



## PENYISIHAN Fe-ORGANIK PADA AIR TANAH DENGAN PROSES OZONISASI

Kancitra Pharmawati<sup>1</sup>, Moh. Rangga Sururi,<sup>2</sup> Eka Wardhani<sup>3</sup> Indra Suryana<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Lingkungan, ITENAS

E-mail: <sup>1</sup>kancitra@yahoo.com;

<sup>2</sup>rangsoer@yahoo.com;

<sup>3</sup>ekw\_wardhani@yahoo.com;

<sup>4</sup>indra\_suryana@yahoo.com

### ABSTRAK

Permasalahan pemanfaatan air tanah untuk kebutuhan domestik sering dihadapkan pada kandungan ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan bahan organik yang berdampak pada kesehatan dan estetika. Penyisihan Fe dan bahan organik sangat sulit jika dilakukan melalui proses oksidasi biasa. Maksud penelitian ini untuk mengetahui efisiensi penyisihan kandungan kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) organik melalui proses oksidasi dengan menggunakan ozon. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi sisa ozon, penyisihan besi dan bahan organik. Sampel air yang digunakan adalah air tanah di daerah Padasuka Bandung. Penelitian ini menggunakan reaktor semi batch bervolume 1,5 liter dengan waktu kontak yang digunakan 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Metode yang digunakan untuk mengukur konsentrasi sisa ozon adalah Indigo Colorimetric 4500- O<sub>3</sub>- B, untuk mengukur kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) adalah metode Phenantrolin. Pada penelitian ini juga mengukur kandungan besi total untuk mengetahui kandungan ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Pengukuran bahan organik menggunakan metode Titrasi Permanganometri. Kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) pada sampel air tanah adalah 3,271 mg/L dan kandungan bahan organiknya sebesar 4,38 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisihan kandungan besi maksimum sebesar 92,15%, terjadi pada C=0,0705 mg/L dan t= 15 menit sedangkan penyisihan bahan organik maksimum sebesar 42,85% terjadi pada C=0,0623 mg/L dan t= 20 menit

**Kata Kunci :** Besi, Bahan Organik, Konsentrasi Sisa Ozon, Ozonisasi

### PENDAHULUAN

Air mempunyai peran strategis terhadap kebutuhan manusia, namun air tidak hanya dibutuhkan manusia tetapi oleh makhluk hidup lainnya seperti hewan dan tumbuhan. Air yang dimaksud adalah air bersih, yang saat ini ketersediaannya sulit diperoleh. Air bersih yang dimaksud adalah air yang jernih,

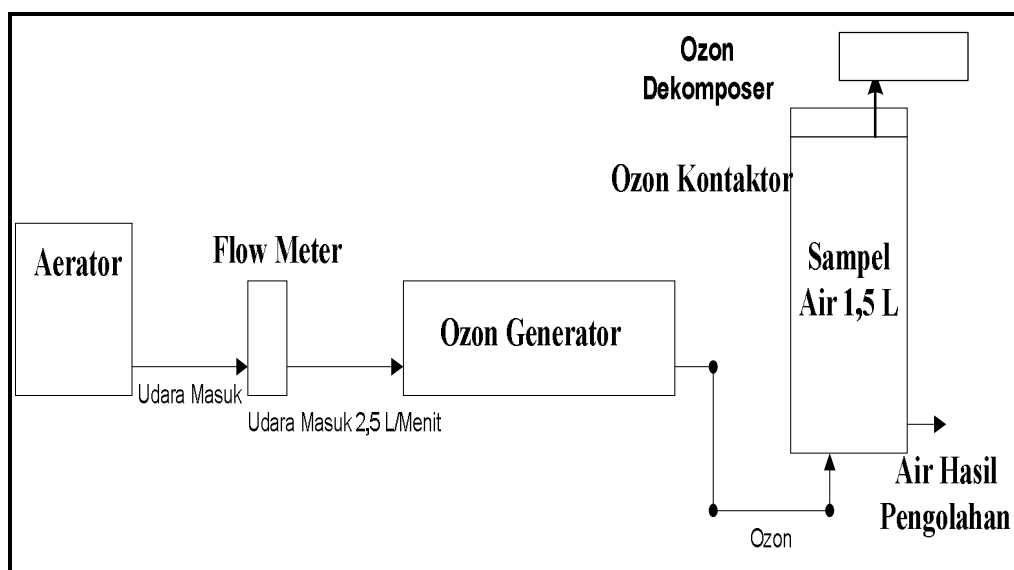
tidak berwarna dan tidak berbau. Sedangkan air minum adalah air bersih yang aman untuk dikonsumsi.

Dampak tingginya kandungan besi menyebabkan warna air berubah menjadi kuning-coklat, mengganggu kesehatan, estetika dan bersifat korosif terhadap pipa yang akan mengganggu sistem distribusi air (Soemirat, 2004). Oleh karena itu menurut Kepmenkes RI No.907/Menkes/SK/VII/ tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, didalam sistem penyediaan air minum kandungan besi dibatasi sampai 0,3 mg/l.

Proses penyisihan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) yang umum digunakan dalam sistem penyediaan air minum adalah proses oksidasi secara kimiawi, yaitu menaikkan tingkat oksidasi oleh suatu oksidator dengan tujuan merubah bentuk besi terlarut ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi bentuk besi tidak larut ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Proses oksidasi dapat dilakukan dengan metode aerasi, klorinasi dan permanganat. Namun dalam aplikasinya teknologi yang diterapkan tersebut masih belum memuaskan karena besi yang ditemui berada dalam bentuk senyawa organik misalnya bersenyawa dengan bahan organik dan asam humus (Notodarmojo et al, 2007).

Alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menyisihkan kandungan besi yang berikatan dengan bahan organik adalah metode ozonisasi yang memanfaatkan sifat ozon sebagai oksidator (Notodarmojo et al, 2007). Selain itu, ozon memiliki keunikan yaitu ozon mudah terdekomposisi menjadi OH radikal yang merupakan oksidator terkuat dalam air. OH radikal bersifat tidak selektif sehingga jika ada bahan yang tahan terhadap ozon maka akan dioksidasi oleh OH radikal. Oleh karena itu reaksi dengan hidroksil radikal menjadi lebih penting karena memiliki oksidasi potensial lebih tinggi sekitar 2,8V melebihi ozon yang hanya memiliki 2,07V (Beltrand, dalam Sururi 2008).

Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian mengenai ozonisasi pada sampel air tanah dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi sisa ozon, efisiensi penyisihan kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan efisiensi penyisihan kandungan bahan organik dalam air tanah.



Gambar 1 Skema Alat Ozonisasi

## METODOLOGI PENELITIAN

### STUDI LITERATUR

Studi literatur diperlukan untuk mendukung dan memahami rumusan teoritis yang diperlukan pada penelitian ini. Studi literatur bersumber dari berbagai media, seperti buku, jurnal, dan internet.

### PERSIAPAN PERALATAN

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu peralatan analisis laboratorium untuk mengukur karakteristik air dan alat untuk ozonisasi, berupa:

- *Aerator* digunakan untuk mensuplai udara ke *ozone generator*.
- *Flow Meter* untuk mengatur udara yang akan dimasukkan ke *ozone generator*. Debit udara yang dimasukkan ke dalam generator adalah 2,5 L/menit.
- *Ozon generator* digunakan untuk mengubah oksigen menjadi ozon.
- Ozon kontaktor. Ozon yang dihasilkan oleh *ozone generator*, dialirkan menuju kontaktor. Dalam kontaktor, ozon dikontakkan dengan sampel air yang akan diolah. Ozon dekomposer digunakan untuk memecah kelebihan ozon menjadi oksigen sebelum terlepas ke udara.

### PERSIAPAN BAHAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan-larutan kimia untuk pengukuran karakteristik air dan larutan *indigo stock solution* dan *indigo reagent II* untuk pengukuran konsentrasi sisa ozon dalam air. Sedangkan untuk pengukuran kandungan besi dan bahan organik terdiri dari HCl pekat, Amonium asetat, Phenanthroline, Kalium permanganat, Asam oksalat dan asam Sulfat.

### PENGAMBILAN SAMPEL AIR

Sampel air yang digunakan pada penelitian ini adalah air tanah Padasuka di daerah Bandung. Pengambilan sampel dilakukan di daerah tersebut karena air tanah tersebut adalah air tanah dalam dengan kedalaman 50-60 meter, digunakan sebagai bahan baku air minum dan mempunyai kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) tinggi melebihi persyaratan permenkes RI No.907/Menkes/SK/VII/ yaitu 0,3 mg/l. Alasan lain karena jarak lokasi sampel dengan tempat penelitian tidak jauh sehingga pada waktu sampling kualitas air tanah tidak terjadi perubahan yang signifikan. Terutama kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) yang mudah teroksidasi setelah kontak dengan udara. Pengambilan sampel air dilakukan pada bulan Januari - April 2010. Sampling air dilakukan secara sesaat (*grab sample*) menggunakan jerigen 5 liter.

### PENGUKURAN KUALITAS SAMPEL AIR

Metode pengukuran parameter kualitas sampel air yang dilakukan pada ozonisasi konvensional dan AOP dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Metode Pengukuran Parameter Air yang Digunakan

| No. | Parameter Air                      | Metode Pengukuran            |
|-----|------------------------------------|------------------------------|
| 1   | pH                                 | pH meter                     |
| 2   | Suhu                               | -                            |
| 3   | Kandungan Besi (Fe <sup>2+</sup> ) | Phenantroline                |
| 4   | Mangan                             | Colorimetri dengan Persulfat |
| 5   | Alkalinitas                        | Titrasi asam-basa            |
| 6   | Bahan organik                      | Titrasi Permanganometri      |

Sumber: Standard Methode 20<sup>th</sup> Edition.

## OZONISASI

Sistem yang digunakan pada ozonisasi adalah *semi batch*, dengan prinsip kerja memompakan udara bebas kedalam ozon generator menggunakan aerator dengan debit pemompaan 2,5 L/menit. Sehingga menghasilkan ozon dalam fasa gas, kemudian dikontakkan secara kontinyu ke dalam kontaktor berisi sampel air bervolume 1,5 liter sehingga diperoleh ozon di dalam air.

## PENGUKURAN KONSENTRASI SISA OZON

Konsentrasi ozon yang terukur pada penelitian ini sebenarnya adalah konsentrasi sisa ozon karena ozon merupakan gas yang sangat reaktif. Kereaktifan ozon menyulitkan bagi pengukuran kelarutan ozon di dalam air secara langsung tanpa terjadi reaksi oksidasi dengan senyawa lain yang terdapat di dalam air. Diperkirakan terjadi kehilangan konsentrasi ozon sekitar 10% selama persiapan pengukuran (*Hoigne dan Bader, 1975*).

Metode yang digunakan untuk pengukuran konsentrasi sisa ozon, yaitu metode *Indigo Colorimetric (4500-O3-B)* dengan prinsip pengukuran penyerapan cahaya yang sebanding dengan intensitas warna larutan. Pengukuran dilakukan menggunakan *spektrofotometer* dengan panjang gelombang 600 nm.

## INTERVAL WAKTU KONTAK

Pemilihan interval waktu kontak berdasarkan studi litelatur yang ada. Kemudian dilakukan percobaan dari beberapa interval waktu kontak yang dapat menyisihkan besi mencapai 0,3 mg/L sesuai baku mutu permenkes No.907/Menkes/SK/VII/. Hasil interval waktu yang di dapat adalah 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### DATA KARAKTERISTIK SAMPEL AIR

Hasil pengukuran kualitas air pada masing-masing sampel air tanah dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat dilihat parameter suhu pada sampel air tanah berada pada kondisi suhu ruang yaitu  $24 \pm 3$  °C sementara parameter pH berada pada suasana asam. pH asam disebabkan oleh adanya air hujan yang merupakan input sumber air tanah, bersifat asam lemah dengan tingkat keasaman berkisar pH 5,6.

Kandungan besi terlarut ( $\text{Fe}^{2+}$ ) pada sampel air tanah Padasuka sebesar 3,721 mg/L. Keberadaan kandungan besi biasanya bersamaan dengan unsur Mangan (Mn). Kandungan Mn pada sampel air tanah Padasuka sebesar 1,13 mg/l.

Konsentrasi bahan organik pada air tanah Padasuka dalam angka permanganat yaitu sebesar 4,38 mg/L. Keberadaan bahan organik dipengaruhi oleh adanya dekomposisi tumbuhan dan hewan pada masing-masing air tanah secara proses biologi (Notodarmojo, 2005). Adanya bahan organik pada sampel air tanah mengindikasikan bahwa air tanah tersebut mengandung besi organik, karena senyawa besi dalam air tanah bisa berikatan dengan bahan organik (Keller, 2004).

**Tabel 3** Karakteristik Fisik dan Kimia Sampel Air

| No. | Parameter Kualitas Air       | Sampel Air Tanah Padasuka |
|-----|------------------------------|---------------------------|
| 1   | Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )  | 24,2                      |
| 2   | pH                           | 5,41                      |
| 3   | Mangan (mg/L)                | 1,13                      |
| 4   | Bahan Organik (mg/L)         | 4,38                      |
| 5   | Alkalinitas (mg/L)           | 218,9                     |
| 6   | Besi $\text{Fe}^{2+}$ (mg/L) | 3,271                     |

Sumber: Penelitian (2010)

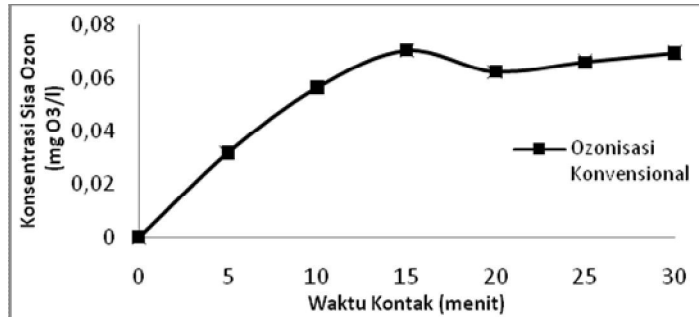
Tingginya konsentrasi alkalinitas pada sampel air tanah Padasuka yaitu sebesar 218,9 mg/L dipengaruhi oleh kondisi pH dan bahan organik pada air tanah. Dimana pH rendah dan adanya bahan organik menunjukkan alkalinitas yang tinggi (Sawyer, 1994).

Semua parameter kualitas sampel air diatas sangat penting karena keberadaannya akan mempengaruhi dekomposisi ozon pada proses ozonisasi konvensional untuk penyisihan kandungan besi. Seperti suhu yang meningkat akan menurunkan kelarutan ozon dalam air, kemudian pH pada air terdapat ion hidrosida ( $\text{OH}^-$ ) yang memprcepat dekomposisi ozon (inisiator) dan alkalinitas merupakan inhibitor yang memperlambat rekasi OH radikal. Sedangkan kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ), mangan dan bahan organik termasuk inisiator.

### KONSENTRASI SISA OZON PADA PROSES OZONISASI

Pengukuran konsentrasi sisa ozon dalam sampel air tanah Padasuka dilakukan pada setiap interval waktu kontak setelah proses ozonisasi. Hasil dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 pada proses ozonisasi terjadi peningkatan konsentrasi sisa ozon. Peningkatan yang signifikan terjadi dari waktu kontak 0-15 menit dengan konsentrasi sisa ozon sebesar 0,0705 mg/L. Kemudian pada waktu kontak 20 menit konsentrasi sisa ozon mengalami sedikit penurunan menjadi 0,0623 mg/L dan pada waktu kontak 25-30 menit konsentrasi sisa ozon kembali meningkat menjadi sebesar 0,0694 mg/L.



**Gambar 2** Grafik Konsentrasi Sisa Ozon Terhadap Waktu Kontak dengan Proses Ozonisasi

Peningkatan konsentrasi sisa ozon pada ozonisasi dikarenakan ozon yang di kontakkan ke dalam reaktor dilakukan secara terus-menerus dengan debit udara sebesar 2,5 L/menit sedangkan volume sampel air tanah di dalam reaktor berkurang setiap penambahan waktu kontak. Alasan lain karena pada awal waktu kontak dekomposisi ozon dipercepat oleh adanya inisiator berupa besi  $Fe^{2+}$  yang tinggi, mangan dan bahan organik. Kemudian seiring penambahan waktu kontak kandungan besi( $Fe^{2+}$ ) teroksidasi oleh ozon dan OH radikal menjadi besi ( $Fe^{3+}$ ) sehingga inisiator besi ( $Fe^{2+}$ ) berkurang. Begitu juga dengan inisiator mangan dan bahan organik yang akan teroksidasi oleh ozon (Lenntech,2010).

Sedangkan adanya penurunan konsentrasi sisa ozon pada waktu 15-20 menit kemungkinan pengaruh pH air yang meningkat dimana di dalamnya terdapat  $OH^-$  yang merupakan inisiator sehingga dekomposisi ozon akan dipercepat. Kemudian pada waktu 20-30 menit konsentrasi sisa ozon kembali meningkat karena pengaruh alkalinitas sebagai inhibitor. Reaksi inisiasi ozon dapat dilihat dalam persamaan reaksi berikut.

Inisiator  $OH^-$  : (von Gunten, 2003 dalam Sururi, 2008)



Inisiator besi ( $Fe^{2+}$ ) : (Hart dalam Sallanko,2006)



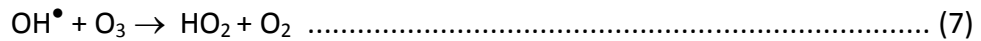
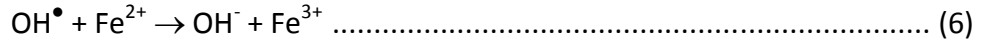
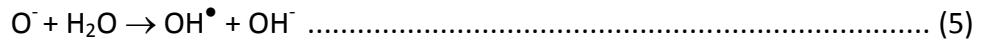
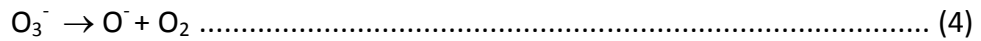
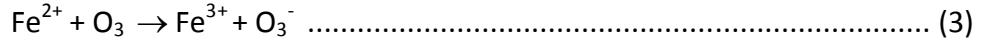
**EFISIENSI PENYISIHAN KANDUNGAN BESI PADA AIR TANAH PADASUKA**

Kandungan besi ( $Fe^{2+}$ ) awal sebelum proses ozonisasi pada air tanah Padasuka sebesar 3,232 mg/L. Hasil pengukuran setelah dilakukan ozonisasi dapat dilihat pada Gambar 3

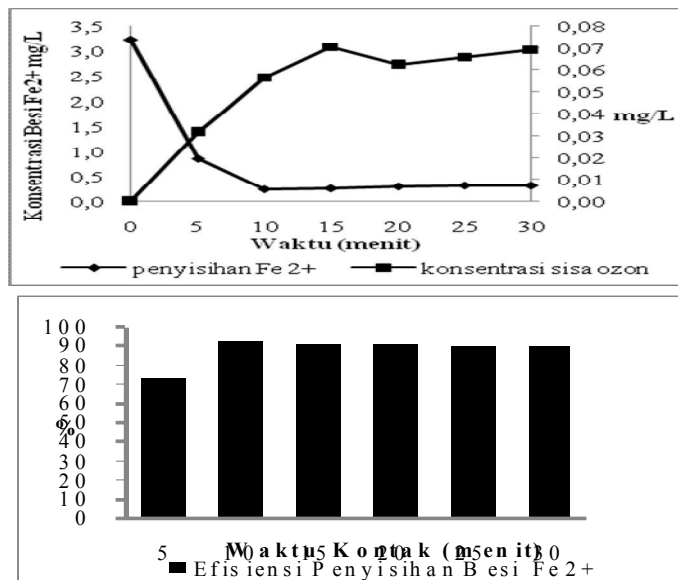
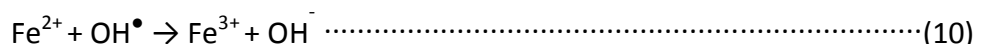
Dari Gambar 3 pada waktu 10 menit setelah dilakukan proses ozonisasi dengan konsentrasi sisa ozon sebesar 0,0564 mg/L didapat sisa besi terlarut ( $Fe^{2+}$ ) sebesar 0,254 mg/L dengan penyisihan mencapai 92,15%. Penyisihan terjadi dibuktikan dengan adanya perubahan kandungan besi( $Fe^{2+}$ ) menjadi besi ( $Fe^{3+}$ ) yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 pada sampel air tanah tersebut setelah melalui proses ozonisasi terjadi penyisihan besi terlarut. Penyisihan besi ( $Fe^{2+}$ ) terjadi karena ozon yang dikontakkan kedalam reaktor yang berisi air tanah akan

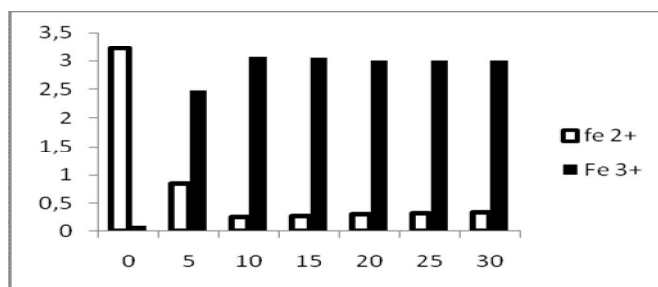
mengoksidasi besi terlarut ( $Fe^{2+}$ ) menjadi besi ( $Fe^{3+}$ ). Selain ozon adanya OH radikal hasil dekomposisi ozon akan berperan dalam mengoksidasi besi. Reaksi ozon pada proses ozonisasi dapat dilihat pada persamaan reaksi dibawah ini : (Hart dalam Sallanko,2006)



Sedangkan reaksi OH radikal dalam ozonisasi dapat dilihat pada persamaan reaksi dibawah ini: (Notodarmojo et al,2007)



Gambar 3 Grafik Hubungan Penyisihan Besi ( $Fe^{2+}$ ) dengan Konsentrasi Sisa Ozon dan Efisiensi Penyisihan Besi dengan Proses Ozonisasi

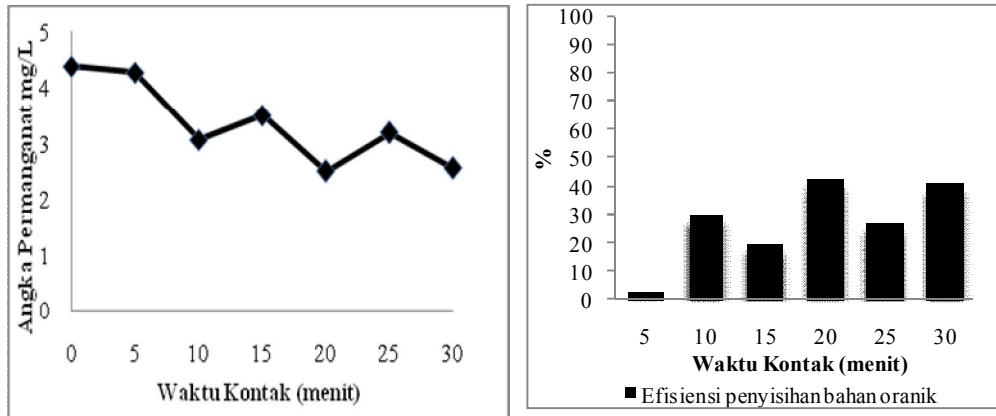


Gambar 4 Grafik kandungan Besi ( $Fe^{2+}$ ) dan Besi ( $Fe^{3+}$ ) selama Proses Ozonisasi

Dari gambar 3 hubungan penyisihan besi ( $Fe^{2+}$ ) dengan konsentrasi sisa ozon adalah dengan adanya konsentrasi sisa ozon yang meningkat maka dalam proses ozonisasi terjadi penyisihan kandungan besi ( $Fe^{2+}$ ) menjadi besi ( $Fe^{3+}$ ).

**PENYISIHAN KANDUNGAN BAHAN ORGANIK PADA AIR TANAH PADASUKA**

Kandungan bahan organik sebelum proses ozonisasi konvensional pada air tanah Padasuka yaitu 4,38 mg/L. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 5.

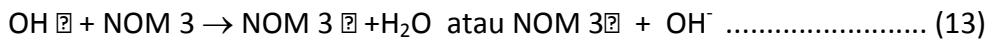


Gambar 5. Grafik dan Efisiensi Penyisihan Bahan Organik dengan Proses Ozonisasi

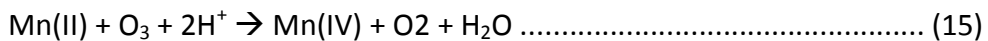
Dari Gambar 5 dapat dilihat pada air tanah setelah dilakukan ozonisasi terjadi penyisihan bahan organik mencapai 42,85% pada waktu 20 menit meskipun hasilnya berfluktuasi. Adanya penyisihan bahan organik karena ozon akan mengoksidasi bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Reaksi yang terjadi antara ozon dan organik dapat dilihat dibawah ini (von Gunten, 2003 dalam Sururi, 2008).



Sedangkan reaksi yang terjadi antara OH radikal dan organik dapat dilihat dibawah ini (von Gunten, 2000 dalam Sururi 2008):



Hasil yang berfluktuasi diperkirakan karena adanya gangguan kandungan mangan (Mn) dari sampel air tanah yang akan bereaksi dengan ozon membentuk permanganat. Sehingga permanganat yang terbentuk akan terukur sebagai angka permanganat (Hoigné, 1994). Reaksi mangan dengan ozon dapat dilihat di bawah ini (Hai-Yan Li dan Jiu-Hui Qu, 2004)





## KESIMPULAN DAN SARAN

Peningkatan konsentrasi sisa ozon pada proses ozonisasi membuktikan bahwa keterlarutan ozon dalam air berperan sebagai oksidator yang akan mengoksidasi besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi besi ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Selain itu terjadi dekomposisi ozon membentuk OH radikal yang juga berperan dalam oksidasi besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan oksidasi bahan organik. Maka dengan proses ozonisasi dapat menyisihkan kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) sebesar 92,15% dan menyisihkan bahan organik sebesar 42,85%. Adanya penyisihan kandungan besi dan bahan organik pada penelitian ini mengindikasikan bahwa besi organik yang terdapat pada sampel air tanah dapat disisihkan dengan proses ozonisasi.

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh kualitas sampel air terhadap dekomposisi ozon dalam penyisihan kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan untuk pengukuran bahan organik sebaiknya tidak dilakukan dengan metode permanganometri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hai-Yan Li, Jiu-Hui Qu, Xiang Zhao, dan Hui-Juan Liu. 2004. *Removal of Alachlor from Water by Catalyzed Ozonation in the Presence of  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , and Humic Substances*. Beijing : Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry.
- Hoigné, J., Bader, H. (1976). *The Role of Hydroxyl Radical Reactions in ozonation Processes in Aqueous Solutions*, Wat. Res. 10, 377-386.
- Keller M. 2004. *Iron Removal by Ion Exchange: Standing on Solid Ground Pdf*. Diunduh 20 Januari 2010. <http://www.wcponline.com/pdf/0604%20Iron.pdf>
- Lenntech, 2010. *Ozone reaction mechanisms*. Diunduh pada 20 Januari 2010. <http://www.lenntech.com/library/ozone/reaction/ozone-reaction-mechanisms.htm>
- Rohmatun, Roosmini, D. Notodarmojo, S. 2007, *Studi Penurunan Kandungan Besi Organik dalam Air Tanah dengan Oksidasi  $\text{H}_2\text{O}_2$ -UV*, Thesis Program Master, Institut Teknologi Bandung
- Sallanko, Jarmo. Lakso, Esko. dan Ropelinen, Jyrki. 2006. *Iron Behavior in the Ozonation and Filtration of Groundwater*. Finland: Institute of Technology.
- Sawyer, Clair N, Perry L. McCarty, and Gene F. Parkin. 1994. *Fourth Edition : Chemistry For Environmental Engineering*. United States : MC Graw-Hill.
- Standar Methods For Environmental of Water and Wastewater. *American Public Health Association*. 1995.
- Soemirat, Juli. 2004. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta : Gadjahmada University Press.
- Sururi, Rangga. 2008. *Pembentukan Low Molekul Weight (LMW) Organic : aldehid, sebagai hasil samping proses desinfeksi dengan ozon*. Bandung : Institut Teknologi Bandung (ITB).