

Kajian Peningkatan pH dan Oksidasi Ozon terhadap Konsentrasi Fosfat dan Deterjen dalam Air Limbah di Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang

Suhirman¹, Nur Endah², Sulistyani², Muhammad Nur³

¹) Mahasiswa Magister Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro

²) Dosen Magister Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro

³) Dosen Center for Plasma Research, Department of Physics di Fakultas Science dan Matematika Universitas Diponegoro.

email : labkesdakabsemarang@gmail.com

ABSTRACT

One of human activity is health Laboratory which is its activity would produce waste water that can environment contaminate . Some of substance that consisted in laboratory waste water are, fosfat dan deterjen which is contain Linear alkylbenzene sulfonate (LAS). These parameter should to be processed before lost upon to environment or river.

The choice to ozone technology considerably that this technology is good technology (no side effect), Cheap relatively, no wide area needed and more practically. The ozone technology that be chosen is Advance Oxidation Processes (AOP) with altering pH waste water to pH 9. In this manner we hope produce more OH radical that have more higher potential oxidation than ozone alone.

The aim of this research is: to study altering pH and ozone oxidation concerning concentration of fosfat and deterjen waste water of Health Laboratory at Semarang regency. Research type was True eksperimen with desain Posttest-Only Control Design, laboratory scale.

The yields after oxidation proses with ozone was : rate value of fosfat concentration was 3,62 ppm at 10 minutes, 3,45 ppm at 20 minutes, 3,35 ppm at 30 minutes and 3,28 ppm at 45 minutes. Rate value of LAS concentration was 0,21 ppm at 10 minutes, 0,17 ppm at 20 minutes, 0,14 ppm at 30 minutes and 0,17 ppm at 45 minutes..

Analysis yield : there was not difference about fosfat concentration on pH altering and ozone oxidation (Sig. 0,965 > 0,05), there was not difference about LAS concentration on pH altering and ozone oxidation (Sig. 0,7890 > 0,05).

Keyword : Advance Oxidation Proseses, Ammonia, Fosfat, Linear alkyl Benzenesulfonat

ABSTRAK

Salah satu aktifitas manusia dalam menunjang kesehatannya dengan keberadaan fasilitas Laboratorium Kesehatan yang dalam kegiatannya menghasilkan limbah cair yang dibuang ke lingkungan yang mengandung fosfat dan Linear alkylbensulfonat (LAS) dalam deterjen. Hasil pengukuran Fosfat sebesar 23,2 ppm sebelum pengolahan dan 20,2 ppm setelah pengolahan (Standar baku : 2 ppm), deterjen (sebagai MBAS) sebesar 4,1 ppm sebelum pengolahan dan 2,1 ppm setelah pengolahan (standar baku 0,2 ppm). Zat pencemar tersebut perlu diolah. Teknologi ozon dipilih karena

ramah lingkungan (tidak menghasilkan efek samping), tanpa membutuhkan lahan yang luas dan relative lebih praktis. Teknik ozonisasi digunakan dengan cara menaikkan pH air limbah terlebih dahulu sehingga diharapkan dihasilkan hidroksil radikal yang lebih banyak yang akan semakin meningkatkan kemampuan pengolahan zat pencemar.

Tujuan penelitian adalah: Mengkaji peningkatan pH dan oksidasi ozon terhadap konsentrasi fosfat dan Linear alkylbenzenesulfonat air limbah UPTD Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang. Jenis penelitian adalah True eksperimen dengan desain Posttest-Only Control Design, skala laboratorium.

Rata-rata konsentrasi fosfat pada 10 menit 3,62 ppm, 20 menit 3,45 ppm, pada 30 menit 3,35 ppm dan 45 menit 3,28 ppm. Rata-rata konsentrasi LAS pada 10 menit 0,21 ppm, 20 menit 0,17 ppm, pada 30 menit 0,14 ppm dan 45 menit 0,17 ppm.

Hasil analisa bivariat : tidak ada perbedaan konsentrasi Fosfat setelah peningkatan pH dan oksidasi ozon air limbah (Sig. 0,965 > 0,05), tidak ada perbedaan konsentrasi LAS setelah peningkatan pH dan oksidasi ozon air limbah (Sig. 0,7890 > 0,05).

Kata kunci : Proses oksidasi lanjut, Ozon, Ammonia. Fosfat, Linear alkyl Benzenesulfonate

PENDAHULUAN

Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang yang merupakan unit pelaksana teknis daerah dari Dinas Kesehatan Kabupaten Semarang dalam aktifitasnya menghasilkan limbah cair yang perlu diolah agar tidak mencemari lingkungan.

Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang telah memiliki unit pengolahan limbah yang menggunakan sistem pengolahan anaerob dan aerob. Dengan kapasitas daya tampung limbah sebesar 0,63m³, Debit puncak limbah terjadi pada pencucian peralatan laborotium pada jam kerja antara jam 11.00 s/d jam 13.00 WIB. Namun dari hasil pemeriksaan laboratorium kimia unit pengolahan yang ada tidak berhasil menurunkan semua parameter yang diperiksa (parameter Fosfat dan deterjen).

Dengan debit aliran 0,25 L/s dan dari hasil pemeriksaan awal diketahui profil parameter limbah sebagai berikut : pH 7, BOD 44 ppm sebelum pengolahan dan 25,2 ppm setelah pengolahan (Standar baku : 30 ppm), COD 160 ppm sebelum pengolahan dan 66 ppm setelah pengolahan (Standar baku : 80 ppm), TSS 8,2 ppm sebelum pengolahan dan 1,6 ppm setelah pengolahan (Standar baku 30 ppm), Fosfat 23,2

ppm sebelum pengolahan dan 20,2 ppm setelah pengolahan (Standar baku : 2 ppm), deterjen (sebagai MBAS) 4,1 ppm sebelum pengolahan dan 2,1 ppm setelah pengolahan (standar baku 0,2 ppm).

Salah satu sistem pengolahan yang relative baru dikembangkan pada akhir-akhir ini adalah sistem pengolahan limbah dengan memanfaatkan gas ozone (O₃). Gas ozone merupakan gas yang mempunyai sifat reduktor yang sangat kuat, sehingga sifatnya ini dapat dimanfaatkan untuk melakukan proses oksidasi terhadap senyawa-senyawa kimia yang ada dalam limbah.

Teknik ozonasi dapat menurunkan kadar Fosfat dalam limbah cair rumah sakit sebesar 75,35%. (Isyuniarto, 2009)¹

Proses ozonasi berhasil mengurangi kadar Fosfat lebih dari 80% dalam air limbah. (Hiroshi Tsuno and Hideaki Nagare, 2006)². Reaksi Amonia dengan ozon berlangsung sangat lambat, diperkirakan konstanta kecepatan reaksinya dengan ozon sekitar 20 M⁻¹s⁻¹ dengan t_{1/2} = 96 jam (pada pH 7; konsentrasi ozon 1 mg/L) sedangkan proses oksidasi oleh OH radikal dapat berlangsung lebih cepat yaitu 9,7 x 10⁷ M⁻¹s⁻¹.

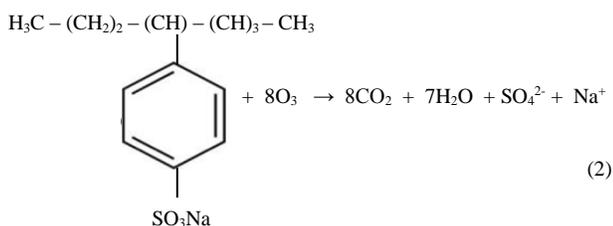
Berikut merupakan reaksi antara Fosfat dengan ozon:



Dari persamaan reaksi di atas sesuai perhitungan stokiometri dibutuhkan 15,359 mgr untuk menguraikan 6,25 mgr Phospat

Konstanta reaksi ozone dengan asam phospat ($\text{O}_3 + \text{H}_2\text{PO}_4^-$) adalah $< 2 \times 10^{-4} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$, yang mana sangat rendah.⁴

Berikut merupakan reaksi antara LAS dengan ozon :



Dari persamaan reaksi di atas sesuai perhitungan stokiometri dibutuhkan 0,364 mgr untuk menguraikan 0,2474 mgr LAS yang terkandung dalam air limbah. Reaksi LAS dengan ozone mempunyai konstanta rate reaksi yang rendah ($K_{\text{O}_3} = 3,68 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

Dari hasil uji pendahuluan yang dilakukan di Laboratorium Center for Plasma Research, Department of Physics di Fakultas Science dan Matematika Universitas Diponegoro, terhadap air limbah UPTD Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang dengan menggunakan alat ozonizer dengan kadar gas ozone sebesar 60 ppm, terhadap parameter phospat menunjukkan hasil penurunan sebesar 20,76% sehingga belum memuaskan, Dari hasil uji pendahuluan dengan melakukan ozonisasi dengan gas ozon saja pada 500 ml sampel dengan kandungan phospat awal sebesar 15,9 ppm didapatkan hasil pada menit ke 5 terjadi peningkatan kandungan phospat sebesar 16,2 ppm. Proses penurunan baru terjadi pada menit ke 10 sebesar 14,9 ppm (6,27%), pada menit ke 20 terjadi penurunan sebesar 14,3 ppm (10,06%), pada menit ke 30 menurun menjadi 12,8 ppm (19,5%). Pada menit 45 terjadi penurunan lagi menjadi 12,6 ppm (20,76%). Pada menit ke 60 ternyata mulai terjadi kenaikan kadar phospat dalam air limbah dibandingkan

pada menit ke 45 menjadi 13,7 ppm. Dari hasil uji pendahuluan ini diketahui proses penurunan phospat terjadi pada menit ke 10, 20, 30 dan 45. Oleh karena itu pada menit inilah yang akan digunakan pada percobaan selanjutnya.

Dilihat dari hasil uji pendahuluan di atas ternyata penurunan kadar phospat belum sesuai dengan keinginan yang diharapkan, hal ini memunculkan pemikiran untuk menggunakan pengolahan sistem AOP (*Advance Oxidation Proseses*) yaitu dengan cara sebelum dilakukan proses ozonisasi, terlebih dahulu pH air limbah dinaikkan di atas nilai 8 atau menjadi basa, sehingga dalam suasana basa ini diharapkan akan memicu kemunculan *hydroxyl radical* yang mempunyai nilai potensial oksidasi lebih besar dari pada ozone yang mana mempunyai kemampuan melakukan proses oksidasi lebih luas dibandingkan dengan ozone secara sendiri, sehingga diharapkan proses ozonisasi dapat berjalan lebih efektif.

Penelitian yang dilakukan oleh Chairul Abdi dkk (2017) terhadap air gambut dengan metode AOP (Ozone + pH 9) berhasil menurunkan warna tanah gambut sebesar 78,31% selama 120 menit.⁵

Novermen, Syarfi, Jecky asmura (2013) berhasil membuktikan bahwa Effisiensi penurunan COD dan TSS yang direduksi ozon mencapai 90% pada kondisi pH 8 dengan waktu ozon 40 menit.⁶

Penelitian yang dilakukan oleh Isyuniarto dkk (2007) dengan menggunakan proses AOP yaitu menaikkan pH limbah dengan menambahkan kapur kemudian dilakukan ozonisasi telah berhasil menurunkan BOD 95.59 %, COD 95.64 % dan TSS 93.4 % pada sampel limbah cair industri kertas (pulp)⁴⁷. Penelitian lain yang dilakukan Andrianto terhadap limbah cair rumah sakit dengan menggunakan Kapur dan ozonisasi dengan waktu ozonisasi selama 20 menit, telah terbukti menurunkan BOD sebesar 80,84%, COD sebesar 80,93%, TSS sebesar 68,67% dan Phospat sebesar 75,37%.⁷

Penelitian yang dilakukan oleh Sutrisno Salomo Hutagalung dkk (2010) menunjukkan bahwa metode AOP (ozone + UV) dapat menurunkan COD limbah cair resin rata-rata berkisar antara

47.28% hingga 94.51%.⁸

Penelitian yang dilakukan oleh Nur Rohmah dan Anto Tri Sugiarto (2008) dengan metode kombinasi ozon dan ultraviolet (UV) berhasil menurunkan TS limbah cair industri perminyakan dengan optimal pada waktu kontak 25 menit dan pada konsentrasi ozon 3,5 mg/l dengan penurunan Terbesar 65,52%.⁹

Penelitian lain berhasil membuktikan kemampuan ozon dalam menaikkan kadar oksigen terlarut dengan kecepatan aliran udara 1,5 liter/menit lama ozonisasi 20 menit dari 9,09 mg/L, nilai oksigen terlarut meningkat sesaat setelah diozonisasi mencapai 11,57 mg/L. (Muhammad Nur, dkk, 2009)¹⁰

Penelitian lain dengan menggunakan teknologi plasma berhasil melakukan pengolahan limbah kelapa sawit dengan hasil : hasil optimal dicapai pada menit ke 60 berhasil menurunkan COD sebesar 18 % dan TSS sebesar 85% (Muhammad Nur dkk, 2016)¹¹

Penelitian teknologi ozon untuk mengolah limbah rumah sakit juga dibuktikan dengan keberhasilan menurunkan TSS limbah yaitu TSS pada konsentrasi 300 mg/liter pada menit ke 30 turun sangat signifikan sebesar 84% menjadi 26,5 mg/liter atau sudah dibawah standar baku mutu yang ditetapkan Pemerintah sebesar 30mg/liter. Pada menit selanjutnya 60menit, kadar TSS turun lagi menjadi 19,5 mg/liter atau 90% dari angkaawal. Pada menit ke 90 dan menit ke120 kadar TSS diperoleh hasil samayaitu 19 mg/liter, atau dari angka awal turun sebesar 90,2%.% (Muhammad Nur dkk, 2016) % (Muhammad Nur dkk, 2017)¹²

Penelitian dengan menggunakan ozon untuk menurunkan limbah warna industri batik membuktikan dengan Flowrate diatur 5 lpm, dan pada setiap dosis ditambahkan katalis FeSO₄.7H₂O. Efisiensi penurunan warna maksimal berada pada dosis ozon 60 ppm yang mencapai 32,15% (Muhammad Nur dkk, 2017)¹³

Penelitian ozonisasi terhadap air murni dengan menggunakan tegangan 12,5 kV menunjukkan adanya peningkatan kandungan oksigen terlarut

(dissolve oxigent) berbanding lurus dengan tegangan yang digunakan. % (Muhammad Nur dkk, 2016) % (Muhammad Nur dkk, 2015)¹⁴

Untuk menghasilkan gas ozon dikenal dua metode yaitu :¹⁵

- *lucutan korona (corona discharge)*
Lucutan korona termasuk lucutan mandiri (*self-sustained*) yang merupakan suatu kasus khusus. Lucutan korona terbentuk pada medan listrik tak seragam (*non uniform*) yang kuat antar elektroda.
- *lucutan berpenghalang dielektrik (Dielectrics Barrier Discharge)*
Lucutan berpenghalang dielektrik (*Dielectrics Barrier Discharge*) merupakan lucutan plasma senyap (*Silent Discharge Plasma*) adalah lucutan plasma yang dapat dioperasikan pada tekanan atmosfer. Lucutan plasma senyap ini dalam industri skala besar digunakan sebagai pembangkit ozon. Dengan gas sumber yang digunakan adalah udara bebas maupun oksigen.

Dalam penelitian ini sistem yang digunakan untuk menghasilkan ozon adalah lucutan berpenghalang dielektrik (*Dielectrics Barrier Discharge*).

Dielectric barrier discharge plasma (DBDP) with susunan silinder spiral dapat digunakan untuk menghasilkan gas ozon. Dalam system ini konsentrasi ozon meningkat dengan peningkatan tegangan, jumlah lilitan kawat, sedang konsentrasi ozon akan menurun dengan peningkatan jarak diantara elektroda spiral dan elektroda silinder (Muhammad Nur dkk, 2014).¹⁶

Penelitian lain menunjukkan konsentrasi ozon meningkat dengan bertambahnya power. Maksimum power efektif dalam DBD reactor spirat-silinder dengan diameter kawat 1,2 mm, diameter lilitan kawat 20 mm dan jumlah lilitan kawat 10 lilitan dapat menghasilkan konsentrasi ozon lebih besar daripada 20 ppm dengan membutuhkan energy sebesar 177,60 watt (Muhammad Nur dkk, 2016).¹⁷

Sebagai sumber penghasil gas ozon dapat digunakan oksigen murni atau udara bebas. Dalam penelitian ini digunakan udara bebas sebagai sumber gas ozon. Menurut penelitian dengan laju aliran udara bebas 10 liter/menit didapatkan konsentrasi ozon sebesar 191,698 ppm (Muhammad Nur dkk,2017).¹⁸

Penelitian yang berkaitan dengan daya larut ozon dalam air menunjukkan ozon terlarut dalam air hanya 10% dari ozon diproduksi jika ozon dibangkitkan dari oksigen murni dan hanya 7% untuk kering udara sebagai sumber ozon. (Muhammad Nur dkk, 2009).¹⁹

METODE DAN BAHAN PENELITIAN

METODE

Jenis penelitian adalah penelitian True eksperimen dengan desain Posttest-Only Control Design

R1	X	Q1
R2		Q2

Dimana :

R1 = kelompok perlakuan

R2 = kelompok tanpa perlakuan

X = perlakuan pemberian ozone dan penaikan pH dengan variasi waktu

Q1 = pengukuran setelah perlakuan

Q2 = pengukuran tanpa perlakuan

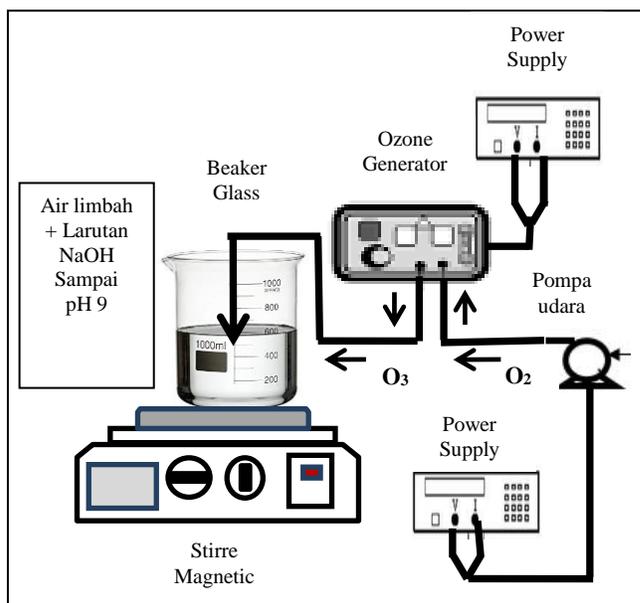
Skala laboratorium dengan sampel adalah air limbah laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang. Sampel diambil secara gabungan waktu.²⁰

BAHAN DAN ALAT

Penelitian ini menggunakan sampel air limbah dari unit pengolahan air limbah (IPAL) di UPTD Laboratoium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang. Sampel diambil secara gabungan waktu yaitu sampel dari lokasi yang sama dengan pengambilan waktu (hari) yang berbeda.

- Sampel air limbah dari bak inlet IPAL UPTD Laboaratorium Kesehatan daerah Kabupaten Semarang sebanyak 5 liter, NaOH bentuk kristal untk meningkatkan pH air limbah, larutan KI, Ozon Generator beserta peningkat tegangan, pompa udara sebagai sumber udara ozon generator yang dilengkapi dengan flowmeter (alat ukur volume aliran udara), tabung tempat larutan KI yang akan dikontakkan dengan gas ozon yang dihasilkan dari ozon generator, burret 50 ml (dua buah), erlenmeyer 500 ml (lima buah), gelas ukur 10 ml (dua buah), beker gelas 500 mL, hot Plate Stirrer magnetik sebagai alat pengaduk sampel ketika dilakukan ozonisasi, timbangan analitik untuk menimbang kristal NaOH, pH meter, alat ukur waktu (stop wacth), botol sampel plastik untuk menampung sampel hasil ozonisasi yang akan dibawa untuk dianalisa, wadah sampel ukuran 5 liter., wadah sampel plastik 250 ml, alat dokumentasi, alat tulis menulis,

Skema dari alat percobaan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Skema percobaan

PELAKSANAAN PERCOBAAN

PERSIAPAN SAMPEL

- Diambil sebanyak 5 liter (5.000 mL) sampel dari bak pengendap awal (inlet) sebelum diolah dari unit pengolahan IPAL UPTD Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang.
 - Dimasukkan sampel ke dalam ember plastik.
 - Sebelumnya ditimbang sebanyak 0,507 gr kristal NaOH dengan timbangan analitik.
 - Dimasukkan kristal NaOH yang sudah ditimbang tadi ke sampel dan diaduk.
 - Diukur pH sampel dengan hasil pH 9,4.
 - Kemudian sampel dipindahkan ke dalam wadah jerigen plastik 5 liter dan dibawa ke laboratorium *Center for Plasma Research, Department of Physics* di Fakultas *Science* dan Matematika Universitas Diponegoro.

PELAKSANAAN OZONISASI

- Dipersiapkan ozon generator (alat penghasil ozon), dan stirre magnetic. :
 - Persiapan rangkaian kabel listrik: stop kontak – regulator voltase peningkat voltase/step - up-generator ozone.
 - Menghubungkan kabel listrik dari regulator kepeningkat voltase, kemudian dari peningkat voltase ke generator ozon.
 - Setelah OK baru menghubungkan kabel dari regulator voltase ke stop kontak.
 - Pompa udara sebagai sumber oksigen dihubungkan dengan stop kontak dan dihidupkan.
 - Laju alir udara dari pompa udara diset ke angka 20 liter/menit.
 - Ozon generator dengan tegangan 8 KV (8.000 Volt) dibiarkan hidup selama 10 menit.
 - Dilakukan uji kadar ozon yang dihasilkan ozon generator dengan metode iodometri
Prosedur pengujian produktivitas ozonator adalah:
 - Larutan KI (50 g/250 mL) dimasukkan ke dalam *gas washing bottle (bubbler)*

yang terdiri sebanyak 200 mL, kemudian ozonator mulai dinyalakan dan selang dimasukkan ke dalam *bubbler*.

- Pengambilan sampel dilakukan ketika warna larutan KI berubah dari bening menjadi kuning muda
- Sebelum titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, sampel ditambahkan H_2SO_4 2N sebanyak 10 mL dan indikator amilum hingga warna larutan menjadi biru tua (menandakan terkandungnya I_2 dalam sampel)
- Titrasi dihentikan sampai larutan yang berwarna biru tua menjadi bening
Reaksi Ozon dengan KI :

$$\text{O}_3 + 2\text{NaI} + 2\text{H}^+ + \text{I}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
 Pembebasan iodium dititrasi dengan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0,1 N :

$$\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$$

$$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- Konsentrasi ozon yang dihasilkan dihitung dengan rumus :
Konsentrasi ozon (g/l): $24 \times \text{Volume thiosulfat (liter)} \times \text{Normalitas thiosulfat} / \text{Volume gas oksigen (liter)}$.
- Dari hasil perhitungan konsentrasi yang dihasilkan oleh ozon generator adalah: 60 ppm atau 60 mg/liter.
Dengan laju aliran udara 18 Liter per menit, maka kapasitas ozone (O_3) yang dihasilkan:

$$60 \text{ mg/liter} \times 18 \text{ liter/menit}$$

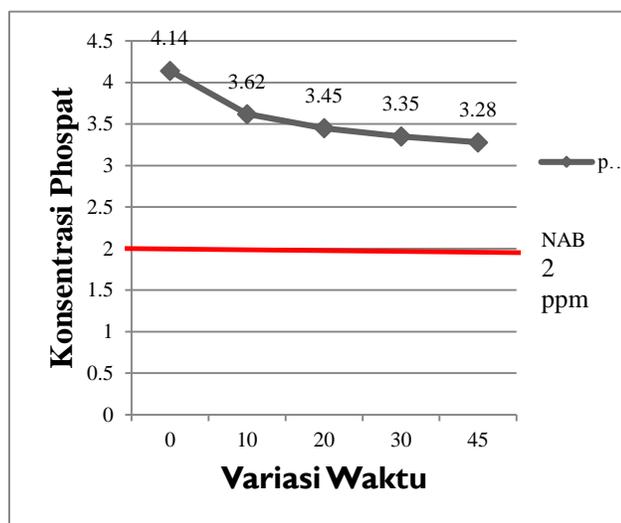
$$1080 \text{ mg/liter} \times 60 \text{ menit} = 64800 \text{ mg} = 64,8 \text{ gram / jam}$$
 Jadi kapasitas ozon yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah 64,8 gram per jam
- Diambil sebanyak 500 mL sampel dan dimasukkan dalam beker gelas ukuran 500 mL dan diletakkan di atas stirre magnetic.
- Pompa udara dihidupkan dan di set pada aliran udara 18/ liter/menit.

- Alat ozoniser dihidupkan dan ditunggu sampai dengan 10 menit. .
- Dimasukkan ke dalam beker gelas 500 mL sebanyak 5 beker gelas dan diberi label , satu sebagai sebagai pembanding (tidak diberi perlakuan) dan 4 yang lain mendapat perlakuan ozonisasi selama 10 menit, 20 menit, 30 menit dan 45 menit.
- Setelah proses ozonisasi selesai masing-masing sampel tadi dimasukkan ke dalam botol plastik 250 ml dan diberi label kemudian dibawa ke Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang untuk dianalisa/diukur phospat dan LAS.
- Dilakukan pengulangan sebanyak 3 (tiga) kali dengan waktu pengambilan sampel pada hari yang berbeda..
- Analisa
 Uji inferensial yang digunakan adalah uji Anova satu arah (one way Anova).

HASIL, ANALISA DAN PEMBAHASAN

HASIL

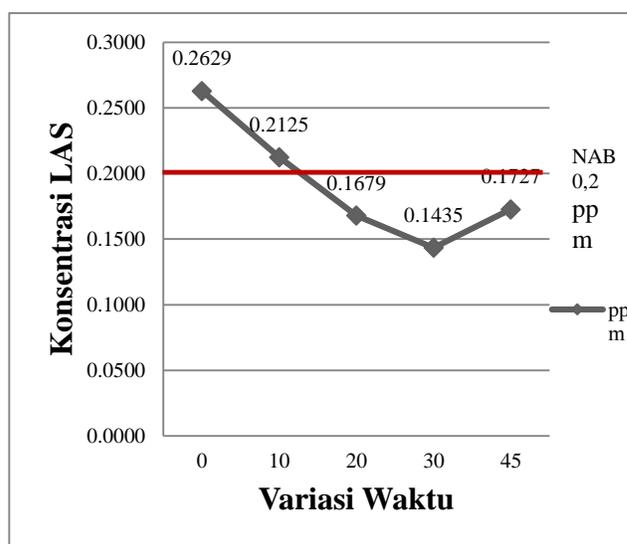
Parameter Phospat



Gambar 2. Grafik rata-rata kadar phosphate pada penaikan pH dan oksidasi ozon air limbah

Dari gambar 2. di atas dapat dilihat terjadinya kecenderungan penurunan konsentrasi phospat pada setiap variasi waktu yaitu pada 10 menit sebesar 3,62 ppm, 20 menit sebesar 3,45 ppm, pada 30 menit sebesar 3,35 ppm dan 45 menit sebesar 3,28 ppm. Angka capaian penurunan masih belum sesuai dengan yang diharapkan sesuai dengan PP no. 82 Tahun 2001 sebesar 2 ppm (mg/L).²¹

Parameter linear Alkylbenzene sulfonat (LAS)



Gambar 3. Grafik rata-rata kadar LAS padapenaikan pH dan oksidasi ozon air limbah

Dari gambar 3. di atas dapat dilihat terjadinya kecenderungan penurunan konsentrasi LAS pada setiap variasi waktu yaitu pada 10 menit sebesar 0,21 ppm, 20 menit sebesar 0,17 ppm, pada 30 menit sebesar 0,14 ppm, sedangkan pada menit 45 tidak mengikuti kecenderungan itu sebesar dengan nilai konsentrasi 0,17 ppm. Angka capaian penurunan sudah sesuai dengan yang diharapkan dengan PP no. 82 Tahun 2001 sebesar 0,2 ppm (mg/L).²¹

ANALISA

Phospat

Dari uji Anova terhadap konsentrasi Phospat pada peningkatan pH dan oksidasi ozon air limbah Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang dari Tabel 2.9 di atas didapat nilai Sig. sebesar $0,965 > 0,05$ yang mana hal ini dapat ditarik kesimpulan :

“Tidak ada perbedaan konsentrasi Phospat pada peningkatan pH dan oksidasi ozon air limbah”

LAS

Dari uji Anova terhadap konsentrasi LAS pada peningkatan pH dan oksidasi ozon air limbah Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang didapat nilai Sig. sebesar $0,7890 > 0,05$ yang mana hal ini dapat ditarik kesimpulan : “Tidak ada perbedaan konsentrasi LAS pada peningkatan pH dan oksidasi ozon air limbah “

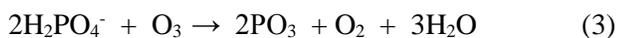
PEMBAHASAN

Phospat

Berdasarkan hasil eksperimen di laboratorium dapat disimpulkan :

“ Tidak ada perbedaan konsentrasi Phospat pada peningkatan pH dan oksidasi ozon air limbah.”.

Berikut merupakan reaksi antara Phospat dengan ozon :



Dari persamaan reaksi di atas sesuai perhitungan stokiometri (terlampir) dibutuhkan 15,359 mgr untuk menguraikan 6,25 mgr Phospat yang terkandung dalam air limbah UPTD.

Phospat adalah komponen yang berpotensi menjadi pemakan Hydroxil radikal (OH radikal). Meskipun ia sangat pelan bereaksi dengan OH

radikal sehingga pengaruhnya biasanya diabaikan.²²

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Isyuniarto (2009) terbukti teknik ozonasi dapat menurunkan kadar Pospat dalam limbah cair, rumah sakit sebesar 75,35%.¹

Penelitian yang dilakukan oleh Hiroshi Tsuno and Hideaki Nagare (2006) menyatakan proses ozonasi berhasil mengurangi kadar Phospat lebih dari 80% dalam air limbah.²

Komponen phorphorus merupakan komponen yang normalnya susah diuraikan atau bereaksi lamban dengan ozone saja, tetapi bereaksi dengan ozone yang digabung dengan metode lain (AOP).⁴ Konstanta reaksi ozone dengan asam phospat ($\text{O}_3 + \text{H}_2\text{PO}_4^-$) adalah $< 2 \times 10^{-4} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$, yang mana sangat rendah.

Pada awal reaksi, ozon mampu mendegradasi senyawa kompleks yang umumnya bermolekul besar menjadi senyawa-senyawa bermolekul kecil yang lebih sederhana sehingga membentuk koloidal-koloidal yang saling berikatan satu sama lain lalu membentuk endapan yang tidak larut dalam air. Namun dengan bertambahnya lama waktu ozonisasi maka konsentrasi ozone dalam larutan juga meningkat sehingga terjadi ketidakseimbangan ion dalam larutan dan senyawa yang telah teroksidasi oleh ozon kembali pada fase larut dalam air.⁴

Komposisi air limbah Laboratorium berisikan senyawa kompleks yang dapat terdiri dari senyawa organik dan anorganik yang dapat berupa campuran dari berbagai macam zat reagen, zat pelarut, senyawa-senyawa alcohol dan zat asam serta zat basa. Hal ini tentu akan mempengaruhi kemampuan reaksi ozone dalam mendegradasi phospat. Ozone akan bereaksi terlebih dahulu dengan berbagai zat yang mempunyai angka kecepatan reaksi (K_{O_3} atau K_{OH}) yang lebih tinggi dari pada phospat. Inilah yang menyebabkan proses peruraian phospat menjadi tidak maksimal meskipun terjadi proses degradasi senyawa phosphate mulai dari 10 menit, 20 menit, 30 menit dan 40 menit reaksi.

Sumber asal air di Laboratorium Kesehatan

Daerah Kabupaten Semarang yang digunakan untuk proses kegiatan dan akhirnya menjadi limbah berasal dari institusi PDAM yang biasanya mengandung kesadahan dan mengandung ion carbon dan bicarbonate .

Hal ini jelas akan mempengaruhi juga proses ozonisasi karena kesadahan air berarti dalam air mengandung ion carbon dan bicarbonate yang akan bereaksi OH radikal yang berakibat pada terhentinya rantai reaksi ozone dan menurunkan tingkat efisiensi seluruh reaksi termasuk yang melibatkan ozone dan OH radikal.²³

Reaksi hidroksil radikal dengan bicarbonate ion seperti reaksi berikut (Morel and Hering, 1993) :



Dengan rate konstant, k, sebesar $3,8 \times 10^8$ dan $8,5 \times 10^6 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ yang mana jelas lebih besar dari pada rate konstanta reaksi Phosphat.

Zat polutan mikro yang mempunyai nilai konstanta reaksi $> 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ akan bereaksi cepat dengan ozone sedang yang $< 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ akan bereaksi lambat dengan ozone.²⁴

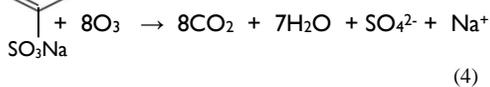
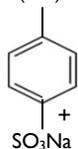
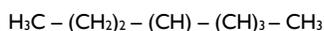
Sementara rate konstanta Pjospat hanya $< 2 \times 10^{-4} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ jadi termasuk lambat bereaksi dengan ozon.

LAS

Berdasarkan hasil eksperimen di laboratorium dapat disimpulkan bahwa :

“ Tidak ada perbedaan konsentrasi LAS pada kenaikan pH dan oksidasi ozon air limbah .”

Berikut merupakan reaksi antara amonia dengan ozon :³



Dari persamaan reaksi di atas sesuai perhitungan

stokiometri (terlampir) dibutuhkan 0,364 mgr untuk menguraikan 0,2474 mgr LAS yang terkandung dalam air limbah UPTD Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Semarang.

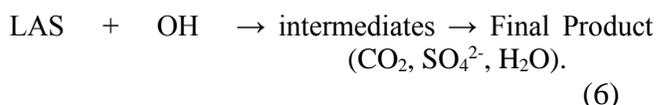
LAS yang diteliti meskipun penurunannya masih tidak seperti yang diharapkan (signifikansinya $> 0,05$).

Fenomena terjadinya penurunan tingkat laju degradasi LAS pada lama ozonasi selama 45 menit mungkin disebabkan dengan semakin lamanya proses ozonisasi maka akan semakin banyak. ozon yang tersuplai ke dalam larutan yang mana kelebihan ozone ini akan berakibat tidak mendukung cukup waktu untuk terjadinya kontak antara molekul ozone dengan OH^- yang mana akan menyebabkan pembentukan Hidroksil Radikal ($\bullet\text{OH}$) menjadi pelan, sehingga reaksi antara Hidroksil radikal dengan LAS menjadi terhambat sementara reaksi LAS dengan ozone mempunyai konstanta rate reaksi yang rendah ($K_{\text{O}_3} = 3,68 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Karthikeyan dan Ranjith (2007) yang menunjukkan terjadinya penurunan muatan surfaktan dalam air limbah pada waktu ozonisasi yang ditingkatkan sebesar kira-kira 65-70% pada 50-75% total waktu kontak.²⁵

Penelitian lain yang dilakukan oleh S. Kanazawa dkk (2013) menunjukkan dengan kombinasi discharge-induced plasma dengan injeksi ozone (memunculkan OH radikal) kira-kira 90% LAS dengan konsentrasi 5 mg/L dapat diturunkan dalam waktu 40 menit dengan efisiensi energy 28 g/kwh (konsentrasi ozon 200 ppm dan laju alir udara 1 L/menit).²⁶

Pada khususnya, desepakati bahwa reaksi OH radikal merupakan jalur utama dari peruraian LAS, seperti tampak pada reaksi berikut :



Jalur reaksi sederhana di atas menunjukkan bahwa degradasi LAS didominasi oleh keterlibatan OH radikal yang dihasilkan oleh keberadaan AOP

karena pemutusan cincin LAS disebabkan oleh serangan OH radikal.²⁶

Penyisihan LAS. Dimana ketika pH dinaikkan akan dihasilkan radikal hidroksida yang akan mengoksidasi LAS dengan cepat. Reaksi antara ozon dengan senyawa LAS berlangsung lambat ($k_{O_3} = 3,68/M.s$), namun bereaksi cepat dengan hidroksil radikal ($k_{OH} = 1,16 \times 10^{10}/M.s$).

KESIMPULAN

Tidak ada perbedaan konsentrasi fosfat dan tidak ada perbedaan konsentrasi LAS pada peningkatan pH dan oksidasi ozon air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Isyuniarto, Andrianto. Pengaruh waktu ozonisasi terhadap penurunan kadar bod, cod, tss dan fosfat pada limbah cair rumah sakit. Prosiding PPI - PDIPTN 2006. Pustek Akselerator dan Proses Bahan – BATAN Yogyakarta.[serial online]2006 Juli 10 [cited 2016 Sep 20]:181-8. Available from:URL: <http://digilib.batan.go.id/ppin/catalog/file/K46.pdf>.
2. Hiroshi T, Hideaki N. Reduction of excess sludge in sewage treatment by ozone application. International Conference Ozone and UV, 2006 April 3. Kyoto University.Japan. Wasser. Berlin. [serial online]. 2006[cited 2016 Des 17]:35-40. Available from:URL: http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/veranstaltungen_IOA_Ozone_and_UV/06_IOA-EA3G_Tsuno.pdf
3. Samputra NRAR. Oksidasi lanjut dan filtrasi membrane keramik untuk penyisihan besi, mangan, ammonia dan linear alkyl benzene sulfonate dari air tanah. Tesis, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia; 2010 Jan 4:61, 68.
4. Karat I. Advanced oxidation processes for removal of cod from pulp and paper mill effluents : a technical, economical and evaluation. Masters of Science.Stockholm. [serial online].2013[cited 2016 Des 13]: Available from:URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:618554/FULLTEXT02>
5. Abdi. C, Miftahul Khair. R, Aisyah S. Pengaruh ozonisasi terhadap penurunan intensitas warna dan kadar besi (Fe) pada air gambut. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia, 2017;3(1):21-9.
6. Novermen, Syarfi, Asmura J. Pengaruh pH dan waktu pada pengolahan limbah cair cpo dengan proses ozonasi. J unri.ac.id Univ Riau. 2013 Des 21;1-5.
7. Isyuniarto, Usada W, Purwadi A. Degradasi limbah cair industri kertas menggunakan oksidan ozon dan kapur. Prosiding PPI – PDIPTN. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN. Yogyakarta. 2007 Juli 10:88-60.
8. Hutagalung SS, Sugiarto AT, Luvita V. Aplikasi metode advanced oxidation processes untuk mengolah limbah resin cair. J

- Tekn Pengel Limbah Pusat Penelitian Kimia-LIPI. 2010 Des;13(2):18-25.
9. Rohmah N, Sugiarto AT. Penurunan total solid pada limbah cair industri perminyakan dengan teknologi aop. Prosiding Seminar Nasional Tekno.Bidang Teknik Kimia dan Tekstil. Yogyakarta, 2008 November 22:B44-B48.
 10. Muhlisin Z , Oktiyana W, Nur M, Aplikasi plasma lucutan berpenghalang dielektrik pada peningkatan kualitas air dengan mengalirkan air secara langsung dalam reaktor berkonfigurasi elektroda spiral-ailinder.. Berkala Fisika, 2009 Juli;12(3):99-106.
 11. Nur M, Amelia YA, Ariantoa F, Kinandana AW, Zahar I, Susana AI, and Wibawa JP. Dielectric barrier discharge plasma analysis and application for processing palm oil mill effluent. 2017. Procedia Engineering. 170 (2017) 325 – 331.[serial online]2017[cited 2018 Jan 18]:325-331. Available from:URL: www.ScienceDirect.com.
 12. Dianawati RI, Wahyuningsih NE, Nur M. Efektivitas ozon dalam menurunkan kadar tss dan nilai pH limbah cair rumah sakit dr. adhyatma, mph Semarang. J Kes Mas. [serial online]2017 Okt[cited 2018 Jan 18];5(5):815-22. Available from:URL: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
 13. Herfiani ZH, Rezagama A, Nur M, Pengolahan limbah cair zat warna jenis indigolblue (C1 Vat Blue 4) sebagai hasil produksi kain batik menggunakan metode ozonasi dan adsorbs arang aktif batok kelapa terhadap parameter cod dan warna. Jurnal Tek Ling. [serial online] 2017[cited 2018 Jan 18];6(3):1-10. Available from:URL: <http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/tingkungan>.
 14. Prasetyo A, Nur M, Muhlisin Z, Putro SP, Pengaruh ozon yang dibangkitkan menggunakan reaktor dielectric barrier discharge plasma terhadap konsentrasi oksigen terlarut, kesadahan dan pH air murni. Youngster Physics J. 2015 Juli;4(3):237–42.
 15. Nur M. Fisika plasma dan aplikasinya. 1st. Semarang:Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2011. 5 – 8 p.
 16. Nur M, Restiwijaya M, Winarni TA, Dielectric barrier discharge plasma reactor analysis as ozone generator. J Resae. [serial online]2016 Jun 4[cited 2018 Jan 18]:1-5 Available from:URL: <https://www.Researchgate.net/publication/267473767> Kcc.
 17. Nur M, Restiwijaya M, Muchlisin Z, Susan IA, Arianto F, Widyanto SA, Power consumption analysis dbd plasma ozone generator. J of Phys: Conf Ser; [serial online]2016[cited 2018 Jan 18]:[6 screens]. Available from:URL: from IP address 114.142.169.11.
 18. Istiqomah, Nur M, Arianto F, Karakterisasi reaktor plasma lucutan berpenghalang dielektrik berkonfigurasi elektroda spiral-silinder dengan sumber udara bebas. Youngster Physics J, 2017 Juli;6(3):235-41.

19. Muhammad Nur, Aris Supriati, Dyah Hari Setyaningrum dkk. Ozone generator by using dielectric barrier discharge plasma technology with spiral - cylinder configuration: comparison between oxygen and air as sources. *Berkala Fisika*. 2009 April;12(2): 69-76.
20. SNI_-6989-59-2008-_Metoda Pengambilan - Contoh-Air-Limbah.
21. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran.
22. Kommineni S, Stocking JZA, Liang S, Flores A, Advanced oxidation processes. Literature Review. [serial online]. [cited 2017 Juli 20] Available from:URL:
<http://www.nwri-usa.org/pdfs/TTChapter3AOPs.pdf>.
23. Mehrjouei M. Advanced oxidation processes for water treatment: reactor design and case studies. Dissertation. Universität Cottbus zur Erlangung des, 2012 May 22:78-9.
24. Zimmermann, Gisela S. Enhanced wastewater treatment by ozone and ferrate: Kinetics: transformation products and full-scale ozonation. a dissertation. Dipl.-Umweltwissensch aftlerin. Universität Trier. 2011, p. 161.
25. Karthikeyan S, Ranjith P, Degradation studies on anionic and nonanionic surfactants by ozonation. *J of Indus Poll Cont.*[serial online].2007. [cited 2017 Juli 20];23(1):37-42. Available from:URL:
<http://www.incontrolpollution.com/articles/degredation-studies-on-anionic-and-non-ionic-surfactants-by-ozonation-.pdf>.
26. Kanazawa S, Geng S, Okawa T, Akamine S, Ichiki R, Improvement of surfactant dekomposition by superposition of pulsed discharge on the water and ozone injection. Departemen of Electrical ang Electronic Engineering, Oita University, Japan.[serial online] cited 2017 Juli 20] [cited 2017 Jun 11];7(1):21-25. Available from:URL:
http://iesj.org/htmlservice/ijpestvol7_no1_2013PD_FIJPEST_Vol7_No1_04_pp021-025.pdf.