

Efektivitas Proses Ozonisasi Studi Kasus : IPA dan Miniplant Dago Pakar

CHINDY CINTHYA, MOH.RANGGA SURURI, SITI AINUN

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email: chindycinthya@gmail.com

ABSTRAK

IPA dan Miniplant Dago Pakar merupakan salah satu Instalasi pengolahan air minum dengan sumber air baku berasal dari Sungai Cikapundung Hulu. Keberadaan kolam retensi yang berperan sebagai pre-treatment pada air baku Miniplant diperkirakan akan mempengaruhi karakteristik bahan organik pada air baku. Proses ozonisasi digunakan sebagai alternatif pengolahan bahan organik dengan menggunakan ozon yang berperan sebagai oksidator kuat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efisiensi penyisihan BOD dan kekeruhan pada air baku dengan proses ozonisasi. Parameter yang diukur meliputi pH, temperatur, kekeruhan, BOD dan KSO dengan metode pengukuran mengacu kepada SNI dan SMWW. Penelitian dilakukan skala laboratorium menggunakan reaktor sistem batch selama 60 menit pada reaktor ozon kontak yang bervolume 1,5 L. Pengolahan dengan proses ozonisasi dapat mengoksidasi bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Sampel air yang digunakan berasal dari air baku yang akan diolah di IPA dan Miniplant Dago Pakar. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada IPA dan Miniplant secara berturut-turut adalah 77% dan 39%. Nilai BOD pada IPA lebih tinggi dibandingkan dengan Miniplant yang diduga disebabkan oleh keberadaan kolam retensi. Konsentrasi BOD pada IPA setelah dilakukan ozonisasi mengalami peningkatan sebanyak 9% sedangkan pada Miniplant peningkatan nilai BOD adalah 20%.

Kata kunci: Air Baku, IPA dan Miniplant Dago Pakar, Ozonisasi, BOD, Kekeruhan

ABSTRACT

Water Treatment Plant (WTP) and Miniplant Dago Pakar is one of the Installation of drinking water treatment with raw water source from Cikapundung Hulu River. The existence of a retention pond that acts as a pre-treatment in Miniplant raw water is expected to affect the characteristics of organic matter in raw water. The ozonation process is used as an alternative to the processing of organic materials by using ozone which acts as a strong oxidizing agent. The purpose of this research is to know the efficiency of BOD removal and turbidity in raw water by ozonation process. Parameters measured include pH, temperature, turbidity, BOD and KSO with measurement method referring to SNI and SMWW. The study was conducted on a laboratory scale using a batch reactor system for 60 minutes on a 1.5 L volume of contactor ozone. Processing by ozonation process can oxidize organic materials into simpler compounds. Water samples used are from raw water to be processed in WTP and Miniplant Dago Pakar. The effectiveness removal of turbidity in WTP and Miniplant was 77% and 39%, respectively. BOD values in IPA were higher than those in Miniplant that were thought to be due to the presence of retention pools. BOD concentration on WTP after ozonation has increased by 9% while in Miniplant BOD value increase is 20%.

Keywords: Raw Water, WTP and Miniplant Dago Pakar, Ozonation, BOD, Turbidity

1. PENDAHULUAN

IPA dan *Miniplant* Dago Pakar merupakan salah satu Instalasi pengolahan air minum yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum wilayah Bandung Utara. Kedua Instalasi tersebut menerima pasokan air baku yang bersumber dari Sungai Cikapundung Hulu dengan debit pengolahan secara berturut-turut adalah 600 L/detik dan 40 L/detik. Pengolahan air baku pada IPA dan *Miniplant* memiliki perbedaan perlakuan, dimana air baku yang diolah oleh *Miniplant* akan dialirkan terlebih dahulu ke kolam retensi PLTA Dago Bengkok yang juga berperan sebagai kolam prasedimentasi untuk menyisihkan partikel diskrit dan tersuspensi. Adanya perbedaan perlakuan tersebut akan mempengaruhi karakteristik dari air baku, sehingga pada penelitian ini akan ditunjukkan pengaruh dari proses prasedimentasi terhadap karakteristik air baku terutama terhadap kandungan bahan organik.

Air baku yang bersumber dari Sungai Cikapundung Hulu akan dipengaruhi oleh aktivitas yang terdapat pada bantaran sungai. Menurut hasil penelitian dari Astuti (2005), bahwa penduduk di wilayah Sungai Hulu Cikapundung sekitar 30% memenuhi kebutuhan hidup dari peternakan terutama sapi perah, dimana setiap hari para peternak membuang kotoran sapi ke saluran-saluran yang bermuara ke sungai Sungai Cikapundung. Adanya kegiatan tersebut akan mempengaruhi kualitas air baku yang akan diolah pada IPA dan *Miniplant* terutama kandungan organik pada air baku yang akan menimbulkan berbagai dampak terhadap kinerja unit pengolahan.

Bahan organik dalam air pada umumnya berpengaruh terhadap proses pengolahan air seperti koagulasi, oksidasi, adsorpsi, dan filtrasi (Sillanpaa, 2015). Selain itu, keberadaan bahan organik pada air baku dapat menghasilkan produk samping desinfektan, dimana proses desinfeksi di Indonesia masih menggunakan klor yang dapat membentuk produk samping berupa *halogenated organic by products* (Chowdhury & Champagne, 2009).

Oleh karena itu, diperlukan strategi yang dapat diterapkan untuk mengurangi kehadiran bahan organik pada air baku. Ozonisasi merupakan salah satu proses pengolahan yang dapat digunakan untuk mengurangi bahan organik pada air baku. Ozon merupakan salah satu bahan dengan potensial reduksi oksidasi yang cukup tinggi, karena itu molekul ozon dapat bereaksi dengan berbagai senyawa dalam air (Beltrand, J Fernando, 1995). Keunikan dari proses ozonisasi adalah hasil dekomposisi ozon berupa OH radikal yang merupakan oksidator lebih kuat dan bersifat tidak selektif sehingga dapat mendegradasi bahan organik dalam air kompleks dalam air (Hoigné, Bader, Haag, & Staehelin, 1985).

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

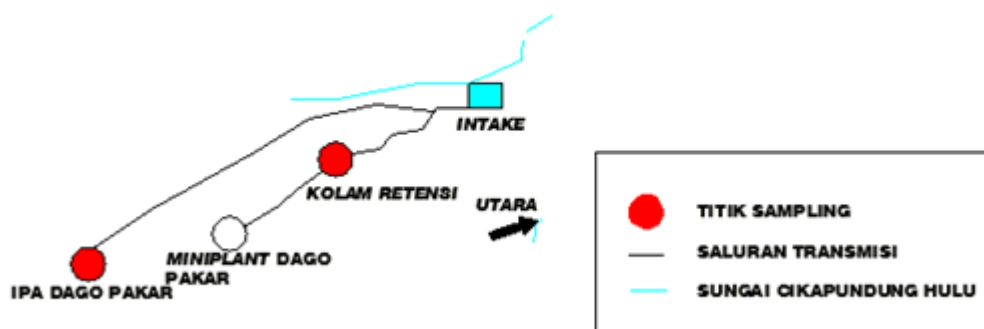
2.1 Studi Literatur

Tahap awal yang dilakukan adalah studi literatur, tahap ini diperlukan untuk mendukung dan memahami rumusan teoritis yang diperlukan pada penelitian ini. Studi literatur dilakukan terhadap buku-buku, hasil penelitian terkait terdahulu dan jurna/ karya ilmiah yang berkaitan.

2.2 Persiapan Sampling

2.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Air baku yang diolah pada IPA dan *Miniplant* Dago Pakar bersumber dari Sungai Cikapundung bagian hulu. Air baku yang akan diolah di *Miniplant* Dago Pakar akan dialirkan terlebih dahulu ke kolam retensi, sedangkan untuk IPA Dago Pakar air baku langsung dialirkan ke instalasi. Skema pengambilan air baku menuju instalasi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Skema Pengambilan Air Baku Pada Masing-Masing Instalasi

Sampel air baku IPA Dago Pakar diambil dari inlet bak koagulasi, dimana air baku belum mengalami pencampuran dengan koagulan, sedangkan untuk sampel air baku *Miniplant* Dago Pakar diambil dari kolam retensi PLTA Dago Bengkok yang juga berperan sebagai kolam prasedimentasi.

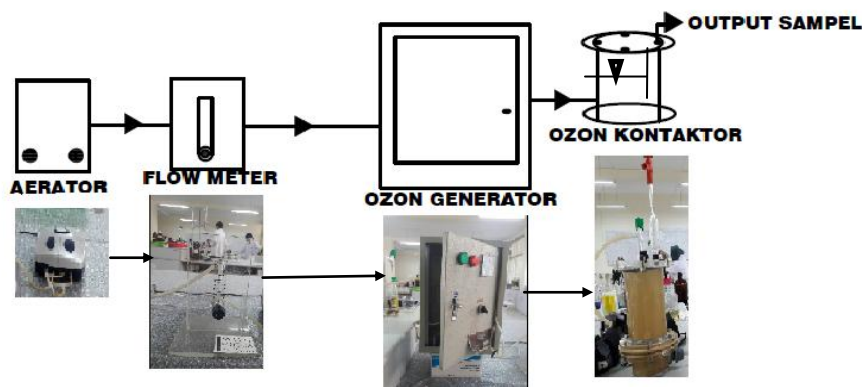
2.2.2 Waktu Pengambilan Sampel

Pengukuran karakterisasi air sampel dilakukan sebanyak 12 kali dengan waktu sampling dilihat dari tingkat kekeruhan terendah harian yaitu pada pukul 09.00 WIB. Pengambilan sampel dilakukan secara *composited*, hal tersebut dikarenakan terdapat banyak faktor yang mempengaruhi masuknya pencemar bahan organik yang tidak dapat diprediksi sehingga diperlukan pengambilan sampel secara berkala agar diperoleh data yang dimiliki semakin *valid*.

2.3 Persiapan Penelitian

2.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan penelitian dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan penelitian. Persiapan alat berupa penyusunan rangkaian reaktor ozonisasi yaitu aerator untuk mensuplai udara ke ozon generator, *flow* meter untuk mengukur udara yang masuk kedalam ozon generator dengan debit 2 L/menit, ozon generator untuk mengubah oksigen menjadi ozon, serta ozon kontaktor yang berfungsi sebagai tempat kontak antara ozon dengan air sampel yang memiliki volume 1,5 L. Berikut merupakan rangkaian reaktor yang digunakan pada saat melakukan penelitian pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Rangkaian Reaktor Ozon

Persiapan bahan meliputi persiapan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan parameter yang diukur yaitu BOD menggunakan larutan air pengencer seperti larutan *buffer* fosfat, larutan $MgSO_4$, larutan $CaCl_2$ dan larutan $FeCl_3$, untuk alkalinitas digunakan larutan HCL 0,1 N dan NaOH 0,1 N, sedangkan untuk pengukuran konsentrasi sisa ozon digunakan larutan stok indigo.

2.3.2 Pengukuran Karakteristik Air Baku

Parameter fisik yang diukur mencakup pH, temperatur dan Kekeruhan, sedangkan parameter kimia adalah alkalinitas, konsentrasi sisa ozon (KSO) dan pengukuran BOD yang menggambarkan bahan organik dalam air. Pengukuran pH dan temperatur dilakukan secara insitu, sedangkan pengukuran parameter lainnya dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Itenas. Metode yang digunakan untuk pemeriksaan karakteristik air baku dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Metode Pemeriksaan Karakteristik Air Baku

| Parameter | Metode | Sumber |
|-----------------------------|--|--|
| pH | Elektroda Potensiometri | SNI 06-6989.11-2004 |
| Temperatur | Membrane Electrode | <i>Standard Method for the Examination of Water and Wastewater 4500-O G Membrane Electrode method</i> |
| Alkalinitas | Titration Asam-Basa | SNI No. 06-2422-1991 |
| Konsentrasi Sisa Ozon (KSO) | Indigo Colorimetri | <i>Standard Methods for The Examination Water and Wastewater 22 th edition 4500-O₃. Halaman 4-145</i> |
| Kekeruhan | Turbidimetri dengan alat Turbidimeter Helliege | <i>Standard Method for the Examination of Water and Wastewater 2130.B Nephelometric Method</i> |
| BOD | Titration Winkler | SNI 6989.72:2009 Air dan Air Limbah-Bagian 72 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD) |

Sumber : SNI dan SMWW 21 th Edition dan SNI

2.3.3 Ozonisasi

Pelaksanaan pengolahan bahan organik dan kekeruhan dilakukan dengan mengontakan ozon dan air dengan sistem *batch*, dengan prinsip kerjanya dengan memompakan udara bebas sebanyak 2 L/menit. Kandungan oksigen dalam udara akan menghasilkan ozon dalam fase gas, kemudian dikontakkan secara kontinu kedalam ozon kontaktor yang berisi sampel. Pemilihan waktu kontak ozon selama 60 menit berdasarkan hasil penelitian terdahulu akan menghasilkan produksi ozon sebesar 50,56 mg O₃/L (Wahyudin, 2013). Debit udara bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 L/menit yang akan menghasilkan produksi ozon 66,67 ppm/detik (Kharisma 2007 dalam Sururi 2008).

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Awal Sampel

Karakteristik sampel air baku yang diukur yaitu pH, temperatur, alkalinitas dan BOD. Sampling dilakukan pada pagi hari yaitu pukul 09.00 WIB. Berikut merupakan karakteristik sampel air baku yang digunakan untuk penelitian.

Tabel 2. Karakteristik Air Baku IPA dan *Miniplant* Dago Pakar

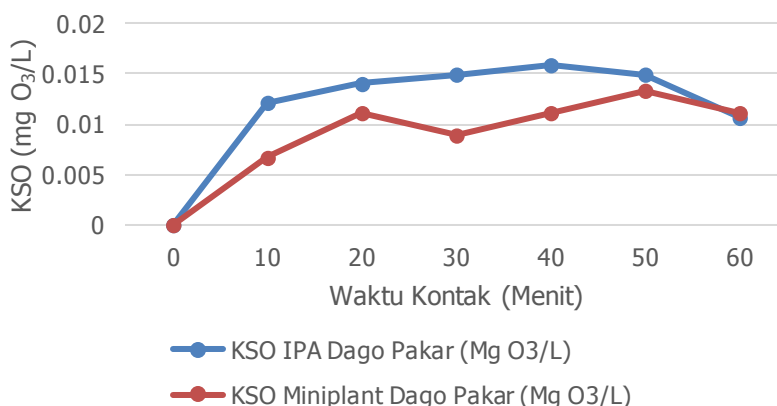
| Parameter | Satuan | Sampel Air | |
|------------|--------|--------------|------------------|
| | | IPA | <i>Miniplant</i> |
| pH | | 7,07 ± 0,2 | 7,11 ± 0,3 |
| Temperatur | °C | 21,77 ± 0,5 | 21,83 ± 0,47 |
| Kekeruhan | NTU | 23,42 ± 12,7 | 17,3 ± 12,6 |
| BOD | mg/l | 9,16 ± 5 | 3,5 ± 1,4 |

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Nilai pH pada IPA Dago Pakar dan *Miniplant* cenderung netral, sedangkan nilai temperatur pada kedua sampel relatif sama, hal tersebut disebabkan sumber air baku yang sama yaitu berasal dari Sungai Cikapundung Hulu. Nilai Kekeruhan dan BOD pada *Miniplant* lebih rendah dibandingkan dengan IPA, hal tersebut disebabkan keberadaan kolam retensi yang dapat menyisihkan nilai kekeruhan dan BOD pada air baku.

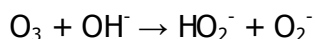
3.2 Konsentrasi Sisa Ozon

Pengukuran konsentrasi sisa ozon dilakukan setiap interval waktu kontak 10 menit. Nilai konsentrasi sisa ozon digunakan untuk mengetahui aktivitas ozon dalam sampel, dimana semakin tinggi nilai konsentrasi sisa ozon pada sampel menunjukkan ozon semakin aktif. Hasil pengukuran konsentrasi sisa ozon setiap interval waktu kontak selama proses ozonisasi dapat dilihat dari **Gambar 3**.

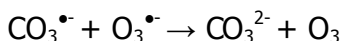


Gambar 3. Konsentrasi Sisa Ozon Pada Sampel Air

Gambar 3 menunjukkan konsentrasi sisa ozon pada IPA Dago Pakar dengan nilai tertinggi sebesar 0,0106 mg O₃/L pada menit ke-10, sedangkan nilai konsentrasi tertinggi pada *Miniplant* sebesar 0,0158 mg O₃/L pada menit ke-20. Kelarutan ozon *Miniplant* lebih rendah dibandingkan dengan IPA, nilai kelarutan ozon dalam air dipengaruhi oleh pH, temperatur, alkalinitas dan *natural organic matter* (NOM) dalam air. Parameter pH dapat mempengaruhi stabilitas ozon dalam pembentukan OH radikal. pH yang tinggi menunjukkan kehadiran ion hidoksida yang tinggi pula. Kehadiran ion OH⁻ dapat menginisiasi dekomposisi ozon sebagai langkah awal dalam pembentukan OH radikal. Pada waktu kontak ke-60 menunjukkan bahwa sisa ozon kedua sampel mengalami penurunan yang dapat disebabkan karena adanya peningkatan pH yang mempengaruhi dekomposisi menjadi OH radikal dapat dilihat pada reaksi berikut (Hoigné et al., 1985):



Selain pH, parameter yang mempengaruhi proses dekomposisi ozon membentuk OH radikal adalah alkalinitas. Alkalinitas pada air yang berperan sebagai inhibitor dalam pembentukan OH radikal, dimana ion karbonat dan bikarbonat akan bereaksi dengan OH radikal untuk membentuk karbonat radikal yang akan bereaksi dengan senyawa organik dan anorganik yang hadir pada laju lambat (Hoigné et al., 1985). Bikarbonat maupun karbon merupakan penghambat reaksi berantai radikal dan bahkan dapat menyebabkan pembentukan kembali ozon yang dapat dilihat pada reaksi berikut :



Nilai konsentrasi sisa ozon (KSO) pada IPA Dago Pakar lebih tinggi dibandingkan dengan *Miniplant*, hal tersebut dapat disebabkan nilai alkalinitas pada IPA lebih tinggi yaitu 36,8 mg/L dibandingkan *Miniplant* dengan nilai 24,2 mg/L, sehingga proses dekomposisi ozon pada IPA berkurang. tingginya nilai KSO pada IPA Dago Pakar menunjukkan reaksi yang terjadi pada sampel adalah reaksi langsung.

3.3 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan dan BOD

Proses ozonisasi menyisihkan parameter kekeruhan pada air baku IPA dan *Miniplant*, sedangkan parameter BOD pada IPA dan *Miniplant* Dago Pakar mengalami peningkatan.

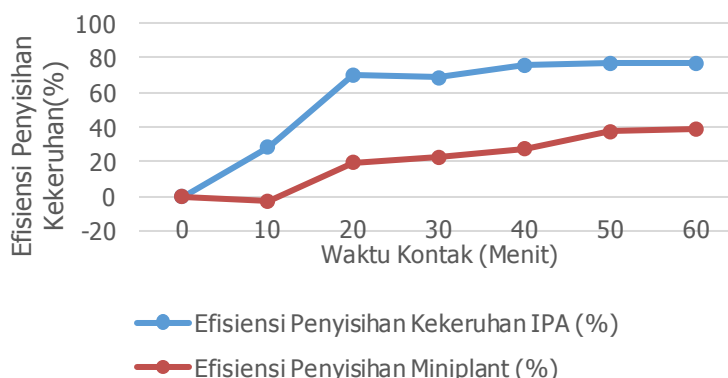
Berikut merupakan tabel yang menunjukkan perubahan karakteristik sampel setelah dilakukan pengolahan dengan ozonisasi.

Tabel 3. Karakteristik Air Baku setelah Ozonisasi

| Parameter | Sampel Air | | | | | |
|------------------------|----------------|-------|-----------------------|----------------------|-------|-----------------------|
| | IPA Dago Pakar | | η Penyisihan (%) | Miniplant Dago Pakar | | η Penyisihan (%) |
| | Awal | Akhir | | Awal | Akhir | |
| Kekeruhan (NTU) | 17,5 | 4,05 | 77 | 7,1 | 4,3 | 39 |
| BOD (mg/l) | 3,1 | 3,4 | -9 | 5,2 | 6,5 | -20 |

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Kekeruhan pada air baku disebabkan oleh partikel tersuspensi dan koloid dalam air. Tingginya nilai kekeruhan dapat menunjukkan keberadaan partikel tersuspensi yang dapat membantu pelekatan senyawa organik (Au, Alpert, & Pernitsky, 2011). Selama proses ozonisasi, nilai kekeruhan pada kedua air baku mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya kontak dengan ozon maupun dengan hasil dekomposisi ozon yang berupa OH radikal. Berikut merupakan presentasi efisiensi penyisihan kekeruhan pada air baku IPA dan *Miniplant* yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.



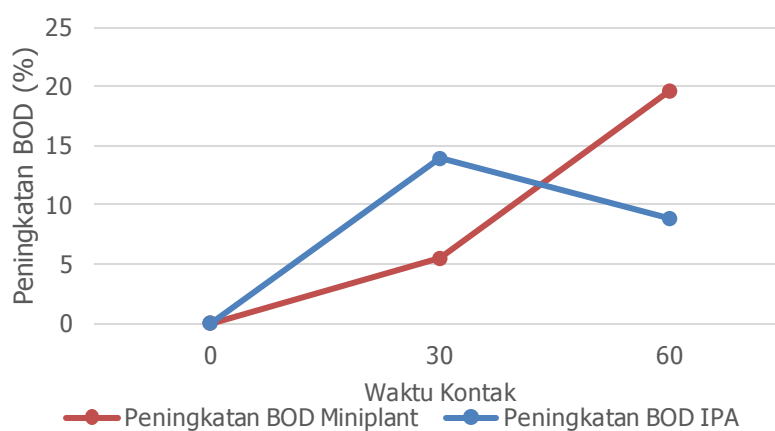
Gambar 4. Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Pada Air Baku IPA dan *Miniplant* Dago Pakar

Gambar 4. menunjukkan bahwa dalam penyisihan kekeruhan pada air baku IPA dan *Miniplant* Dago Pakar mengalami peningkatan penyisihan nilai kekeruhan selama waktu kontak ozon. Nilai kekeruhan awal yang rendah pada *Miniplant* yang dapat disebabkan adanya penyisihan partikel diskrit dan tersuspensi sehingga pada air baku *Miniplant* lebih dominan mengandung padatan terlarut. Hal tersebut terlihat dari nilai kekeruhan awal yang rendah pada *Miniplant* Dago Pakar yaitu 7,1 NTU yang disebabkan oleh adanya penyisihan partikel diskrit secara gravitasi sehingga yang tersisa adalah padatan terlarut dan koloid. Penyisihan kekeruhan pada air baku *Miniplant* lebih rendah dibandingkan IPA yang dapat disebabkan oleh adanya pemecahan asam humat yang terdapat dalam air baku yang mulanya bersifat terlarut menjadi tidak terlarut yang kemudian baru dilakukan penyisihan oleh ozon (Arya Rezagama, 2012).

Adanya penurunan nilai kekeruhan pada kedua air baku disebabkan oleh adanya destabilisasi koloid karena adanya kontak dengan ozon yang bermuatan positif sehingga koloid menjadi

netral dan dapat mengendap. Selain itu, proses ozonisasi yang menyisihkan bahan organik akan menyebabkan kontak antara partikel-partikel lebih baik sehingga terbentuk flok pada permukaan (Rakness, 2005).

Proses ozonisasi akan menghasilkan *Low Molecularr Weight* (LMW) dimana produk tersebut dihasilkan dari oksidasi senyawa organik yang terpecah menjadi LMW yang merupakan senyawa yang mudah didegradasi (Sururi, 2008). Reaksi langsung pada proses ozonisasi berperan dalam merusak mekanisme yang terjadi secara perlahan pada zat organik yang secara alamiah terdapat pada air menjadi asam karboksilat, aldehyd, dan keton dan tidak langsung menjadi CO_2 . Pada awal proses ozonisasi, bahan organik yang akan lebih banyak diurai merupakan bahan organik yang lebih sederhana. Keberadaan bahan organik yang mudah terurai secara alami diwakili oleh pengukuran parameter BOD. Perubahan konsentrasi BOD selama proses ozonisasi dapat dilihat pada **Gambar 5**



Gambar 5. Peningkatan BOD IPA dan *Miniplant* Dago Pakar

Gambar 5. menunjukkan bahwa terdapat peningkatan nilai BOD pada kedua air baku. Peningkatan BOD pada air baku disebabkan adanya pemecahan senyawa yang kompleks menjadi lebih sederhana sehingga dapat dengan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Nilai BOD IPA Dago Pakar mengalami penurunan pada akhir waktu kontak yang disebabkan penurunan konsentrasi sisa ozon yang diperkirakan terjadi proses dekomposisi menjadi OH radikal yang merupakan oksidator lebih kuat dibandingkan ozon sehingga penyisihan bahan organik lebih efektif.

Air baku IPA Dago Pakar mengalami penurunan nilai BOD pada menit ke 60 yang diduga telah terjadi proses degradasi bahan organik menghasilkan CO_2 dan H_2O sebagai hasil dari proses degradasi yang paling diharapkan atau disebut juga sebagai mineralisasi sehingga bahan organik yang terbiodegradasi sudah terurai dan menyebabkan nilai BOD turun.

Proses ozonisasi berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik dari senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Penurunan bahan organik yang kompleks dan diikuti dengan nilai BOD menunjukkan bahwa proses ozonisasi akan membentuk senyawa yang lebih bersifat *biodegradable*.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan, air baku pada IPA dan *Miniplant* Dago Pakar menggunakan proses ozonisasi konvensional dapat menyisihkan kekeruhan pada air baku IPA dan *Miniplant* secara berturut adalah 77% dan 39%. Konsentrasi BOD pada kedua sampel mengalami peningkatan, pada air baku *Miniplant* terjadi peningkatan BOD sebesar 20% sedangkan pada air baku IPA Dago Pakar peningkatan nilai BOD adalah 9%. Peningkatan BOD pada air baku dapat disebabkan karena oksidasi bahan organik pada air baku dari senyawa yang kompleks menjadi lebih sederhana sehingga dapat bersifat biodegradabilitas.

DAFTAR RUJUKAN

- Arya Rezagama, S. N. (2012). KINETIKA TRANSFER OZON DAN TREN KEKERUHAN DALAM AIR LINDI DENGAN PENGOLAHAN OZONISASI.
- Au, K., Alpert, S. M., & Pernitsky, D. J. (2011). Particle and natural organic matter removal in drinking water. *Operational Control of Coagulation and Filtration Processes-Manual of Water Supply Practices, M37*, 1-16.
- Beltrand, Fernando J. 2004. Ozone Reaction Kinetics for Water and Wastewater. 22th ed. America Public Helath Association: Washington, DC.
- Chowdhury, S., & Champagne, P. (2009). Risk from exposure to trihalomethanes during shower: probabilistic assessment and control. *Science of the total environment*, 407(5), 1570-1578.
- Hoigné, J., Bader, H., Haag, W., & Staehelin, J. (1985). Rate constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water—III. Inorganic compounds and radicals. *Water Research*, 19(8), 993-1004.
- Mohamad Rangga Sururi, K. P., Paramanita. (2008). PENYISIHAN BAHAN ORGANIK ALAMI PADA AIR PERMUKAAN DENGAN OZONISASI DAN OZONISASI – FILTRASI *Purifikasi*.
- Rakness, K. L. (2005). *Ozone in Drinking Water Treatment*: American Water Works Association.
- Sillanpaa, M. (2015). *Natural Organic Matter in Water Characterization and Treatment*: IWA Publisher.
- Wahyudin, R. T. T., Sri Wardanni. (2013). KOMBINASI OZONISASI, IRADIASI ULTRAVIOLET DAN ZEOLIT UNTUK DISINFEKSI AIR TANAH DAN PENENTUAN KONSENTRASI OZON DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VISIBLE. *kimia*, 1, 126-132.