



KAJIAN PROSES OZONASI LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT TERHADAP PENURUNAN KADAR *TOTAL SUSPENDED SOLID*

Lailatul Munouwarah, Lukman Hakim*, Ishak, Jalaluddin, Zainuddin Ginting

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

*e-mail: lukman.hakim@unimal.ac.id

Abstrak

*Limbah PKS merupakan sumber pencemaran yang potensial bagi manusia dan lingkungan, sehingga limbah ini perlu diolah agar nantinya aman apabila di buang ke lingkungan. Sejauh ini sudah digunakan beberapa metode untuk pengolahan limbah cair PKS dengan menggunakan metode proses kombinasi anaerobik dan aerobik, teknologi pemisahan membran. Berdasarkan hasil-hasil penelitian tentang pengolahan limbah cair secara ozonasi yang telah dilakukan, ozon terbukti berhasil menurunkan beban organik dalam limbah dengan waktu yang relatif singkat. Teknologi ozonasi ini berkemungkinan dapat menguraikan bahan-bahan pencemar dalam limbah cair pabrik kelapa sawit. Untuk itu perlu dilakukan penelitian kajian proses ozonasi limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap penurunan kadar total suspended solid. **Tujuan penelitian Untuk mengkaji kemampuan penggunaan proses ozonasi dalam menurunkan kadar TSS terhadap pengaruh waktu ozonasi dan kadar ozon dengan pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit.** Proses ozonasi dilakukan selama 20 menit dengan konsistensi ozon 20, 30 dan 40 %. Kemudian diulangi proses ozonasi dengan memvariasikan waktu 30, 40, 50 dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan kadar ozon tertinggi dihasilkan pada waktu 20 menit dengan konsistensi ozon 40% dengan kadar ozon yang dihasilkan sebesar 0,590 gr/jam, penurunan kadar TSS terbesar didapat pada waktu 60 menit dengan konsistensi ozon 40 % dimana kadar TSS yang didapat yaitu sebesar 267,4 mg/L, Kenaikkan nilai pH tertinggi terdapat pada konsistensi ozon 30% dengan waktu ke 30 dan 40 menit dimana nilai pH yang di peroleh 9,3. Sedangkan untuk nilai pH terendah terdapat pada konsistensi ozon 20% dan 40% dengan waktu 20, 30 dan 40 menit dimana nilai pH yang di peroleh 8,4.*

Kata Kunci: *Limbah Cair PKS, Proses Ozonasi, Total Suspended Solid, Konsistensi Ozon, pH*

DOI : <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i3.9281>

1. Pendahuluan

Kelapa sawit mempunyai beberapa manfaat dan kegunaan dimana salah satunya adalah minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit berkembang cukup pesat karena merupakan salah satu komoditas ekspor Indonesia. Namun pabrik kelapa sawit (PKS) merupakan salah satu industri yang serasat residu pengolahan (Siregar, 2009). Limbah PKS merupakan sumber pencemaran yang potensial bagi manusia dan lingkungan, sehingga limbah ini perlu diolah agar nantinya aman apabila di buang ke lingkungan.

Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit berkisar 600-700 liter/ton tandan buah segar (TBS). Proses pengolahan kelapa sawit menggunakan metode basah menghasilkan limbah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dalam jumlah lebih besar. POME juga dihasilkan pada tahap pencucian hidrosiklon dan proses pembersihan alat-alat pengolahan.

Karakteristik limbah cair PKS meliputi pH sebesar 4, BOD 212,8 mg/L, COD 347,2 mg/L, TSS 211,7 mg/L, kandungan nitrogen total 41 mg/L, *oil and grease* 31 mg/L (Amaru, 2008). Sedangkan baku mutu limbah yang dibuang ke lingkungan harus memenuhi syarat dengan ambang batas pH sebesar 6-9, BOD 110 mg/L, COD 250 mg/L, TSS 100 mg/L, kandungan nitrogen total 20 mg/L, *oil and grease* 30 mg/L (Kepmen LH Nomor 51/MEN LH/10/1995). Berdasarkan data ini maka semua parameter limbah cair PKS berada di atas ambang batas bahan baku limbah.

Sejauh ini sudah digunakan beberapa metode untuk pengolahan limbah cair PKS, salah satunya dengan menggunakan metode proses kombinasi anaerobik dan aerobik (Nabaiho, 1996). Metode ini mempunyai kelebihan pengolahan cukup murah, tetapi kekurangannya adalah lahan yang digunakan untuk pengolahan limbah cair cukup besar. Pengolahan limbah cair PKS dapat juga menggunakan teknologi pemisahan membran (Agustina, dkk. 2008). Kelebihan dari metode ini adalah tidak membutuhkan lahan yang luas dan konsumsi energinya relatif lebih rendah, namun kekurangannya adalah fluks dan selektifitas karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena fluks akan berakibat menurunnya selektifitas

dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi fluks dan selektifitas

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tentang pengolahan limbah cair secara ozonasi yang telah dilakukan, ozon terbukti berhasil menurunkan beban organik dalam limbah dengan waktu yang relatif singkat. Teknologi ozonasi ini berkemungkinan dapat menguraikan bahan-bahan pencemar dalam limbah cair pabrik kelapa sawit. **Untuk itu perlu dilakukan penelitian kajian proses ozonasi limbah cair pabrik kelapa sawit dalam menurunkan kadar *total suspended solid*.**

2. Bahan dan Metode

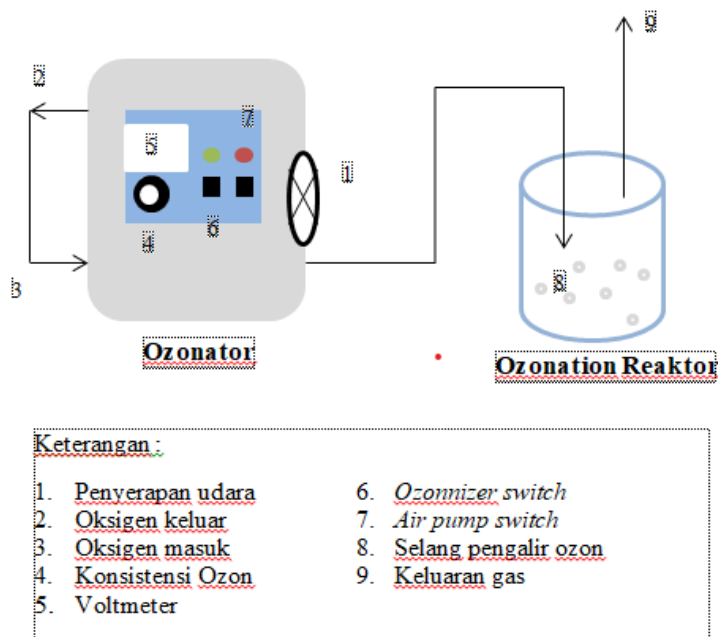
Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah Limbah cair pabrik kelapa sawit PT. Ika Bina Agro Wisesa, Aquadest, larutan KI 2%, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, larutan H_2SO_4 , amilum 2%, larutan Buffer pH 4.004, larutan Buffer pH 7.415, larutan Buffer pH 9.183, dan alat yang digunakan adalah ozonator LH-YT-10G BNP OZ-3G 3 gr/jam, selang pengalir ozon, labu leher tiga, erlemeyer, buret, gelas ukur, *stopwatch*, cawan porselin, kertas saring, corong, oven, timbangan analitik, desikator, pH meter dan tisu.

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu persiapan sampel, dan tahap proses ozonasi. Proses ozonasi ini menggunakan dua variabel yakni variasi waktu (lamanya paparan ozon) yaitu (20, 30, 40, 50 dan 60) menit dan konsistensi ozon sebesar (20, 30 dan 40) %.

Persiapan sampel, di ambil limbah cair kelapa sawit sebanyak 8 liter kolam aerasi pada stasiun pengolahan limbah di PT. Ika Bina Agro Wisesa daerah kabupaten aceh utara. Dimasukkan sampel kedalam ember plastik dilakukan pemisahan sampah seperti ranting, daun yang terdapat dalam air limbah. Kemudian dianalisa kadar TSS awal dan pH awal dari sampel limbah cair kelapa sawit. Kemudian sampel yang sudah dianalisa kadar TSS awal dan pH awal dipindahkan ke dalam wadah jerigen plastik

Tahap proses ozonasi di ambil sebanyak 500 mL sampel dan dimasukkan kedalam labu leher tiga 1000 mL yang diberi penutup untuk satu bagian dua bagian

lainnya dijadikan sebagai tempat masuk dan keluarnya ozon melalui selang kemudian diberi label sebagai pembanding lama waktu proses ozonasi dan konsentrasi ozon. Dihubungkan selang pada alat ozonator di bagian udara keluar ke oksigen masuk kemudian keluaran ozon yang terdapat pada alat ozonator dimasukkan ke labu leher tiga pada bagian tengah selanjutnya alat ozonator dihidupkan dengan menekan tombol *air pump switch* dan *ozonnizer switch*. Proses ozonasi dilakukan selama 20 menit dengan konsistensi ozon 20, 30 dan 40 %. Kemudian diulangi proses ozonasi dengan memvariasikan waktu 30, 40, 50 dan 60 menit Setelah proses ozonisasi selesai masing-masing sampel di analisa kadar TSS dan pH akhir. Kemudian sampel yang telah diuji dimasukkan kedalam botol plastik 600 mL dan diberi label.



Gambar 2.1 Skema Alat Proses Ozonasi

Analisa pH

Derajat keasaman atau pH merupakan parameter universal yang digunakan untuk mengukur intensitas asam dan basa dalam larutan, analisa pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter digital atau dengan menggunakan kertas lakmus.

Analisa Kadar Ozon

Analisa kadar ozon dilakukan dengan menggunakan metode titrasi iodometri. Dimana larutan KI 200 mL yang telah diozonasi ditambahkan 10 mL larutan H₂SO₄. Kemudian dilanjutkan dengan titrasi menggunakan larutan Na₂S₂O₃ 0,2 N sehingga larutan berubah warna menjadi kuning pucat. Dilakukan penambahan amilum 2% hingga warna larutan menjadi biru tua hal ini menandakan bahwa terkandungnya I₂ dalam sampel. Kemudian dilanjutkan dengan titrasi terakhir sampai larutan yang berwarna biru tua menjadi bening. Besarnya kadar ozon dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar ozon (gr/menit)} = \frac{1 \text{ A x N B}}{2 \text{ 1000 t}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- A : Titran Na₂S₂O₃
- N : Normalitas Na₂S₂O₃
- B : Mr O₃
- t : Waktu proses ozonasi

Analisa Kadar TSS

Analisa Kadar TSS dilakukan untuk mengetahui kandungan total padatan yang tersuspensi dalam air. Pengujian kadar TSS dapat dilakukan dengan menggunakan kertas saring dengan ukuran pori-pori tertentu. Sebelum dilakukan tahapan penyaringan kertas saring di timbang terlebih dahulu. Kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring dan di timbang kembali kertas saring yang telah digunakan sehingga kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Besarnya kadar TSS dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Total TSS} = (A - B) \times \frac{1000}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

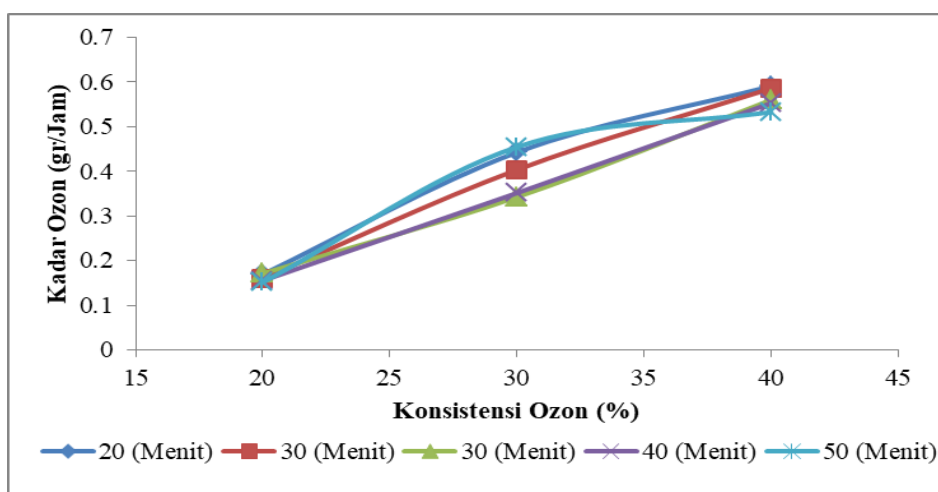
- A : Berat kertas saring dan residu
- B : Berat kertas saring

V : Volume uji

3. Hasil dan Diskusi

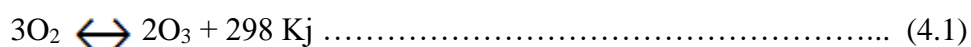
3.1 Hubungan Konsistensi Ozon Terhadap Kadar ozon

Kadar ozon adalah jumlah ozon (gr/jam) yang di hasilkan setelah proses ozonasi yang diketahui dengan menggunakan metode titrasi iodometri. Pada tahap analisa kadar ozon yang dihasilkan oleh alat ozonator dilakukan pengujian menggunakan larutan KI 200 ml dengan variasi waktu yaitu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Sedangkan untuk variasi konsistensi ozonnya yaitu 20, 30 dan 40 %. Kadar ozon yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Pengaruh Waktu Kontak Ozon terhadap Kadar Ozon

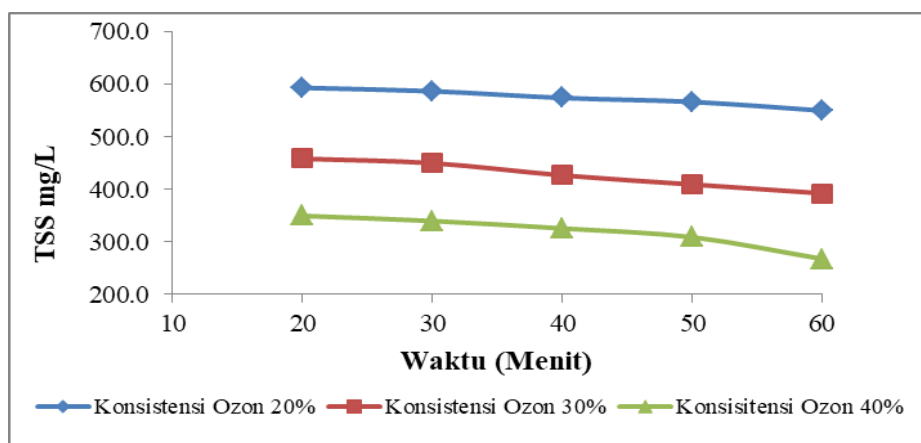
Pada gambar 3.1 dapat dilihat bahwa kadar ozon tertinggi dihasilkan pada waktu 20 menit dengan konsistensi ozon 40% dengan kadar ozon yang dihasilkan sebesar 0,590 gr/jam. Sedangkan kadar ozon yang paling rendah dihasilkan pada suhu 60 menit dengan konsistensi ozon 20%, kadar ozon yang dihasilkan adalah 0,151 gr/jam. Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa kadar ozon yang dihasilkan semakin lama waktu ozonasi, maka ozon yang terbentuk cenderung semakin kecil. Hal ini terkait karena proses pembentukan ozon adalah reaksi kesetimbangan.



Reaksi tersebut berlangsung cepat dimana pereaksi pembatasnya adalah jumlah ozon (O_3) bukan jumlah oksigen (O_2). Jumlah ozon terbentuk tergantung dari ketersediaan energi potensial yang digunakan untuk mengubah oksigen (O_2) menjadi ozon (O_3) bukan banyaknya jumlah oksigen yang masuk kedalam generator ozon. Disamping hal itu jumlah ozon yang terbentuk akan menurun dengan semakin lamanya waktu ozonasi atau lamanya waktu paparan ozon. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu ozonasi, makin besar kemungkinan I_2 terlepas keluar atau ozon yang tidak sempat bereaksi dengan KI sehingga tidak terhitung. Oleh karena itu dapat menyebabkan perhitungan ozon yang terbentuk turun (Syafarudin, 2013).

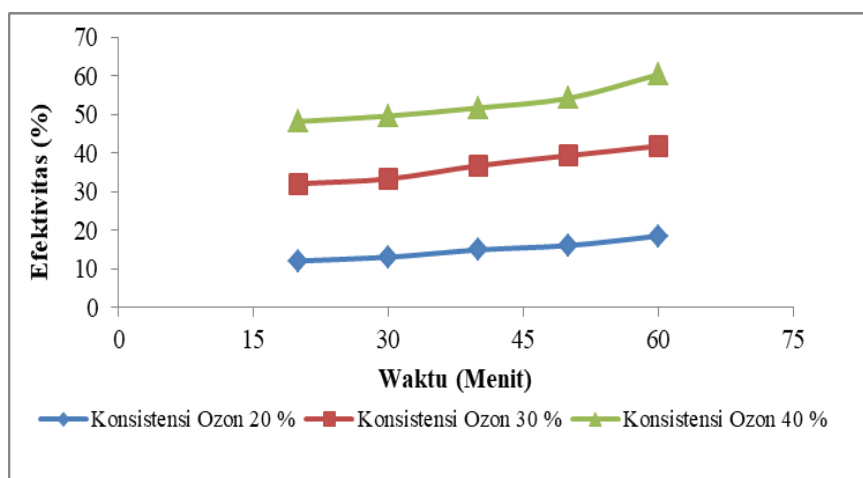
3.2 Hubungan Waktu Kontak Ozon Terhadap Penurunan Kadar TSS

Semakin lama waktu yang digunakan dalam proses ozonasi maka semakin besar pula penurunan kadar TSS yang dihasilkan. Disamping itu konsistensi ozon juga berpengaruh terhadap penurunan kadar TSS. Hal ini disebabkan semakin besar konsistensi ozon maka ozon yang dihasilkan akan semakin besar. Ozon merupakan oksidator paling kuat setelah radikal hidroksida (OH^-), dapat digunakan untuk mengoksidasi logam-logam berat (terlarut dalam air), mendegradasi senyawa-senyawa organik (termasuk juga senyawa organo-klorida dan aromatik), menghilangkan warna bau, ataupun rasa (Bismo. dkk, 2008). Pada gambar 3.2 dapat dilihat bahwa penurunan kadar TSS yang didapat menurun seiring dengan bertambahnya waktu dan konsistensi ozon.



Gambar 3.2 Pengaruh Waktu Kontak Ozon terhadap Penurunan Kadar TSS

Berdasarkan gambar 3.2 dapat dilihat bahwa kadar TSS semakin menurun seiring dengan lamanya waktu kontak ozon dan konsistensi ozon. Penurunan kadar TSS terbesar didapat pada waktu 60 menit dengan konsistensi ozon 40 % dimana kadar TSS yang didapat yaitu sebesar 267,4 mg/L. Sedangkan penurunan kadar TSS terendah diperoleh pada waktu 20 menit dengan konsistensi ozon 20 % dimana penurunan kadar TSS yang diperoleh sebesar 593,2 mg/L. Hal ini disebabkan oleh semakin lama waktu kontak proses ozonasi maka O_3 yang terbentuk akan semakin banyak (Putri, 2016). Sehingga partikel-partikel koloid yang terdapat pada limbah cair pabrik kelapa sawit yang awalnya tersebar setelah diozonasi koloid-koloid tersebut menjadi terikat satu sama lain mengendap membentuk gumpalan. Penurunan kadar TSS dikarenakan radikal hidroksida yang terbentuk langsung bertumbukan dengan zat organik dalam air limbah cair PKS sehingga dapat mengoksidasi TSS dalam air limbah (Dianawati, 2017). Pada gambar 3.3 dapat dilihat nilai efektifitas penurunan kadar TSS yang didapat meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan konsistensi ozon.



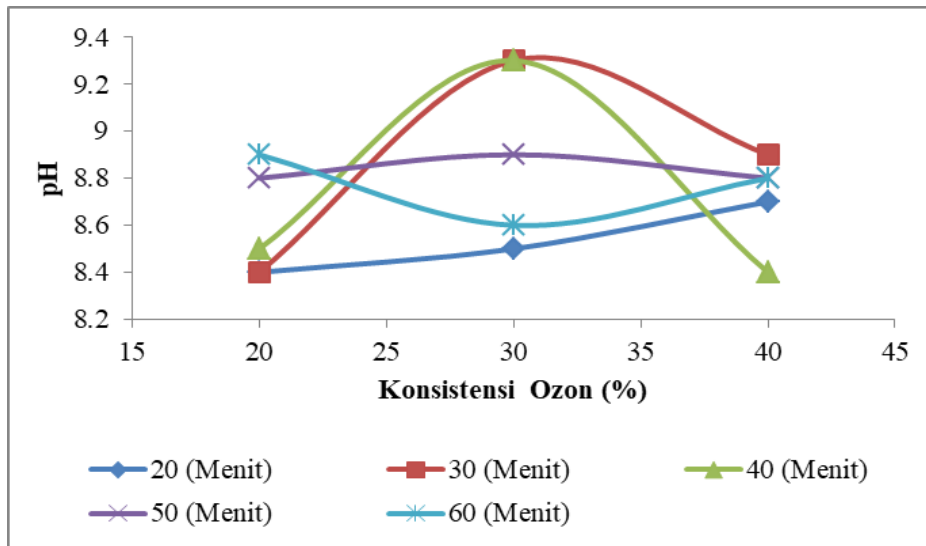
Gambar 3.3 Pengaruh Waktu Kontak Ozon terhadap Efektivitas Penurunan Kadar TSS

Berdasarkan gambar 3.3 dapat dilihat bahwa efektivitas penurunan kadar TSS semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu kontak ozon dan besarnya konsistensi ozon yang diberikan. Efektivitas penurunan kadar TSS terbesar didapat pada waktu 60 menit dan konsistensi ozon 40% dimana efektivitas penurunan kadar TSS yang diperoleh sebesar 60,39 %. Sedangkan efektivitas penurunan kadar TSS terendah diperoleh pada waktu 20 menit dan konsistensi ozon 20 % dimana efektivitas penurunan kadar TSS yang diperoleh sebesar 12,11 %. Hal ini menunjukkan bahwa proses ozonasi sangat efektif dalam menurunkan kadar TSS. Berdasarkan baku mutu limbah SNI yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan kadar TSS 100 mg/L. Penurunan kadar TSS menggunakan proses ozonasi belum memenuhi baku mutu limbah. Hal ini disebabkan karena pengambilan sampel pada kolam aerasi dimana pada kolam ini belum terjadi pengendapan.

3.3 Hubungan Konsistensi Ozon Terhadap pH

Derajat keasaman atau pH merupakan parameter universal yang digunakan untuk mengukur intensitas asam dan basa dalam larutan. Pada umumnya pH yang terkandung dalam limbah PKS berkisar 4, sebelum dilakukan proses pengolahan untuk menaikkan nilai pH limbah. Pada penelitian ini kadar pH limbah PKS yang digunakan sudah mencapai baku mutu limbah yang telah ditetapkan Kepmen LH

Nomor 51/MEN LH/10/1995. Akan tetapi dilakukan analisa hubungan kontrol konsistensi ozon terhadap nilai pH untuk mengetahui pengaruh ozon terhadap nilai pH yang di dapat. Pada gambar 3.4 dapat dilihat bahwa konsistensi ozon dapat menyebabkan nilai pH yang di peroleh bervariasi.



Gambar 3.4 Pengaruh Konsistensi Ozon terhadap pH

Berdasarkan gambar 3.4 dapat dilihat bahwa konsistensi ozon dapat menyebabkan nilai pH yang di peroleh bervariasi. Kenaikkan nilai pH tertinggi terdapat pada konsistensi ozon 30% dengan waktu ke 30 dan 40 menit dimana nilai pH yang di peroleh 9,3. Berdasarkan Fernando (1995) pada reaksi langsung kenaikan pH mengindikasikan adanya kehadiran senyawa yang dapat langsung bereaksi dengan ozon. Reaksi tidak langsung terjadi antara produk dekomposisi ozon yaitu OH^- dengan senyawa lainnya. Reaksi ini terjadi ketika OH^- yang dihasilkan bereaksi dengan senyawa yang terdapat pada limbah cair. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai pH dapat terjadi pada reaksi antara ozon secara langsung ataupun pada produk dekomposisinya yaitu OH^- dengan senyawa yang terdapat pada limbah cair PKS. Sedangkan untuk nilai pH terendah terdapat pada konsistensi ozon 20% dan 40% dengan waktu 20, 30 dan 40 menit dimana nilai pH yang di peroleh 8,4. Hal ini disebabkan karena ketidaksetimbangan ion yang terkandung dalam air limbah menyebabkan energi ikat antara ion dan ozon menurun (Prasetyo, 2015).

4. Simpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain : Penurunan kadar TSS menggunakan proses ozonasi sangat efektif dalam menurunkan kadar TSS. Jumlah ozon terbentuk tergantung dari ketersediaan energi potensial yang digunakan untuk mengubah oksigen (O_2) menjadi ozon (O_3) bukan banyaknya jumlah oksigen yang masuk kedalam generator ozon. Semakin lama waktu yang digunakan dalam proses ozonasi maka semakin besar pula penurunan kadar TSS yang dihasilkan. Penurunan kadar TSS menggunakan proses ozonasi belum memenuhi baku mutu limbah yaitu 100 mg/L. Hal ini disebabkan karena pengambilan sampel pada kolam aerasi dimana pada kolam ini belum terjadi pengendapan. Kenaikan nilai pH dapat terjadi pada reaksi antara ozon secara langsung ataupun pada produk dekomposisinya yaitu OH^- dengan senyawa yang terdapat pada limbah cair PKS. Penurunan pH disebabkan karena adanya ketidaksetimbangan ion yang terkandung dalam air limbah menyebabkan energi ikat antara ion dan ozon menurun

Adapun sarannya adalah penulis menyarankan bahwa untuk penelitian selanjutnya hendak adanya perlakuan awal dengan melakukan proses sedimentasi sebelum dilanjutkan dengan proses ozonasi. pengambilan sampel dapat dilakukan setelah kolam sedimentasi. Disarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan penambahan waktu pada proses ozonasi agar hasil yang di dapat lebih maksimal.

5. Daftar Pustaka

1. Abdi, C., Khair, R. M., & Aisyah, S. (2017). *Pengaruh Ozonisasi Terhadap Penurunan Intensitas Warna Dan Kadar Besi (Fe) Pada Air Gambut*. Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan), 3(1). <https://doi.org/10.20527/jukung.v3i1.3196>
2. Agustina, S. 2008. *Penggunaan Teknologi Membran pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit*. Jurnal Litbang. <https://doi.org/10.24817/jkk.v0i0.3281>
3. Ahmad, N., Herdelah, O., Zulkhasyni, Z., & Andriyeni, A. (2019). *Pengaruh Penyiponan Terhadap Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang*

- (*Clarias Gariepinus*) Pada Sistem Bioflok. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 17(1), 49-57. <https://doi.org/10.32663/ja.v17i1.505>
4. Alkusma, Y. M., Hermawan, H., & Hadiyanto, H. (2016). *Pengembangan Potensi Energi Alternatif dengan Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan di Kabupaten Kotawaringin Timur*. *Jurnal Ilmu Lingkungan Undip*, 14(2), 96-102. <https://doi.org/10.14710/jil.14.2.96-102>
 5. Bismo¹, S., Kustiningsih, I., Jayanudin, F. H., & Saptono¹, H. J. (2008). *Studi Awal Degradasi Fenol Dengan Teknik Ozonasi Di Dalam Reaktor Annular*. Semarang : Universitas Diponegoro. <https://doi.org/10.36055/tjst.v12i1.6626>
 6. Isyuniarto, I., & Purwadi, A. (2006). *Kajian penggunaan oksidan ozon pada pengolahan limbah cair industri udang*. *GANENDRA Majalah IPTEK Nuklir*, 9(1). <https://doi.org/10.17146/gnd.2006.9.1.168>
 7. Syafarudin, A., & Novia, N. (2009). *Produksi ozon dengan bahan baku oksigen menggunakan alat ozon generator*. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, 19(2), 1-9.
 8. Tarigan, M. S. (2010). *Kandungan total zat padat tersuspensi (total suspended solid) di perairan Raha, Sulawesi Tenggara*. *Makara Journal of Science*. <https://doi.org/10.7454/mss.v7i3.362>
 9. Wibisono, G. 1995. *Sistem Pengelolaan dan Pengolahan Limbah Domestik*. *Jurnal Scine* 27.