktu Terhadap Kadar Logam (Fe Dan Mn) Pada Air Terproduksi Migas

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



**M. Ilham Ridho Saputra**  
**NIM. 03021281520109**

## RIWAYAT PENULIS



M. Ilham Ridho Saputra. Anak laki-laki yang lahir di Palembang, pada tanggal 11 September 1997. Anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Hendri dan Rosleni. Mengawali pendidikan di bangku sekolah dasar di Sekolah Dasar Kartika II-3 Palembang tahun 2003. Tahun 2009 melanjutkan pendidikan tingkat pertama di MTsn 2 Palembang. Selanjutnya tahun 2012 melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 6 Palembang. Pada tahun 2015 melanjutkan pendidikan di Universitas Sriwijaya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pertambangan melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Nasional.

Selama menjadi mahasiswa Universitas Sriwijaya, penulis aktif menjadi anggota HANTAM Teknik Pertambangan 2015, penulis juga aktif menjadi anggota SC PERHAPI dan penulis menjadi anggota pasif PERMATA UNSRI.

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

### **Skripsi ini saya persembahkan untuk :**

Ibunda Rosleni dan Ayahanda Hendri yang telah banyak memberikan dukungan dan kasih sayang yang terus menerus sehingga dapat menjadi orang yang bermanfaat dan mendoakan saya agar selalu dalam lindungan-nya. Kepada kakak saya M. Iqbal Ramadhan dan adik saya M. Alif Rachman Hidayat yang menjadi sumber semangat saya.

### **Terima Kasih Kepada :**

- Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T. dan Ir. Ubaidillah Anwar Prabu, M.S. yang telah bersedia membimbing saya dalam penyelesaian Skripsi serta banyak membantu saya untuk menjadi orang yang lebih baik
- Seluruh dosen dan Staff Jurusan Teknik Pertambangan Unsri
- Temanku Nopal, Dida, dan Miko yang telah membantu membimbing pembuatan skripsi
- Teman-teman Mutiara Kost ( Adeng, Billy, Irsyad, Arsyi, Aldy, Doyok, Ari, Darun, Erlangga, Ojan, Ihsan, Tor, Jeka, Razif, Reza, Riqi, Syukri ) dan kelas A serta keluarga besar Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya, terutama angkatan 2015 dan semua teman-teman selama masa studi di UNSRI.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Analisis Pengaruh Ukuran Butir Andesit Dengan Variabel Waktu Terhadap Kadar Logam Fe dan Mn pada Air Terproduksi Migas” yang dilaksanakan pada tanggal 01 Juli sampai 31 Juli 2019 dapat terselesaikan dengan baik.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT. dan Ir. Ubaidillah Anwar Prabu, MS. selaku pembimbing pertama dan kedua yang telah banyak membimbing dalam penyusunan skripsi ini. Terimakasih juga kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan skripsi ini, antara lain:

1. Prof. Dr. Ir. H. Anies Saggaf, MSCE. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., PhD. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, ST., MT. dan Bochori, ST., MT. selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Syarifuddin, ST., MT. selaku Pembimbing Akademik.
5. Seluruh dosen pengajar dan staff karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Nyimas Eviyani, S.Si. Sebagai Kepala UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup & Kebersihan Kota Palembang beserta para staff dan karyawan.

Penyelesaian Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun diharapkan guna perbaikan nantinya. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Palembang, Juli 2020

Penulis



## RINGKASAN

ANALISIS PENGARUH UKURAN BUTIR ANDESIT DENGAN VARIABEL WAKTU TERHADAP KADAR LOGAM Fe DAN Mn PADA AIR TERPRODUKSI MIGAS.

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, Juli 2020

Muhammad Ilham Ridho Saputra: Dibimbing oleh Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT. dan Ir. Ubaidillah Anwar Prabu, MS.

Analisis Pengaruh Ukuran Butir Andesit Dengan Variabel Waktu Terhadap Kadar Logam Fe dan Mn Pada Air Terproduksi Migas.

xiv + 33 halaman, 7 gambar, 12 tabel, 6 lampiran

### RINGKASAN

Air terproduksi migas merupakan produk samping dari penambangan minyak dan gas bumi. Air terproduksi migas yang dihasilkan dan yang terangkat ke permukaan mengandung logam Fe yang tinggi yaitu 3,0 mg/L dan Mn yang tinggi yaitu 0,53 mg/L sehingga menyebabkan air ini mencemarkan dan merusak ekosistem di sekitar area tambang serta yang paling utama air terproduksi migas tidak dapat dimanfaatkan menjadi air bersih. Tujuan Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh ukuran butir andesit dengan variabel waktu terhadap logam Fe dan Mn pada air terproduksi migas. Penanganan air terproduksi migas bisa dilakukan dengan cara aktif. Metode yang dilakukan dengan penanganan aktif yaitu adsorpsi pada air terproduksi migas. Hasil analisis logam Fe dengan menggunakan ukuran butir andesit 4# dapat menurunkan kadar logam Fe sebesar 95,76% dari 3,0 mg/L menjadi 0,127 mg/L sedangkan hasil logam Mn dengan menggunakan ukuran butir andesit 50# dapat menurunkan logam Mn sebesar 93,96% dari 0,53 mg/L menjadi 0,032 mg/L.

Kata Kunci : Air terproduksi migas, Fe, Mn, Andesit

Kepustakaan : 16 (1996-2018)

## SUMMARY

ANDESITE GRAIN SIZE AND TIME VARIABLE EFFECT TO Fe AND Mn METAL IN OIL AND GAS PRODUCED WATER.

Scientific writing in the form of Final Assignment, July 2020

Muhammad Ilham Ridho Saputra: Supervised by Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT. and Ir. Ubaidillah Anwar Prabu, MS.

Andesite grain size and time variable effect to Fe and Mn metal in oil and gas produced water.

xiv + 33 pages, 7 images, 12 tables, 6 attachments

### SUMMARY

Oil and gas produced water is a by-product of oil and gas mining. The oil and gas produced water which is existed and lifted to the surface contains high Fe metal as big as 3,0 mg/L and high Mn metal as big as 0,53 mg/L causing this water to pollute and damage the ecosystem around the mine area, and the most important matter is that the oil and gas produced water cannot be used as clean water. This research is conducted to analyze the effect of andesite grain size with the time variable on Fe and Mn Metal of oil and gas produced water. The handling of oil and gas produced water can be done actively. Method that is used with active handling is adsorption to the oil and gas produced water. Result of the analysis are the Fe metal adsorbed with andesite grain size 4# could reduce the level of Fe metal to 95,76% from 3,0 mg/L reduced to 0,127 mg/L, and for the Mn metal adsorbed with andesite grain size 50# could be reduced to 93,96% from 0,53 mg/L reduced to 0,032 mg/L.

Keywords : Oil and gas produced water, Fe, Mn, Andesite

Literature : 16 (1996-2018)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Persetujuan Publikasi.....	iii
Halaman Persetujuan Integritas .....	iv
Riwayat Penulis.....	v
Halaman Persembahan .....	vi
Kata Pengantar .....	vii
Ringkasan.....	viii
<i>Summary</i> .....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Lampiran .....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Ruang Lingkup.....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Air Terproduksi Migas.....	5
2.2. Kandungan Air Terproduksi Migas .....	5
2.3. Parameter Air Terproduksi Migas.....	7
2.4. Pembentukan Logam Fe dan Mn pada Air Terproduksi Migas.....	9
2.5. Pengolahan Logam Fe dan Mn pada Air Terproduksi Migas .....	10
2.6. Efektifitas Penyerapan Logam Fe dan Mn pada Andesit.....	13
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	14
3.2. Persiapan .....	16
3.3. Metode Penelitian.....	18
3.4. Pengolahan Data dan Analisis Data .....	20
3.5. Metode Penyelesaian Masalah .....	21
3.6. Bagan Alir Penelitian .....	22
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Pengaruh ukuran butir andesit dengan variabel waktu terhadap penurunan Logam Fe .....	23
4.2. Pengaruh ukuran butir andesit dengan variabel waktu terhadap penurunan Logam Mn .....	27

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan .....	30
5.2. Saran.....	30

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
2.1. Batu Andesit.....	12
3.1. Peta lokasi PT Pertamina EP Asset 2 limau field .....	15
3.2. Bagan alir penelitian .....	22
4.1. Batu Andesit yang telah direduksi ukuran butirnya.....	24
4.2. Air Terproduksi sebanyak 300cc .....	24
4.3. Grafik penurunan Fe menggunakan ukuran butir andesit dengan variabel waktu .....	25
4.4. Grafik penurunan Mn menggunakan ukuran butir andesit dengan variabel waktu .....	28
A.1. <i>Jaw crusher</i> .....	34
A.2. <i>Sieve</i> .....	34
A.3. <i>Spectrophotometer</i> .....	35
A.4. <i>Beaker glass</i> .....	35

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
2.1. Nilai pH .....	8
2.2. Data geokimia untuk komposisi batuan andesit .....	13
3.1. Data, parameter, dan jenis data.....	17
3.2. Hasil uji analisis kadar Fe pada menit ke- 0.....	19
3.3. Hasil uji analisis kadar Mn pada menit ke- 0 .....	19
3.4. Hasil uji analisis kadar Fe pada menit ke- 180.....	20
3.5. Hasil uji analisis kadar Mn pada menit ke- 180 .....	20
3.6. Metode penyelesaian masalah.....	21
4.1. Hasil uji analisis logam Fe menggunakan ukuran butir andesit dengan variabel waktu .....	25
4.2. Model Summary Logam Fe .....	26
4.3. Hasil uji analisis logam Mn menggunakan ukuran butir andesit dengan variabel waktu .....	27
4.4. Model Summary Logam Mn.....	29
C.1. Peraturan gubernur sumatera selatan nomor 16 tahun 2005 .....	39
D.1. Persentase penurunan logam Fe menggunakan ukuran butir andesit pada waktu maksimum.....	41
E.1. Persentase penurunan logam Mn menggunakan ukuran batu andesit pada waktu maksimum.....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
A. Peralatan-peralatan penelitian .....	36
B. Tutorial SPSS .....	38
C. Peraturan gubernur sumatera selatan nomor 16 tahun 2005 .....	41
D. Persentase hasil analisis logam Fe menggunakan ukuran butir andesit dengan variabel waktu .....	43
E. Persentase hasil analisis logam Mn menggunakan ukuran butir andesit dengan variabel waktu .....	46
F. Surat Keterangan Pengujian Air Terproduksi di Laboratorium .....	49

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

PT Pertamina merupakan salah satu induk perusahaan yang menyelenggarakan kegiatan industri pertambangan di sektor hulu minyak dan gas bumi yang meliputi kegiatan eksplorasi dan eksploitasi. Salah satu anak perusahaan PT Pertamina yang melakukan kegiatan industri pertambangan di sektor hulu minyak dan gas bumi di Prabumulih dilakukan oleh PT Pertamina EP Asset 2 dengan empat lokasi penambangan yang terdiri dari Adera Field, Limau Field, Pendopo Field, dan Prabumulih Field.

PT Pertamina Asset 2 saat melakukan proses produksi minyak bumi dan gas bumi selain menghasilkan minyak mentah (*crude oil*) dihasilkan juga air terproduksi dalam jumlah cukup besar yang terangkat ke permukaan dan kuantitasnya jauh lebih banyak dibandingkan dengan minyak yang akan dihasilkan sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap air di area industri pertambangan minyak dan gas bumi terutama penurunan kualitas air yang layak bagi kehidupan makhluk hidup.

Liestyana (2018), mengemukakan bahwa air terproduksi migas yang terbentuk bersama minyak dan gas bumi mengandung beberapa senyawa dalam bentuk ion-ion yaitu kation (ion positif) dan anion (ion negatif). Ion-ion yang terbentuk antara lain yaitu Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ), Barium ( $\text{Ba}^{2+}$ ), Natrium ( $\text{Na}^{2+}$ ), Klorida ( $\text{Cl}$ ), Karbonat ( $\text{CO}^{2-}$ ), Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), Mangan ( $\text{Mn}$ ) dan Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Besi memiliki konsentrasi yang relatif rendah (kurang dari 0,3 mg/L) yang berupa *ferric* ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan *ferro* ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Kehadiran besi dalam air akan menyebabkan timbulnya rasa dan bau logam, menimbulkan warna koloid merah (karat) akibat oksidasi oleh oksigen terlarut yang dapat menjadi racun bagi manusia apabila dikonsumsi secara terus menerus dalam waktu yang lama.

Mangan ( $\text{Mn}$ ) adalah metal berwarna keabu-kemerahan, di alam mangan ( $\text{Mn}$ ) umumnya ditemui dalam bentuk senyawa dengan berbagai macam valensi.



Air yang mengandung Mangan (Mn) berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), dan kekeruhan (Fauziah, 2010).

Dalam jumlah yang kecil ( $<0,5$  mg/l) , Mangan (Mn) dalam air tidak menimbulkan gangguan kesehatan, melainkan bermanfaat dalam menjaga kesehatan otak dan tulang, berperan dalam pertumbuhan rambut dan kuku, serta membantu menghasilkan enzim untuk metabolisme tubuh untuk mengubah karbohidrat dan protein membentuk energi yang akan digunakan. Tetapi dalam jumlah yang besar ( $>0,5$  mg/l) , Mangan (Mn) dalam air minum bersifat neurotoksik. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf, insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng atau *mask* (Slamet, 2007).

Air terproduksi migas yang dihasilkan dan yang terangkat ke permukaan mengandung logam Fe yang tinggi yaitu 3,0 mg/L dan logam Mn yang tinggi yaitu 0,53 mg/L. Kandungan logam Fe ini selain menyebabkan korosi pada pipa produksi tetapi juga membuat air ini mencemarkan dan merusak ekosistem disekitar lingkungan tambang, serta air terproduksi migas yang mengandung logam Fe dan Mn tinggi ini tidak dapat dimanfaatkan menjadi air bersih karena kandungan Fe melebihi batas maksimum menurut Pergub Sumsel Nomor 16 Tahun 2005 tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air Sungai untuk logam Fe yaitu 0,3 mg/L dan logam Mn yaitu 0,1 mg/L.

Terdapat dua macam proses pengolahan air terproduksi migas yaitu proses aktif dan proses pasif. Proses aktif merupakan proses yang dioperasikan oleh manusia dengan perawatan dan monitoring yang berasal dari energi luar sedangkan proses pasif merupakan proses yang tidak memerlukan campur tangan manusia untuk perawatannya. Batu andesit memiliki sifat basa yang dapat menetralkan air terproduksi seperti mengurangi kadar logam berat Fe dan Mn.

Andesit mengandung senyawa kimia yang dapat digunakan untuk pengolahan air terproduksi migas terutama dalam menurunkan kadar logam Fe dan Mn. Andesit merupakan batuan beku vulkanik yang terbentuk dari pembekuan lava yang keluar dari perut bumi (ekstrusif) dan memiliki butiran mineral yang halus atau biasa disebut dengan *fine grained*. Andesit pada umumnya memiliki warna abu abu gelap. (King, 2017). Komposisi yang terdapat

pada andesit dapat digunakan untuk mengurangi kandungan logam berat yang terkandung di dalam air terproduksi migas.

Berdasarkan hal tersebut, maka untuk mengelola dan menganalisis logam Fe dan Mn pada air terproduksi maka dilakukan penelitian untuk menentukan ukuran butir yang tepat pada andesit terhadap penurunan logam Fe dan Mn pada air terproduksi migas sehingga dapat sesuai dengan baku mutu air pada badan air dan tidak mencemarkan lingkungan.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh ukuran butir andesit dengan variabel waktu terhadap logam Fe pada air terproduksi migas?
2. Bagaimana pengaruh ukuran butir andesit dengan variabel waktu terhadap logam Mn pada air terproduksi migas?

## **1.3. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup ini terdiri dari dua bagian, yaitu ruang lingkup penelitian dan ruang lingkup pembahasan. Ruang lingkup penelitian meliputi air terproduksi migas dan andesit. Ruang lingkup pembahasan meliputi pengaruh ukuran butir andesit terhadap logam Fe dan Mn pada air terproduksi, serta waktu yang dibutuhkan terhadap penurunan logam Fe dan Mn.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan umum dilakukan penelitian ini adalah analisis pengaruh butir andesit terhadap logam pada air terproduksi migas. Sedangkan tujuan khusus dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh ukuran butir andesit terhadap logam Fe pada air terproduksi migas terhadap variabel waktu.
2. Menganalisis pengaruh ukuran butir andesit terhadap logam Mn pada air terproduksi migas terhadap variabel waktu.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu manfaat akademis dan manfaat praktis masing-masing sebagai berikut:

1. Manfaat akademis dapat mengetahui dan menambah wawasan dalam menentukan ukuran butir andesit dan air terproduksi migas yang tepat.
2. Manfaat praktis, diharapkan dapat mengurangi dampak terjadinya pencemaran lingkungan di area sekitar tambang dan membantu perusahaan pertambangan migas dalam upaya mengatasi logam Fe dan Mn pada air terproduksi migas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianty, C., Gustin, L., Dewi, T.K., 2012. Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Menggunakan Teknologi Membran Keramik. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(3): 16-25
- Crittenden, John C., Trussell, R. Rhodes., Hand, David W., Home, Kerry J., and Tchobanoglous, George. 2012. “*Water Treatment: Principles and Design, Second Edition*”. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Edahwati, L., dan Suprihatin. 2009. “Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan”. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 1(2).
- Effendi, H. 2003. “*Telaah Kualitas Air*”. Yogyakarta: Kanisius.
- Fauziah, A., 2010. *Efektivitas Saringan Pasir Cepat dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn) pada Air Sumur dengan Penambahan Kalium Permanganat (KmnO<sub>4</sub>) 1%*. Skripsi FKM Usu: Medan.
- Hanum, F. 2002. “Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum”. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(1): 1-2.
- Ivory, D. 2015. “Prospek Pemanfaatan Air Terproduksi”. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(1): 3.
- Kemmer, Frank N. 1998. “*The NALCO Water Handbook, Second Edition*”. New York: Mc Graw-Hill, Inc.
- Liestyana, R. 2018. “Analisa Air Formasi Terhadap Kecenderungan Pembentukan Scale Calcium Carbonate (CaCO<sub>3</sub>) Dan Calcium Sulphate (CaSO<sub>4</sub>)”. *Jurnal Teknik Perminyakan*. 1(1): 1-2.
- Mubarokah, I. 2010. *Gabungan Metode Aerasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Fenol dan COD pada Limbah Cair UKM Batik Purnama*. Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principle Of Membrane Technology*, 2E. Diperoleh tanggal 12 maret 2019 dari [http://fuadrofiqi.blogspot.com/2012/11/filtrasi\\_5043.html](http://fuadrofiqi.blogspot.com/2012/11/filtrasi_5043.html)
- Osmonics. 1997. “*Pure Water Handbook, Second Edition*”. Osmonics.
- Peraturan Gubernur No. 16. 2005. “*Peruntukan Air dan Baku Mutu Air Sungai*”.

- Said, N. I. 1996. *Pembuatan Filter untuk Menghilangkan Zat Besi dan Mangan di dalam Air*. Diperoleh 17 januari 2018 dari <http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Filter/filter.html>
- Smith, J. D., Naden, J., Jenkin, G. R. T., Keith, M., 2017. Hydrothermal Alteration and Fluid pH in Alkaline-hosted Epithermal Systems. *Journal for Comprehensive Studies of Ore Genesis and Ore Exploration*, 89: 772-779.
- Tiana, A. N. 2015. “Air Terproduksi: Karakteristik dan Dampaknya Terhadap Lingkungan”. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(1): 01-11.