

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kantung Plastik

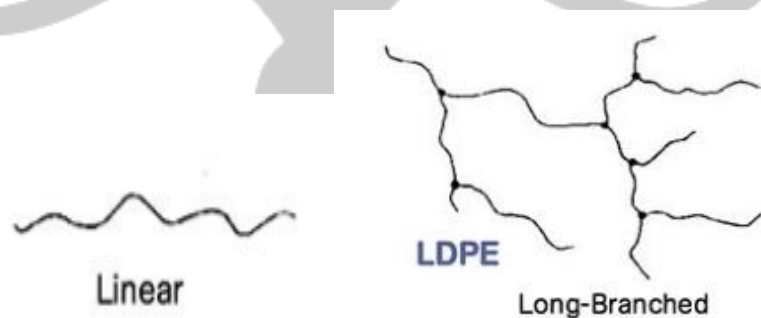
Plastik tersusun atas materi organik yang memiliki kemampuan untuk diubah ke berbagai bentuk, apabila diberi tekanan dan panas. Plastik memiliki beberapa bentuk dan macam, tergantung dari kebutuhannya (Surono, 2013). Plastik tersusun atas polimer dan beberapa zat aditif, polimer pada plastik tersusun atas monomer-monomer ethylene ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) yang diikat oleh rantai ikatan kimia (Purwaningrum, 2016).

Plastik pertama kali ditemukan oleh Alexander Parkes pada tahun 1862 yang tersusun atas polimer alami yakni seluloid dan plastik. Awal mulanya, plastik disusun atas alkohol, kamfer, dan nitrat selulosa. Setelah munculnya produksi Bakelite oleh American Chemist L. H Baakeland tahun 1909, plastik mulai menjadi industri modern sejak itu. Bakelite tersusun dari formaldehid dan polimer fenol. Saat ini, plastik sering dipakai untuk berbagai jenis kegunaan dan bentuk seperti pembungkus makanan peralatan makan, fiberglass dan lain-lain (Purwaningrum, 2016).

Plastik dapat dibedakan menjadi 2 golongan berdasarkan penggunaannya, yakni: *high density polyethylene* (HDPE) digunakan sebagai pipa saluran, botol, drum, lembaran, kawat dan kabel, *polypropylene* (PP), dan film digunakan sebagai bagian dan perkakas mobil, tali, anyaman, karpet, *poly vinyl chloride* (PVC) digunakan sebagai pipa, bahan untuk lantai bahan bangunan, dan *poly styrene* (PS) digunakan sebagai bahan pengemas (busa dan film), perkakas, perabotan rumah dan barang mainan, *low density polyethylene* (LDPE) sebagai

lapisan pengemas, isolasi kawat dan kabel, barang mainan, botol fleksibel, kantung plastik (Suroño, 2013).

Kantung plastik terdiri dari polimer berulang yang disebut monomer. Polimer berulang penyusun kantung plastik adalah etilena atau etena. Ketika molekul etilen dipolimerisasi untuk membentuk polietilen, terjadi pembentukan rantai panjang atom karbon yang setiap karbonnya juga terikat pada dua atom hidrogen (Suroño, 2013). Kantung plastik yang umum digunakan masyarakat adalah kantung plastik hitam, kantung plastik putih dan kantung plastik transparan, kantung plastik hitam termasuk pada golongan LDPE, sedangkan kantung plastik putih dan kantung plastik transparan termasuk dalam HDPE. Perbedaan dari HDPE dan LDPE ada pada rantai linear, untuk HDPE memiliki rantai linear yang tidak bercabang, sedangkan untuk LDPE memiliki rantai linear yang bercabang. Rantai cabang yang dimiliki oleh LDPE dikarenakan proses pembuatan berulang (*re-cycle*) dari bahan plastik HDPE yang menyebabkan ikatan kantung plastik LDPE semakin kompleks dan sulit diuraikan (Lajeunesse, 2004).



Gambar 1. Rantai Karbon HDPE (kiri) dan Rantai Karbon LDPE (kanan)
(Sumber : Yuswinanto, 2012).

Pembeda lain antara kantung plastik hitam, putih dan transparan ada pada senyawa logam berat yang ikut serta dalam pembentukan plastik. Logam berat yang terkandung dalam pembuatan kantung plastik yakni timbal (Pb), kadmium (Cd), dan kromium (Cr). Dalam kantung plastik hitam, ketiga jenis logam berat kadarnya mencapai 67 mg/kg, sedangkan pada kantung plastik putih dan transparan kadar logam berat adalah 63 mg/kg (Lajeunesse, 2004). Kadar logam berat yang mencapai 67 mg/kg pada kantung plastik hitam disebabkan oleh proses pembuatan kantung plastik hitam yang berulang (*recycle*) dan terkadang memakai bahan dasar plastik yang telah tak terpakai lagi, sehingga terjadi akumulasi kadar logam berat dan semakin kompleksnya ikatan penyusun plastik hitam. Tingginya kandungan logam berat yang dimiliki oleh kantung plastik hitam menyebabkan dampak yang serius dan berbahaya karena logam berat dalam kadar lebih dari 65 mg/kg pada kantung plastik dapat menimbulkan masalah serius seperti penurunan kesuburan tanah dan tercemarnya sumber mata air bawah tanah (Surono, 2013).

Dampak yang ditimbulkan dari plastik kebanyakan bersifat negatif dikarenakan sifatnya yang sulit terurai di lingkungan dan dapat menyebabkan penurunan kesuburan tanah. Sampah plastik yang sudah tidak terpakai dan dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan lanjut dapat menyumbat saluran pembuangan dan menimbulkan banjir (Purwaningrum, 2016). Saat ini, plastik diolah secara konvensional dengan cara dibakar, pengolahan sampah ini dapat membentuk gas karbon sebagai hasil pembakaran sampah plastik yang membahayakan bagi kesehatan manusia terutama pernapasan. Gas karbon yang terhirup oleh manusia dapat menyebabkan oksigen sulit berikatan dengan

hemoglobin sehingga manusia akan mati lemas karena kekurangan udara (Surono, 2013).

Selain pembakaran, penanganan plastik juga dilakukan dengan metode *landfill* diterapkan dalam pengolahan sampah plastik kresek (Surono, 2013). Keterbatasan dari pengolahan sampah plastik kresek dengan metode ini adalah keterbatasan lahan pengolahan. Semakin bertambahnya pemakaian plastik dan tidak diiringi dengan pengolahan yang benar membuat permasalahan lingkungan semakin meluas (Irawan dan Yudono, 2014).

Penanganan alternatif sampah plastik kresek yang saat ini sedang diteliti adalah dengan metode biodegradasi (Rahmi dan Shovitri, 2017). Metode biodegradasi dilakukan dengan bantuan bakteri pengurai komponen ikatan penyusun plastik. Metode biodegradasi adalah salah satu metode *reduce* yaitu mengurangi plastik yang sudah tidak terpakai sehingga tidak menimbulkan dampak berbahaya bagi lingkungan sekitarnya. Untuk menyelamatkan lingkungan dengan mudah adalah mengurangi penggunaan barang-barang berbahan baku plastik (Karuniastuti, 2013).

B. Monosodium Glutamat (MSG)

Monosodium glutamat atau lebih dikenal dengan istilah MSG bersifat aditif dan sering ditambahkan pada makanan. MSG memiliki cita rasa lain yang tak dapat dihasilkan oleh bahan makanan lainnya, dalam bahasa Jepang sering disebut sebagai umami, yang artinya gurih. Tahun 1991, konsumsi MSG di Inggris mencapai 580 gram/ hari dan untuk setiap individunya perhari mencapai

4,68 gram per hari. Di Indonesia, rerata konsumsi MSG sekitar 0,6 g/kg BB (Prawirohardjono dkk., 2000).

Monosodium glutamat diduga dapat meningkatkan pertumbuhan sel bakteri dengan mempercepat fase pertumbuhannya. Ikatan yang diciptakan antara MSG dengan asam amino non esensial yang berupa asam glutamat (Rahmi dan Shovitri, 2017). Monosodium glutamat dapat membentuk ikatan hidrogen atau berionisasi dengan fosfolipid. Karena terbentuknya ikatan hidrogen maka senyawa selulosa dapat diuraikan dengan mudah oleh bakteri pengurai plastik (Widati dkk., 2007).

Pemberian MSG terhadap inokulum bakteri dapat mempengaruhi pertumbuhan dari sel bakteri. Konsentrasi yang terlalu pekat akan menyebabkan efektivitas inokulum menurun, hal ini dikarenakan fokus bakteri dalam mengambil nutrisi hanya ada di MSG saja. Bakteri tidak akan mengurai ikatan hidrogen pada plastik karena nutrisi bagi bakteri untuk hidup telah tersedia melimpah oleh MSG (Widiati dkk., 2007).

C. Biodegradasi

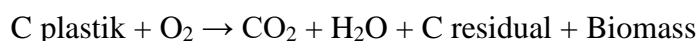
Metode degradasi polimer dibagi menjadi 3, yaitu degradasi termooksidatif, fotodegradasi dan biodegradasi (Rahmi dan Shovitri, 2017). Termooksidatif adalah proses degradasi polimer yang disebabkan oleh adanya panas, sedangkan fotodegradasi adalah degradasi polimer yang disebabkan oleh cahaya. Biodegradasi merupakan suatu proses menggunakan mikroorganisme yang dapat

memecah ikatan polimer alam maupun polimer sintetik (Sriningsih dan Shovitri, 2015).

Mikroorganisme memecah ikatan polietilen yang akan digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber nutrisi pertumbuhannya. Pemecahan ikatan polimer dapat menyebabkan pembentukan biofilm pada sekitar permukaan polimer. Beberapa jenis mikroorganisme dapat dijadikan sebagai pelaku biodegradasi yang dapat mendegradasi plastik secara baik, salah satunya adalah bakteri (Sriningsih dan Shovitri, 2015).

Proses biodegradasi polimer dapat terjadi dengan 2 cara, yakni aerobik (dengan oksigen) dan anaerobik (tanpa oksigen). Pada kondisi aerob, bakteri pendegradasi akan menggunakan oksigen sebagai sumber aseptor elektron. Untuk kondisi anaerob, bakteri akan menggunakan aseptor elektron terakhir selain oksigen (contohnya NO^{3-} , CO_2 , S, Fe^{3+} serta fumarate) (Leja dan Lewandowicz, 2009).

Secara umum biodegradasi adalah proses penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme dapat terjadi bila terjadi transformasi struktur sehingga terjadi perubahan struktur penyusun (Gerngross dkk., 2000). Proses ini berupa rangkaian reaksi kimia enzimatik atau biokimia yang mutlak memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai dengan pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme. Degradasi aerobik pada plastik terjadi dengan proses peruraian materi organik ke struktur yang lebih sederhana yang menghasilkan CO_2 dan air sebagai hasil sampingannya (Alshehrei, 2017).



Metode biodegradasi dapat dipilih sebagai alternatif penanganan masalah sampah plastik kresek karena sifatnya ramah lingkungan. Dalam proses degradasi plastik kresek oleh mikrobia, penyerapan air akan meningkat sehingga terjadi akumulasi air di sekitar serat plastik. Air akan masuk ke matrik plastik, sehingga plastik mengembang, memberikan peluang kepada mikroba untuk memasuki matrik plastik. Enzim mikroba memutuskan rantai atom C, sehingga secara beruntun plastik terurai, membentuk gas CO₂ dan gas metana, yang berupa biogas (Gerngross dkk., 2000).

D. *Pseudomonas aeruginosa*

P. aeruginosa bersifat Gram negatif, memiliki flagella, dan aerob. Termasuk dalam bakteri katalase positif, yakni dengan memetabolisme gula secara oksidatif. *Pseudomonas* secara umum memiliki sistem *inducible operon* yang mampu menghasilkan enzim tertentu dalam proses metabolisme sumber karbon yang tidak biasa dikarenakan tidak memiliki enzim hidrolitik yang penting dalam mendegradasi polimer menjadi monomer. Bakteri ini memiliki peran penting dalam proses biodegradasi berbagai macam polimer antara lain senyawa pestisida dan *xenobiotic*. *Pseudomonas* spp. menghasilkan beberapa enzim yang berperan dalam biodegradasi seperti lipase, serine hidrolase, dan esterase. Seperti anggota lain dari genus, *P. aeruginosa* adalah bakteri hidup bebas, umumnya ditemukan di tanah dan air (Todar, 2012).

P. aeruginosa dapat tumbuh dengan baik pada suhu 25° C sampai 37° C, pada suhu 42° C *P. aeruginosa* tetap dapat bertahan hidup meski tidak optimum

(Wu dkk., 2015). Biodegradasi plastik yang dilakukan dengan menggunakan *P. aeruginosa* dapat terjadi karena dihasilkannya enzim serine hidrolase, lipase dan esterase. Ketiga enzim yang dihasilkan oleh *P. aeruginosa* dapat memacu reaksi enzimatik antara plastik dan bakteri sehingga rantai karbon pada plastik dapat diurai oleh bakteri. Dalam 1 ml inokulum *P. aeruginosa* yang diberikan pada plastik sudah mampu menunjukkan hasil yang efektif dalam proses biodegradasi plastik (Sriningsih dan Shovitri, 2015).

Pertumbuhan *P. aeruginosa* mencapai fase stasioner pada kepadatan 10^6 CFU/ml dengan nilai *optical density* mencapai 0,5 dengan lama inkubasi 24 jam. Penggunaan inokulum *P. aeruginosa* yang optimum dalam melakukan suatu biodegradasi ada pada kepadatan di bawah fase stasionernya yakni 10^5 CFU/ml, sehingga tidak ada persaingan sesama bakteri dalam pemakaian nutrisi untuk bertumbuh. Tingkat densitas *P. aeruginosa* dapat diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm (Ditmarsch dan Xavier, 2011).

E. Identifikasi Bakteri

Proses identifikasi bakteri dapat dilakukan dengan cara melakukan beberapa uji terhadap bakteri tersebut. Pengamatan morfologi sel bakteri (pengecatan Gram dan bentuk sel), uji motilitas dan pengamatan morfologi koloni. Menurut Jutono dkk., (1980), pengujian lain untuk karakterisasi bakteri meliputi uji fisiologi dengan uji katalase, uji fermentasi karbohidrat, serta uji reduksi nitrat.

1. Pengecatan Gram

Uji pengecatan Gram terdapat 4 larutan yang berbeda, yakni Gram A, Gram B, Gram C dan Gram D, larutan Gram A yakni larutan Hucker's violet atau kristal violet yang bertindak sebagai warna cat utama berwarna ungu. Larutan Gram B yakni lugol yang bertindak sebagai penguat warna utama dengan meningkatkan interaksi antara dinding sel bakteri dan pewarna utama. Larutan Gram C yakni aseton alkohol bertindak sebagai peluntur cat warna utama. Larutan Gram D yakni safranin yang memiliki warna merah berfungsi untuk mewarnai bakteri setelah warna utama luntur akibat pemberian aseton alkohol (Mohan, 2009).

Hasil uji pada pengecatan Gram dibedakan menjadi dua, yakni Gram positif dan Gram negatif yang membedakan keduanya adalah dinding sel bakteri Gram positif lebih tebal dibandingkan bakteri Gram negatif, sehingga pada saat proses pengecatan warna utama yaitu warna biru akan terikat kuat pada pori-pori dinding sel sehingga tidak luntur saat pemberian aseton alkohol. Sebaliknya, dinding bakteri Gram negatif memiliki lipid yang dapat larut dalam larutan alkohol sehingga saat pemberian aseton alkohol, pori pada dinding sel bakteri ikut larut bersama dengan warna utama. Gram negatif akan berwarna merah karena diberi larutan safranin sehingga bakteri tetap dapat teramati dibawah mikroskop (Schlegel, 1969).

2. Uji Biokimia

Uji biokimia adalah salah satu cara yang dilakukan untuk memudahkan proses identifikasi suatu biakan bakteri berdasarkan sifat-sifat fisiologisnya.

Berdasarkan reaksi biokimia uji biokimia digunakan untuk mengidentifikasi bakteri secara fisiologis sehingga reaksi yang akan muncul berbeda-beda tergantung sifat bakteri (Harti, 2015). Uji biokimia bakteri meliputi uji katalase, uji fermentasi karbohidrat serta uji reduksi nitrat (Juntono dkk., 1980).

a. Uji Katalase

Uji katalase adalah uji yang memiliki hasil positif ditandai dengan munculnya gelembung udara. Bakteri dapat mempertahankan hidupnya di lingkungan toksik dengan menghasilkan enzim katalase. Enzim katalase digunakan oleh bakteri untuk mengubah hidrogen peroksida bersifat racun yang dihasilkan oleh bakteri aerob menjadi air dan oksigen (Cullimore, 2000).

Uji katalase dilakukan dengan meneteskan larutan H_2O_2 3% di atas gelas kaca kemudian biakan bakteri dioleskan pada gelas kaca. Hasil uji positif ditandai dengan muncul gelembung gas di saat biakan dioleskan pada larutan H_2O_2 3% yang menandakan bahwa bakteri mampu membentuk pertahanan diri dari larutan toksik H_2O_2 . Hasil uji negatif ditandai dengan tidak terbentuknya gelembung gas saat bakteri bertemu dengan larutan H_2O_2 3%, hal ini menunjukkan bahwa bakteri tidak memiliki enzim katalase untuk memecah senyawa toksik H_2O_2 (Hadioetomo, 1993).

b. Uji Fermentasi Karbohidrat

Fermentasi adalah proses produksi energi oleh suatu bakteri tanpa menggunakan oksigen (anaerob). Uji fermentasi karbohidrat adalah uji biokimia yang digunakan untuk menentukan kemampuan suatu bakteri

dalam memfermentasikan gula dan membentuk asam saja atau asam dan gas, tujuannya adalah mengetahui kemampuan mikroorganisme dalam hidrolisis karbohidrat. Prinsip dasar pengujian ini adalah ketika karbohidrat ditambahkan ke medium kultur, pada saat diinkubasi, karbohidrat ini akan difermentasi oleh mikroorganisme. Asam dan gas akan diproduksi pada pH rendah, dan larutan indikator pada medium basal akan berubah warna, misalnya indikator phenol red akan berubah warna dari merah menjadi orange kemudian menjadi kuning dan gas yang diproduksi akan terperangkap di dalam tabung Durham (Reddick, 1975).

Fermentasi karbohidrat dapat terjadi secara aerob pada permukaan agar dan secara anaerob pada dasar agar. Pada permukaan agar, glukosa dikatabolisme melalui jalur Embden-Meyerhof menghasilkan asam piruvat yang kemudian didegradasi sempurna dalam siklus asam sitrat menjadi CO_2 , H_2O , dan energi. Pada dasar agar uji, katabolisme glukosa akan menghasilkan produk akhir berupa asam-asam organik, alkohol, CO_2 , H_2 , dan energi (Haryani dkk., 2012).

Menurut Lay (1994) dalam proses fermentasi, bakteri yang ditumbuhkan dalam media cair yang mengandung karbohidrat, maka hasil fermentasinya berupa asam. Asam yang dihasilkan akan menurunkan pH media biakan. Pembentukan asam laktat akan ditandai oleh perubahan warna media menjadi kuning yang menandakan reaksi positifnya, perubahan warna dengan diikuti terbentuknya gas pada tabung Durham merupakan fermentasi asam campuran dan fermentasi tanpa adanya

perubahan warna tetapi terbentuk gas pada tabung Durham menandakan terjadinya fermentasi. Reaksi negatifnya adalah warna larutan tidak berubah menjadi kuning. Enzim yang terlibat dalam fermentasi karbohidrat adalah zimase dan intervase (Haryani dkk., 2012).

Kemampuan setiap bakteri untuk memecah karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana berbeda, hal ini dipengaruhi oleh enzim yang dimiliki oleh bakteri tersebut. Enzim maltase, β -galaktosidase dan enzim intervase dapat mengubah disakarida melalui proses hidrolisis menjadi komponen yang lebih sederhana. Maltosa akan diubah menjadi glukosa oleh enzim maltase, sedangkan enzim β -galaktosidase akan menghasilkan glukosa dan galaktosa yang merupakan hasil dari penyederhanaan laktosa. Sukrosa akan dipecah menjadi fruktosa dan glukosa dengan enzim sukrase (Rusnyk dan Still, 2001).

c. Uji Reduksi Nitrat

Uji reduksi nitrat adalah salah satu pengujian biokimia bakteri yang digunakan untuk menentukan kemampuan suatu organisme dalam mereduksi nitrat menjadi nitrit, yang selanjutnya dapat tereduksi lagi menjadi nitrogen bebas. Tujuannya adalah mengetahui kemampuan mikroorganisme dalam mereduksi nitrat menjadi nitrit dan nitrogen yang terjadi pada bakteri fakultatif anaerob. Proses tersebut terjadi dalam respirasi anaerob yaitu organisme dapat memperoleh oksigen dari nitrat. Apabila hasilnya positif maka akan terbentuk warna merah, sedangkan bila hasilnya negatif maka medium akan tetap berwarna kuning (berarti

nitratnya tidak tereduksi). Reduksi dari nitrat dapat dilihat melalui perubahan warna karena adanya reaksi antara nitrit dengan dua reagen yaitu SA (*sulfanilic acid*) dan NED (*dimethyl- α -naphthylamine*) (Mew dan Misra, 1994).

Sulfanilic acid (SA) dan *α -naphthylamine* (NED) adalah suatu reagen yang digunakan dalam pengujian nitrat. Prinsip pengujian ini menurut Standar Nasional Indonesia (2004) adalah nitrit dalam suasana asam pada pH 2,0 – 2,5 akan bereaksi dengan *sulfanilic acid* (SA) dan N-(1-naphthyl) *ethylene diamine dihydrochloride* (NED *dihydrochloride*) membentuk senyawa azo yang berwarna merah keunguan.

F. Kolom Winogradsky

Kolom Winogradsky merupakan salah satu cara yang cukup sederhana untuk mempelajari kondisi lingkungan yang ditempatkan pada laboratorium. Kolom ini pertama kali ditemukan oleh Rusia bernama Sergei Winogradsky (1856-1953) dan Martinus W. Beijerinck (1851-1931) yang merupakan ahli mikrobiologi, kolom ini dipakai untuk mengetahui interaksi populasi bakteri pada berbagai komunitas perairan dan sedimen. Metode kolom Winogradsky dapat diteruskan dengan mengidentifikasi bakteri apa saja yang hidup di dalam kolom model ekosistem buatan ini, juga dapat dilakukan amplifikasi serta augmentasi bakteri di dalamnya (Deacon, 2005).

Kolom Winogradsky adalah pengayaan kultur, kolom dibuat dengan mengisi silinder transparan dengan tanah dan diberikan cahaya selama waktu

inkubasi. Cahaya berfungsi sebagai sumber energi untuk produsen primer dan ekosistem mikroba yang terstruktur berkembang di mana semua proses yang diperlukan terjadi untuk mempertahankan siklus nutrisi. Aplikasi penggunaan kolom Winogradsky adalah pengayaan atau isolasi bakteri baru, bioremediasi, dan biodegradasi (Esteban dkk., 2015).

G. Hipotesis

Hipotesis yang dapat dikemukakan melalui penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Konsentrasi monosodium glutamat sebesar 2 gram dapat memaksimalkan *P. aeruginosa* dalam mendegradasi plastik kresek hitam.
2. Konsentrasi inokulum *P. aeruginosa* sebesar 1 ml kepadatan 10^6 CFU/ml dapat mendegradasi plastik kresek hitam secara maksimal.