

PENGARUH PROSES AERASI PADA BIOREAKTOR DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET MENGGUNAKAN BAKTERI *P.AERUGINOSA*

Enggal Nurisman^{1*}, Nabilla Tania Rahma¹ dan Edda Anastasia Oktawina¹

¹ Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author: enggalnurisman@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK: Limbah cair industri karet umumnya mengandung bahan-bahan organik dengan kandungan nitrogen seperti amoniak, protein, dan fosfat. Dalam proses pengolahan industri karet, amoniak digunakan sebagai zat antikoagulan sehingga menyebabkan kadar amoniak dalam limbah tinggi yang berpotensi membahayakan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah cair industri karet secara biologis dengan menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada bioreaktor dengan sistem aerasi. Sistem aerasi digunakan sebagai suplai udara yang diatur oleh aerator dengan variasi *flowrate* 0,6 L/min, 1,125 L/min dan 2,25 L/min. Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu uji awal dan uji lanjutan dengan perbedaannya terletak pada penggunaan sistem aerasi. Uji awal penelitian dilakukan tanpa menggunakan sistem aerasi dan bioreaktor terbuka dengan lamanya waktu pengamatan sampai 48 jam. Penurunan kadar amoniak yang terjadi sangat sedikit, yaitu hanya sebesar 5,4% dari 16,25 mg/L menjadi 15,38 mg/L dengan lama waktu pengamatan 2 jam. Kemudian, dilakukan tahap uji lanjutan dengan menggunakan sistem aerasi dan variasi *flowrate* udaranya. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa bakteri *P. aeruginosa* dapat menurunkan kadar amoniak lebih signifikan pada limbah cair industri karet sebesar 39,20% dengan penurunan tertinggi terjadi pada *flowrate* udara 1,125 mg/L dan waktu pengamatan 6 jam.

Kata Kunci: Limbah Cair, *Pseudomonas aeruginosa*, Amoniak, Industri Karet

ABSTRACT: The wastewater from the rubber industry typically contains organic substances with nitrogen content, such as ammonia, proteins, and phosphates. In the rubber industry processing, ammonia is utilized as an anticoagulant, resulting in high levels of ammonia in the wastewater, which can pose environmental risks. This study aims to biologically treat rubber industry wastewater using *Pseudomonas aeruginosa* bacteria in an aerated bioreactor system. The aeration system is controlled by an aerator with airflow rate variations of 0.6 L/min, 1.125 L/min, and 2.25 L/min. The research consists of two phases: an initial test and an advanced test, differing in the use of the aeration system. The initial test was conducted without the aeration system, employing an open bioreactor with observations lasting up to 48 hours. The reduction in ammonia levels was minimal, decreasing only by 5.4%, from 16.25 mg/L to 15.38 mg/L, within a 2-hour observation period. Subsequently, an advanced test was carried out using the aeration system with varying airflow rates. The results indicate that *P. aeruginosa* bacteria can significantly reduce ammonia levels in rubber industry wastewater by 39.20%, with the highest reduction occurring at an airflow rate of 1.125 mg/L and a 6-hour observation period..

Keywords: Liquid Waste, *Pseudomonas aeruginosa*, Ammonia, Rubber Industry

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri di Indonesia mengalami pertumbuhan yang pesat, termasuk di provinsi Sumatera Selatan yang memiliki beragam jenis industri, seperti industri pupuk, migas, serta industri pengolahan hasil perkebunan dan pertanian. Pertumbuhan aktivitas industri tersebut membawa dampak signifikan terhadap potensi limbah yang dihasilkan, dan pada gilirannya, mempengaruhi lingkungan serta kehidupan manusia. Data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2022 menunjukkan bahwa Sumatera Selatan

merupakan produsen karet alam terbesar di Indonesia, menyumbang sekitar 29,08% dari total produksi karet dalam negeri dengan jumlah sebesar 913.400 ton per tahun. Produksi karet alam yang tinggi menjadi penyebab perkembangan industri karet yang terus berlanjut, berpotensi meningkatkan volume limbah yang dihasilkan. Limbah yang menjadi permasalahan utama dalam skala pabrik karet umumnya berupa limbah cair yang berasal dari berbagai tahapan proses, seperti pencucian, pencabikan, penggilingan, peremahan, pengeringan, dan pengepresan bokr. Limbah cair industri karet ini sering mengandung tingkat bahan organik yang tinggi, sisa-sisa

senyawa bahan olahan karet, karbon, nitrogen, fosfor, serta senyawa-senyawa lain, termasuk konsentrasi amoniak yang signifikan (Dewi dkk, 2020).

Salah satu permasalahan utama limbah cair industri karet ialah kandungan amoniak yang berbahaya bagi lingkungan. Amoniak memiliki sifat tidak berwarna namun dengan bau yang cukup menyengat, yang dapat digunakan sebagai indikator apakah air limbah masih dalam kondisi segar atau sudah mengalami degradasi. Sebaliknya, air limbah domestik yang masih segar biasanya memiliki sedikit atau bahkan tidak ada bau yang terdeteksi (Purba, 2009). Amoniak juga merupakan bahan kimia yang banyak digunakan dalam industri produksi urea, bahan kimia, serta industri *pulp* dan kertas (Effendi, 2003).

Untuk menjaga kualitas lingkungan dan menghindari pencemaran air, limbah cair industri karet harus memenuhi standar Baku Mutu Lingkungan yang telah ditetapkan, termasuk standar amoniak sebesar 10 mg/L menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tahun 2016. Konsep baku mutu air yang baik adalah memastikan bahwa kadar bahan pencemar dalam air tetap berada dalam batas yang diperbolehkan untuk menjaga fungsi air sesuai dengan kegunaannya (Atima, 2015). Proses pengolahan limbah cair dapat dilakukan melalui berbagai teknologi rekayasa, seperti fitoremediasi, fitotoksikologi, dan bioremediasi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah pengolahan limbah cair industri karet melalui proses bioremediasi dengan bantuan organisme hidup, yang dapat mengubah limbah menjadi bahan yang lebih aman sebelum dibuang ke lingkungan. Organisme hidup yang potensial untuk digunakan dalam proses ini adalah bakteri berjenis petrofilik.

Sebelumnya, penelitian yang telah dilakukan oleh Nurisman dkk (2020) mengungkapkan bahwa bakteri petrofilik mampu tumbuh dan berkembang di lingkungan limbah cair industri petrokimia yang ekstrim. Bakteri petrofilik memiliki keunggulan dalam beradaptasi dengan kondisi lingkungan dan karakteristik limbah, dibandingkan dengan agen biologis lain yang mungkin tidak sesuai dengan lingkungan dan karakteristik limbah yang sama. Penelitian ini mengidentifikasi tiga jenis isolat bakteri petrofilik yang mampu hidup dalam lingkungan limbah amoniak dengan konsentrasi tinggi, yaitu bakteri dari spesies *Pseudomonas fluorescens*, *Brevundimonas diminuta*, dan *Pseudomonas aeruginosa*. Dari ketiga jenis bakteri tersebut, *B. diminuta* menunjukkan kemampuan pertumbuhan tertinggi di lingkungan limbah amoniak, menjadikannya pilihan yang potensial untuk proses bioremediasi. Sementara itu, bakteri *P. aeruginosa* dikenal mampu hidup dalam kondisi ekstrim dan hanya

membutuhkan oksigen dalam metabolisme selnya. Bakteri ini dapat tumbuh dengan baik pada medium yang mengandung asetat (sumber karbon) dan ammonium sulfat (sumber nitrogen) (Tang dkk, 2015). Bakteri ini merupakan bakteri berbentuk batang gram negatif dengan batang lurus atau lengkung dan memiliki ukuran sekitar 0,6 x μm . Bakteri *P. aeruginosa* ini menghasilkan satu atau lebih pigmen, pigmen-pigmen ini dihasilkan dari proses asam amino aromatik seperti tirosin dan juga fenilalanin (Mayasari, 2005).

Mengingat penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Nurisman dkk (2023) mengamati bahwa *B. diminuta* mampu mengurangi kadar amoniak dalam limbah cair industri karet sebesar 85,05% selama proses aerasi selama 4,5 jam, penelitian ini akan mengkaji kemampuan bakteri *P. aeruginosa* dalam menurunkan kadar amoniak dalam limbah cair industri karet. Selain itu, penelitian ini juga akan memantau pengaruhnya terhadap karakteristik lain dalam air limbah, seperti kadar oksigen terlarut (DO) dan pH, dalam berbagai variasi laju alir dan waktu aerasi. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi apakah bakteri *P. aeruginosa* dapat menjadi alternatif yang lebih efisien dalam mengatasi masalah amoniak dalam limbah cair industri karet.

Untuk menjawab tantangan dan permasalahan tersebut, penelitian ini akan menelaah pengaruh laju alir dan waktu aerasi terhadap kinerja *P. aeruginosa* menurunkan kadar amoniak dan pengaruhnya terhadap pH dan kadar DO, serta implikasi potensial dari penelitian ini dalam mengelola limbah cair industri karet secara lebih efektif dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mengatasi masalah lingkungan yang terkait dengan industri karet di Sumatera Selatan serta berkontribusi pada literatur ilmiah dalam bidang ini.

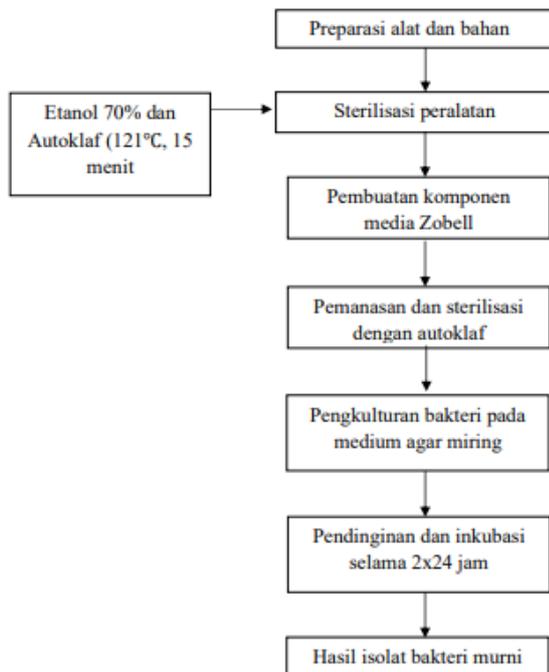
METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Pada penelitian ini sampel limbah cair yang digunakan berasal dari limbah cair *inlet* IPAL industri karet di wilayah Keramasan, Sumatera Selatan. Proses inokulasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dilaksanakan di Laboratorium FMIPA Unsri sedangkan proses pengolahan limbah dengan *airlift bioreactor* dilaksanakan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Katalisis dan Bioproses FT Unsri. *Airlift bioreactor* merupakan bagian utama dari peralatan yang digunakan, bersama dengan sejumlah peralatan penunjang seperti *erlenmeyer*, *beaker glass*, cawan petri, *cooler*, inkubator, bunsen, mikroskop Olympus CX23, aerator CJY-4500, *bio-ring*, *hemocytometer*, neraca analitik, botol sampel, dan autoklaf *hicleve HVE-50*.

Prosedur Penelitian

Sampel awal limbah cair industri karet yang diteliti dianalisa kadar amoniaknya di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Palembang (BBLK). Nilai kadar amoniak awal ini akan menjadi *baseline* kadar amoniak yang akan direduksi. Selanjutnya, penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan melalui beberapa tahapan, dimulai dengan pembuatan dan peremajaan kultur bakteri, uji pertumbuhan serta uji efisiensi *Pseudomonas aeruginosa* dalam menurunkan kadar amoniak limbah cair industri karet. Tahap pembuatan dan Peremajaan Kultur Bakteri *P. aeruginosa* tercantum pada Gambar 1. berikut



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan dan Peremajaan Kultur Bakteri *P. aeruginosa*

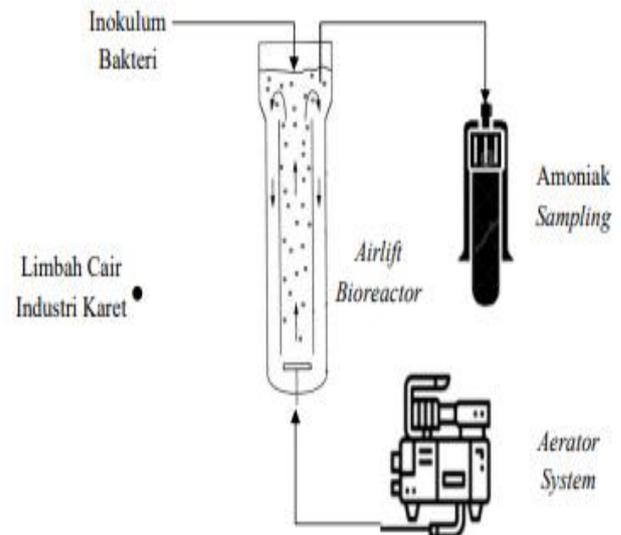
Tahap Pengujian Kinerja *P. aeruginosa* dalam Mereduksi Kadar Amoniak pada Limbah Cair Industri Karet

Hasil pengecekan awal kadar amoniak pada sampel limbah cair industri karet menunjukkan nilai konsentrasi sebesar 16,25 mg/L. Tahap pengujian reduksi amoniak dilakukan pada suatu rangkaian *airlift bioreactor* dengan menggunakan rasio inokulum *P. aeruginosa* sebesar 5% terhadap sampel air limbah yang digunakan.

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu uji awal dan uji lanjutan dengan perbedaannya terletak pada penggunaan sistem aerasi. Pada uji awal, pasokan udara dilakukan secara alami dengan cara membiarkan bioreaktor dalam keadaan terbuka tanpa pasokan udara dari *aerator*.

Pada pengujian lanjutan, pasokan udara yang mendukung sistem aerasi dalam bioreaktor dialirkan

menggunakan aerator dengan 3 kondisi laju aliran yang berbeda (dalam L/menit): 0,6; 1,125; dan 2,25. Pengamatan mulai dilakukan setelah aerator dalam kondisi dinyalakan, dengan waktu aerasi diamati secara bertahap dari 2 jam hingga 6 jam. Setelah waktu aerasi yang ditentukan tersebut, selanjutnya dilakukan pengambilan sampel secara berkala untuk dianalisis kadar amoniak, pH, dan DO. Parameter operasi tekanan atmosferik dan suhu ruang (25-30°C). Skema peralatan yang digunakan tertera pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Skema Rangkaian Alat Airlift Bioreactor

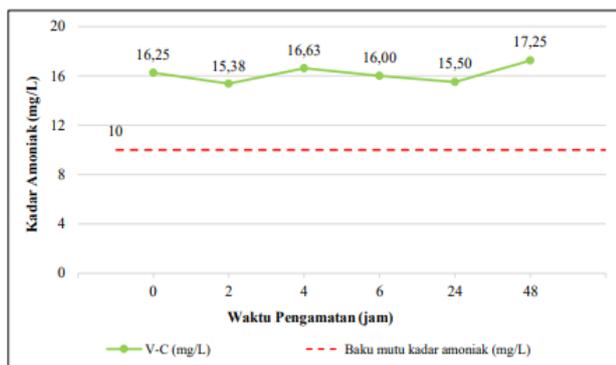
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Awal pada Limbah Industri Karet secara Biologis di *Airlift Bioreactor* Tanpa Sistem Aerasi

Perubahan Kadar Amoniak oleh Bakteri Pseudomonas aeruginosa pada Variasi Waktu Pengamatan

Pengujian awal terhadap limbah cair industri karet ini dilakukan di dalam bioreaktor terbuka yang dilengkapi *bioring* tanpa sistem aerasi dengan bakteri *P. aeruginosa* (kode sampel V-C). Pengamatan ini dilakukan selama 2 hari, dengan variasi waktu yaitu 2, 4, 6, 24 dan 48 jam. Selain itu juga terdapat penggunaan variasi *flowrate* udara (dalam L/menit) yaitu 0,6; 1,125; dan 2,25.

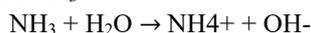
Berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 3, terlihat adanya fluktuasi pada nilai kadar amoniak. Sampel V-C ini mengalami dua kali kenaikan pada waktu pengamatan 4 jam dan 48 jam, masing-masing sebesar 1,25 mg/L dan 1,75 mg/L. Kadar amoniak terendah yang dihasilkan untuk sampel V-C ini sebesar 15,38 mg/L, penurunan yang terjadi hanya sebesar 0,87 mg/L dibandingkan dengan nilai awal kadar amoniak.



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Perubahan Kadar Amoniak oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Variasi Waktu Pengamatan

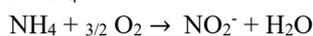
Amoniak yang terkandung di dalam limbah cair industri karet harus dikurangi atau dihilangkan sebelum akhirnya dibuang ke perairan. Senyawa amoniak dapat menyebabkan kondisi perairan menjadi toksik kemudian membahayakan kehidupan yang ada di wilayah perairan. Nitrogen amoniak yang berada di dalam air adalah amonium (NH_4^+), berdasarkan reaksi kesetimbangan sebagai berikut:

Reaksi NH_3



Penghilangan kadar amoniak secara biologi dapat dilakukan dengan proses nitrifikasi. Menurut Said dan Sya'bani (2014), proses nitrifikasi didefinisikan sebagai konversi nitrogen amonium (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-) yang kemudian menjadi (NO_3^-) yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

Reaksi NH_4



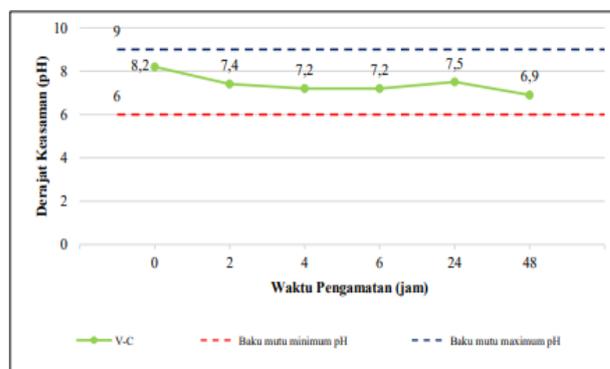
Pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* bergantung pada kadar oksigen yang ada dalam air limbah, sehingga dilakukan suplai oksigen dengan proses aerasi (Fajriaty dkk, 2023). Namun, dikarenakan pada tahap ini tidak menggunakan sistem aerasi sebagai suplai oksigen, sehingga bagian atas bioreaktor dibiarkan terbuka agar oksigen tetap bisa masuk. Kebutuhan oksigen yang tidak terpenuhi akan mengganggu pertumbuhan dan aktivitas bakteri.

Bioreaktor yang terbuka ini juga dapat menjadi salah satu penyebab naik dan turunnya kadar amoniak. Selain itu ada banyak faktor lainnya seperti adanya pengotor lain di dalam limbah. Menurut, Purnomo (2004) ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pereduksi (*P. aeruginosa*) dalam mendegradasi kadar amoniak. Salah satunya adalah faktor lingkungan biotik, berhubungan dengan keberadaan bakteri atau pengotor lain di sekitar lingkungan hidup bakteri pereduksi. Hal inilah yang memungkinkan adanya bakteri atau pengotor lain yang

tidak diinginkan, sehingga akan membuat kadar amoniak naik dan turun karena akan menghambat proses reduksi amoniak.

Perubahan pH oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Variasi Waktu Pengamatan

Hasil pengamatan terhadap nilai pH dengan sampel yang sama mengalami fluktuasi. Meskipun begitu, nilai pH dapat dinyatakan relatif stabil dan telah memenuhi standar baku mutu limbah cair yang ditetapkan yaitu 6,0-9,0. Nilai pH pada penelitian ini optimal dengan rentang 6,9-8,4, hal ini juga selaras dengan penelitian Moore dkk (2006) yang menyatakan bakteri nitrifikasi membutuhkan pH optimal dalam masa pertumbuhannya. Hasil pengamatan sampel ditunjukkan pada Gambar 4.



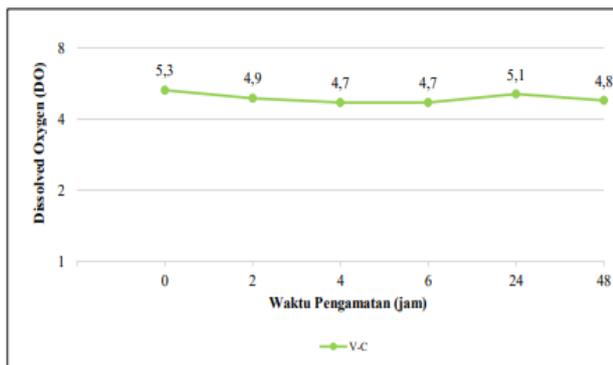
Gambar 4. Grafik Hasil Uji Perubahan pH oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Variasi Waktu Pengamatan

Nilai pH sampel V-C ini mengalami penurunan pada waktu pengamatan 2, 4, 6, dan 48 jam, dimana saat waktu pengamatan 24 jam sempat terjadi kenaikan nilai pH sebelum kembali menurun. Terjadi tren kenaikan walaupun pada beberapa waktu pengamatan nilai pH sedikit menurun namun tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh aktivitas masing-masing bakteri yang sedang berlangsung di dalam bioreaktor meskipun tanpa ada sistem aerasi. Bakteri *P. aeruginosa* memiliki kemampuan beradaptasi sehingga mampu hidup pada rentang asam maupun basa yang terdapat pada limbah cair karet sehingga menetralkan limbah menjadi netral (Komala dkk, 2012).

Perubahan DO oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Variasi Waktu Pengamatan

Dissolved oxygen (DO) merupakan parameter yang penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO banyak dibutuhkan oleh mikroorganisme yang bertugas untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung dalam air. Semakin besar nilai DO, hal ini mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus (Atiassapani dan

Ananda, 2019). Perubahan nilai DO yang dihasilkan setelah variasi sampel tanpa aerasi dengan bakteri ditunjukkan oleh Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5. Grafik Hasil Uji Perubahan DO oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Variasi Waktu Pengamatan

Kadar oksigen terlarut sebelum dilakukan proses pengolahan sebesar 5,3, kemudian setelahnya mengalami perubahan. Hasil pengamatan sampel V-C mengalami penurunan pada waktu pengamatan 4 jam dan 48 jam, hal ini dapat terjadi karena pada waktu pengamatan 4 jam oksigen sangat dibutuhkan untuk aktivitas bakteri dan suplai oksigen hanya dari bagian atas bioreaktor yang terbuka.

Naik dan turunnya nilai DO dapat dipengaruhi oleh hal lain seperti adanya kemungkinan kontaminan yang masuk dalam bioreaktor melalui bagian atas bioreaktor yang terbuka. Pada penelitian ini diperoleh hasil yang selaras dengan pernyataan Febiyanto (2020), bahwa nilai DO cenderung bervariasi selama waktu pengamatan. Nilai yang bervariasi ini disebabkan oleh kesetimbangan transfer gas O_2 antara kandungan oksigen dalam air dan udara.

Hasil Pengujian Lanjutan pada Limbah Industri Karet secara Biologis di *Airlift Bioreactor* Dengan Sistem Aerasi

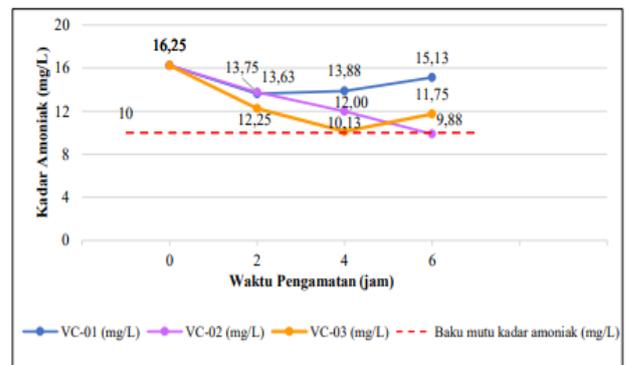
Pengaruh Aerasi terhadap Degradasi Kadar Amoniak

Pengujian lanjutan terhadap limbah cair industri karet ini dilakukan dalam bioreaktor tertutup yang dilengkapi *bioring* dengan sistem aerasi dan bakteri *P. aeruginosa* (kode sampel VC). Pengamatan ini dilakukan selama 1 hari, dengan variasi waktu yaitu 2, 4, dan 6 jam.

Limbah cair industri karet biasanya mengandung bahan-bahan organik dengan kandungan nitrogen seperti amoniak, protein dan fosfat. Amoniak memiliki rasa dan bau yang kurang enak sehingga kadar amoniak harus rendah. Dalam proses pengolahan industri karet, amoniak digunakan sebagai zat antikoagulan sehingga menyebabkan kadar amoniak dalam limbahnya tinggi.

Oleh karena itu, kandungan amoniak dalam limbah cair harus dihilangkan atau dikurangi dan salah satu caranya adalah dengan proses aerasi.

Kadar amoniak yang terkandung bebas dalam air dapat menurun sejalan dengan meningkatnya pH dan temperatur (Said dan Sya'bani, 2014). Berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa kadar amoniak awal sebelum dilakukan proses adalah sebesar 16,25 mg/L. Terjadi kenaikan dan penurunan nilai kadar amoniak yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Nilai terendah yang dihasilkan untuk sampel VC ini sebesar 9,88 mg/L pada waktu pengamatan 6 jam dan laju alir 1,125 L/menit, penurunan yang terjadi adalah 6,37 mg/L dari nilai awal kadar amoniak.



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Pengaruh Aerasi Terhadap Degradasi Kadar Amoniak

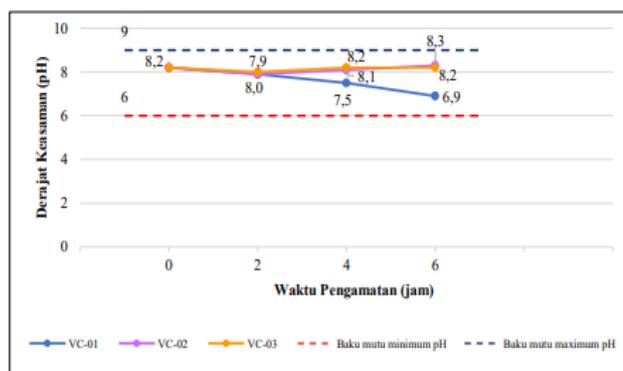
Kadar amoniak pada sampel ini dapat dinyatakan mengalami penurunan yang sedikit dari nilai awal, seperti pada VC-01; VC-02; dan VC-03 dengan waktu pengamatan 2 jam terlihat hanya sekitar 2,62 mg/L hingga 4,00 mg/L penurunannya. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses aerasi sehingga menyebabkan terjadinya kenaikan maupun penurunan dalam hasil pengamatan. Menurut Abuzar, dkk (2012) dalam proses aerasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perpindahan oksigen, seperti temperatur, kejenuhan oksigen, dan turbulensi air yang dihasilkan. Kemudian menurut Titiresmi dan Sopiah (2006), bahwa waktu detensi juga dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi reduksi amoniak. Semakin lama waktu detensi atau waktu kontak yang terjadi, maka kadar amoniak yang tereduksi akan semakin besar juga.

Pengaruh Aerasi pada Perubahan pH

Amoniak merupakan senyawa yang bersifat basa dan mudah larut dalam air. Senyawa yang bersifat basa cenderung menjadi tempat bertumbuhnya bakteri, hal ini dikarenakan bakteri dapat tumbuh dengan baik pada pH yang basa. Menurut Imas dkk (1989), bakteri-bakteri pengoksidasi amoniak, seperti bakteri nitrifikasi akan lebih menyukai lingkungan basa dibandingkan dengan

lingkungan asam dengan tingkat pH optimal untuk pertumbuhan berkisar antara 7,5 hingga 8,5.

Nilai pH pada limbah cair karet sebelum diolah bernilai 8,2 yang menandakan pada kondisi basa, hal ini karena kandungan karet yang masih tersuspensi dalam limbah cair. Kemudian mengalami tren naik dan turun dengan nilai yang cukup stabil sesuai standar baku mutu pada Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Secara keseluruhan nilai pH yang dihasilkan pada pengamatan sampel VC dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah. Nilainya menyesuaikan dengan standar baku mutu yang berkisar antara 6,0-9,0 sehingga nilai pH pada penelitian ini dapat dinyatakan optimal.



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Pengaruh Aerasi pada Perubahan pH

Menurut penelitian Paena, dkk (2015) nilai pH dalam perairan berkaitan langsung dengan kondisi oksigen terlarut dimana saat oksigen terlarut rendah maka pH menjadi asam demikian pula sebaliknya. Nilai pH baik pada sampel VC-01; VC-02; dan VC-03 mengalami tren fluktuatif yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Penelitian Permana dkk tahun 2020 menyatakan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai pH seperti aktivitas biologi, suhu, kandungan oksigen dan ion-ion. Proses dekomposisi senyawa organik maupun makhluk hidup juga dapat mempengaruhi nilai pH, contohnya bakteri.

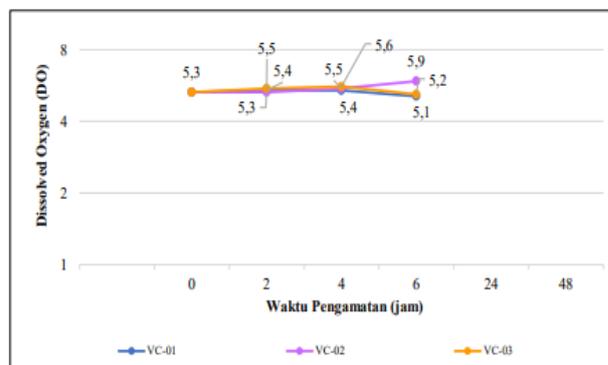
Pada penelitian ini bakteri yang ditambahkan dalam limbah cair karet adalah bakteri *P. aeruginosa*, ketika bakteri terdekomposisi maka akan melepaskan banyak karbon dan menyebabkan nilai pH berubah. Karbon anorganik terlarut dapat meningkatkan ion hidrogen sehingga nilai pH limbah cair karet akan menurun (Hyprowira, 2020). Pernyataan ini selaras dengan penelitian kami yang menunjukkan nilai pH menurun saat ditambahkan bakteri.

Selain penambahan bakteri, proses aerasi juga berperan dalam menurunkan dan menaikkan nilai pH. Proses aerasi dimana terjadi kontak antara air dan udara baik dengan cara natural maupun dengan desain mekanis dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air sehingga nilai pH limbah cair karet meningkat (Asadiya

dan Karnaningroem, 2018). Variasi laju alir aerasi yang mengalami peningkatan akan menaikkan nilai pH baik pada bioreaktor maupun pada effluent (Rahmayetty, 2011). Menurutnya, kenaikan nilai pH tersebut disebabkan oleh adanya amoniak selama proses respirasi sel secara aerob. Selama proses aerasi berlangsung, terlihat gelembung berukuran kecil yang semakin lama waktu pengamatan maka jumlah gelembungnya semakin banyak. Menurut Zhao dkk (2015) bahwa pengaruh ukuran gelembung dalam peningkatan pH lebih signifikan daripada pengaruh laju aerasi.

Pengaruh Aerasi pada Perubahan DO

Oksigen terlarut atau biasa disebut *dissolved oxygen* (DO) merupakan jumlah miligram gas oksigen yang terlarut dalam air yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti tekanan atmosfer, suhu, salinitas, turbulensi air, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air (Madyawan dkk, 2020). Berdasarkan data temperatur dan tekanan, didapatkan bahwa kelarutan oksigen dalam air terletak pada suhu 25 dan tekanan 1 atmosfer adalah 8,32 mg/L (Kareliasari, 2021). Hasil penelitian dari pengamatan nilai DO pada limbah cair industri karet yang telah dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi dapat dilihat pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Grafik Hasil Uji Pengaruh Aerasi pada Perubahan DO

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa nilai oksigen terlarut mengalami tren fluktuatif. Kenaikan dan penurunan kadar oksigen terlarut dalam limbah cair industri karet ini salah satunya dapat terjadi karena adanya suplai oksigen yang dilakukan secara kontinu (terus-menerus) oleh sebuah aerator dengan jenis CJY-4500.

Hasil pengamatan pada sampel VC-01 dan VC-03 sama-sama mengalami penurunan di waktu pengamatan 6 jam. Hal ini berbanding terbalik dengan sampel VC-02 yang cenderung dengan nilai tertinggi pada waktu pengamatan 6 jam sebesar 5,9 mg/L. Hal ini mengartikan bahwa dengan laju alir 1,125 mg/L dapat terus meningkatkan kadar oksigen terlarut di samping oksigen yang terus berkurang untuk memenuhi kebutuhan bakteri *P. aeruginosa*.

Menurut Batara dkk (2017), efektifitas proses aerasi sebagai salah satu cara untuk mengurangi atau

menghilangkan bahan-bahan pencemar dalam air limbah sampai batas yang ditentukan oleh persebaran udara dalam kolam aerasi. Sehingga, semakin tinggi konsentrasi oksigen terlarut, maka konsentrasi amoniak yang terkandung dalam limbah cair akan semakin rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada proses pengolahan limbah cair industri karet secara biologis, dengan menggunakan isolat bakteri petrofilik, berupa *Pseudomonas aeruginosa* dapat diketahui bahwa *P. aeruginosa* dapat menurunkan kadar amoniak, namun penurunan yang terjadi tidak signifikan jika dilakukan tanpa sistem aerasi. Hal ini karena hanya menurunkan sekitar 5,4% amoniak dari kadar awal sebesar 16,25 mg/L menjadi 15,38 mg/L. Tingkat penurunan kadar amoniak pada sampel dengan menggunakan sistem aerasi lebih tinggi dibandingkan dengan sampel tanpa sistem aerasi. Penurunan kadar amoniak yang didapat sebesar 39,20% dari 16,25mg/L menjadi 9,88 mg/L dengan waktu pengamatan 6 jam dan laju alir udara 1,125 mg/L. Semakin lama waktu detensi atau waktu kontak yang terjadi, maka kadar amoniak yang tereduksi akan semakin besar juga. Hasil pengamatan yang didapatkan telah sesuai karena berada dibawah baku mutu yang biasanya digunakan oleh industri karet, yaitu Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sebesar 10 mg/L.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, terutama pihak industri yang telah memfasilitasi proses pengambilan sampel limbah maupun pihak Laboratorium Mikrobiologi FMIPA serta Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Katalisis dan Bioproses FT Unsri yang telah mendukung proses pengambilan dan analisis data artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alkafh, M. I., Razikah, Y. A., dan Nurisman, E. 2021. Pengolahan Amonia pada Air Limbah Industri Pupuk secara Biologis dengan Bakteri Petrofilik. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 27 (3): 74-81.

Abuzar, S. A., Putra, Y. D., dan Emargi. R. E. 2012. Koefisien Transfer Gas (K_{La}) pada Proses Aerasi Menggunakan *Tray Aerator* Bertingkat 5 (Lima). *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. Vol. 9 (2): 155-163.

Asadiya, A., dan Karnaningroem, N. 2018. Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 7 (1): D18-D22.

Atiassapani, E., dan Ananda, N. R. 2019. *Alat Peningkat Kadar Oksigen Tambak Udang Vaname dengan Micro-Bubble Berbasis Android*. [LAPORAN TUGAS AKHIR]. Politeknik Manufaktur Negeri. Bangka Belitung.

Atima, W. 2015. BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science and Education*. Vol 4(1): 83-93.

Batara, K., Zaman, B., dan Oktawan, W. 2017. Pengaruh Debit Udara dan Waktu Aerasi terhadap Efisiensi Penurunan Besi dan Mangan Menggunakan Diffuser Aerator pada Air Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 6 (1): 1-10.

Dewi, D. S., Prasetyo, H. E., dan Karnadeli, E. 2020. Pengolahan Air Limbah Industri Karet Remah (*Crumb Rubber*) dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Jurnal Redoks*. Vol. 5 (1): 47-57.

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*. Yogyakarta: Kanisius.

Fajrianty, R., Riyanti, A., dan Marhadhi. Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi untuk Pengolahan Air Limbah Domestik. *Structure Teknik Sipil*. Vol. 5 (1): 7-16.

Febiyanto. 2020. *Effects of Temperature and Aeration on The Dissolved Oxygen (DO) Values in Freshwater Using Simple Water Bath Reactor: A Brief Report*. *Walisono Journal of Chemistry*. Vol. 3 (2): 25-30.

Imas, T. R. S., Hadioetomo, A. G., Gunawan., dan Setiadi. 1989. *Mikrobiologi Tanah II*. Bogor : PAUIPB.

Kareliasari, N. A. D. 2021. *Analisis Suhu, pH, DHL, DO, TDS, TSS, BOD, COD, dan Kadar Timbal pada Air dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang*. [SKRIPSI]. MALANG. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Komala, P. S., Herald, D., dan Delimas, D. 2012. Identifikasi Mikroba Anaerob Dominan pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet dengan Sistem *Multi Soil Layering (MSL)*. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. Vol. 9 (1): 74-88.

Mayasari, E. 2005. *Pseudomonas Aeruginosa* Karakteristik, Infeksi, dan Penanganan. (Online). <https://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/3507/05010683.pdf;sequence=1>. (Diakses pada 16 April 2023).

Madyawan, D., Hendrawan, I. G., dan Suteja, Y. 2020. Permodelan Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) di Perairan Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. Vol. 6 (2): 270-280.

Moore, E. R. B., Tindall, B.J., Dos Santos, V. A.P. M., Pieper, D. H., Ramos, J.L., dan Palleron, N. J. 2006. *Nonmedical: Pseudomonas. Prokaryotes: a*

- handbook on the biology of bacteria*. Vol. 6 (3): 646-703.
- Nurisman, E., Syaiful, Faizal, M., dan Estuningsih, S. P. 2020. Studi Eksperimental Uji Potensi Isolat Bakteri Petrofilik dalam Menurunkan Kadar Amoniak pada Air Limbah. *Proceedings of Seminar Nasional AVoER XII 2020*. Palembang, 18-19 November 2020. Hal. 511-519.
- Nurisman, E., Nurisman, E, Pratama, A, S.I Rizki, Rahmatullah, N Haryani, Rosmania. 2023. Perbandingan Kinerja Bakteri Brevundimonas diminuta dalam Pengolahan Amoniak Limbah Cair Industri Karet dan Pupuk Secara Biologis. *Proceedings of Seminar Nasional AVoER XIV Vol 14 No 1 (2022)*
- Paena, M., Suhaimi, R. A., dan Undu, M. C. 2015. Analisis Konsentrasi Oksigen Terlarut (DO), pH, Salinitas dan Suhu pada Musim Hujan Terhadap Penurunan Kualitas Air Perairan Teluk Punduh Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan X*. Surabaya, 21 Mei 2015. Hal. C2-1-C2-8.
- Permana, B., Syafei, D. I., Syafei, H., Olifvia, O., Fitri, N. C., Sundari, N. R., Sahari, W., Venesia. D., Aini, A. N., Gamellia, B. O., Kapitah., Arif, M., dan Anggraani, A. 2020. Analisis Sifat Fisika dan Derajat Keasaman Terhadap Kualitas Air Minum Isi Ulang 20 Rumah RW 01 di Kampung Cilember Desa Jogjogan Kecamatan Cisarua Kabupaten Bogor. *Jurnal Risenologi*. Vol. 5 (1): 64-69.
- Purba, M. E. K. 2009. *Analisa Kadar Total Suspended Solid (TSS), Amoniak (NH₃), Sianida (Cn⁻) dan Sulfida (S²⁻) pada Limbah Cair Bapedaldas*. Karya Ilmiah. Medan (IDN). Universitas Sumatera Utara.
- Purnomo, H. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Said, N. I. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta: Tinjauan Permasalahan, Strategi, dan Teknologi Pengolahan*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Said, N. I., dan Sya'bani, M. R. 2014. Penghilangan Amoniak di dalam Air Limbah Domestik dengan *Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*. *Jurnal Akuakultur Indonesia (JAI)*. Vol. 7 (1): 44-65.
- Hyprowira. 2020. *Empat Faktor yang Berpengaruh pada pH*. (Online). <https://hyprowira.com/blog/faktor-yang-mempengaruhi-ph>. (Diakses pada tanggal 26 Juli 2023).
- Tang, Y., Sussman, M, Liu, D., dan Poxton, I. R. 2015. *Molecular Medical Microbiology 2nd Edition*. Academic Press, Cambridge.
- Titiresmi dan Sopiah, N. 2006. Teknologi Biofilter untuk Pengolahan Limbah Ammonia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol. 2 (7): 173-179.
- Zhao, Q. B., Ma, J., Zeb, I., Yu, L., Chen, S., Zheng, Y. M., dan Frear, C. 2015. *Ammonia Recovery from Anaerobic Digester Effluent through Direct Aeration*. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 279 (1): 31-37.