



**PENGOLAHAN BOD, COD, TSS DAN PH PADA LIMBAH INDUSTRI MSG
(MONOSODIUM GLUTAMATE) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *ADVANCED*
OXIDATION PROCESSES (O₃/H₂O₂ DAN FENTON)**

Inas Imtiyaz^{*)}, Arya Rezagama^{**)}, Veny Luvita^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email : imtiyazinas@gmail.com

Abstrak

Limbah industri MSG (Monosodium Glutamate) umumnya memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi dan dapat mencemari lingkungan sekitar apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Pengoksidasian secara kimia menggunakan teknologi *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) dapat dijadikan sebagai pengolahan limbah industri MSG. Penelitian ini dilakukan menggunakan teknologi AOPs kombinasi O₃/H₂O₂ dan Fenton (Fe/H₂O₂) dengan tujuan menganalisis hasil serta efisiensi pengolahan pada parameter BOD, COD, TSS dan pH. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan memvariasikan banyaknya H₂O₂ pada kombinasi O₃/H₂O₂ dan variasi Fe pada proses Fenton, selama waktu proses 240 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi COD dan TSS terbaik masing-masing yaitu sebesar 48,59% terjadi pada proses Fenton dan 99,14% terjadi pada proses kombinasi O₃/H₂O₂ serta pH mencapai 3,85 pada proses Fenton. Sedangkan nilai BOD mengalami peningkatan setelah melalui proses AOPs ini. Namun jika dilihat dari rasio BOD/COD maka setelah proses AOPs terjadi peningkatan rasio BOD/COD dari 0,042 menjadi rata-rata 0,160 pada kombinasi O₃/H₂O₂ dan 0,125 pada proses Fenton serta terjadi penguraian senyawa glukosa menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan uji FTIR. Hal ini menandakan bahwa kemampuan biodegradabilitas limbah MSG meningkat. Dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah industri MSG menggunakan teknologi AOPs kombinasi O₃/H₂O₂ dan Fenton bekerja cukup efektif.

Kata Kunci: MSG, AOPs O₃/H₂O₂, Fenton, BOD, COD, TSS, pH, FTIR

Abstract

[Treatment of BOD, COD, TSS and pH on MSG (Monosodium Glutamate) Industrial Wastewater Using *Advanced Oxidation Processes* Technology (O₃/H₂O₂ and Fenton)].

MSG (Monosodium Glutamate) industrial wastewater generally have a high content of organic compounds and can contaminate the environment when it didn't through treatment first. Chemical oxidation used *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) technology could be a treatment for MSG industrial wastewater. This research used AOPs technology combination of O₃/H₂O₂ and Fenton (Fe/H₂O₂) with the purpose to analyze the results and efficiency of processing on parameters BOD, COD, TSS and pH. The process was in laboratory scale with variation of H₂O₂ at combination process of O₃/H₂O₂ and variation of Fe at Fenton process, during the time 240 minutes. The result show that the best efficiency of COD and TSS are 48.59% occur at Fenton process and 99.14% occur at combination process of O₃/H₂O₂ and pH 3,85 occur at Fenton process. Whereas value of BOD increase after AOPs process. However, the ratio of BOD/COD increase from 0.042 to average 0.160 at combination process of O₃/H₂O₂ and 0.125 at Fenton process and occur decomposition compound of glucose to be a simple compound by FTIR test. That indicate the ability of biodegradable MSG wastewater is increase. It can be conclude that MSG wastewater treatment used AOPs technology combination of O₃/H₂O₂ and Fenton work effective enough.

Keywords: MSG, AOPs O₃/H₂O₂, Fenton, BOD, COD, TSS, pH, FTIR



PENDAHULUAN

Monosodium Glutamat (MSG) merupakan bahan penyedap rasa pada makanan yang banyak digunakan di berbagai negara, menurut Belitz dan Grosch, 2009 konsumsi MSG pada tahun 1978 mencapai 200.000 ton di seluruh dunia. Produksi MSG akan semakin meningkat untuk mencukupi konsumsi MSG setiap tahunnya. Berdasarkan data perkembangan produksi MSG tahun 2008 sampai dengan tahun 2013, Indonesia mengalami peningkatan produksi MSG dengan rata-rata 9,1% per tahun (Pratiwi, 2015). Produksi limbah MSG pun diperkirakan akan terus bertambah dengan semakin meningkatnya permintaan dari industri penyedap masakan ini (Muyassir, 2002). Salah satu dampak dari produksi MSG adalah menghasilkan limbah cair yang dapat berpengaruh terhadap lingkungan.

Limbah industri MSG akan mempengaruhi kualitas air jika tidak diolah terlebih dahulu terutama pada parameter BOD, COD, TSS dan pH. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Yang Qingxiang *et al.*, 2004 limbah cair yang dihasilkan oleh industri MSG mempunyai kandungan nilai COD yang tinggi yaitu sekitar 5.000 sampai 25.000 mg/L, sedangkan untuk nilai BOD, TSS dan pH masing-masing memiliki kandungan sebesar 3.500-18.500 mg/l, 900-2100 mg/l dan 0,5-2,5.

Limbah industri MSG dalam penelitian ini berasal dari salah satu pabrik produksi MSG di Jawa Timur. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No.52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha Lainnya, kandungan COD, BOD, TSS dan pH yang diperbolehkan bagi industri MSG masing-masing adalah sebesar 150 mg/L, 80 mg/l, 100 mg/l dan 6-9. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi ramah lingkungan untuk pengolahan BOD, COD, TSS dan pH pada limbah industri MSG sehingga sesuai dengan baku mutu

yang ditetapkan. Dalam proses penguraian senyawa-senyawa kimia organik dan sebagian anorganik proses oksidasi sangat diperlukan (Hutagalung dkk, 2010). Seiring dengan perkembangan teknologi pengoksidasian pengolahan air limbah, dewasa ini dikenal teknologi *Advanced Oxidation Processes* (AOPs).

AOPs adalah teknologi pengembangan dari oksidasi konvensional, yang bertujuan meningkatkan kemampuan oksidasi dari oksidator biasa (Krisma, 2008). AOPs melibatkan pembentukan dan penggunaan radikal hidroksil sebagai oksidator kuat untuk menghancurkan senyawa yang tidak bisa dioksidasi secara konvensional seperti oksigen, ozon dan klorin (Tchobanoglous, 2003).

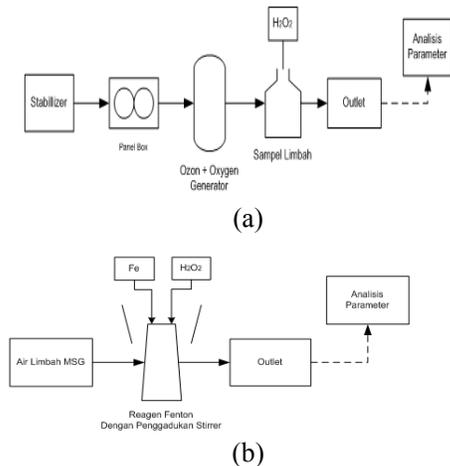
AOPs memiliki berbagai jenis metode dengan kombinasi proses yang berbeda. Berdasarkan studi yang dilakukan Sururi, 2014 menunjukkan bahwa pengolahan lindi dengan AOPs metode kombinasi O_3/H_2O_2 dapat menurunkan COD sebesar 29% dan lebih baik jika dibandingkan dengan kombinasi UV/ H_2O_2 maupun dengan ozonasi. Sedangkan metode AOPs kombinasi Fe/ H_2O_2 atau disebut dengan metode Fenton sudah terbukti efektivitasnya serta keekonomisannya sebagai teknologi AOPs untuk detoksifikasi dan degradasi berbagai senyawa organik (Bismo, 2006). Namun masih kurangnya pengolahan limbah industri MSG dengan kedua metode tersebut yaitu metode AOPs dengan kombinasi O_3/H_2O_2 dan kombinasi Fe/ H_2O_2 (Fenton) menjadi dasar pertimbangan dilakukannya penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil serta efisiensi pengolahan parameter BOD, COD, TSS dan pH pada limbah industri MSG.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan mulai dari bulan Juni 2015, di Laboratorium Pengolahan Air Pusat Penelitian Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi Lembaga

Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Serpong, Tangerang Selatan. Jenis penelitian ini bersifat eksperimental laboratorium. Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan utama, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan serta tahap analisis data.

Studi literatur hingga persiapan alat dan bahan dilakukan pada tahap persiapan. Selanjutnya pada tahapan pelaksanaan penelitian dilakukan pengolahan sampel limbah MSG pada reaktor AOPs dengan perlakuan yang berbeda sesuai dengan variabel. Limbah industri MSG sebanyak 1 liter menjadi obyek dalam penelitian ini. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan metode batch untuk mengetahui kondisi optimum proses AOPs kombinasi O_3/H_2O_2 serta Fenton. Kedua metode ini menggunakan variasi waktu yaitu 60, 120, 180 dan 240 menit. Variasi H_2O_2 dalam proses kombinasi O_3/H_2O_2 adalah sebanyak 100 ml, 200 ml, dan 300 ml dengan dosis ozon sebesar 24 ppm. Sedangkan variasi Fe dalam proses Fenton yang digunakan yaitu sebanyak 10 gr, 20 gr, dan 30 gr dengan penambahan H_2O_2 300 ml. Skema pengolahan pada tahap pelaksanaan penelitian seperti pada gambar berikut.



Gambar 1 : Skema Pengolahan AOPs (a) Kombinasi O_3/H_2O_2 (b) Fenton

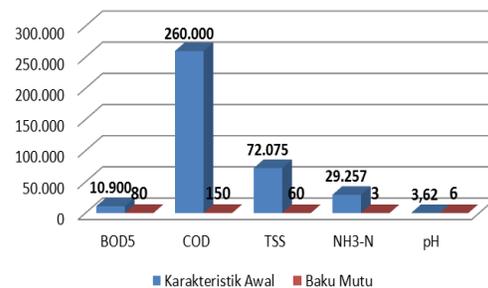
Tahapan terakhir dalam penelitian ini yaitu tahap analisis data dimana dilakukan pengambilan data hasil

penelitian meliputi parameter BOD, COD, TSS dan pH pada limbah dan dilakukan perhitungan efisiensi proses.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Limbah MSG

Berdasarkan hasil uji karakteristik awal limbah MSG menunjukkan parameter BOD, COD, TSS memiliki nilai yang sangat tinggi dan pH asam. Limbah awal MSG tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No.52 Tahun 2014. Dibutuhkan pengolahan sehingga dapat mengurangi beban pencemar dalam limbah MSG.



Gambar 2 : Karakteristik Awal Limbah MSG

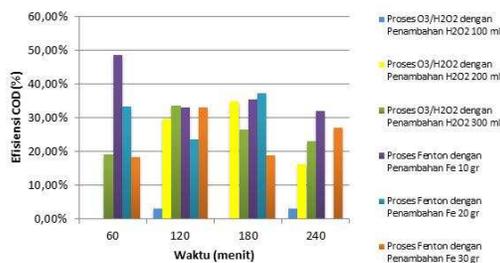
Tingginya nilai COD dan BOD menunjukkan kandungan utama dalam limbah industri MSG adalah berupa senyawa organik. Berbagai senyawa organik dalam limbah industri dapat diubah menjadi senyawa yang mudah diuraikan dengan teknologi AOPs (*Advanced Oxidation Processes*) (Stasinakis, 2008).

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi COD pada Variasi O_3/H_2O_2 dan Fe/ H_2O_2 (Fenton)

Hasil penelitian pada proses AOPs kombinasi O_3/H_2O_2 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD terbesar terdapat pada penambahan 200 ml H_2O_2 di menit ke-180 yaitu 169167 mg/l atau 34,94%. Hal ini terjadi karena banyaknya H_2O_2 yang digunakan berperan dalam menentukan keadaan optimum pada pengolahan ini. Penelitian Krisma (2008),

menyebutkan hal serupa bahwa dosis O_3 dan dosis H_2O_2 merupakan faktor yang mempengaruhi pengolahan kombinasi O_3/H_2O_2 . Dosis hidrogen peroksida yang tidak tepat akan mengurangi kinerja AOPs dalam menghasilkan radikal hidroksil. Data dengan penambahan 200 ml H_2O_2 pada menit ke-60 mengalami kerusakan sehingga data tidak dapat ditampilkan.

Sedangkan pada proses Fenton, efisiensi penyisihan COD terbaik yaitu dengan penambahan Fe 10 gr di menit ke-60 yaitu mencapai 133667 mg/l atau sebesar 48,59%. Hal ini dikarenakan penggunaan dosis Fe/ H_2O_2 dalam Fenton berpengaruh terhadap kondisi optimum yang dihasilkan (Elfiana, 2013). Namun setelah keadaan optimum tersebut, pada menit selanjutnya terjadi peningkatan nilai COD kembali. Beltran dalam Rezagama (2012), menyebutkan tipikal umum dari penurunan COD limbah dapat dibagi menjadi dua tahap. Pertama, fase penurunan cepat dimana terjadi penurunan dengan kecepatan tinggi, setelah itu tahap kedua terjadi titik balik dimana kecepatan reaksi menurun akibat terbentuknya karbon organik sebagai hasil sementara proses.



Gambar 3 : Efisiensi Pengolahan COD Limbah MSG dengan Kombinasi O_3/H_2O_2 dan Fenton

Pada kedua proses AOPs ini juga memungkinkan terjadinya radikal scavenger, dimana OH^\bullet yang sudah terbentuk dari reaksi hidrogen peroksida (H_2O_2) dapat bereaksi kembali dengan konsentrasi H_2O_2 yang berlebih sehingga membentuk oksidator lain yaitu HO_2^\bullet (hidroperoxyl radical). HO_2^\bullet ini memiliki sifat yang kurang reaktif sehingga tidak

dapat bereaksi cepat dengan senyawa organik atau komponen-komponen lain (Mukaromah, dkk, 2012). Jumlah hidrogen peroksida yang berlebih sehingga tidak terpakai selama proses pengolahan tidak dianjurkan (Babuponnusami, 2013).

Selain itu data hasil pengolahan juga menunjukkan bahwa secara keseluruhan dari masing-masing perlakuan, penyisihan COD mengalami fluktuasi. Hal tersebut diduga karena adanya senyawa yang berikatan dengan senyawa amfoter. Senyawa amfoter dapat bersifat sebagai asam dan juga dapat bersifat sebagai basa bergantung pada larutan yang direaksikan. Pada asam yang lebih kuat oksida amfoter bertindak sebagai basa, begitu sebaliknya bereaksi dengan zat yang lebih basa oksida amfoter bertindak sebagai asam (Seran, L.E., 2011).

Kehadiran ion bikarbonat dan karbonat dapat menghambat pendekomposisian senyawa organik. Menurut Snoeyink, V.L dan D.Jenkis (1980), dalam pH asam menghasilkan CO_2 yang akan bereaksi dengan air menghasilkan asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat akan terurai menjadi ion hidrogen dan ion bikarbonat. Ion bikarbonat akan terurai menjadi ion hidrogen dan ion karbonat. Ion bikarbonat dan karbonat berperan sebagai inhibitor dimana radikal hidroksil akan berikatan dengan ion tersebut dan membentuk karbonat radikal yang dapat bereaksi pula dengan senyawa organik.

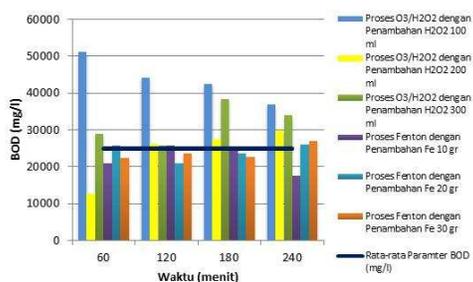
Secara keseluruhan proses Fenton memiliki rata-rata efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan proses kombinasi O_3/H_2O_2 , hal ini dikarenakan kondisi pH limbah dalam keadaan asam mendukung untuk pengolahan secara Fenton sehingga menghasilkan radikal hidroksil yang lebih banyak, namun kurang efektif untuk pengolahan dengan kombinasi O_3/H_2O_2 . Seperti studi yang dilakukan Kurniawan, 2006 menyebutkan dalam proses Fenton keadaan asam yaitu dengan pH optimum, kehadiran ion H^+ dibutuhkan untuk proses dekomposisi H_2O_2 sehingga menghasilkan

radikal hidroksil yang banyak untuk meningkatkan efisiensi oksidasi.

Kelarutan ozon dalam air juga ikut berperan dalam kombinasi O_3/H_2O_2 . Berdasarkan penelitian yang dilakukan Rezagama, 2012 menyebutkan bahwa kelarutan ozon dalam air pada pH normal yaitu pH 8 hanya sebesar 7,7% namun seiring dengan kenaikan pH yaitu pada pH 11 kelarutan ozon dalam air juga bertambah besar yaitu mencapai 14,8%. Ozon bersifat selektif dan tidak stabil dalam air (Gunten, 2002) namun dengan penambahan H_2O_2 maka diharapkan akan mempercepat terbentuknya radikal hidroksil yang bersifat tidak selektif dalam menguraikan senyawa organik (Tchobanoglous, 2003).

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi BOD pada Variasi O_3/H_2O_2 dan Fe/H_2O_2 (Fenton)

Hasil pengolahan nilai BOD secara keseluruhan mengalami peningkatan dari nilai awal limbah MSG sehingga tidak terdapat nilai efisiensi penyisihan BOD. Parameter BOD memiliki rata-rata nilai yaitu sebesar 24827,63 mg/l. Nilai terendah BOD setelah pengolahan adalah 12700 mg/l terjadi pada proses kombinasi O_3/H_2O_2 dengan penambahan 200 ml H_2O_2 di menit ke-60. Sedangkan nilai tertinggi BOD setelah pengolahan adalah sebesar 51000 mg/l terjadi pada proses kombinasi O_3/H_2O_2 dengan penambahan 100 ml H_2O_2 di menit ke-60.



Gambar 4 : Hasil Pengolahan BOD Limbah MSG dengan Kombinasi O_3/H_2O_2 dan Fenton

BOD menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologi. Keberadaan bahan-bahan toksik akan mengganggu kemampuan mikroba dalam mengoksidasi bahan organik (Effendi, 2003). Banyak senyawa organik yang sulit dioksidasi secara biologi dan zat organik tertentu mungkin beracun untuk mikroorganisme yang digunakan dalam pengujian BOD (Tchobanoglous, 2003). Studi yang dilakukan Sururi, 2014 menyebutkan senyawa H_2O_2 diduga dapat berperan sebagai senyawa pengganggu terhadap pengukuran BOD. Kehadiran H_2O_2 berbahaya bagi kehidupan organisme, ketika jumlah H_2O_2 berlebih (Kurniawan *et al.*, 2006).

Perbandingan BOD/COD dapat menunjukkan biodegradabilitas limbah. Tchobanoglous, 2003 menyebutkan rasio BOD/COD untuk limbah akan lebih mudah diuraikan secara biologi jika berada pada nilai 0,5 atau lebih besar. Setelah pengolahan dengan AOPs rasio BOD/COD mengalami peningkatan rata-rata pada setiap perlakuan, yaitu dari nilai awal hanya 0,042 menjadi 0,160 pada kombinasi O_3/H_2O_2 dan 0,125 pada proses Fenton. Hal ini menunjukkan bahwa proses AOPs menghasilkan radikal hidroksil yang mampu meningkatkan biodegradabilitas limbah MSG. Selain itu, kandungan senyawa pada limbah MSG yang sulit diuraikan atau merupakan senyawa kompleks seperti glukosa ($C_6H_{12}O_6$) setelah melalui proses AOPs terurai menjadi gugus senyawa yang lebih *biodegradable*. Hal ini dibuktikan dengan uji FTIR pada proses AOPs Fenton yang menandakan adanya gugus senyawa O-H alkohol dan C-O alkohol hasil penguraian senyawa glukosa. Gugus tersebut lebih sederhana dan mudah diuraikan.

Senyawa organik yang terkandung dalam limbah MSG berasal dari bahan baku pembuatnya yaitu tetes tebu yang didalamnya terdapat kandungan glukosa. Zat organik pada limbah industri mengandung amoniak bebas dan amoniak tersebut ikut tersuling bersama NH_3 yang

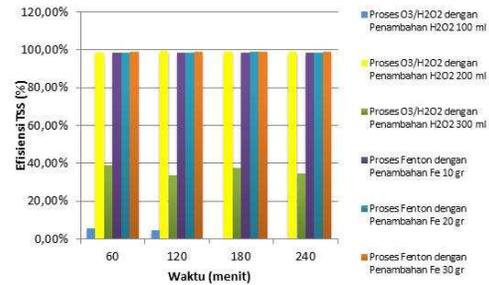
dilepaskan oleh zat organik (Alaerts, 1987). Pada kondisi pH rendah dengan jumlah amoniak yang banyak juga menandakan bahwa limbah bersifat toksik (Mulyanto, 2007).

Peningkatan nilai biodegradabilitas pada limbah MSG akan memudahkan limbah untuk diolah secara biologi pada proses selanjutnya. Oleh karena itu, untuk mendapatkan efisiensi yang lebih optimum pada limbah MSG, maka sebaiknya proses AOPs ini dilanjutkan dengan proses tambahan secara biologi. Rodriguez, 2003 menyatakan pengolahan limbah *non-biodegradable* dapat dilakukan dengan pengolahan AOPs atau secara kimia sebagai proses *pre-treatment* yang dapat meningkatkan biodegradabilitas limbah. Penghilangan kontaminan pada limbah secara kimiawi diikuti dengan pengolahan secara biologi sebagai salah satu cara untuk menghemat waktu dan biaya. AOPs lebih efektif dari pada semua pengoksidasi individual (ozone, UV, hidrogen peroksida). Materi yang sebelumnya tahan dengan degradasi dapat diubah menjadi substansi yang memerlukan pengolahan biologi (Tchobanoglous, 2003). Berdasarkan studi yang dilakukan Mandal, *et al.*, 2009 menyebutkan bahwa proses Fenton yang dilanjutkan dengan proses biologi secara aerobik dengan penambahan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* dapat mendegradasi COD hingga 92% dan BOD hingga 98% pada limbah industri penyamakan kulit.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi TSS pada Variasi O₃/H₂O₂ dan Fe/H₂O₂ (Fenton)

Berdasarkan hasil pengolahan, secara keseluruhan rata-rata penurunan parameter TSS yaitu sebesar 30555,83 mg/l atau sebesar 79,39%. Penurunan TSS terbesar terjadi pada proses kombinasi O₃/H₂O₂ dengan penambahan H₂O₂ 200 ml di menit ke-120 yaitu mencapai 617 mg/l atau mencapai 99,14%. Sedangkan penurunan parameter TSS terkecil terjadi

pada proses kombinasi O₃/H₂O₂ dengan penambahan H₂O₂ 100 ml di menit ke-240.



Gambar 5 : Efisiensi Pengolahan TSS Limbah MSG dengan Kombinasi O₃/H₂O₂ dan Fenton

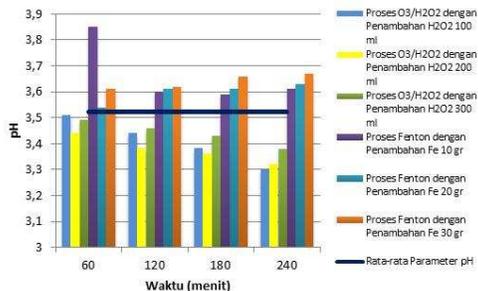
Kandungan awal TSS yang tinggi yaitu sebesar 72075 mg/l berhasil mengalami penyisihan secara signifikan pada kedua metode AOPs ini, namun mengalami fluktuasi. Pada proses kombinasi O₃/H₂O₂ dengan penambahan 200ml H₂O₂ terjadi penurunan paling signifikan terhadap parameter TSS, hal tersebut menandakan bahwa radikal hidroksil terbentuk lebih banyak pada perlakuan ini. Berdasarkan penelitian Isyuniarto, dkk (2006) penurunan partikulat padat (TSS) dikarenakan radikal hidroksil langsung bertumbukan dengan zat organik dalam air limbah sehingga dapat mengoksidasi parameter pencemar.

Pada proses Fenton, Penyisihan TSS terbaik terjadi pada menit ke-180 dengan penambahan Fe 30 gr yaitu mencapai 621 mg/l. Jika dibandingkan dengan penambahan Fe 20 gr dan Fe 30 gr, penyisihan TSS terkecil terjadi pada penambahan Fe 10 gr. Namun, pada penambahan Fe 10 gr menghasilkan penyisihan organik yang paling besar. Hal ini dikarenakan telah terjadi peningkatan ion Fe²⁺ dengan konsentrasi H₂O₂ yang digunakan sehingga mampu meningkatkan degradasi. Ion Fe²⁺ yang dioksidasi akan menghasilkan ion Fe³⁺. Peningkatan jumlah ion garam besi yang tidak digunakan akan memberikan kontribusi bagi total padatan terlarut dalam limbah (Babuponnusami, 2013).

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap pH pada Variasi O_3/H_2O_2 dan Fe/H_2O_2 (Fenton)

Kondisi pH optimum yang diperlukan dalam AOPs kombinasi O_3/H_2O_2 dan Fenton agar proses dapat berjalan dengan baik menyisihkan senyawa kontaminan sangat berbeda. Pada kombinasi O_3/H_2O_2 kondisi pH yang diperlukan untuk ozon dapat terdekomposisi dengan cepat adalah pada saat keadaan pH basa. Sedangkan untuk proses Fenton, keadaan optimum pH yang diperlukan adalah pada saat pH asam yaitu antara pH 3-5. Parameter pH limbah MSG merupakan parameter penentu yang menunjang proses pengolahan dengan kombinasi O_3/H_2O_2 dan proses Fenton.

Secara keseluruhan nilai pH rata-rata setelah proses pengolahan adalah sebesar 3,52. pH tertinggi yaitu sebesar 3,85 terjadi pada proses Fenton di menit ke-60 dengan penambahan Fe 10 gr. Sedangkan pH terendah yaitu 3,3 terjadi pada proses kombinasi O_3/H_2O_2 di menit ke-240 dengan penambahan H_2O_2 100 ml. Pada kedua proses AOPs ini pH yang dihasilkan belum mencapai baku mutu.



Gambar 6 : Hasil pH Limbah MSG dengan Kombinasi O_3/H_2O_2 dan Fenton

Setelah melalui proses pengolahan dengan AOPs kombinasi O_3/H_2O_2 menjadikan nilai pH secara keseluruhan menurun dan bersifat lebih asam. Perbedaan pH dari ketiga perlakuan pada kombinasi O_3/H_2O_2 tidak terlalu besar. Nilai pH antara 8-9 akan mempercepat proses dekomposisi ozon menjadi radikal hidroksil, dibandingkan dengan keadaan

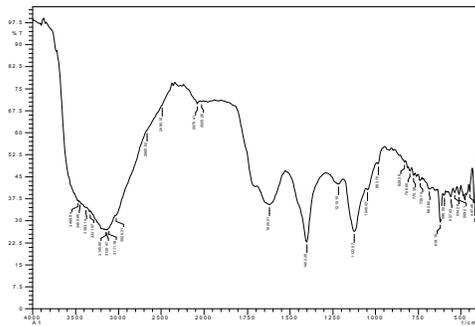
asam (Kurniawan *et al.*, 2006). Pada pH 12 akan terjadi proses dekomposisi yang sangat cepat. Sedangkan pada pH kurang dari 7, reaksi utama molekul O_3 berjalan selektif dan terkadang berlangsung lebih lambat. pH dalam air akan dipengaruhi oleh ion hidroksida yang menginisiasi proses penguraian ozon (Gunten, 2002).

Limbah MSG memiliki pH awal asam yang mendukung berjalannya proses Fenton. Berdasarkan hasil pengolahan, perubahan nilai pH tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Hanya pada menit ke 60 pada penambahan Fe 10gr terjadi peningkatan pH, namun pada menit setelahnya mengalami penurunan kembali. pH dalam Fenton merupakan salah satu faktor penentu dalam keberlangsungan proses. Kondisi optimum untuk proses Fenton telah diamati pada pH 3-5 atau pH sekitar 3. Jika pH lebih rendah efektifitas penghilangan kontaminan akan menurun karena dekomposisi H_2O_2 . Pada $pH < 3$, konsentrasi ion H^+ terlalu tinggi yang menyebabkan ion hidrogen sebagai asektor utama radikal OH^* (Barbusinki, K. & Koscielniak dalam Agustina, 2012). Babuponnusami, 2013 juga menyebutkan bahwa pada pH dibawah 3 dapat menurunkan efisiensi degradasi karena terdapat senyawa besi kompleks yang dapat bereaksi lebih lambat dengan hidrogen peroksida daripada senyawa lainnya serta dapat menghasilkan ion oxonium yang membuat hidrogen peroksida lebih stabil dan mengakibatkan reaktifitas dengan ion $Fe(II)$ berkurang. Potensial oksidasi radikal hidroksil juga dapat menurun dengan bertambahnya pH. Pada pH 5-9 proses Fenton tidak efektif dilakukan untuk limbah cair karena pada pH basa tersebut akan semakin banyak terbentuk endapan/lumpur (Fe^{3+}) yang dapat mengganggu efisiensi penyisihan warna (Mukaromah, dkk, 2012).

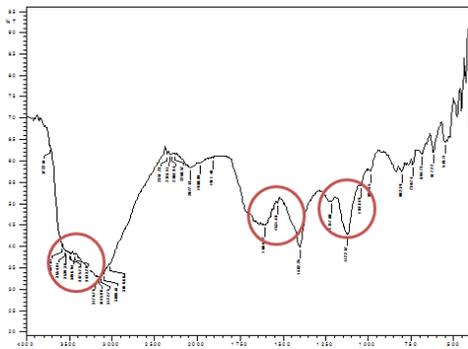
FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Spektrum Infrared suatu senyawa pada *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

memberi informasi tentang struktur molekul dengan pengukuran absorpsi radiasi sinar merah. Analisis dilakukan dengan membandingkan bentuk spektrum pada *peak* spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Spektrum limbah MSG sesudah pengolahan selama 4 jam dengan nilai COD terbaik, yaitu proses Fenton dengan penambahan Fe 10gr, dibandingkan dengan spektrum limbah MSG sebelum proses sebagai penanda perubahan gugus fungsi yang terjadi.



Gambar 7 : Hasil Pengukuran FTIR Limbah MSG Sebelum Proses AOPs



Gambar 8 : Hasil Pengukuran FTIR Limbah MSG Setelah Proses AOPs (Fenton)

Berdasarkan hasil FTIR, terdapat perbedaan spektrum setelah proses pengolahan AOPs Fenton. Gugus O-H terdeteksi terdapat lebih banyak setelah proses pengolahan yang terletak pada rentang gelombang 3122-3581 cm^{-1} . Pada titik spektrum 3433 cm^{-1} , 3475 cm^{-1} dan 3496 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus ikatan O-H bebas yang dapat diartikan

telah terjadi peningkatan terbentuknya radikal hidroksil pada saat proses oksidasi. Terjadi pemutusan rantai glukosa yang ditandai dengan gugus fungsi pada glukosa nampak pada spektrum gelombang 1043-1217 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus C-O alkohol. Pada spektrum gelombang 1531 cm^{-1} menandakan adanya gugus aromatik yang di mungkinkan dapat terjadi proses addisi radikal. Perubahan dan penambahan puncak gelombang menandakan terjadinya reaksi kimia dalam proses AOPs Fenton yang dapat merubah gugus fungsi suatu senyawa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, karakteristik awal limbah industri MSG yang akan diolah mempunyai nilai BOD, COD, TSS yang sangat tinggi dan bersifat asam dengan pH rendah. Efisiensi COD dan TSS terbaik setelah pengolahan masing-masing yaitu sebesar 48,59% terjadi pada proses Fenton dengan penambahan Fe 10 gr di menit ke-60 dan 99,14% terjadi pada proses kombinasi $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ dengan penambahan H_2O_2 200 ml di menit ke-120. Parameter pH terbaik mencapai 3,85 pada proses Fenton dengan penambahan Fe 10 gr di menit ke-60. Sedangkan nilai BOD mengalami peningkatan setelah melalui proses AOPs ini, namun jika dilihat dari rasio BOD/COD setelah proses AOPs terjadi peningkatan rasio BOD/COD dari 0,042 menjadi rata-rata 0,160 pada proses kombinasi $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ dan 0,125 pada proses Fenton. Hasil pengujian FTIR menunjukkan perbedaan spektrum setelah proses pengolahan AOPs Fenton yang mengindikasikan terjadi penguraian senyawa glukosa menjadi senyawa yang lebih sederhana dan menandakan bahwa kemampuan biodegradabilitas limbah MSG meningkat.



SARAN

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih rinci untuk pengolahan di menit 0 sampai dengan menit 60 untuk mendapatkan waktu optimum pendegradasian parameter dan setelah proses AOPs kombinasi O_3/H_2O_2 dan kombinasi Fe/H_2O_2 (Fenton) sebaiknya dilakukan pengolahan tambahan secara biologi agar limbah MSG dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika. 1984. *Metode Penelitian Air. Usaha Nasional* : Surabaya.
- Agustina, Tuty Emilia. 2012. *Pengaruh Temperatur dan Waktu pada Pengolahan Pewarna Sintetis Procion Menggunakan Reagen Fenton*. Universitas Sriwijaya : Palembang.
- Babuponnusami, A and Karrupan. 2013. *A Review on Fenton and Improvements to the Fenton Process for Wastewater Treatment*. Adhiparasakthi Engineering Collage : India.
- Bismo, Setijo. 2006. *Teknologi Radiasi Sinar Ultra-Ungu (UV) dalam Rancang Bangun Proses Oksidasi Lanjut untuk Pencegahan Pencemaran Air dan Fasa Gas*. Universitas Indonesia : Depok.
- Belitz D & Grosch W. 2009. *Food Chemistry*. Verlog : Springer.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya Air dan Lingkungan*. Kanisius : Yogyakarta.
- Elfiana, 2013. *Penurunan Konsentrasi COD Air Limbah Domestik dengan Reagen Fenton secara Batch*. Politeknik Negeri Lhoksumawe : Lhoksumawe.
- Gunten, Urs von. 2002. *Ozonation of Drinking Water: Part I. Oxidation Kinetics and Product Formation*. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Tehnology : Switzerland.
- Hutagalung, Sutrisno Salomo, dkk. 2010. *Aplikasi Metode Advanced Oxidation Processes (AOP) untuk Menghilangkan Limbah Resin Cair*. Pusat Penelitian Kimia-LIPI : Tangerang Selatan.
- Isyuniarto, dkk. 2006. *Aplikasi Ozon Hasil Lucutan Plasma untuk Menurunkan Nilai pH, COD, BOD dan Jumlah Bakteri Limbah Cair Rumah Sakit*. BATAN : Serpong.
- Krisma, A. 2008. *Penyisihan Besi dan Zat Organik dari Air Tanah Menggunakan Ozon (AOP)*. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Kurniawan T. A, et al. 2006. *Radicals-Catalyzed Oxidation Reactions For Degradation Of Recalcitrant Compounds From Landfill Leachate*. Hongkong Polytechnic University : Hong Kong.
- Mandal, Tamal et al. 2009. *Treatment of Leather Industry Wastewater by Aerobic Biological and Fenton Oxidation Process*. NIT : India.
- Mukaromah, Ana Hidayati, Yusrin, Endah Mubiarti, 2012. *Degradasi Zat Warna Rhodamin B secara Advanced Oxidation Processes Metode Fenton Berdasarkan Variasi Konsentrasi H_2O_2* . Seminar Hasil Penelitian, LPPM UNIMUS. ISBN : 978-602-18809-0-6.
- Mulyanto, H. R. 2007. *Sungai : Fungsi dan Sifat-Sifatnya*. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Muyassir. 2002. *Pemupukan Limbah Monosodium Glutamate dan Gypsum Terhadap Serapan N, P dan K Tanaman Jagung (Zea mays L)*. Unsyiah : Banda Aceh.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2014. *Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha Lainnya Nomor 52*. Surabaya.
- Pratiwi, Winda. 2015. *Pesona 'Kristal Putih' Kembali Memikat Pasar Indonesia*. www.marsindonesia.com. Diakses pada tanggal 21 September 2015.
- Rezagama, Arya. 2012. *Studi Degradasi Senyawa Organik Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sarimukti Menggunakan Ozon*. ITB : Bandung.
- Rodriguez, Miguel. 2003. *Fenton and UV-vis Based Advanced Oxidation Processes in Wastewater Treatment : Degradation, Mineralization and Biodegradability Enhancement*. Universitat De Barcelona : Bcelona.
- Seran, L.E. 2011. *Oksigen Molekuler Sebagai Zat Pengoksidasi*. Universitas Negeri Malang : Malang.
- Snoeyink, V.L dan D.Jenkins. 1980. *Water Chemistry*. John Wiley & Sons Inc : United States of America.
- Stasinakis, A.S. 2008. *Use of Selected Advanced Oxidation Processes (AOPs) for Wastewater Treatment – A Mini Review*. University of the Aegean : Greece.
- Sururi, Mohamad Rangga, dkk. 2014. *Pengolahan Lindi dengan Proses Oksidasi Lanjut Berbasis Ozon*. Institut Teknologi Nasional : Bandung.
- Qingxiang, Yang et al. 2004. *Treatment of Wastewater from a Monosodium Glutamate Manufacturing Plant Using Successive Yeast and Activated Sludge Systems*. Xiamen University : China.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H, D. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th edition. Mc Graw Hill : New York.