

Isolation and Potential of Plastic-Degrading Bacteria from Plastic Waste

(*Isolasi dan Potensi Bakteri Pendegradasi Plastik dari Sampah Plastik*)

Clara M. A. Fatti¹, Natalie D. C. Rumampuk^{2*}, Grevo S. Gerung², Stenly Wullur², Jane M. Mamuaja², Elvy Like Ginting^{2*}

¹ Marine Science Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia

² Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University Jl. Unsrat Bahu Campus, Manado 95115 North Sulawesi, Indonesia

*Corresponding author: like.ginting@unrsat.ac.id

Manuscript received: 19 Oct. 2024. Revision accepted: 25 Jan. 2025

Abstract

Plastic waste is an environmental issue, including in marine environments. One method of managing plastic waste is through biodegradation using bacteria. This study aims to isolate bacteria from plastic waste in Malalayang, and North Sulawesi waters, and test their potential to degrade plastic using laboratory experimental methods. Bacteria were isolated using a Nutrient Agar (NA) medium and then tested for their ability to degrade plastic using a Nutrient Broth (NB) medium containing plastic fragments. The NB medium with plastic fragments was incubated using an orbital shaker at room temperature with agitation at 130 rpm for 30 days. Five bacterial isolates were successfully obtained from plastic waste: isolates C1, C2, C3, C4, and C5. Four of the bacterial isolates were found to be capable of degrading plastic, as indicated by the reduction in the dry weight of the plastic after 30 days of incubation. The highest plastic weight reduction was shown in isolate C2, with a decrease of 2.95%, while the lowest reduction was observed in isolate C4, with a decrease of 2%.

Keywords: Bacteria, Isolation, Biodegradation, Plastic.

Abstrak

Sampah plastik merupakan masalah lingkungan termasuk lingkungan laut. Salah satu pengelolaan sampah plastik adalah melalui biodegradasi menggunakan bakteri. Penelitian ini bertujuan mengisolasi bakteri dari sampah plastik Perairan Malalayang, Sulawesi Utara dan melakukan uji potensi bakteri tersebut dalam mendegradasi plastik menggunakan metode eksperimen laboratorium. Bakteri diisolasi menggunakan medium *Nutrient Agar* (NA), kemudian diuji kemampuan mendegradasi plastik dengan menggunakan medium *Nutrient Broth* (NB) yang berisi potongan plastik. Medium NB berisi potongan plastik diinkubasi menggunakan *orbital shaker* pada suhu ruang dengan agitasi 130 rpm selama 30 hari. Lima isolat bakteri berhasil diisolasi dari sampah plastik, yaitu isolat C₁, C₂, C₃, C₄ dan C₅. Didapatkan empat isolat bakteri yang mampu mendegradasi plastik, yang ditunjukkan dengan pengurangan berat kering plastik setelah diinkubasi selama 30 hari. Pengurangan berat plastik tertinggi ditunjukkan oleh isolat C₂ sebesar 2,95 %, sedangkan pengurangan berat terendah oleh isolat C₄ sebesar 2 %.

Kata kunci: Bakteri, Isolasi, Biodegradasi, Plastik.

PENDAHULUAN

Negara Kesatuan Republik Indonesia memiliki luas wilayah laut sekitar 76,94% dari total luas wilayah 8,64 juta km², tercatat wilayah laut Indonesia seluas 6.653.341,439 km² (Ramadhan dan Arifin, 2013). Oleh karena luas wilayah laut yang mendominasi, Indonesia diakui sebagai

negara maritim. Letak strategis Indonesia yang menghubungkan Samudera Pasifik dan Samudera Hindia menjadikannya jalur utama perdagangan dunia, memberi Indonesia potensi besar untuk menjadi poros maritim dunia.

Indonesia sebagai poros maritim dunia menerapkan pembangunan ekonomi

biru. Ekonomi biru adalah strategi pemanfaatan sumber daya laut yang mencakup keanekaragaman hayati, cadangan energi terbarukan, potensi industri perikanan dan wisata bahari, serta pengembangan teknologi untuk mengatasi tantangan global. Semua ini dimanfaatkan secara optimal tanpa menyebabkan degradasi lingkungan sebagai parameter ekologi. Konsep ekonomi biru tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan perekonomian dan kesejahteraan masyarakat, tetapi juga memperhatikan kondisi lingkungan laut dari pencemaran (Prasutiyon, 2018). Selama proses pemanfaatan sumber daya alam dan pembangunan infrastruktur, interaksi antara manusia dan alam harus berlangsung tanpa merusak atau membahayakan ekosistem sekitarnya. Prinsip ini, sejalan dengan prinsip keberlanjutan (Ervianto, 2018).

Kondisi laut Indonesia sampai dengan dunia saat ini menghadapi masalah serius yang disebabkan oleh sampah laut. Sampah laut atau marine debris, adalah material padat yang kuat dan tahan lama yang berasal dari aktivitas manusia, baik yang sengaja maupun tidak sengaja dibuang atau ditinggalkan di laut (NOAA, 2013). Terdapat beberapa jenis sampah laut, dan yang paling dominan sebagai pencemar laut adalah sampah plastik. Pada tahun 2020, Tim Koordinasi Nasional Penanganan Sampah Laut (TKN PSL) mencatat bahwa sekitar 12.785 ton sampah plastik masuk ke perairan (TKN PSL, 2022).

Perairan Malalayang terletak di sebelah Utara Kota Manado, Sulawesi Utara. Perairan ini berdekatan dengan wilayah pemukiman, dan muara sungai, sehingga banyak ditemukan tumpukan sampah, terutama sampah plastik, di sekitar Pesisir Pantai Malalayang. Penumpukan sampah plastik di pesisir ini mengganggu dan berdampak buruk bagi ekosistem Perairan Malalayang dan lingkungan sekitarnya.

Pengolahan sampah plastik sudah banyak dilakukan, salah satunya secara biodegradasi. Metode biodegradasi melibatkan penggunaan mikroorganisme

yang berperan dalam mengurai polutan menjadi komponen yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan, dengan menggunakan sistem biologi untuk mengurangi polusi di ekosistem darat, air, dan udara (Thakur, 2011).

Oleh karena itu, penelitian tentang mikroorganisme yang memiliki potensi untuk mendegradasi plastik menjadi langkah penting dalam upaya mengatasi pencemaran sampah laut yang berasal dari plastik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengisolasi bakteri dari sampah plastik dari Perairan Malalayang, dan dilakukan uji potensi bakteri dalam mendegradasi plastik.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

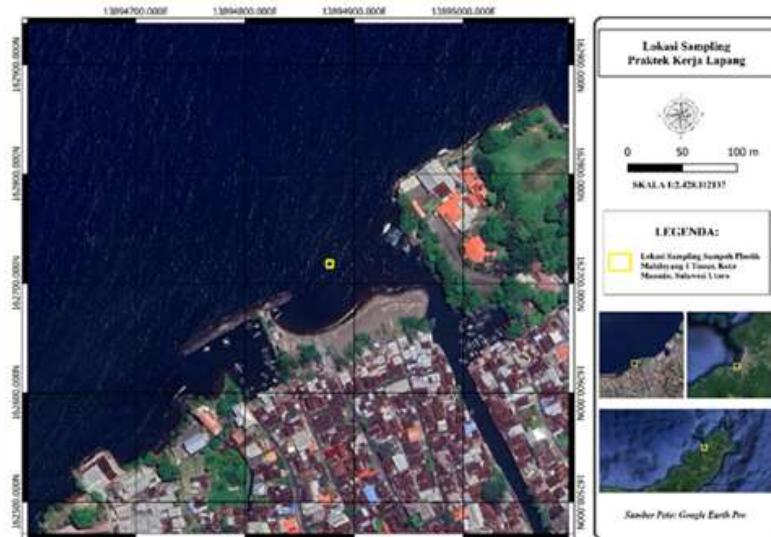
Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan, dari bulan Maret – Juni 2024. Lokasi pengambilan sampel plastik di Perairan Malalayang, Sulawesi Utara (Gambar 1). Tahap isolasi, kultur dan uji potensial bakteri dalam mendegradasi plastik dilakukan di Laboratorium Molekuler dan Farmasetika Laut, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil sampah plastik yang terlihat sudah lama di perairan dengan dicirikan oleh keberadaan plastik yang mulai rusak. Plastik diambil menggunakan pinset steril dan dimasukkan ke dalam botol kaca steril, selanjutnya disimpan dalam kotak pendingin dan dibawa ke laboratorium.

Preparasi dan Pengenceran Sampel

Sampel sampah plastik dikeruk permukaannya menggunakan mata *cutter* steril. Hasil kerukkan dilarutkan ke dalam larutan pengencer *buffer fosfat* sebanyak 1ml, dan dihomogenkan menggunakan *vortex*. Selanjutnya diambil 1 ml dan dilarutkan kedalam 9 ml buffer, sehingga didapatkan pengenceran 10^{-1} . Demikian selanjutnya sampai didapatkan pengenceran 10^{-2} .



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel.

Sebanyak 200 μl hasil pengenceran ditempatkan di atas media NA menggunakan micropipet dan disebarluaskan menggunakan *L-glass*. Cawan petri dibungkus kembali menggunakan plastik *wrap* dan diinkubasi pada suhu 34°C selama 24-48 jam dengan posisi terbalik.

Isolasi Bakteri

Bakteri yang tumbuh secara tunggal setelah diinkubasi selanjutnya diamati karakteristik morfologinya. Koloni bakteri yang tidak tumbuh secara terpisah diinokulasi ke media pertumbuhan yang baru untuk diisolasi. Isolasi bakteri dilakukan menggunakan metode gores kuadran pada media NA menggunakan jarum ose yang disterilkan dengan lampu spritus. Media NA hasil gores kuadran dibungkus dengan plastik *wrap* dan diinkubasi pada suhu 34°C selama 24-48 jam. Koloni bakteri hasil isolasi diamati karakteristik morfologinya berdasarkan bentuk, elevasi, tepian dan warna, yang mengacu pada Cappucina dan Sherman (1989).

Pembuatan Stok Bakteri

Stok bakteri dilakukan untuk memperbanyak isolat bakteri dari hasil isolasi. Stok bakteri dibuat dengan menginokulasikan sebanyak 1 ose koloni bakteri ke dalam 50 ml media NB dan

diinkubasi dalam orbital shaker, pada suhu ruang selama 24-48 jam.

Uji Potensial Bakteri Pendegradasi Plastik

Uji degradasi ini dilakukan melalui beberapa tahapan berdasarkan metode yang diadaptasi dari Mardalisa dkk. (2021). Pertama, sampel plastik dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm, ditimbang, kemudian dicuci menggunakan aquades dan disterilkan dengan alkohol 70%. Setelah itu, sampel plastik dimasukkan secara aseptik ke dalam erlenmeyer yang berisi 100 ml medium pertumbuhan Nutrient Broth (NB), kemudian diinokulasi dengan isolat bakteri sebanyak 200 μl . Setiap isolat bakteri dilakukan dua kali pengulangan, sedangkan medium tanpa bakteri digunakan sebagai kontrol.

Proses inkubasi dilakukan dengan menempatkan media uji di atas orbital shaker pada suhu ruang dengan agitasi 130 rpm selama 30 hari. Setelah masa inkubasi selesai, sampel plastik dikeluarkan dari media uji, dicuci kembali menggunakan aquades steril, dan disemprot dengan alkohol 70% untuk memastikan tidak ada residu bakteri yang tersisa. Sampel kemudian dikeringkan dengan cara dianginkan.

Tahap terakhir adalah penimbangan berat akhir sampel plastik menggunakan neraca

analitik untuk mengukur perubahan berat plastik setelah 30 hari inkubasi.

Perhitungan uji potensial bakteri pendegradasi plastik dilakukan menggunakan metode kuantitatif, dengan mengukur pengurangan massa plastik dari uji potensi bakteri pendegradasi plastik. Nilai persentase kehilangan massa dari uji degradasi plastik, dihitung menggunakan persamaan menurut (Rohaeti, 2009) sebagai berikut:

$$\text{Kehilangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

dimana:

W_i = Massa awal plastik sebelum proses uji degradasi

W_f = Massa akhir plastik sesudah proses uji degradasi

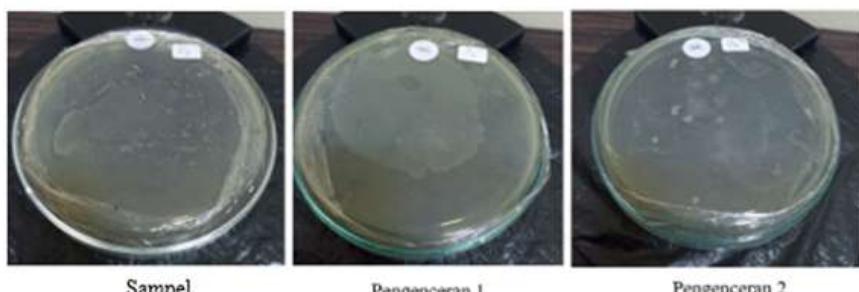
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Isolasi dan Karakteristik Morfologi Bakteri

Sampel sampah plastik yang diambil dari Perairan Malalayang, berupa kantong plastik kresek seperti pada Gambar 2. Koloni tunggal bakteri dari sampah plastik berhasil tumbuh pada media NA setelah melalui pengenceran 10^{-2} (Gamber 3). Hasil pengenceran menunjukkan penurunan signifikan dalam pertumbuhan koloni bakteri pada media.



Gambar 1. Sampel Sampah Plastik



Gambar 2. Hasil Pengenceran

Koloni tunggal bakteri dari hasil pengenceran 10^{-2} diinokulasi kembali ke media agar dengan metode gores kuadran (Gambar 4). Pertumbuhan koloni tunggal hasil gores kuadran menampakkan perbedaan karakteristik morfologi koloni bakteri.

Berdasarkan karakteristik morfologi koloni bakteri, didapatkan lima isolat bakteri yang memiliki karakteristik morfologi berbeda

seperti bentuk, elevasi, tepian, dan warna berdasarkan pada Cappuccino dan Sherman (1989). Koloni bakteri tersebut diberi kode C seperti disajikan dalam Tabel 1. Bentuk koloni yang berbeda-beda merupakan karakteristik bagi suatu spesies bakteri tertentu (Salminen dkk., 2004).

B. Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Plastik

Uji potensi degradasi plastik dilakukan dengan menggunakan lima isolat bakteri yang berhasil diisolasi dari sampah plastik tersebut. Hasil uji potensi bakteri pendegradasi plastik disajikan dalam Tabel 2. Uji potensi bakteri dalam mendegradasi plastik ini dilakukan menggunakan metode kuantitatif. Metode ini adalah cara paling

sederhana untuk menentukan proses degradasi polimer, yaitu dengan menghitung selisih antara berat awal dan berat akhir plastik setelah diinkubasi bersama bakteri, serta menggunakan kontrol untuk memastikan kehilangan berat plastik yang sebenarnya (Rohaeti, 2009).



Gambar 3. Isolasi Bakteri dengan Metode Gores Kuadran

Tabel 1. Karakteristik Morfologi Koloni Bakteri

Kode Isolat	Karakteristik Morfologi Koloni Bakteri			
	Bentuk	Elevasi	Tepian	Warna
C ₁	Irregular	Flat	Undulate	Krem
C ₂	Irregular	Raised	Entire	Krem putih
C ₃	Irregular	Raised	Entire	Krem
C ₄	Circular	Flat	Lobate	Krem coklat
C ₅	Circular	Flat	Entire	Krem

Tabel 2. Uji potensi bakteri pendegradasi plastik

Bakteri	Pengulangan	Berat Plastik (gram)		Hasil Degradasi	Rata-Rata	% Degradasi
		Awal	Akhir			
C ₁	1	0,0079	0,0077	0,025316	0,022004	2,20 %
	2	0,0107	0,0105	0,018692		
C ₂	1	0,0108	0,0106	0,018519	0,029530	2,95 %
	2	0,0074	0,0071	0,040541		
C ₃	1	0,0099	0,0098	0,010101	0,016286	1,63 %
	2	0,0089	0,0087	0,022472		
C ₄	1	0,0111	0,0108	0,027027	0,020007	2,00 %
	2	0,0077	0,0076	0,012987		
C ₅	1	0,0088	0,0086	0,022727	0,020798	2,08 %
	2	0,0106	0,0104	0,018868		
Kontrol		0,0109	0,0107	0,018349	0,018349	1,83 %

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa setiap plastik dalam medium yang diinokulasikan dengan bakteri mengalami pengurangan berat sesudah masa inkubasi selama 30 hari. Persentase pengurangan berat kering plastik dari isolat C₁, C₂, C₄ dan C₅ antara 2 - 2,95 % selama 30 hari dengan agitasi 130 rpm. Hasil kontrol tanpa bakteri sebagai pembanding mengalami degradasi

sebesar 1,83%, dengan indikasi pengurangan berat plastik yang disebabkan oleh proses shaker selama 30 hari, dipengaruhi oleh reaksi plastik dengan air (Andrade., 2011). Hasil pengurangan berat plastik pada medium yang mengandung isolat C₁, C₂, C₄ dan C₅ lebih besar dari pengurangan yang terjadi pada kontrol, yang menunjukkan bahwa

pengurangan berat plastik ini dapat disebabkan karena proses degradasi oleh bakteri tersebut. Sedangkan yang mengandung isolat C3 pengurangan berat plastik lebih kecil dari kontrol yang menunjukkan pengurangan berat plastik hanya disebabkan karena gesekan serta reaksinya dengan air. Persentase kehilangan berat kering plastik setelah masa inkubasi mengindikasikan bahwa empat isolat bakteri memiliki kemampuan untuk mendegradasi plastik dan menggunakan sampah plastik sebagai habitat dari bakteri tersebut.

Mikroba termasuk bakteri dapat hidup pada plastik dan membentuk kolonisasi mikroba dan membentuk lapisan biofilm (Zettler dkk., 2013). Lapisan biofilm ini dapat mengikat bahan organik dan anorganik yang membantu proses metabolisme bakteri dan dapat menghasilkan biofilm yang lebih kompleks (Rummel dkk., 2017). Lapisan biofilm ini disebut plastisfer Zettler dkk., 2013). Plastisfer merupakan ekosistem mikro baru di perairan (Amaral-Zettler dkk., 2020). Komunitas mikroba di plastisfer dapat terdiri dari beragam bakteri, jamur, virus, archaea, alga, dan protozoa (Wright dkk., 2020).

Bakteri merupakan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim yang dapat mendegradasi plastik. Reaksi enzimatik yang terjadi dalam proses biodegradasi merupakan proses pemanfaatan polimer plastik sebagai sumber nutrisi dan menjadikannya sebagai sumber energi melalui proses metabolisme (Fachrul dan Rinanti, 2018). Hal ini disebabkan karena sumber nutrisi di perairan berangsur-angsur mulai berkurang jumlahnya, membuat mikroorganisme termasuk bakteri memanfaatkan sebagian atau seluruh polimer plastik sebagai sumber nutrisi (Rohaeti, 2009).

Shah dkk. (2008) menyatakan bahwa terdapat setidaknya dua enzim yang berperan aktif dalam biodegradasi yakni, enzim intraseluler dan ekstraseluler. Enzim yang dihasilkan bakteri ini dapat membantu proses hidrolisis polimer karbon menjadi ikatan yang lebih sederhana, yang dapat

dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber energi. Proses hidrolisis menyebabkan pengikisan permukaan plastik, sehingga terjadi persentase kehilangan berat plastik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian diperoleh sebanyak 5 isolat bakteri yang dapat diisolasi dari sampah plastik Perairan Malalayang yakni isolat C₁, C₂, C₃, C₄ dan C₅. Masing-masing isolat memiliki karakteristik morfologi yang berbeda-beda mulai dari bentuk, tepian, elevasi, dan warna dari koloni bakteri. Didapatkan empat isolat bakteri yang memiliki potensi dalam mendegradasi plastik antara 2 - 2,95 %.

Saran

Bakteri pendegradasi plastik ini perlu diidentifikasi secara molekular untuk menentukan jenis bakteri tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaral-Zettler, L. A., Zettler, E. R., & Mincer, T. J. (2020). Ecology of Plasticsphere. *Nature Reviews Microbiology*, 18, 139-151. doi:<https://doi.org/10.1038/s41579-019-0308-0>.
- Cappuccino, J. G., & Sherman, N. (1998). *Microbiology: A Laboratory Manual*. 5th Edition. California: Benjamin/Cummings Science Publishing, 21-24.
- Ervianto, W. I. (2018). Studi Pendekatan Ekonomi Biru untuk Infrastruktur di Indonesia. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, (pp. 1 - 7). Jakarta.
- Fachrul, M. F., & Rinanti, A. (2018). Bioremediasi Pencemar Mikroplastik di Ekosistem Perairan Menggunakan Bakteri Indigenous. *Prosiding Seminar Nasional Kota Berkelanjutan*, (pp. 302-312). Jakarta. doi:<https://doi.org/10.25105/psnkb.v1i1.2910>.
- Mardalisa, Fatwa, E. B., Yoswaty, D., Feliatra, Effendi, I., & Amin, B. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri

- Indigenous Pendegradasi Plastik dari Perairan Laut Dumai Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 9(1), 77 - 85.
- NOAA. (2013). *Programmatic Environmental Assessment (PEA) for the NOAA Marine Debris Program (MDP)*. Maryland (US): National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Prasutiyon, H. (2018). Paper Review Konsep Ekonomi Biru (Sebuah Potret: Indonesia Bukanlah Jakarta). *Ekonomika*, 11(2), 87 - 92.
- Ramadhan, M., & Arifin, T. (2013). Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Penilaian Proporsi Luas Laut Indonesia. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 19(2), 141 - 146.
- Rohaeti, E. (2009). Karakterisasi Biodegradasi Polimer. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian*, 248-257.
- Rummel, C. D., Jahnke, A., Gorokhova, E., Kühnel, D., & Schmitt-Jansen, M. (2017). The Impacts of Biofilm Formation on the Fate and Potential Effects of Microplastic in the Aquatic Environment. *Environmental Science & Technology Letters*, 4(7), 258 - 267. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00164>.
- Salminen, S., Wright, A. v., & Ouwehand, A. (2004). Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects, 2nd edition. *International Journal of Food Science and Technology*, 33, 191 - 197.
- Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., & Ahmed, S. (2008). Biological Degradation of Plastics: A Comprehensive Review. *Biotechnology Advances*, 26(3), 246 - 265. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biotecha.2007.12.005>.
- Thakur, I. S. (2011). *Environmental Biotechnology: Basic Concepts and Applications*, 2/e. New Delhi: I.K. International Publishing House Pvt. Ltd.
- TKN, P. (2022). *Data Sampah*. Retrieved from Tim Koordinasi Nasional Penanganan Sampah Laut: <https://sampahlaut.id/data-sampah/>
- Wright, R. J., Erni-Cassola, G., Zadjelovic, V., Latva, M., & Christie-Oleza, J. A. (2020). Marine Plastic Debris: A New Surface for Microbial Colonization. *Environmental Science & Technology*, 54 (19): 11657-11672. doi:<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02305>.
- Zettler, E. R., Mincer, T. J., & Amaral-Zettler, L. A. (2013). Life in the "Plastisphere": Microbial Communities on Plastic Marine Debris. *Environmental Science & Technology*, 47(13), 7137 - 7146. doi:<https://doi.org/10.1021/es401288x>.