

Pengaruh Mikroplastik Polietilen dan Oxo-degradable (Oxium) Pada Pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Adian Khoironi^{1*}, Khoirul Huda^{2,3}, Imron Hambyah^{2,3}, Inggar Dianratri^{2,3}

¹Program Studi Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

³Centre of Biomass and Renewable Energy (CBIOR), Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ABSTRACT

Salah satu cara yang digunakan di Indonesia dalam menanggulangi berlimpahnya jumlah sampah plastik di lingkungan perairan adalah dengan menggantikan kantong plastik berbahan polimer polietilen (PE) dengan plastik oxodegradable yang disebut oxium. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat pengaruh mikroplastik polietilen jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan plastic oxodegradable oxium. Penelitian dilakukan dengan menggunakan mikroalga *Tetraselmis chuii* sebagai mikroorganisme yang akan mendapat perlakuan mikroplastik dengan konsentrasi yang berbeda. Dari Hasil pengukuran optical density untuk menentukan laju pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis Chuii* menunjukkan bahwa laju pertumbuhan *Tetraselmis* dengan perlakuan mikroplastik polietilen mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan dengan mikroplastik oxium. Konsentrasi mikroplastik ikut berperan dalam menentukan laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* di mana pada perlakuan mikroplastik oxium terjadi penurunan hingga 37,66% pada konsentrasi mikroplastik 300mg/500mL dan 81,70% pada perlakuan mikroplastik polietilen dengan konsentrasi 200mg/500mL. Mikroplastik polietilen dan oxium memberikan dampak negatif pada organisme tingkat rendah disebabkan oleh kemampuannya dalam melepas bahan aditif yang bersifat toksik sehingga diperlukan solusi yang lebih baik untuk menggantikan fungsi plastik dengan bahan yang lebih ramah bagi lingkungan hidup.

Kata kunci: Polietilen, Oxium, *Tetraselmis Chuii*, mikroplastik

ABSTRACT

One of the methods used in Indonesia in tackling the abundance of plastic waste in the aquatic environment is to replace plastic bags made of polyethylene (PE) polymer with oxodegradable plastic called oxium. This research was conducted with the aim of examining the effect of HDPE (High Density Polyethylene) microplastic polyethylene with oxodegradable oxium plastic. The research was conducted using the microalgae *Tetraselmis chuii* as microorganisms that will receive microplastic treatment with different concentrations. From the results of optical density measurements to determine the growth rate of *Tetraselmis chuii* microalgae, it was shown that the growth rate of *Tetraselmis* with polyethylene microplastics treatment decreased significantly compared to oxium microplastics. The concentration of microplastics played a role in determining the growth rate of *Tetraselmis chuii* where in the oxium microplastic treatment there was a decrease of up to 37.66% at the microplastic concentration of 300mg/500mL and 81.70% at the polyethylene microplastic treatment with a concentration of 200mg/500mL. Polyethylene and oxyum microplastics have a negative impact on low-level organisms due to their ability to release toxic additives so that better solutions are needed to replace the function of plastics with materials that are more environmentally friendly.

Keywords: Polyethylene, Oxium, *Tetraselmis chuii*, microplastic

How to Cite This Article: Khoironi, A., Huda, K., Hamdyah, I., Dianratri, I. (2021). Pengaruh mikroplastik polietilen dan oxo-degradable (Oxium) pada pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 19(2), 211-218.

1. LATAR BELAKANG

Perbaikan tingkat ekonomi masyarakat, diikuti oleh perubahan gaya hidup yang berpengaruh pada peningkatan konsumsi produk plastik sebagai pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari (Ojha et al., 2017). Polietilen (PE) mewakili sekitar 92% plastik sintesis yang diproduksi secara global (Ghatge et al., 2020) dan dimanfaatkan sebagai bahan plastik kemasan. Di Indonesia produksi dan konsumsi plastik terutama kemasan sekali pakai seperti kantong plastik konvensional jenis High-density polyethylene (HDPE) yang berbahan polimer polietilen juga diyakini akan terus mengalami peningkatan. Data dari Euromap, Inaplas, dan Badan Pusat Statistik menyebut pada tahun 2020 total konsumsi plastik di Indonesia mencapai 6,2

juta ton dengan pertumbuhan konsumsi 6-7 % per tahunnya (Republika, 2019). Dampak dari meningkatnya konsumsi plastik khususnya kantong plastik berdampak pada peningkatan sampah plastik yang merusak lingkungan. Karakteristik dari kantong plastik yang tahan lama disertai manajemen pengelolaan sampah yang kurang baik menambah tingginya jumlah sampah plastik di Indonesia. Hal ini menjadi dasar alasan bagi pemerintah Indonesia untuk memperkuat kebijakan melalui Peraturan Presiden Nomor 83 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Sampah Laut dalam Rangka Pemberian Perlindungan dan Konservasi Lingkungan Laut untuk Indonesia. Salah satu strategi mengurangi sampah plastik adalah dengan melarang penggunaan kantong plastik di berbagai supermarket dan

* Penulis korespondensi: Adian.khoironi@dsn.dinus.ac.id

menyediakan berbagai jenis kantong refill maupun dus. Direktur Olevin dan Aromatik Inaplas melaporkan sebelum adanya pelarangan penggunaan kantong plastik rata-rata produksi kantong plastik di Indonesia sebesar 366 ribu metrik ton, jika diperinci pemakaian kantong plastik mencapai 700 kantong/orang/tahun (Baidarus, 2018; Ekawati, 2020; Rahmayani, 2021), kemudian terjadi penurunan konsumsi kantong plastik sebesar 20 persen dari total produksi plastik. Hal itu merupakan imbas dari adanya pelarangan penggunaan kantong plastik serta kebijakan plastik berbayar (Republika, 2019). Lebih lanjut, selain larangan penggunaan kantong plastik, penggunaan plastik ramah lingkungan oxo-biodegradable seperti plastik oxium diharapkan juga mampu mengurangi jumlah sampah plastik di lingkungan, terutama di wilayah perairan laut (Asriza and Pitulima, 2017).

Ekosistem di wilayah perairan Indonesia berada dalam bahaya besar akibat keberlimpahan sampah plastik yang terus berlangsung. Menurut *Nature research journal*, (2017) saat ini empat sungai di Indonesia termasuk dalam 20 sungai paling tercemar di dunia. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai penyumbang polusi plastik laut terbesar kedua setelah China (Jambeck et al., 2015; Wright, 2017). Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melaporkan jumlah sampah plastik yang terakumulasi di lautan Indonesia mencapai 9,52 juta ton. Government (2018) menambahkan hampir 64 persen dari total sampah plastik di Indonesia merupakan kantong plastik sekali pakai dengan jenis High-density polyethylene (HDPE) dibuang ke wilayah lautan (Balasubramanian et al., 2010; Lestari, 2019). Data terbaru dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2019) melaporkan sampah kantong plastik yang dihasilkan dari 90 ribu gerai ritel modern anggota Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia (APRINDO) selama satu tahun rata-rata mencapai 9,85 miliar lembar sampah kantong plastik dibuang ke wilayah lautan (Baidarus, 2018; Lestari and Trihadiningrum, 2019). Berbagai sumber sampah plastik memberikan kontribusi dalam keberlimpahan sampah plastik di lautan, hal ini terutama disebabkan buruknya manajemen sampah plastik sehingga lautan menjadi tempat pembuangan akhir bagi semua proses transportasi sampah plastik. Dalam beberapa penelitian melaporkan dalam sehari lebih dari ratusan spesies laut terkontaminasi sampah plastik yang mampu merusak metabolisme dan kerusakan jaringan pada tubuh sehingga menghambat pertumbuhan hingga mengalami kematian (Müller et al., 2012). Selain aspek lingkungan, aspek ekonomi dan sosial juga terkena dampak dari kebocoran sampah plastik di lautan. Studi Phelan et al., (2020) menunjukkan dampak dari polusi laut mampu menurunkan nilai-nilai perikanan, akuakultur, warisan alam sebesar 1-5%, serta kerugian ekonomi seperti penurunan kunjungan wisatawan ke pantai yang diperkirakan sebesar \$ 3.300 - \$ 33.000 per ton plastik laut per tahun (Leggett et al., 2014; Beaumont et al., 2019). Solusi untuk mengurangi permasalahan polusi di lingkungan terutama di lautan seperti larangan penggunaan kantong plastik sampai mengubahnya

menjadi bahan bakar dan daur ulang plastik menjadi produk yang dapat dimanfaatkan kembali masih sulit dicapai (National Plastic Action Partnership, 2020). Saat ini, salah satu metode yang sedang hangat diperbincangkan adalah pengembangan besar-besaran plastik oxium yang merupakan salah satu jenis plastik yang mudah terdegradasi.

High Density Polyethylene (HDPE) merupakan jenis termoplastik PE dari rantai panjang etilen dengan sedikit percabangan. HDPE dibuat dengan proses katalitik sehingga memiliki kekuatan tarik dan gaya antar molekul sangat kuat. Struktur rantai dari HDPE terdiri dari ikatan C - C dan C - H memiliki energi ikatan yang kuat antara 300-600 kJ/mol (Cichy et al., 2015). Selain itu HDPE memiliki kepadatan yang lebih tinggi yang menyebabkan tingginya stabilitas, kekerasan, kekuatan mekanik, opasitas, serta daya tahannya pada suhu tinggi hingga 120 °C. Tingkat kristalinitas HDPE yang tinggi mencapai 80-90 % juga menyebabkan HDPE bersifat hidrofobik (Khoironi et al., 2019; Harsojuwono & Arnata, 2015) adanya antioksidan serta stabilisator juga berperan memberikan sifat ketahanan terhadap bahan kimia, kekuatan sobek dan juga fleksibilitasnya (Ojha et al., 2017). HDPE banyak dimanfaatkan dalam aplikasi industri seperti kantong plastik, botol susu, botol detergen, pipa air, dll (Balasubramanian et al., 2010). Karakteristik HDPE yang cenderung hidrofobik inilah yang menyebabkan tingkat degradabilitas HDPE rendah sehingga tidak dapat terurai secara alami bahkan hingga ribuan tahun (Rohmah et al., 2019). Beberapa penelitian menunjukkan plastik HDPE yang berada dilautan selama hampir 100 tahun hanya mengalami degradasi parsial yang artinya tidak ada perubahan besar pada struktur permukaan HDPE (Otake et al., 1995; Cichy et al., 2015). Berbagai cara dilakukan agar mampu mengurangi kelimpahan sampah plastik, salah satunya adalah pembuatan plastik oxium (oxo-biodegradable) yang saat ini sedang marak di produksi di Indonesia. Plastik oxo-biodegradable merupakan polimer sintesis yang berbahan dasar polietilen dengan penambahan zat kromofor atau aditif oksidan ke rantai polimer sekitar 1-5 % aditif dari berat molekul polimernya sesuai standar ASTM D-5208, salah satu contoh bahan aditif ini disebut sebagai oxium (Aldas et al., 2018). Penambahan kromofor ini diharapkan akan mampu meningkatkan kemampuan degradasi pada plastik, yang artinya dapat terurai dengan alami dalam waktu relatif cepat, sehingga tidak mencemari lingkungan (Asriza and Pitulima, 2017). Tetapi, fakta lain ditunjukkan dari penelitian Aldas et al., (2018) dan Campanale et al., (2020) yang menunjukkan bahwa zat kromofor yang ditambahkan dalam plastik oxo-degradable termasuk dalam bahan aditif yang berbahaya bagi lingkungan, hal ini disebabkan cepatnya laju degradasi plastic oxo-degradable seiring dengan peningkatan kemampuannya dalam melepas bahan aditif yang bersifat toksik bagi lingkungan seperti .plastisizer, pthalate dan logam berat (Co²⁺ / Co³⁺, Mn²⁺ / Mn³⁺, Fe²⁺ / Fe³⁺ dan TiO₂. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa plastik oxium mampu terurai hingga 90% dalam waktu dua tahun (Jakubowicz and Enebro, 2012; Listyarini, 2014 ; Schiavo et al., 2020).

Chiellini et al., (2006) mengamati hampir 70 persen material plastik oxium di lautan hancur lebih cepat dibandingkan plastik non biodegradable yang tidak menunjukkan adanya kerusakan permukaan plastik setelah 12 minggu. Hann et al., (2017) mengamati plastik oxium yang berada di badan air laut selama 5 tahun mampu memecah berat molekul plastik mencapai 14.000 untuk kantong plastik oxium, lebih cepat dibandingkan PE konvensional, hal ini menjadi alasan utama mengapa plastik oxium dijadikan alternatif plastik oxodegradable yang dapat mengurangi polusi plastik di sistem perairan laut.

Indonesia memiliki potensi sumber daya kelautan dan memiliki keanekaragaman hayati yang sangat besar. Pada ekosistem air, mikroalga merupakan penghasil energi alami dan senyawa metabolit potensial. Salah satu sumberdaya hayati yang belum banyak dieksplorasi di Indonesia namun mempunyai potensi tinggi adalah mikroalga *Tetraselmis chuii*. yang merupakan golongan alga hijau atau *chlorophyceae* yang dapat tumbuh di air tawar maupun air laut dengan kondisi salinitas optimal antara 25-35 ppm (Hadiyanto & Azim, 2012). *Tetraselmis chuii* dalam keadaan segar mengandung kadar air 80-90%. Sedangkan, nutrisi yang terkandung dalam *Tetraselmis chuii* kering sekitar protein (50%), lemak (20%), karbohidrat (20%), asam amino, vitamin, dan mineral. Kandungan nutrisinya yang tinggi membuat *Tetraselmis chuii* memiliki potensi yang besar untuk dibudidayakan. Keuntungan dari budidaya mikroalga *Tetraselmis chuii* adalah mudah dikembangkan, tidak membutuhkan lahan yang luas, tidak bersinggungan dengan bahan pangan tidak menghasilkan limbah sehingga lebih ramah lingkungan (Negara et al., 2019). *Tetraselmis chuii* memiliki potensi yang besar dari beberapa aspek seperti bahan baku untuk kosmetik, bahan bakar, farmasi, bioetanol dan sebagai pakan untuk hewan laut (Adi et al., 2015 ; Negara et al., 2019). Selain itu, di Indonesia sebagai negara penghasil emisi CO₂ tertinggi keenam di dunia (5th Indonesia Climate Change Expo, 2015), *Tetraselmis chuii* berpotensi untuk menghasilkan energi terbarukan berupa biofuel yang saat ini banyak dimanfaatkan untuk mengurangi emisi CO₂ di Indonesia (Gandahusada et al., 2015). *Tetraselmis chuii* memiliki kandungan bioaktif seperti seperti ester, alkohol, keton, benzene, alkena, alkaloid, flavonoid, dan asam lemak (asam palmitat dan asam linoleat) dimana kandungan ini berfungsi sebagai senyawa antioksidan dan antibakteri yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri seperti *E. coli*, *S. aureus*, *A. flavus*, *C. albicans* (Maligan dkk., 2015; Maligan et al., 2016 ; Purnamasari et al., 2020). Besarnya potensi dari melimpahnya mikroalga, khususnya *Tetraselmis chuii* sebagai sumber alami yang aman dikonsumsi dari sisi nutrisi dan kualitas, namun pada kenyataannya *Tetraselmis chuii* yang diharapkan mampu meningkatkan nilai ekonomi di Indonesia justru dihadapkan dengan kontaminan terbesar di lautan, yaitu melimpahnya sampah plastik yang diyakini akan merusak ekosistem dan menurunkan kualitas mikroalga di lautan, khususnya mikroalga *Tetraselmis chuii*

Mikroplastik dalam menghambat pertumbuhan mikroalga dilaporkan dalam penelitian Khoironi et al.,

2019 dimana plastic jenis polipropilen (PP) yang memiliki kemampuan kelarutan dalam air lebih kecil (hidrofobik) dibandingkan Polietilen tereftalat (PET) mampu menurunkan laju pertumbuhan mikroalga *Spirulina sp* secara lebih signifikan. Pada hasil investigasi Lagarde et al., (2016) membuktikan efek negative yang diakibatkan oleh oncteraksi mikroplastik dengan mikroalga di dalam media *fresh water* (air sungai) dimana mikroalga menunjukkan ekspresi biosintesis gula yang berlebihan pada perlakuan mikroalga dengan mikroplastik HDPE jika dibandingkan dengan perlakuan mikroplastik PP. Pada penelitian dengan fokus yang berbeda oleh Dianratri et al. (2020) menunjukkan adanya dampak negative pada pertumbuhan mikroalga dan kualitas biomass mikroalga *Spirulina sp* akibat perlakuan mikroplastik Polietilen dan Polipropilen. Selanjutnya Sjollema et.al. (2016) membuktikan pengaruh ukuran plastic terhadap toksisitasnya pada organisme tingkat rendah diperairan, dimana semakin kecil ukuran plastic (nano- mikroplastik), kemampuan hetero-agregasi antara plastic dengan mikroorganisme akan semakin besar. Song et al., (2020) dalam penelitiannya mampu menunjukkan terjadinya kerusakan secara oksidatif (oxidative damage) pada sel mikroalga dimana dari hasil Analisa TEM (Transmission Electron Microscope) nampak terbentuknya kerutan dan gelembung pada sel alga yang merupakan bukti kerusakan fisik pada sel alga, hal ini disebabkan oleh bahan aditif yang dilepas oleh mikroplastik mampu merangsang terbentuknya spesies reaktif oksigen yang sangat beracun dan berbahaya bagi sel alga (Li et al., 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh mikroplastik *High Density Polyethylene* dan oxium pada pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii*.

2. MATERIAL DAN METODE

2.1. Material

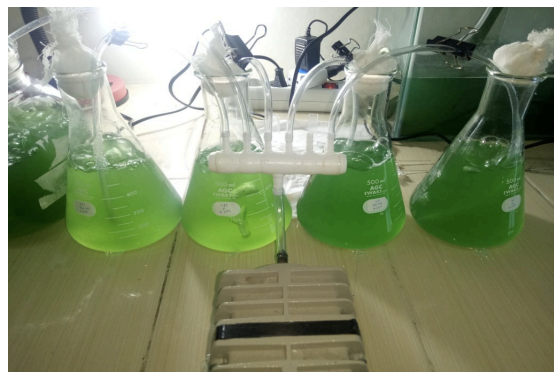
Plastik oxo-degradable yang digunakan adalah kantong plastic Oxium yang banyak digunakan di berbagai waralaba di Indonesia yaitu Oxium yang telah distandardisasi oleh SNI Oxium plastic 1-2 µm thick that already standardized by SNI (Nasional Indonesian 7188.7:2016 (standart untuk produk eco-friendly) sedangkan plastic Polietilen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan plastic kantong HDPE (High Density Polyethylene) yang telah distandardisasi sebagai standart kantong plastic (SNI 19-4370-2004) dengan ketebalan 1-2 µm. Lebih lanjut *Tetraselmis chuii* yang dipilih sebagai mikroorganisme dalam penelitian ini diperoleh dari Balai Budidaya Air Payau Jepara yang kemudian di kultivasi di laboratorium C-Biore, Universitas Diponegoro.

2.2. Kultivasi dan aklimatisasi mikroalga

Tahap persiapan penelitian diawali dengan observasi kondisi *Tetraselmis chuii* dengan mengukur kerapatan optiknya (optical density) dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 560 nm (Hadiyanto et al., 2012), mengukur pH dan temperaturnya, dimana pH optimum ada pada kisaran 8-10 sedangkan temperature pada kisaran 25-27 °C.



Gambar 1. Contoh kantong plastic oxodegradable oxium (Sumber. Greenhope.co/oxium)



Gambar 2. Proses eksperimen perlakuan *Tetraselmis chuii* dengan mikroplastik

Tetraselmis chuii yang sudah memiliki kesiapan untuk aklimatisasi yaitu yang memiliki kerapatan lebih kurang 1 ppm selanjutnya dimasukkan ke dalam bioreaktor berisi air garam dengan salinitas dikontrol pada kisaran 30-35 ppt dan diberikan nutrisi berupa campuran TSP, Urea, Amonium Sulfat, EDTA dan $FeCl_3$ yang diberikan setiap 4 hari sekali. Selama 1 minggu sebelum diperlakukan dengan mikroplastik, kondisi media *Tetraselmis chuii* diukur setiap hari kerapatannya untuk memastikan mengalami peningkatan kerapatan yang merupakan indikasi pertumbuhannya.

2.3. Persiapan sampel plastic HDPE dan Oxium

Plastik HDPE dan Oxium dipotong-potong dengan ukuran 2 mm². Potongan plastic tersebut direndam dalam air suling (*distilled water*) untuk membersihkan dari kontaminan yang mungkin menempel pada permukaan mikroplastik tersebut. Perendaman mikroplastik dilakukan selama 24 jam untuk mencapai kondisi yang maksimal dari kontaminasi bahan yang tidak diinginkan.

2.4. Kondisi media kultur

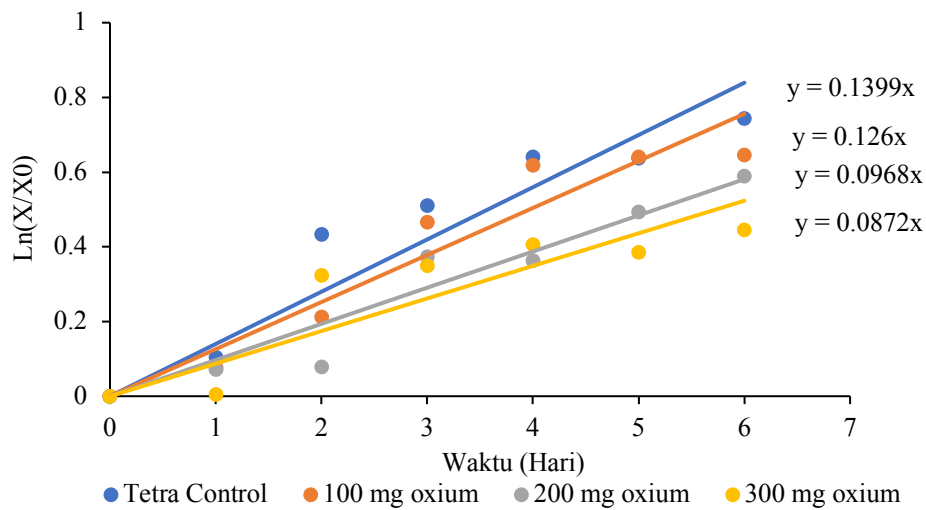
Delapan reaktor yang dilengkapi dengan aerator dan lampu LED 3000 lux disiapkan untuk diisi dengan media *Tetraselmis chuii*. Reaktor dibagi dalam 3 set dengan perlakuan berbeda, set 1 merupakan *Tetraselmis chuii* kontrol yang tidak mendapat perlakuan mikroplastik, set 2 merupakan *Tetraselmis chuii* yang mendapat perlakuan HDPE teroksidasi dan set 3 merupakan *Tetraselmis chuii* yang mendapat perlakuan mikroplastik oxium. Setiap set diperlakukan dan diukur kerapatan optiknya setiap hari selama 15 hari. Suhu dijaga konstan pada 25 °C, salinitas pada 30-35 ppt dan pH pada 7-8. Dalam rangka menjaga pertumbuhan *Tetraselmis chuii*, nutrient diberikan 4 hari sekali dengan komposisi TSP 36 ppm, Urea 80 ppm, Ammonium sulfate 40 ppm, EDTA 5 ppm and $FeCl_3$ 1 ppm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

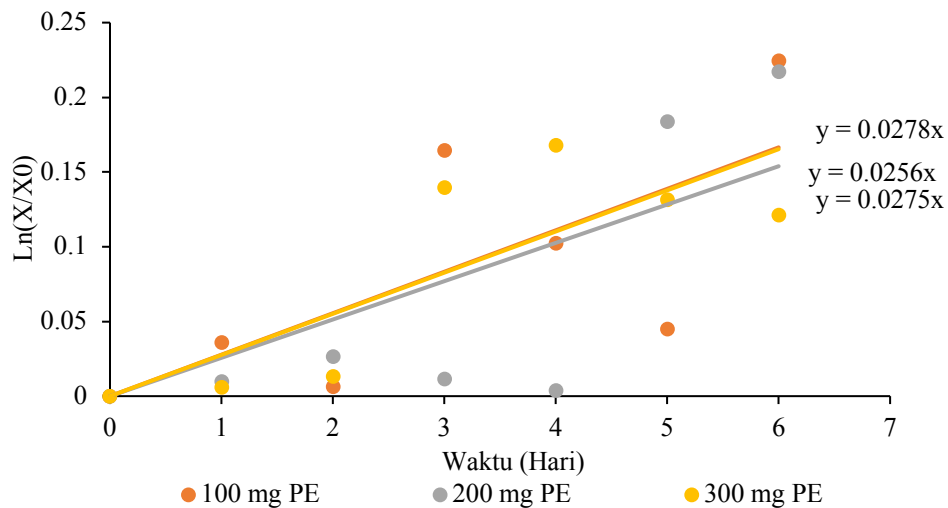
Dari hasil pengukuran optical density untuk menentukan laju pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii* menunjukkan bahwa penambahan mikroplastik dengan konsentrasi yang berbeda baik pada perlakuan dengan mikroplastik HDPE maupun Oxium memberikan dampak yang berbeda. Peningkatan konsentrasi mikroplastik memberikan dampak yang signifikan pada penurunan laju pertumbuhan mikroalga (Khoironi et al., 2019) hal ini disebabkan oleh efek shading yang menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya yang berperan penting dalam proses fotosintesis mikroalga (Hadiyanto et al., 2012).

Dari gambar 3. Pertumbuhan *Tetraselmis chuii* pada perlakuan mikroplastik Oxium berturut turut adalah 0,129/hari untuk perlakuan mikroplastik 100mg/500mL, 0,096/hari untuk perlakuan mikroplastik 200 mg/500mL dan 0,0872/hari untuk perlakuan mikroplastik 300mg/500 mL. Penurunan laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* dengan perlakuan mikroplastik Oxium yang cukup signifikan jika dibandingkan laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* kontrol terjadi pada perlakuan oxium dengan konsenrasi 300mg/500mL yaitu sekitar 37,66 %.

Kondisi yang berbeda ditunjukkan dari gambar 4 yang merupakan hasil pengukuran laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* dengan perlakuan plastic polietilen HDPE dimana terjadi penurunan yang sangat signifikan jika dibandingkan pada *Tetraselmis chuii* dengan perlakuan Oxium seperti yang ditunjukkan oleh gambar 5. Laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* pada perlakuan mikroplastik polietilen HDPE berturut turut adalah 0,0,0278 /hari untuk perlakuan mikroplastik 100mg/500mL, 0,0256/hari untuk perlakuan mikroplastik 200 mg/500mL dan 0,0275 / hari untuk perlakuan mikroplastik 300mg/500 mL. Penurunan laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* dengan perlakuan mikroplastik polietilen pada konsentrasi mikroplastik 200mg/500 mL menunjukkan dampak yang paling besar yaitu sekitar 81,70% jika dibandingkan dengan laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* tanpa perlakuan mikroplastik (0,1399/hari).



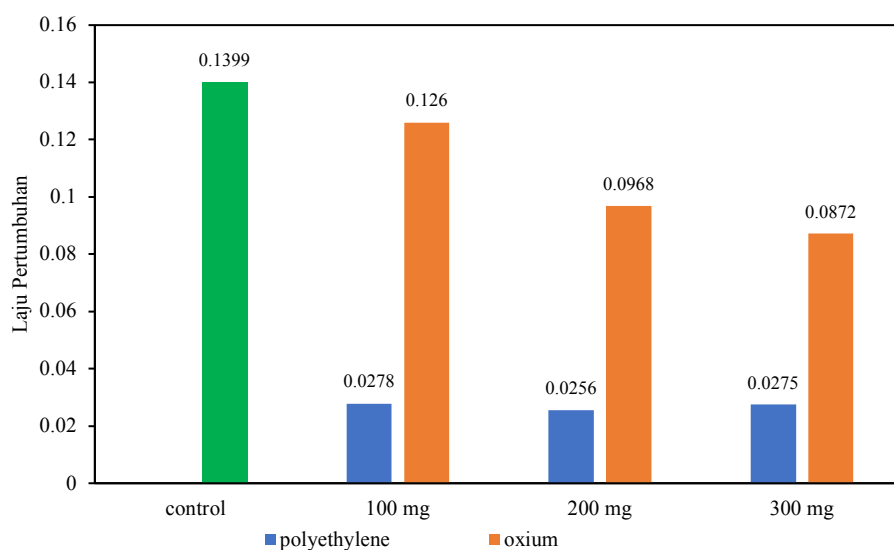
Gambar 3. Laju pertumbuhan *Tetraselmis Chuii* setelah mendapat perlakuan plastic oxium dengan konsentrasi 100 mg, 200 mg dan 300 mg



Gambar 4. Laju pertumbuhan *Tetraselmis Chuii* setelah mendapat perlakuan mikroplastik HD dengan konsentrasi

Mikroplastik di dalam sistem perairan memiliki kemampuan melepas bahan kimia aditif yang memberikan efek negatif pada sistem sel di dalam mikroorganisme. Kemampuan mikroplastik dalam melepas bahan aditifnya dan memberikan efek terhadap mikroorganisme seperti mikroalga sangat dipengaruhi oleh sifat kimia dari polimer mikroplastik tersebut diantaranya hidrofobisitas, densitas, ikatan karbon, dan lain-lain. Penambahan bahan aditif untuk mempercepat kemampuan oxo-degradasi dari plastic oxium menyebabkan peningkatan sifat hidrofilik dari plastic oxium jika dibandingkan dengan plastik polietilen yang merupakan bahan dasar dari plastik oxium (Thomas et al.,2012; Abdelmoez et al.,2020) hal ini disebabkan terbentuknya gugus keton pada plastik oxium melalui proses oksidasi dengan penambahan garam logam dari asam karboksilat dan ditiokarbamat (zat kromofor) yang mampu memutus cincin – cincin pada molekul polimer plastik yang panjang. Terbentuknya keton inilah yang

meningkatkan sifat hidrofilisitas dari plastik oxium. Connell et.al.,(1995) dalam kajiannya pada proses transportasi bahan pencemar pada mikroorganisme menyatakan bahwa sifat hidrofilisitas / hidrofobisitas dari polutan sangat mempengaruhi kemampuan polutan dalam berdifusi melalui membrane sel organisme perairan. Proses difusi ini merupakan proses transport pasif bahan pencemar dalam melakukan perpindahandari media perairan ke dalam tubunya. Lebih lanjut dijelaskan bahwa semakin hidrofobik karakteristik dari suatu bahan pencemar semakin tinggi kemampuannya untuk melakukan transport pasif dari perairan ke dalam sel mikroorganisme perairan melalui membrane sel yang dipenuhi lemak. Mekanisme transport antar fase inilah yang menyebabkan sifat hidrofilisitas mikroplastik berperan dalam kemampuan mikroplastik menembus membrane sel mikroalga dan menghambat pertumbuhan mikroalga.



Gambar 5. Perbandingan laju pertumbuhan *Tetraselmis Chuii* dengan perlakuan mikroplastik HDPE teroksidasi dan oxium dalam berbagai konsentrasi

Karakteristik mikroplastik polietilen HDPE yang lebih hidrofobik dibandingkan mikroplastik oxium menyebabkan mikroplastik polietilen HDPE lebih berpotensi untuk terserap oleh membrane sel mikroalga *Tetraselmis chuii* dan melakukan proses penghambatan (Li et al., 2020) laju pertumbuhan pada mikroalga *Tetraselmis chuii* seperti yang tergambar dalam gambar 5. Plastik oxium yang karena kemampuan degradasinya di perairan lebih mudah terurai dan melepas bahan aditifnya tetapi memiliki sifat yang lebih hidrofilik sehingga kemampuan untuk menurunkan laju pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii* tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan mikroplastik Polietilen HDPE.

4. KESIMPULAN

Kemampuan mikroplastik dalam melepas bahan kimia aditif ke dalam sistem perairan telah menyebabkan terhambatnya pertumbuhan berbagai mikroorganisme perairan termasuk mikroalga *Tetraselmis chuii*. Mikroplastik HDPE yang lebih hidrofobik dibandingkan mikroplastik oxium memiliki kemampuan untuk menembus dinding sel mikroalga dan menghambat pertumbuhan sel tersebut.

Dari hasil pengukuran optical density untuk menentukan laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* menunjukkan bahwa *Tetraselmis chuii* dengan perlakuan plastic oxodegradable Oxium masih memiliki pertumbuhan yang cukup baik jika dibandingkan dengan *Tetraselmis chuii* control. Sedangkan laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* dengan perlakuan plastic High Density Polietilene menunjukkan penurunan laju pertumbuhan yang signifikan jika dibandingkan dengan *Tetraselmis chuii* kontrol.

Dari hasil penelitian ini juga menunjukkan semakin besar konsentrasi mikroplastik yang ditambahkan ke dalam media kultur *Tetraselmis chuii*, semakin besar pengaruhnya terhadap laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii*. Hal ini menunjukkan bahwa selain efek shading yang ditimbulkan oleh keberadaan mikroplastik di dalam sistem perairan, konsentrasi bahan kimia yang dilepaskan oleh mikroplastik berpengaruh penting dalam memberikan dampak negative bagi pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii* di dalam sistem perairan.

Lebih lanjut, perlu dilakukan Analisa tentang pengaruh microalgae *Tetraselmis Chuii* terhadap kemampuan biodegradasi pada kedua jenis plastic yaitu HDPE dan Oxium untuk mendapatkan hubungan yang lebih erat interaksi antara plastik *Tetraselmis Chuii* dengan Mikroalga.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan penulis kepada laboratorium C-Biore Universitas Diponegoro yang telah memberikan dukungan baik secara material berupa dana penelitian dan fasilitas penelitian maupun dukungan secara moril bagi tersusunnya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmoez, W., Dahab, I., Ragab, M.E., Abdelsalam, A.O., Mustafa, A., (2021). Bio-and Oxo-degradable plastics: Insights on facts and Challenges, *Polymers Advanced Technologies*, 32(5), 1981-1996
- Adi, I. A., Anggreni, A. A. M. D., & Arnata, I. W. (2015). Optimasi Salinitas Dan pH Awal Media BG-11 Terhadap Konsentrasi Biomassa Dan Klorofil *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 3(4), 51-61.
- Aldas, M., Paladines, A., Valle, V., Pazmiño, M., & Quiroz, F. (2018). Effect of the prodegradant-additive plastics incorporated on the polyethylene recycling. *International Journal of Polymer Science*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2474176>

- Asriza, R. O., & Pitulima, J. (2017). Fotodegradasi High Density Polyethylene Yang Mengandung Aditif Okso-Biodegradasi. *J. Chem. Res*, 4(2), 402-405.
- Baidarus, M. (2018). Analisis Dampak Ekstensifikasi Barang Kena Cukai Pada Kantong Plastik Terhadap Perekonomian Indonesia. *Jurnal BPPK : Badan Pendidikan Dan Pelatihan Keuangan*, 11(2), 1-11. <https://doi.org/10.48108/jurnalbppk.v11i2.341>
- Balasubramanian, V., Natarajan, K., Hemambika, B., Ramesh, N., Sumathi, C. S., Kottaimuthu, R., & Rajesh Kannan, V. (2010). High-density polyethylene (HDPE)-degrading potential bacteria from marine ecosystem of Gulf of Mannar, India. *Letters in Applied Microbiology*, 51(2), 205-211. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2010.02883.x>
- Beaumont, N. J., Aanesen, M., Austen, M. C., Börger, T., Clark, J. R., Cole, M., Hooper, T., Lindeque, P. K., Pascoe, C., & Wyles, K. J. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 142(March), 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022>
- Buckley, J., Halliday, A., Lewis, A., Druminski, D., & Shivkumar, S. (2011). Mechanical properties and degradation of commercial biodegradable plastic bags. *Annual Technical Conference - ANTEC, Conference Proceedings*, 2, 1032-1039.
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041212>
- Chiellini, E., Corti, A., D'Antone, S., & Baci, R. (2006). Oxo-biodegradable carbon backbone polymers - Oxidative degradation of polyethylene under accelerated test conditions. *Polymer Degradation and Stability*, 91(11), 2739-2747. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2006.03.022>
- Cichy, B., Kwiecień, J., Pitkowska, M., Ku, E., Gibas, E., Rymarz, G., Ojeda, T. F. M., Dalmolin, E., Forte, M. M. C., & Jacques, R. J. S. (2015). PE-EXO Films under UV-B Radiation. 2015, 965-970.
- Da Luz, J. M. R., Paes, S. A., Bazzoli, D. M. S., Tóto, M. R., Demuner, A. J., & Kasuya, M. C. M. (2014). Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable plastic bags by *Pleurotus ostreatus*. *PLoS ONE*, 9(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107438>
- Dianratri, I., Hadiyanto, H., Khoironi, A., & Pratiwi, W. Z. (2020). The influence of polypropylene-and polyethylene microplastics on the quality of spirulina sp. *Harvests. Food Research*, 4(5), 1739-1743. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(5\).157](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(5).157)
- Ekawati, S. (2020). Mengkritisi Kebijakan Penanganan Kantong Plastik di Indonesia. *Badan Penelitian, Pengembangan Dan Inovasi Pusat Penelitian Dan Pengembangan Sosial, Ekonomi, Kebijakan Dan Perubahan Iklim, Volume 10(Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial, Ekonomi, Kebijakan dan Perubahan Iklim ISSN: 2085-787X Volume)*, 1-4.
- Gandahusada, J. U., & ... (2015). *Sistem Ccos Untuk Kultivasi Mikroalga Tetraselmis Chuii: Prospek Industri Ramah Lingkungan Pada Power Plant Tambak Lorok Kebumihan Ke-8* <https://repository.ugm.ac.id/id/eprint/135456>
- Ghatge, S., Yang, Y., Ahn, J. H., & Hur, H. G. (2020). Biodegradation of polyethylene: a brief review. *Applied Biological Chemistry*, 63(1). <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00511-3>
- Governement, I. (2018). *Ministry of Public Works and Housing Regional Infrastructure Development Agency Indonesia Tourism Development Program Environmental and Social Management Framework Final Executive Summary.* <http://documents.worldbank.org/curated/en/583971517845595791/pdf/20180119TDP-ESMF-FINAL-EXECUTIVESUMMARY-01312018.pdf>
- Hadiyanto, & Azim, M. (2012). *Penerbit & Percetakan UPT UNDIP Press SEMARANG.* 1-138.
- Harsojuwono, A.B.,Arnaa, W.I., 2017, *Teknologi Polimer Industri pertanian, Intimedia*
- Hann, Simon; Etlinger, Sarah; Gibbs, Adrian; Hogg, Dominic; Ledingham, B. (2017). Study to provide information supplementing the study on the impact of the use of "oxo-degradable" plastic on the environment (Issue April). <https://doi.org/10.2779/081633>
- Inaplas Sebut Permintaan Kantong Plastik Terus Menurun _ Republika Online. (n.d.).
- Jakubowicz, I., & Enebro, J. (2012). Effects of reprocessing of oxobiodegradable and non-degradable polyethylene on the durability of recycled materials. *Polymer Degradation and Stability*, 97(3), 316-321. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.12.011>
- Journal, A. N. R. (n.d.). Table 1: Top 20 polluting rivers as predicted by the global river plastic inputs model. In *A Nature Research Journal.* <https://www.nature.com/articles/ncomms15611/tables/1>
- Kershaw, P. J., & United Nations Environment Programme. *Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities.* (n.d.). *Biodegradable plastics & marine litter : misconceptions, concerns and impacts on marine environments.*
- Khoironi, A., Anggoro, S., & Sudarno. (2019). Evaluation of the interaction among microalgae *Spirulina sp.*, plastics Polyethylene terephthalate and Polypropylene in freshwater environment. *Journal of Ecological Engineering*, 20(6), 161-173. <https://doi.org/10.12911/22998993/108637>
- Kurniawan, J. I., & Aunurohim. (2014). Biosorpsi Logam Zn²⁺ dan Pb²⁺ oleh Mikroalga *Chlorella SP.* *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 3(1), 2337-3520.
- Lagarde, F., Olivier, O., Zanella, M., Daniel, O., Hiard, S., Caruso, A., 2016, *Microplastic interactions with freshwater microalgae: Hetero-aggregation and changes in plastic density appear strongly depend on polymer type,* *Environmental Pollution*, 215, 331-339
- Leggett, C., Scherer, N., Curry, M., & Bailey, R. (2014). Assessing the economic benefits of reductions in marine debris: a pilot study of beach recreation in Orange County, California. *NOAA Marine Debris Program & Industrial Economics, Inc.*, 45. <http://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/MarineDebrisEconomicStudy.pdf>
- Lestari, P., & Trihadiningrum, Y. (2019). The impact of improper solid waste management to plastic pollution in Indonesian coast and marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 149(April), 110505. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110505>
- Li, S.X., Wang, P.P., Zhang, C., Zhou, X.J., Yin, Z.H., Hu, T.Y., Hu, D., Liu, C.C., Zhu, L.D., 2020, *Influence of Polystyrene Microplastics on The Growth, Photosynthetic Efficiency and Aggregation of Freshwater Microalgae Chlamydomonas Reinhardtii,* *Sci. Total Environ*, 714,136767
- Listyarini, A. dan Pudjiastuti, W. (2014). Fotodegradasi (Degradasi Abiotik) Kantong Plastik Polietilena Yang Mengandung Aditif Oxo-Degradable. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 36(1), 207-214.
- Maligan, J. M., Tri, W. V., & Zubaidah, E. (2015). IDENTIFIKASI SENYAWA ANTIMIKROBA EKSTRAK MIKROALGA JENIS PELARUT , DAN WAKTU EKSTRAKSI) Extract (Study the Maceration Extraction Method, Type of Solvent, and Extraction Time). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 16(3), 195-206.
- National Plastic Action Partnership. (2020). *Radically Reducing Plastic Pollution in Indonesia: A Multistakeholder Action Plan.* April, 44. https://globalplasticaction.org/wp-content/uploads/NPAP-Indonesia-Multistakeholder-Action-Plan_April-2020.pdf
- Negara, B. F. S., Nursalim, N., Herliany, N. E., Renta, P. P., Purnama, D., & Utami, M. A. F. (2019). PERANAN DAN PEMANFAATAN MIKROALGA Tetraselmis chuii SEBAGAI BIOETANOL. *Jurnal Enggano*, 4(2), 136-147. <https://doi.org/10.31186/jenggano.4.2.136-147>
- Ojha, N., Pradhan, N., Singh, S., Barla, A., Shrivastava, A., Khatua, P., Rai, V., & Bose, S. (2017). Evaluation of HDPE and LDPE degradation by fungus, implemented by statistical optimization. *Scientific Reports*, 7(November 2016), 1-13. <https://doi.org/10.1038/srep39515>
- Otake, Y., Kobayashi, T., Asabe, H., Murakami, N., & Ono, K. (1995). Biodegradation of low-density polyethylene, polystyrene, polyvinyl chloride, and urea formaldehyde resin buried under soil for over 32 years. *Journal of Applied Polymer Science*, 56(13), 1789-1796. <https://doi.org/10.1002/app.1995.070561309>
- Phelan, A. A., Ross, H., Setianto, N. A., Fielding, K., & Pradipta, L. (2020). *Ocean plastic crisis—Mental models of plastic pollution from*

- remote Indonesian coastal communities. *PLoS ONE*, 15(7 July), 1–29. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236149>
- Purnamasari, P. G., Maulana, I. T., & Kodir, R. A. (2020). Kultur *Tetraselmis chuii* serta Potensinya sebagai Sumber Bahan Baku Senyawa Aktif Antibakteri terhadap *Propionibacterium acnes*. *Prosiding Farmasi*, 6(2), 157–163.
- Rahmayani, C. A. (2021). Efektivitas Pengendalian Sampah Plastik Untuk Mendukung Kelestarian Lingkungan Hidup Di Kota Semarang. *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia*, 3, 18–33.
- Rohmah, U. M., Shovitri, M., & Kuswyasari, K. (2019). Degradasi Plastik Oleh Jamur *Aspergillus terreus* (LM 1021) Pada pH 5 dan pH 6; Serta Suhu 25 dan 35 Celcius. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2), 5–10. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.37207>
- Schiavo, S., Oliviero, M., Chiavarini, S., & Manzo, S. (2020). Adverse effects of oxo-degradable plastic leachates in freshwater environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(8), 8586–8595. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07466-z>
- Sjollema, B.S., Redondo-Hasselerharm, P., Leslie, A.H., Kraak, H.S.M., Vethaak, D.A., 2015, Do Plastic Particles Affect Microalgal Photosynthesis and Growth?, 15, 30116–30118
- Song Chunfeng, Liu Zhengzheng, Wang Chenlin, Li Shuhong, Kitamura yutaka, 2020, Different Interaction Performance between microplastics and microalgae : The Bio-elimination potential of *Chlorella Sp.L38* and *Phaeodactylum Tricornutum* MASC0025, *Science of The Total Environment*, 723, 138146
- Thomas, L.N., McLauchlin, R.A., Clarke, J., Patrick, G.S., 2012, oxo-degradable plastics: degradation, environmental impact and recycling, *Waste and Resource Management*, Vol.165, Issue WR3
- Wright, T. (2017). How can Indonesia win against plastic pollution? In *The Conversation*. <http://theconversation.com/how-can-indonesia-win-against-plastic-pollution-80966>