



Penanganan limbah cair hasil pengolahan ikan asin dengan menggunakan metode ozonisasi

Widya Pangestika^{1*}, Arif Baswantara², Nusaibah¹, David Indra Widiyanto¹, Arpan Nasri Siregar¹, Eneng Wulan Rahmawati¹

¹Pengolahan Hasil Laut, Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Pangandaran, Indonesia

²Teknologi Kelautan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Pangandaran, Indonesia

Article history

Diterima:

30 Maret 2022

Diperbaiki:

10 April 2022

Disetujui:

20 April 2022

Keyword

BOD₅;

COD;

Salinity;

TDS;

TSS.

ABSTRACT

Pangandaran Regency is famous for salted fish, both for consumption by the surrounding community and for souvenirs. In the salty fish production process, of course, a lot of liquid waste is produced. The method of preparation, washing and soaking are the three stages that make the most wastewater in salting fish. Salted fish processing liquid waste is an organic waste that can be reduced its pollution parameters through ozonation technology. This study aims to study the effect of effluent pH and ozonation time on the level of degradation of effluent pollution parameters, such as: TSS, TDS, COD, BOD₅, and salinity. From the analysis results, it is known that the process of flowing ozone for 80 minutes at pH 9 can reduce TSS, TDS, and salinity to the maximum, by 86.23%, 62.42%, and 61.38%, respectively. The most reductions in COD and BOD₅ were achieved after giving ozone for 20 minutes at pH 10, as much as 52.20% and 54.69%, respectively. It is known that the TSS and TDS of wastewater that has been given ozone may be below the quality standard set by the Minister of the Environment, but this does not yet apply to levels of COD and BOD₅. Additional processing is required so that the COD and BOD₅ values can be below the quality standards recommended by the Minister of the Environment.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : widya.pangestika@kkp.go.id

DOI 10.21107/agrointek.v16i4.14192

PENDAHULUAN

Pangandaran merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Barat terkenal dengan ikan asin di bidang kuliner. Ikan asin ini diperoleh melalui proses pengasinan yang masih bersifat tradisional. Pada umumnya, pengolahan ikan secara tradisional dapat menghasilkan limbah cair yang nantinya akan langsung dibuang ke dalam badan air, tanpa melalui proses penanganan limbah terlebih dahulu. Kondisi ini dapat menghasilkan pencemaran air dan menimbulkan bau tidak sedap di sekitar tempat pengolahan (Oktavia *et al.*, 2012).

Tidak hanya pengasinan, setiap operasi pengolahan ikan akan menghasilkan limbah cair berupa darah, potongan-potongan kecil ikan dan kulit, sisik, tulang, sisa daging yang menempel pada tulang, isi perut, dan kondensat dari proses pengolahan (Muflih, 2013; Colic *et al.*, 2011; Ibrahim, 2005). Proses operasi utama pada pengasinan yang menghasilkan limbah diantaranya, persiapan (pemotongan daging, pembuangan sisik, kulit, kepala, dan isi perut), pencucian, dan perendaman.

Limbah industri pengolahan produk ikan banyak mengandung bahan organik yang terlarut maupun yang tersuspensi. Banyaknya jumlah bahan organik ini dapat meningkatkan nilai COD, BOD, nitrogen, kadar lemak dan minyak pada air limbah perikanan (Oktavia *et al.*, 2012). Bau busuk yang dihasilkan air limbah disebabkan oleh protein yang terdekomposisi yang kaya akan asam amino bersulfur (sistein) yang menghasilkan asam sulfida, gugus thiol, dan gas amoniak. Selain itu, penguraian asam lemak rantai pendek juga menjadi salah satu penyebab timbulnya bau busuk. Proses biologi dalam air akan dihambat oleh keberadaan minyak dan lemak di permukaan air sehingga nantinya juga akan menghasilkan bau busuk (Suyasa, 2012). Air limbah yang akan dibuang ke dalam badan air seharusnya tidak melampaui baku mutu lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran lanjutan oleh karena itu, diperlukan teknologi yang tepat dalam mengolah air limbah perikanan (Isyuniarto dan Purwadi, 2006).

Teknologi pengelolaan air limbah merupakan upaya dalam menjaga kelestarian lingkungan. Teknologi yang digunakan dalam mengolah air limbah harusnya tidak menimbulkan masalah yang baru. Salah satu teknologi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan saat

ini adalah teknologi ozonisasi yang akan menghasilkan residu pengolahan berupa air dan gas karbondioksida. Selama ini, metode ozonisasi dianggap mampu menyelesaikan permasalahan limbah di industri karena air limbah yang terozonisasi tidak lagi keruh dan bau (Yazid *et al.*, 2007). Ozon (O_3) berfungsi sebagai oksidator kuat dan berfungsi sebagai desinfektan yang efektif (Isyuniarto *et al.*, 2007), bahkan daya bunuhnya 3250 kali lebih cepat dibandingkan dengan klorin (Usada *et al.*, 2004).

Ozonisasi merupakan suatu teknologi yang memasukkan ozon ke dalam air limbah (Ferry, 2017). Ozon diproduksi dengan bahan baku udara atau oksigen murni yang dilewatkan di antara 2 elektroda yang saling berdekatan yang dialiri arus listrik tegangan tinggi (Bismo, 2010). Ozon ini akan larut dalam air untuk menghasilkan radikal hidroksil (OH^*). Radikal hidroksil memiliki kekuatan tinggi untuk mengoksidasi senyawa organik dan dapat dipergunakan dalam proses sterilisasi berbagai jenis mikroorganisme, menghilangkan bau, dan menghilangkan warna pada limbah cair (Usada *et al.*, 2004). Menurut Jin *et al.* (2011), radikal hidroksil merupakan spesi yang sangat aktif terhadap polutan organik yang ada di dalam air.

Radikal hidroksil yang dihasilkan dari proses ozonisasi dapat mengoksidasi senyawa organik pada limbah (*degradation*), mensterilisasi berbagai jenis bakteri (*sterilization*), menghilangkan bau (*deodorization*), dan menghilangkan warna pada air limbah (*decoloration*) (Yazid *et al.*, 2007; Isyuniarto dan Purwadi, 2006). Radikal hidroksil merupakan agen pengoksidasi terkuat yang dapat merusak cincin benzena atau naptalen dalam polutan organik (Ren, *et al.*, 2014). Ozon (O_3) bersifat ramah lingkungan karena setelah mengalami reaksi kimia, ozon dapat kembali menjadi oksigen (O_2) (Isyuniarto *et al.*, 2007). Terdapat dua cara agar ozon dapat mengoksidasi senyawa polutan dalam limbah, yaitu melalui jalur langsung dan jalur tidak langsung. Jalur tidak langsung mengarahkan menuju dekomposisi dan pembentukan radikal hidroksil (OH^*). Reaksi senyawa radikal dengan material berlangsung cepat dan tidak selektif (Ferry, 2017).

Penelitian terkait pemanfaatan oksidan ozon dalam mengolah limbah organik sudah dilakukan oleh Isyuniarto dan Purwadi (2006) terhadap limbah udang, yaitu kondisi optimal untuk menurunkan nilai BOD_5 , COD, dan TSS pada

limbah udang adalah dengan pemberian ozon selama 20 menit pada pH 9. Estikarini *et al.* (2016) juga berpendapat bahwa ozonisasi merupakan salah satu teknologi yang tepat untuk mendegradasi senyawa organik pada limbah. Sejauh ini, masih belum terlalu banyak penelitian yang menggunakan metode ozonisasi untuk mengolah air limbah perikanan hasil pengolahan tradisional. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas oksidan ozon dalam menurunkan nilai salinitas, TSS, TDS, BOD₅, dan COD dalam limbah cair pengolahan ikan asin yang ditinjau dari pH air limbah dan waktu ozonisasi yang berbeda.

METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah hasil proses pengasinan jambal roti di UKM Mamah Jambal, Pangandaran. Bahan lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades, kapur tohor (teknis) 2 %, larutan nutrisi, larutan buffer fosfat, larutan magnesium sulfat, larutan kalsium klorida, larutan feri klorida, larutan glukosa-asam glutamat, kalium dikromat, dan *ferrous ammonium sulfat*.

Alat

Peralatan yang digunakan untuk merakit sistem ozonator adalah tabung generator ozon dengan kapasitas 3000 mg/jam, catu daya, kabel, selang silikon, *air stone*, dan *casing* plastik dengan ukuran 35 x 20 x 11 cm. Peralatan yang digunakan untuk pengujian adalah neraca analitik (Radwag AS220 R2), *erlenmeyer*, labu takar, gelas ukur, pipet tetes, tabung reaksi, botol DO, lemari inkubasi, pipet volumetrik, kaca arloji, cawan petri, pinset, jerigen, kain saring berbahan nilon, blender (Cosmos CB-180), *oven* (Thermo Scientific), dan *water quality tester* (C-600).

Metode kerja

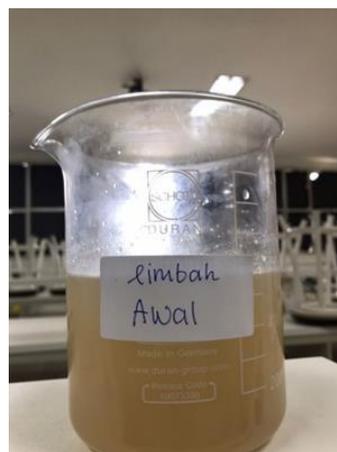
Pengambilan limbah cair pada industri pengasinan

Sampel limbah cair diambil langsung dari UKM Mamah Jambal, di Kabupaten Pangandaran menggunakan dua buah jerigen ukuran 10 L. Sampel diambil sebanyak 20 L pada bagian keluaran yang tidak terdapat sirkulasi air di dalamnya. Sampel limbah cair langsung dikelola pada hari yang sama menggunakan metode ozonisasi. Seperti yang terlihat pada Gambar 1, limbah cair hasil pengolahan ikan asin masih

mengandung minyak dan lemak yang mengapung di permukaan limbah. Selain itu, masih banyak daging, tulang, sisik, isi perut, serta limbah padat lainnya di dalam air limbah. Sebelum diberi perlakuan ozon, limbah disaring terlebih dahulu menggunakan kain saring agar limbah yang bersifat padat tidak ikut terolah, seperti pada Gambar 2.



Gambar 1 Limbah cair hasil pengolahan ikan asin



Gambar 2 Limbah cair yang telah disaring

Ozonisasi pada limbah cair hasil pengolahan ikan asin

Pada perlakuan pertama, dilakukan pengamatan terhadap pengaruh pH limbah terhadap penurunan parameter pencemaran pada limbah cair. Limbah cair hasil pengasinan yang telah disaring disiapkan sebanyak 1600 mL pada reaktor. Suhu, pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), *Total Suspended Solids* (TSS), salinitas, *Biological Oxygen Demand* (BOD₅), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) air limbah sebelum diolah diukur. *Air stone* yang terhubung dengan ozonator dicelupkan ke dalam limbah. pH limbah disesuaikan menjadi pH 8 dengan

menambahkan susu kapur tohor 2 %. Proses ozonisasi dilakukan selama 20 menit dengan *flowrate* keluaran gas ozon sebesar 4 L/min. Nilai TDS, TSS, salinitas, BOD₅, dan COD air limbah setelah proses ozonisasi diukur. Langkah diulangi untuk pH limbah yang tidak disesuaikan, pH 7, pH 9, pH 10, dan pH 11. Pemilihan rentang pH ini dilakukan berdasarkan penelitian Isyuniarto dan Purwadi (2006) yang mengolah limbah cair udang pada kisaran pH tersebut.

Perlakuan selanjutnya dilakukan untuk mempelajari pengaruh waktu ozonisasi terhadap penurunan nilai TDS, TSS, salinitas, BOD₅, dan COD. Proses ozonisasi dilakukan pada pH 9 selama 20 menit. Nilai TDS, TSS, salinitas, BOD₅, dan COD air limbah setelah proses ozonisasi diukur. Pengamatan dilakukan untuk waktu ozonisasi 0 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit, dan 100 menit. Waktu kontak ini dipilih berdasarkan penelitian Isyuniarto dan Purwadi (2006); Isyuniarto *et al.* (2007), menyatakan bahwa 20 menit merupakan waktu kontak terbaik antara ozon dengan air limbah sehingga ingin diketahui pengaruh ozonisasi apabila dilakukan dalam rentang waktu kontak yang lebih lama. Proses ozonisasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Proses ozonisasi

Analisis kualitas limbah cair hasil pengolahan ikan asin

Air limbah terozonisasi kemudian disiapkan di dalam wadah plastik bening untuk kemudian dianalisis, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Suhu, pH, TDS, dan salinitas diukur menggunakan *Water Quality Tester C-600*. Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan alat ke akuades dengan tidak melebihi batas alat.

Kemudian, alat dibersihkan dan dicelupkan ke dalam air limbah yang diuji. Saat muncul angka yang tetap dan pasti pada layar, hasil dicatat (Saputra *et al.*, 2020).

TSS diuji menggunakan metode dari APHA 23rd edition, 2540-D, 2017. Pengujian BOD₅ dilakukan berdasarkan SNI 6989.72:2009 (BSN, 2009). COD diukur menggunakan metode dari APHA 23rd edition, 5220-C, 2017.



Gambar 4 Air limbah terozonisasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Limbah Cair Hasil Pengasinan

Karakteristik limbah cair dipengaruhi oleh komposisi bahan baku dan teknologi proses yang digunakan dalam mengolah bahan baku tersebut (Gonzales, 1996). Sebagian besar limbah cair pengasinan ikan dihasilkan dari tahap persiapan, pencucian, perendaman, dan penirisan. Selain dari bahan baku, salah satu sumber limbah cair pengolahan ikan asin adalah garam yang berasal dari proses perendaman dan penirisan ikan.

Menurut informasi yang tertera di dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, Lampiran XLVII, bagian Golongan Industri, limbah cair yang memiliki konsentrasi BOD₅ melebihi 1500 mg/L dan COD yang melebihi 3000 mg/L termasuk ke dalam limbah industri golongan II. Dapat dilihat pada Tabel 1, nilai suhu, pH, total padatan terlarut (TDS) masih berada di bawah batas maksimal yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup. Sebaliknya, nilai total padatan tersuspensi (TSS), BOD₅, dan COD belum memenuhi baku mutu yang dianjurkan. Sedangkan, untuk nilai salinitas yang dianjurkan tidak diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup.

Tabel 1 Karakteristik limbah cair hasil pengolahan ikan asin

Parameter	Limbah cair hasil pengasinan ikan	Batas maksimal yang dianjurkan
Fisika		
Suhu (°C)	26,9	40
pH	6,63	6-9
TDS (mg/L)	3300	4000
TSS (mg/L)	1510	400
Salinitas (ppm)	3340	-
Kimia		
BOD ₅ (mg/L)	4282,9	150
COD (mg/L)	4519,42	300

Keterangan : Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, Lampiran XLVII, Limbah Golongan II

Salinitas menunjukkan kadar garam yang terlarut dalam air (Fitriani *et al.*, 2019). *et al/Rizkiansyah* (2016) melanjutkan bahwa air yang memiliki salinitas tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti dehidrasi, diare, dan penyakit kulit. Data salinitas limbah cair hasil pengasinan ikan terdapat pada Tabel 1.

Pengaruh pH limbah terhadap penurunan TSS, TDS, COD, BOD₅, salinitas,

Menurut Isyuniarto *et al.* (2007), ozon dapat bekerja lebih efektif dalam menurunkan parameter pencemar air limbah pada pH diatas 7. Selain digunakan untuk menaikkan pH air limbah, penambahan kapur ke dalam air limbah dapat memperbanyak jumlah radikal OH* pada air limbah (Isyuniarto dan Andrianto, 2009). Semakin banyak jumlah ion hidoksida di dalam air, mengakibatkan bertambahnya radikal hidroksil sesuai reaksi berikut (Sari, 2019):



Penambahan kapur dapat mengubah kestabilan koloid dalam limbah sehingga mempercepat pengendapan flok, oleh karena itu kapur tohor sering digunakan pula sebagai koagulan dalam pengolahan air limbah (Isyuniarto dan Andrianto, 2009). Dianawati *et al.* (2017) juga menambahkan bahwa kombinasi ozonisasi dan kapur tohor terbukti efektif dalam menurunkan parameter pencemaran pada limbah. Menurut Isyuniarto *et al.* (2007), waktu kontak 20 menit antara ozon dengan limbah merupakan waktu optimum untuk menurunkan BOD, COD, dan TSS secara signifikan. Oleh karena itu, pada penelitian

ini dipilih waktu 20 menit sebagai waktu ozonisasi pada variasi penyesuaian pH air limbah.

Nilai TSS yang tinggi di dalam air dapat meningkatkan tingkat kekeruhan serta menyebabkan menurunnya laju fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan lainnya di dalam air (Isyuniarto dan Andrianto, 2009). Ozonisasi selama 20 menit tanpa penyesuaian pH atau penambahan koagulan kapur tohor, terbukti mampu menurunkan nilai TSS hingga 39,74 %. Berdasarkan hasil yang terdapat pada Tabel 2, diketahui penyesuaian pH air limbah hingga pH 7 dapat lebih menurunkan TSS air limbah hingga berada di bawah batas maksimal yang dianjurkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, yaitu sebesar 161 mg/L. Persentase degradasi pada pH 7 ini merupakan persentase penyisihan TSS tertinggi dari semua perlakuan, yaitu sebesar 89,34 %. Angka TSS meningkat setelah pH air limbah dinaikkan menjadi pH 8, 9, 10, dan 11.

Persentase penurunan TDS yang tertinggi pada variasi penyesuaian pH limbah terdapat pada pH 8, yaitu sebesar 39,70 %. Nilai TDS hasil ozonisasi pada pH air limbah 6,63, 7, 8, dan 9 masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan Menteri Lingkungan Hidup, yaitu di bawah 3300 mg/L. TDS limbah meningkat secara signifikan hingga melebihi baku mutu, setelah pH air limbah dinaikkan menjadi 10 dan 11. Hal ini terjadi karena larutan limbah sudah jenuh, sehingga penambahan kapur tohor ke dalam limbah tidak mempengaruhi penurunan TDS.

Berbeda dari TSS dan TDS, pH 10 pada air limbah justru memberikan hasil yang terbaik apabila ditinjau dari penurunan COD. Persentase penyisihan COD tertinggi sebanyak 52,20 %

diperoleh setelah menyesuaikan pH air limbah pada pH 10 dan ozonisasi selama 20 menit. Pada Gambar 5, persentase degradasi COD menunjukkan tren peningkatan seiring dengan kenaikan nilai pH. Namun, tren ini menurun setelah pH air limbah memasuki pH 11.

Hal yang terjadi di COD, juga terjadi terhadap parameter BOD₅ pada variasi pengaruh pH air limbah yang berbeda selama ozonisasi. Nilai BOD₅ terendah diperoleh setelah pH air limbah disesuaikan menjadi pH 10, yaitu sebesar 1940,77 mg/L dengan persentase penyisihan sebesar 54,69 %. Dapat dilihat pada Gambar 5, bahwa pengaruh pH limbah terhadap degradasi kadar BOD₅ menunjukkan kecenderungan yang meningkat. Setelah mengalami penurunan yang signifikan pada pH 6,63 hingga pH 10, angka BOD₅ meningkat pada pH 11. Pada variasi pengaruh pH limbah, nilai COD dan BOD₅ air limbah masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup.

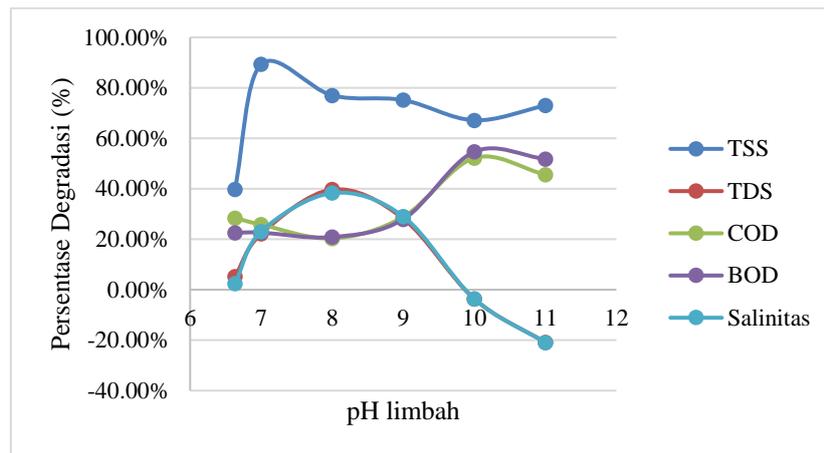
Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa teknologi ozonisasi berperan dalam menurunkan salinitas air limbah. Salinitas air limbah pada kondisi awal

(dilihat pada Tabel 1) adalah 3340 ppm. Nilai ini menurun seiring dengan kenaikan pH limbah selama proses ozonisasi. Penurunan nilai salinitas terbesar terjadi pada pH air limbah yang dinaikkan ke pH 8, yaitu sebesar 38,32 %. Namun angka salinitas beranjak naik setelah pH semakin dinaikkan menjadi pH 9, dan 10. Bahkan pada pH 11, nilai salinitas air limbah melebihi angka salinitas pada limbah awal sebelum diberi ozon, yaitu 4040 ppm.

Dapat disimpulkan bahwa pada variasi pengaruh pH limbah, pH 7 efektif menurunkan angka TSS, sementara pH 8 menghasilkan penurunan TDS dan salinitas pada air limbah terbanyak. Sedangkan, untuk menurunkan nilai COD dan BOD₅, pH yang paling efektif untuk digunakan adalah pH 10. Namun di sisi lain, menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, Lampiran XLVII, standar pH air limbah yang aman untuk dibuang ke lingkungan adalah pH 6-9. Sehingga diperlukan *post-treatment* terkait air limbah apabila pH 10 digunakan.

Tabel 2 Nilai TSS, TDS, COD, dan BOD₅ limbah cair hasil pengolahan ikan asin yang telah diozonisasi dengan pH air limbah yang berbeda

pH limbah	Waktu ozonisasi (menit)	Kode Limbah	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	Salinitas (ppm)
6,63	20	B	910	3130	3234,85	3315,07	3260
7	20	C	161	2570	3352,32	3313,12	2570
8	20	D	347	1990	3600,64	3389,32	2060
9	20	E	375	2370	3215,74	3087,62	2370
10	20	F	496	3420	2160,38	1940,77	3460
11	20	G	408	3990	2458,37	2062,7	4040



Gambar 5 Pengaruh pH limbah terhadap persentase degradasi TSS, TDS, COD, dan BOD₅, dan salinitas pada limbah cair hasil pengolahan ikan asin

Pengaruh waktu ozonisasi terhadap penurunan TSS, TDS, COD, BOD₅, dan salinitas

Pengaruh waktu ozonisasi terhadap beberapa parameter pencemaran dalam air dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 6. Jumlah TSS yang terdegradasi semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu ozonisasi. Hal ini disebabkan karena waktu ozonisasi yang semakin lama, akan menambah jumlah senyawa radikal OH^{*}, radikal O^{*}, dan ozon dalam air limbah (Isyuniarto dan Andrianto, 2009). Waktu ozonisasi selama 80 menit menghasilkan angka TSS yang terendah dari setiap perlakuan waktu ozonisasi, yaitu sebesar 208 mg/L. Semakin banyak ozon yang ditambahkan ke dalam air limbah, maka flok yang berperan dalam penyerapan koloid dalam limbah akan semakin banyak terbentuk (Isyuniarto dan Andrianto, 2009). Keberadaan flok ini yang menyebabkan nilai TSS pada air limbah menurun. Nilai ini sudah berada di bawah batas maksimal nilai TSS yang dianjurkan di dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Persentase degradasi TSS menurun setelah ozonisasi dilakukan selama 100 menit. Namun, nilai TSS pada waktu pengolahan tersebut masih berada di bawah batas mutu yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup.

Kandungan TDS berbanding lurus dengan tingkat kekeruhan di air (Suryana, 2013). Analisis kadar TDS digunakan untuk mempelajari banyaknya padatan terlarut yang ada dalam limbah (Widiyanti dan Hamidah, 2021). Walaupun angka TDS mengalami kenaikan setelah 20 menit, efisiensi degradasi TDS selama ozonisasi menunjukkan tren peningkatan. TDS terendah dihasilkan setelah ozonisasi selama 80

menit. Nilai ini sedikit meningkat setelah proses ozonisasi selama 100 menit. Berdasarkan standar baku mutu, nilai TDS maksimal yang dianjurkan untuk air limbah agar aman dibuang ke lingkungan adalah 4000 mg/L. Konsentrasi TDS pada limbah cair hasil pengolahan ikan asin sebelum diberi perlakuan ozonisasi dan setelah diberi ozon masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Angka COD merupakan salah satu parameter kunci dalam pendeteksian tingkat pencemaran air (Andary, 2010). Semakin besar nilai COD, maka semakin besar tingkat pencemaran yang terjadi pada limbah tersebut. Melalui proses ozonisasi, angka COD dapat direduksi secara maksimal hingga mencapai 47,80 % setelah 80 menit ozonisasi. Tingkat efisiensi penurunan COD meningkat seiring dengan lamanya waktu ozonisasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Estikarini *et al.* (2016), semakin lama waktu pengolahan ozonisasi yang digunakan, maka penurunan nilai COD akan semakin meningkat. Setelah 100 menit ozonisasi, nilai COD malah bertambah menjadi 2723,84 mg/L. Sebaliknya, waktu ozonisasi di bawah 80 menit menyebabkan penurunan COD kurang maksimal dikarenakan radikal hidroksil membutuhkan waktu yang lama untuk mengoksidasi zat organik karena kompleksnya zat organik dalam limbah dan mekanisme reaksinya yang bertahap (Sari, 2019). Hal ini berarti waktu ozonisasi selama 100 menit tidak efektif dalam pengolahan limbah cair hasil pengasinan ikan. Ambang batas nilai COD yang ditetapkan oleh pemerintah adalah 300 mg/L. Semua nilai COD pada setiap variasi waktu ozonisasi ternyata belum dapat memenuhi nilai baku mutu tersebut.

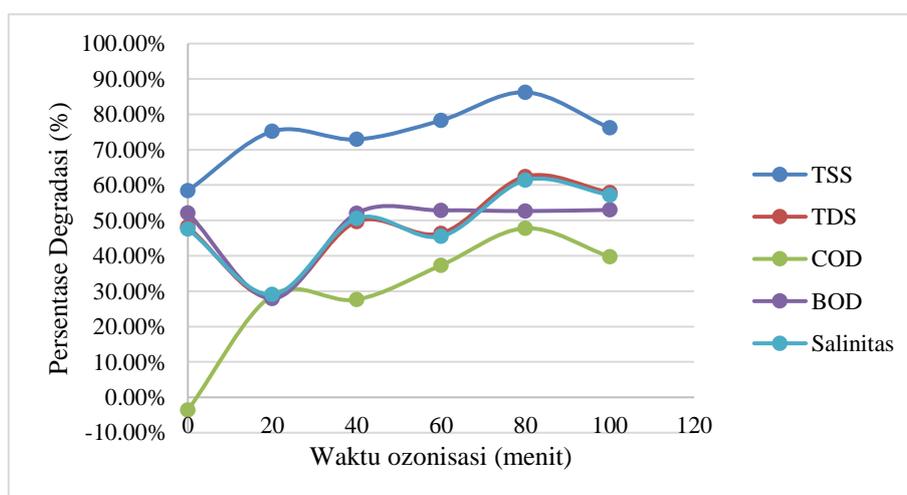
Pada penyesuaian pH hingga pH air limbah mencapai 9 (belum dilakukan ozonisasi), sudah terjadi penurunan kadar BOD₅ yang cukup besar, yaitu sebanyak 52,09 %. Penurunan kadar BOD₅ yang paling tinggi terjadi setelah ozonisasi selama 40 menit. Persentase degradasi BOD₅ cenderung tidak berubah setelah melalui proses ozonisasi selama 40 menit. Hal ini terjadi karena reaksi sudah jenuh dan ozon yang berlebihan akan berubah menjadi oksigen (Basuki *et al.*, 2005). Oleh karena itu, dapat ditentukan bahwa waktu optimal dalam mendegradasi BOD₅ pada air limbah hasil pengolahan ikan asin pada pH 9 adalah 40 menit

Pada Tabel 3 diketahui bahwa hanya dengan pemberian kapur tohor hingga pH 9 sudah berhasil menurunkan salinitas sebanyak 47,60 %.

Selanjutnya diketahui dari Gambar 6 bahwa grafik pengaruh waktu ozonisasi terhadap salinitas air limbah cenderung fluktuatif. Persentase degradasi salinitas limbah cair pengolahan ikan asin yang paling kecil terdapat pada ozonisasi yang dilakukan selama 20 menit. Tabel 3 menunjukkan bahwa waktu ozonisasi selama 80 menit efektif menurunkan salinitas air limbah pengolahan ikan asin hingga 61,38 %. Waktu kontak di atas 80 menit menyebabkan salinitas naik menjadi 1430 ppm. Menurut Abdi *et al.* (2017), semakin bertambahnya waktu kontak ozon dengan air limbah mengakibatkan jumlah ozon di dalam limbah semakin banyak, sehingga terjadi ketidakseimbangan ion dalam larutan, dan senyawa yang telah teroksidasi kembali pada fase larut dalam air.

Tabel 3 Nilai TSS, TDS, COD, dan BOD₅, dan salinitas limbah cair pengolahan ikan asin yang telah diozonisasi dengan waktu yang berbeda

pH limbah	Waktu ozonisasi (menit)	Kode Limbah	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	Salinitas (ppm)
9	0	H	628	1710	4680,8	2052,0	1750
9	20	E	375	2370	3215,7	3087,6	2370
9	40	I	409	1660	3271,0	2054,1	1650
9	60	J	328	1770	2833,2	2019,4	1820
9	80	K	208	1240	2359,0	2027,5	1290
9	100	L	360	1390	2723,8	2014,1	1430



Gambar 6 Pengaruh waktu ozonisasi terhadap persentase degradasi TSS, TDS, COD, dan BOD₅, dan salinitas pada limbah cair hasil pengolahan ikan asin

KESIMPULAN

Metode ozonisasi dapat digunakan untuk menurunkan parameter pencemaran pada limbah cair hasil pengolahan ikan asin, diantaranya TSS, TDS, COD, BOD₅, dan salinitas. Pada variasi pH limbah, kinerja ozon yang terbaik dalam mendegradasi TDS dan salinitas ada pada pH 8, sementara pH 10 memberikan hasil yang terbaik dalam mendegradasi COD dan BOD₅. Selanjutnya pada variasi waktu ozonisasi, pengaliran ozon selama 80 menit dapat memberikan hasil penyisihan TSS, TDS, COD, dan salinitas yang terbaik. Namun, waktu ozonisasi selama 40 menit ternyata sudah mampu memberikan hasil penyisihan BOD₅ paling baik.

Apabila ditinjau secara keseluruhan, waktu ozonisasi selama 80 menit pada pH 9 memberikan penurunan parameter TSS, TDS, dan salinitas terbesar, yaitu 86,23 %, 62,42 %, dan 61,38 %. Di sisi lain, penurunan COD dan BOD₅ paling banyak dicapai setelah memberikan ozon selama 20 menit pada pH 10, masing-masing sebanyak 52,20 % dan 54,69 %. Angka TSS dan TDS air limbah terozonisasi sudah memenuhi standar baku mutu, namun untuk COD dan BOD₅ masih belum dapat mencukupi baku mutu yang dianjurkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dihaturkan kepada Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran yang telah membiayai penelitian ini secara penuh. Kami juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada UKM Mamah Jambal yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 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), 21–29. doi: 10.20527/jukung.v3i1.3196
- Andary, H.A. 2010. Penurunan COD dan Warna pada Limbah Industri Tekstil dengan Proses Anaerob-Aerob menggunakan Reaktor UASB dan HUASB. Universitas Diponegoro, Semarang
- Badan Standar Nasional. 2009. SNI 6989.72-2009. Air dan Air Limbah-Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia. Jakarta
- Basuki, K.T., Usada, W., Purwadi, A., Isyuniarto. 2005. Rancang Bangun Ozonizer Jinjing dan Manfaatnya untuk Netralisasi Limbah Cair Industri dan Paska Panen. Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia VII, Universitas Indonesia, Jakarta 2005
- Bismo, S. 2010. Materi Workshop Teknologi Ozon: Pengetahuan tentang Teknologi Ozon untuk Pengolahan Air dan Disinfeksi (kajian Teknologi Bersih yang Bebas Bahan Kimia). Bandar Lampung.
- Colic, M., Morse, W., Hicks, J., Lechter, A., Miller, J.D. 2011. Case Study : Fish Processing Plant Wastewater Treatment. Clean Water Technology. Inc. Goleta, CA
- Dianawati, R.I., Wahyuningsih, N.E., Nur, M. 2017. Efektivitas Ozon dalam Menurunkan Kadar TSS dan Nilai pH Limbah Cair Rumah Sakit dr. Adhyatma, MPH Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 5 (5), 815–823. doi: 10.14710/jkm.v5i5.19206
- Estikarini, H.D., Hadiwidodo, M., Luvita, V. 2016. Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Tekstil dengan Metode Ozonisasi. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5 (1), 1–11.
- Ferry, V. 2017. Ozonisasi Fotokatalitik untuk Pengolahan Air dan Air Limbah. Zenodo. doi: 10.5281/zenodo.1133800
- Fitriani, N., Indrasari, W., Umiatin. 2019. Pengukuran Salinitas Air Sungai Tercemar Limbah Cair menggunakan Sensor Konduktivitas. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (e-Journal)*. Seminar Nasional Fisika 2019, Jakarta. Vol 8, Desember 2019. doi: 10.21009/03.SNF2019
- Ibrahim, B. 2005. Kaji Ulang Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan secara Biologis dengan Lumpur Aktif. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 8 (1), 31–41. doi: 10.17844/jphpi.v8i1.1028
- Isyuniarto, Andrianto. 2009. Pengaruh Waktu Ozonisasi terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, dan Fosfat pada Limbah Cair Rumah Sakit. *Ganendra* 12 (1), 45–49. doi: 10.17146/gnd.2009.12.1.149
- Isyuniarto, Purwadi, A. 2006. Kajian Penggunaan Oksidan Ozon pada Pengolahan Limbah Cair Industri Udang. *Ganendra* 9 (1), 19–24.
- Isyuniarto, Usada, W., Purwadi, A. 2007. Degradasi Limbah Cair Industri kertas menggunakan Oksidan Ozon dan Kapur. *Prosiding PPI-PDIPTN, Pustek Akselerator*

- dan Proses Bahan – BATAN, Yogyakarta, 10 Juli 2007.
- Jin, X., Bai, H., Wang, F., Wang, X., Wang, X., Ren, H. 2011. Plasma Degradation of Acid Orange 7 with Contact Glow Discharge Electrolysis. *IEEE Transactions on Plasma Science* 39 (4), 1099–1103.
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta.
- Muflih, A. 2013. Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Produk Perikanan. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan* 4 (2), 99–104. doi: 10.5281/jsapi.v4i2.208
- Oktavia, D.A., Mangunwidjaja, D., Wibowo, S., Sunarti, T.C., Rahayuningsih, M. 2012. Pengolahan Limbah Cair Perikanan menggunakan Konsorsium Mikroba Indigeneous Proteolitik dan Lipolitik. *Agrointek* 6 (2), 65–71. doi: 10.21107/agrointek.v6i2.1975
- Ren, J., Yao, M., Yang, W., Li, Y., Gao, J. 2014. Recent Progress in The Application of Glow-Discharge Electrolysis Plasma. *Central European Journal of Chemistry* 12 (12), 1213–1221. doi: 10.2478/s11532-014-0575-6
- Rizkiansyah, M 2016. Analisis Kualitas Air Sumur Gali di Desa Pematang Kuala Kecamatan Teluk Mengkudu Kabupaten Serdang Bedagai. Universitas Negeri Medan, Medan.
- Saputra, I.G.D., Sumiyati, Sucipta, I.N. 2020. Kualitas Air pada Irigasi Subak di Bali. *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)* 8 (2), 257–265. doi: 10.24843/JBETA.2020.v08.i02.p09
- Sari, Y.S. 2019. Mengolah COD pada Limbah Laboratorium. *Jurnal Komunitas: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 1 (2), 22–31. doi: 10.31334/jks.v2i1.289
- Standard Methods Committee of the American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. 2540 Solids In: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. APHA Press, Washington DC. doi: 10.2105/SMWW.2882.030
- Standard Methods Committee of the American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. 5220 Chemical Oxygen Demand (COD) In: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. APHA Press, Washington DC. doi: 10.2105/SMWW.2882.103
- Suyasa, I.W.B. 2012. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak/Lemak dari Beberapa Sedimen Perairan Tercemar dan Bak Penampungan Limbah. *Bumi Lestari Journal of Environment* 7 (1). Tersedia di: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/blje/article/view/2408>
- Usada, W., Suryadi, Purwadi, A., Isyuniarto, Mintolo. 2004. Prototip Sistem Desinfektan dalam Air dengan Plasma Ozonizer 100 W. *Prosiding PPI Litdas Iptek Nuklir, Buku 1: Fisika, Reaktor Nuklir dan Instrumentasi, P3TM-BATAN, Yogyakarta, 13 Juli 2004.*
- Widiyanti, A., Hamidah, L.N. 2021. Pengolahan Limbah Cair Bekas Pencucian Ikan menggunakan *Scirpus grossus*. *Journal of Research and Technology* 7 (1), 61–70. Tersedia di: <https://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/article/view/424>
- Yazid, M., Bastianudin, A., Usada, W. 2007. Pengaruh Ozonisasi terhadap DO, BOD, dan Pertumbuhan Bakteri di dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit. *Ganendra* 10 (1), 19–25. doi: 10.17146/gnd.2007.10.1.158