

BAKTERI TANAH SAMPAH PENDEGRADASI PLASTIK DALAM KOLOM WINOGRADSKY

Nama : Dewi Nur Ainiyah
NRP : 1510 100 039
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Dr. rer.nat.Ir. Maya Shovitri,
M.Si.

Abstrak

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, plastik merupakan salah satu polimer sintetik yang mengalami peningkatan dalam penggunaannya. Penggunaan plastik berupa kantong kresek hasil daur ulang dengan berbagai warna sangat diminati oleh masyarakat. Sifat plastik yang tidak mudah terdegradasi di alam mengakibatkan masalah lingkungan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri tanah sampah yang mampu mendegradasi plastik secara biokimia. Uji Biodegradasi plastik ditinjau dari prosentase kehilangan berat kering, pengukuran densitas sel biofilm, densitas sel kolom air dan pH tiap bulan selama 4 bulan masa inkubasi.

Hasil penelitian didapatkan inokulum mikroorganisme yang ada di tanah sampah mampu mendegradasi plastik yang ditunjukkan dengan prosentase kehilangan berat kering plastik putih bening rata-rata per bulan sebesar 1% dan hitam sebesar 1,87%. Berdasarkan kunci dikotomi Bergey's Determinative of Bacteriology isolat tersebut cenderung masuk ke dalam Genus Bacillus (PPs 9 dan PPs 11), Corynebacterium (PPs 7), Lactobacillus (PPs 2), Vibrio (PPs 5, PPs 8 dan PPs 10), Aeromonas (PPs 1, PPs 4, PPs 6, dan PPs 12), Yersinia (PPs 13) dan Neisseria (PPs 3).

Kata kunci:; Biodegradasi, Kantong kresek, Prosentase Berat kering, dan Tanah Sampah.

BACTERIAL PLASTIC DEGRADATION IN THE WINOGRADSKY COLUMN

Student Name : Dewi Nur Ainiyah
NRP : 1510 100 039
Departement : Biologi
Supervisor : Dr. rer.nat.Ir. Maya Shovitri,
M.Si.

Abstract

As the development of science and technology, plastic is one of the synthetic polymer that have increased in use among the community. The use of plastics in the form of recycled plastic bags with various color are in great demand by the public. Plastic properties that are not easily degraded in nature resulting in environmental problems.

This research was conducted to isolate and characterize waste soil bacteria capable of degrading plastic. Biodegradation test of plastic in terms of percentage loss of dry weight, measurement of biofilm cell density, measurement of water column cell density and pH every month for 4 month of incubation.

The results showed that the inoculum in the soil microorganisms capable of degrading plastic bins with a dry weight percentage loss of translucent white plastic per month on average by 1% and amounted to 1.87% black. Based on the key dichotomy Bergey's Determinative of Bacteriology isolates tend to enter into the genus Bacillus (PPS 9 and PPS 11), Corynebacterium (PPS 7), Lactobacillus (PPs 2), Vibrio (PPs 5, PPs 8 and PPs 10), Aeromonas (PPs 1, 4 PPs, PPs 6, and PPs 12), Yersinia (PPS 13) and Neisseria (PPS 3).

Keywords:., Biodegradation, Plastic bags,Percentage of dry weight loss, and Landfill.

BACTERIAL PLASTIC DEGRADATION IN THE WINOGRADSKY COLUMN

Student Name : Dewi Nur Ainiyah
NRP : 1510 100 039
Departement : Biologi
Supervisor : Dr. rer.nat.Ir. Maya Shovitri,
M.Si.

Abstract

As the development of science and technology, plastic is one of the synthetic polymer that have increased in use among the community. The use of plastics in the form of recycled plastic bags with various color are in great demand by the public. Plastic properties that are not easily degraded in nature resulting in environmental problems.

This research was conducted to isolate and characterize waste soil bacteria capable of degrading plastic. Biodegradation test of plastic in terms of percentage loss of dry weight, measurement of biofilm cell density, measurement of water column cell density and pH every month for 4 month of incubation.

The results showed that the inoculum in the soil microorganisms capable of degrading plastic bins with a dry weight percentage loss of translucent white plastic per month on average by 1% and amounted to 1.87% black. Based on the key dichotomy Bergey's Determinative of Bacteriology isolates tend to enter into the genus Bacillus (PPS 9 and PPS 11), Corynebacterium (PPS 7), Lactobacillus (PPs 2), Vibrio (PPs 5, PPs 8 and PPs 10), Aeromonas (PPs 1, 4 PPs, PPs 6, and PPs 12), Yersinia (PPS 13) and Neisseria (PPS 3).

Keywords: Biodegradation, Plastic bags, Percentage of dry weight loss, and Landfill.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Sejak ditemukan oleh seorang peneliti dari Amerika Serikat pada tahun 1968 yang bernama John Wesley Hyatt, plastik menjadi primadona bagi dunia industri (Sheftel, 2000). Menurut Joel (1995), kata plastik berasal dari bahasa Yunani dari kata “plastikos” yang berarti lembaran yang dipadatkan menjadi berbagai bentuk.

Plastik adalah polimer rantai-panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer" (Shah *et al.*, 2009). Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik (Azizah, 2004).

Bahan baku pembuatan plastik adalah minyak dan gas sebagai sumber alami. Dalam perkembangannya minyak dan gas ini mulai ditambahkan oleh bahan-bahan sintetis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara kopolimerisasi, laminasi, dan ekstruksi (Syarief *et al.*, 1989).

Secara umum, polimer sintetik dibuat melalui polimerisasi dari monomer - monomer polimer. Ada dua proses utama dalam pembuatan polimer sintetik. Pertama dikenal dengan poli-adisi dengan memecah ikatan rangkap dalam senyawa olefin asli oleh polimerisasi tambahan untuk membentuk ikatan tunggal C-C baru yaitu polimer rantai karbon (Zheng *et al.*, 2005).

Sifat plastik pada dasarnya adalah antara serat dan elastomer. Jenis plastik dan penggunaannya sangat luas. Plastik yang banyak digunakan berupa lempeng, lembaran dan film. Umumnya, plastik mempunyai berbagai sifat yang menguntungkan, yaitu:

- 1) Umumnya kuat namun ringan.
- 2) Secara kimia stabil (tidak bereaksi dengan udara, air, asam, alkali dan berbagai zat kimia lain).

- 3) Merupakan isolator listrik yang baik.
- 4) Mudah dibentuk, khususnya dipanaskan.
- 5) Biasanya transparan dan jernih.
- 6) Dapat diwarnai.
- 7) Fleksibel/plastis.

(Shakhashiri, 2012)

Berdasarkan proses penguraiannya, plastik dibedakan menjadi dua yaitu plastik *degradable* dan *non-biodegradable* (Ghosh *et al.*, 2012).

2.1.1 Plastik konvensional (non-biodegradabel)

Plastik konvensional atau sering dikenal dengan polimer sintetik sesuai bahan dasar plastik sesungguhnya (Scott, 1999). Menurut Ghosh *et al* (2012), plastik sintesis tergolong plastik *non-biodegradable*. Selama prosesnya, stabilitas, dan daya tahan dari plastik sintetik telah terus ditingkatkan sehingga dianggap sebagai polimer yang tahan pengaruh lingkungan (Shah *et al.*, 2008). Salah satu bahan dasar plastik yang digunakan adalah phthalate ester, di(*ethylhexyl*) *phthalate* (DEHP) yang bersifat stabil, serta sukar diuraikan oleh mikroorganisme sehingga memerlukan area untuk pembuangan sampah (Delvia, 2006).

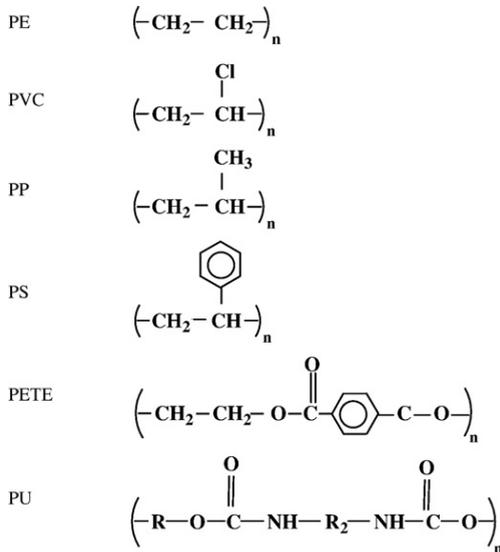
Menurut Chellini *et al* (2003), modifikasi atau pengembangan dari plastik konvensional adalah dengan menambahkan bahan tambahan lain diantaranya bahan pelunak (*plastiksizer*), bahan penstabil (*stabilizer*), bahan pelumas (*lubricant*), bahan pengisi (*filler*), pewarna (*colorant*), *antistatic agent*, *blowing agent*, *flame*. Bahan aditif yang ditambahkan tersebut disebut komponen non-plastik yang berupa senyawa anorganik atau organik yang memiliki berat molekul rendah. Bahan aditif dapat berfungsi sebagai pewarna, antioksidan, penyerap sinar UV, anti lekat dan lain-lain (Winarno, 1994). Sedangkan struktur dasar plastik tersebut telah memiliki berat molekul tinggi (Ghosh *et al.*, 2012).

Secara kimiawi, ada berbagai jenis plastik sintetik berdasarkan sifat termal terbagi menjadi dua kelompok : plastik termoplastik dan plastik termoset. Plastik termoplastik adalah

jenis plastik yang tidak bisa mengalami perubahan kimia pada komposisinya ketika dipanaskan dan mengalami *molding* berulang kali. Salah satu contohnya adalah *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyvinyl chloride* (PVC) dan *polytetrafluoroethylene*. Beberapa contoh tersebut umumnya juga dikenal sebagai plastik yang memiliki berat molekul berkisar antara 20.000-500.000 Amu. Selain itu, mereka memiliki perbedaan jumlah unit pengulangan dari unit monomer sederhana (Ghosh *et al.*, 2012).

Plastik termoset adalah jenis plastik lain yang akan mencair jika terkena panas dan tidak dapat dicetak kembali. Pada polimer termoset, perubahan kimia terjadi secara *irreversible* sehingga tidak dapat didaur ulang. Salah satu contohnya adalah fenol-formaldehida, poliuretan, dan lain-lain (Ghosh *et al.*, 2012). Plastik termoset terdiri dari heteroatom yang memungkinkan dapat didegradasi oleh pemecahan hidrolitik pada ikatan kimia seperti ikatan ester atau amida (Muller *et al.*, 2001). Contohnya *polyethylene terephthalate* (PET) dan *polyurethane* (PUR) (Avella *et al.*, 2001).

Berikut struktur kimia dari jenis-jenis plastik yang tergolong plastik konvensional dapat dilihat pada (Gambar 2.1):



Gambar 2.1 Struktur Konvensional Plastik Petrokimia.

Keterangan: Polietilen (PE), Polivinil klorida (PVC), Polipropilen (PP), Polistiren (PS), Polietilen Tereftalat (PET), Poliuretan (PU) (Shah *et al.*, 2008).

Menurut *The Society of Plastic Industry* (1988) Jenis-jenis plastik diatas lebih sering digunakan dalam industry kemasan juga diadopsi pula oleh lembaga-lembaga yang mengembangkan sistem kode resin, seperti ISO (*International Organization for Standardization*) (Shakhashiri, 2012) :



1. Polyethylene Terephthalate (PET, PETE)

Polietilen tereftalat (PET) atau polietilen tereftalat ester (PETE) adalah kondensasi polimer yang dihasilkan dari monomer etilen glikol $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, dimetil alkohol, dan dimetil tereftalat, $\text{CH}_3\text{O}_2\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}_2\text{CH}_3$, diester.



2. High Density Polyethylene (HDPE).

Termasuk polietilen dapat dikatakan polimer yang paling sederhana terdiri dari rantai berulang – CH_2 -. Sifat HDPE yang keras, kuat dan tahan banting. Kebanyakan HDPE digunakan dalam pembuatan kemasan seperti botol susu dan botol deterjen.



3. Polyvinyl Chloride (PVC)

Polimerisasi dari vinil klorida $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$ (kloroetena). Jenis plastik memiliki sifat kaku dan sedikit rapuh. Sekitar 2/3 dari PVC diproduksi setiap tahun digunakan dalam pembuatan pipa, bahan rumah dan botol plastik bening.



4. Low Density Polyethylene (LDPE)

Tergolong jenis polietilen yang memiliki massa molar dari 20.000 hingga 40.000 gram. Sifat LDPE yang relative lunak sehingga sebagian besar digunakan dalam produk film plastik seperti kantong *sandwich*.



5. Polypropylene (PP)

Polimer ini dibuat dari proses polimerisasi penambahan propilen $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_3$ biasa digunakan secara luas dalam industry otomotif untuk interior seperti instrument panel dan kemasan makanan (wadah *yoghurt*).



6. Polystyrene (PS)

Stirena, $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ mengalami polimerisasi membentuk polistiren (PS) memiliki sifat keras dan sangat transparan. Sebagian besar digunakan dalam produksi kemasan makanan segar seperti salad atau *stereof foam*.



7. Lainnya

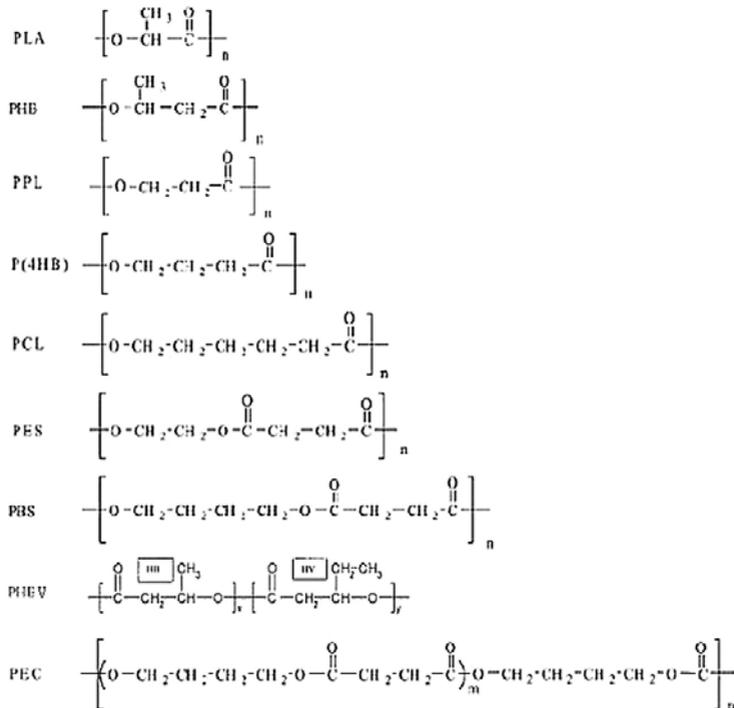
Plastik yang menggunakan kode ini terbuat dari bahan yang tidak termasuk enam golongan yang lainnya, atau terbuat dari lebih dari satu jenis resin dan digunakan dalam kombinasi bermacam-macam lapisan. Bahan ini tidak menguntungkan dari segi ekonomi karena tidak ada pasar yang mau menerima produk jenis ini.

2.1.2 Plastik biodegradabel (Bioplastik)

Plastik biodegradabel disebut juga bioplastik yaitu plastik yang seluruh atau sebagian komponennya berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui (Steven, 2001). Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir berupa air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan tanpa meninggalkan sisa yang beracun. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik biodegradabel merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan (Pranamuda H, 2009).

Berdasarkan bahan baku yang dipakai, plastik biodegradabel dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia dan kelompok bahan baku produk tanaman seperti pati dan selulosa. Kelompok pertama adalah penggunaan sumber daya alam yang tidak terbaharui (*non renewable resources*) sedangkan kelompok kedua adalah sumber daya alam terbaharui (*renewable resources*) (Widyasari, 2010).

Berikut struktur kimia dari jenis-jenis plastik yang tergolong plastik biodegradabel (dapat dilihat pada Gambar 2.2):



Gambar 2.2 Struktur Kimia Plastik Biodegradabel.

Keterangan: poly (lactide)(PLA), poly(3-hydroxybutyrate)(PHB), poly (propiolactone)(PPL), poly(ϵ -caprolactone)(PCL), poly(ethylene succinate)(PES), poly(butylenes succinate)(PBS), poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)(PHBV) dan poly(ester carbonate)(PEC) (Tokiwa dan Calabia, 2004).

2.2 Biodegradasi Polimer

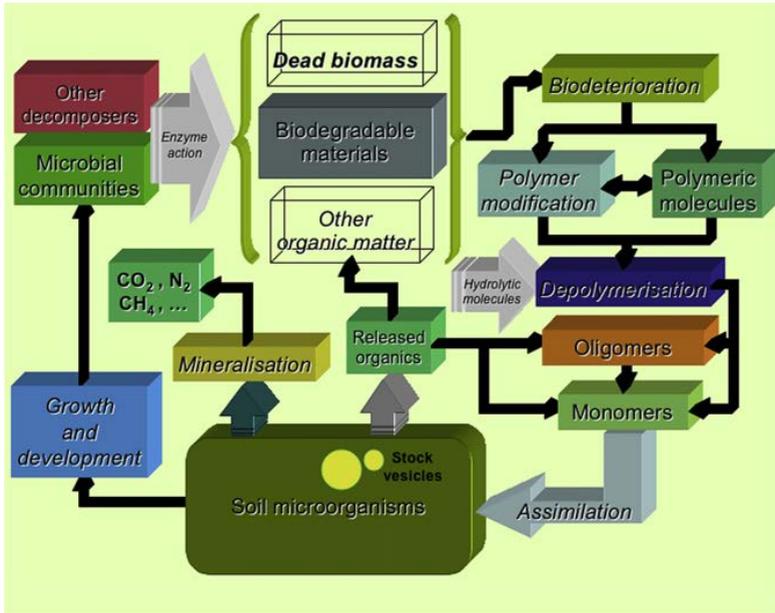
Mikroorganisme berperan signifikan dalam dekomposisi biologis terhadap suatu material termasuk polimer sintetik atau alami, hal ini disebut biodegradasi (Priyanka *et al.*, 2011). Tokiwa dan Calabia (2004) menjelaskan bahwa biodegradasi didefinisikan sebagai penurunan sifat-sifat oleh aksi mikroorganisme. Mikroorganisme yang banyak berperan pada biodegradasi plastik adalah bakteri, jamur dan aktinomicetes. Ada

tiga tipe penurunan sifat akibat biodegradasi oleh mikroorganisme, meliputi efek biofisik, efek biokimia, dan aksi enzimatik langsung.

Proses biodegradasi yang menyebabkan efek biofisik terjadi apabila ada kerusakan mekanik akibat aktivitas mikroorganisme. Efek biokimia terjadi apabila terjadi reaksi kimia oleh substansi mikroorganisme di dalam polimer. Biodegradasi oleh pengaruh enzim terjadi apabila enzim yang dikeluarkan oleh mikroorganisme menyerang komponen plastik sehingga menyebabkan pemutusan rantai polimer (Jendrossek dan Rene, 2002).

Secara umum, biodegradasi polimer terdiri dari beberapa langkah dan proses yang dapat berhenti pada setiap tahap (Lucas *et al.*, 2008): pertama, adalah perpaduan aktivitas dari komunitas mikroorganisme, decomposer lain dan faktor abiotik yang memecah komponen menjadi lebih sederhana. Tahap tersebut disebut *biodeterioration*. Kemudian mikroorganisme mensekresikan senyawa katalitik (berupa enzim dan radikal bebas) yang mampu memutus rantai polimer secara progresif. Proses ini menghasilkan oligomer, dimer, dan monomer. Langkah ini disebut depolimerisasi. Beberapa molekul dikenali oleh sel reseptor mikroorganisme dan mampu melewati membrane sel. Namun ada beberapa molekul lain yang masih berada di lingkungan ekstraseluler dan dapat menjadi molekul lain yang termodifikasi. Di dalam sitoplasma, molekul tersebut diangkut ke dalam metabolisme mikroorganisme untuk menghasilkan produk berupa energy, biomassa, cadangan makanan serta metabolit primer maupun sekunder. Langkah ini disebut asimilasi. Dalam waktu yang bersamaan, beberapa metabolit sederhana dan kompleks mungkin diekresikan menuju bagian ekstraseluler (misalnya asam organik, aldehid, terpen, antibiotic, dan lain-lain). Sedangkan molekul sederhana seperti CO₂, N₂, CH₄, H₂O dan garam mineral yang termasuk hasil metabolisme intraseluler benar-benar teroksidasi ke lingkungan. Tahap ini disebut

mineralisasi (Skema biodegradasi polimer dapat dilihat pada Gambar 2.3)

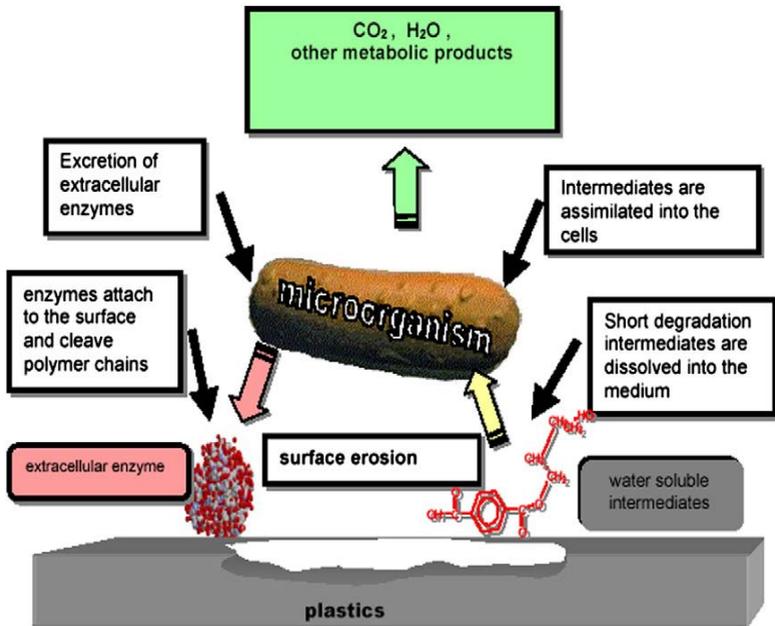


Gambar 2.3 Skema Biodegradasi Polimer (Lucas *et al.*, 2008).

Secara implicit, istilah biodegradasi juga termasuk biokorosi atau biodeterioration. Kerusakan bahan polimer disebabkan oleh penempelan mikroorganisme pada permukaan polimer (Mohan *et al.*, 2011). Spesies mikroorganisme dapat menempel pada permukaan plastik dengan mengekresikan sejenis lem (Capitelli *et al.*, 2006). Senyawa ini adalah matriks kompleks terbuat dari polimer (seperti polisakarida dan protein). Lendir ini memiliki struktur berpori infiltrate. Aksi mekanis inilah menyebabkan ketahanan bahan yang melemah (Bonhomme *et al.*, 2003). Biofilm adalah lapisan berlendir yang dibentuk oleh sel bakteri yang membungkus tubuhnya dalam matriks polisakarida dan protein yang terdiri dari air (80-95%), matriks

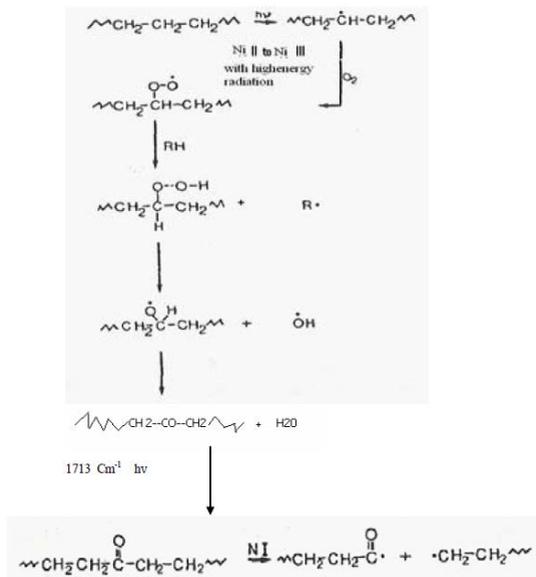
eksopolisakarida (EPS) yang berkontribusi 85-98 % dari bahan organik, mikroorganisme menjerap bahan organik dan partikel anorganik sehingga dijerap dengan EPS sehingga partikel tersebut dapat larut (Mohan *et al.*, 2011). Dengan demikian, pembentukan biofilm dianggap alami sebagai strategi mikroorganisme untuk membentuk pertahanan dalam relung lingkungan yang tercekam (Thompson *et al.*, 2005; Shemesh *et al.*, 2010).

Tahapan utama dalam biodegradasi polimer adalah tahap depolimerisasi (pemecahan rantai kompleks) (Andreas *et al.*, 2011). Karena polimer tergolong molekul yang kompleks sehingga mikroorganisme tidak dapat membawa polimer melewati membrane sel sehingga mereka memerlukan strategi khusus yaitu dengan mengeksresikan enzim ekstraseluler untuk memecah polimer yang ada di luar sel. Enzim depolimerase ekstraseluler dan intraseluler berperan secara aktif dalam biodegradasi polimer. Eksoenzim dari mikroorganisme memecah polimer kompleks menjadi rantai pendek atau molekul sederhana seperti oligomer, dimer dan monomer yang larut air untuk melewati membrane semi permeable sehingga mampu digunakan sebagai sumber karbon dan energy (Gu *et al.*, 2003). Setelah itu dibawa masuk ke dalam sel dan terjadi asimilasi sehingga menghasilkan produk akhir berupa CO_2 , CH_4 , H_2O dan biomassa. Proses ini disebut mineralisasi (Andreas *et al.*, 2011) (lihat Gambar 2.4).



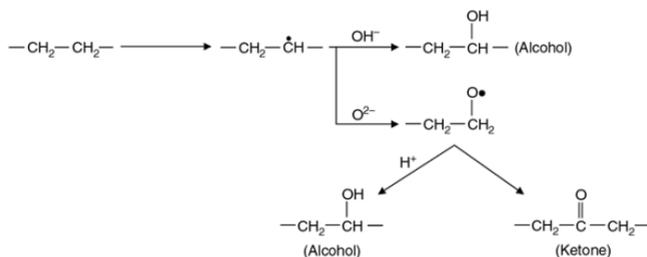
Gambar 2.4 Mekanisme Biodegradasi Plastik (Mueller, 2003).

Jikalau terdapat molekul yang masih tergolong berukuran besar untuk melewati membrane sel maka mikroorganisme akan memproduksi biosurfaktan sehingga molekul tersebut dapat melewati membrane sitoplasma melalui jalur yang diketahui alkana mengaktifkan β oksidasi intraseluler (Albertsson dan Bahidi, 1980; Kawai *et al.*, 2002; Kawai *et al.*, 2004). Menurut Pometto *et al* (1992), mikroorganism memiliki enzim lignolitik yang diproduksi saat nutrisinya terbatas. Biodegradasi enzimatik yang terjadi secara intraseluler adalah proses oksidatif untuk mempercepat reaksi dengan bantuan enzim oksigenase dan peroksidase. Enzim tersebut juga membutuhkan kofaktor baik dari lingkungan maupun bahan polimer seperti Fe^{3+} dan Mn^{2+} (Koutny *et al.*, 2006).



Gambar 2.6 Fotooksidasi Polietilen Menggunakan Sinar Infra Red (Santhoskumar *et al.*, 2010).

Dari hasil fotooksidasi polietilen memudahkan dalam biodegradasi menghasilkan gugus karbonil dan monomer etena sehingga dapat dilakukan asimilasi ke dalam sel. Kemudian polimer tersebut dapat dihidrolisis menjadi gugus aldehyd dan keton sehingga akan mengaktifkan jalur β oksidasi



Gambar 2.7 Mekanisme Degradasi Hidrolisis Polietilen (Masey *et al.*, 2010)

Kebanyakan degradasi plastik sintetis yang terjadi di alam tergolong sangat lambat karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya (Albertsson, 1980; Cruz-Pinto *et al.*, 1994; Albertsson *et al.*, 1994). Selain itu, ada faktor lain diantaranya: karakteristik polimer, jenis organism, dan sifat *pretreatment*. Karakteristik polimer seperti mobilitas, taktis, kristalinitas, berat molekul, gugus fungsional, struktur pengganti dan *plasticizer* atau zat aditif yang ditambahkan dalam polimer memainkan peran penting dalam proses degradasi (Gu *et al.*, 2003).

Ada beberapa bakteri yang penting dalam proses degradasi termasuk dalam *inter alia*, *Bacillus* (mampu memproduksi endospora resisten panas, radiasi, kimia), *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Actinomycetes*, *Nocardia*, *Streptomyces*, *Thermoactinomycetes*, *Micromonospora*, *Mycobacterium*, *Rhodococcus*, *Flavobacterium*, *Comamonas*, *Escherichia*, *Azotobacter* dan *Alcaligenes* (beberapa dari mereka dapat mengakumulasi polimer hingga 90 % berat kering mereka)(Jayasekara *et al.*, 2005; Gautam *et al.*, 2007).

2.2.1 Metode analisa proses biodegradasi

Ada beberapa metode karakterisasi biodegradasi polimer diantaranya adalah (Rohaeti, 2002):

a. Kehilangan Massa dan Degradabilitas Polimer

Metode kuantitatif yang paling sederhana untuk mengkarakterisasi terjadinya biodegradasi suatu polimer adalah dengan menentukan kehilangan massa dan degradabilitas material polimer.

Kehilangan massa ditentukan dengan cara menimbang massa polimer sebelum dan setelah proses biodegradasi selama selang waktu tertentu. Kehilangan massa sesungguhnya dapat dihitung dengan memasukkan faktor koreksi massa pada massa sampel awal sebelum proses biodegradasi, yang dapat diperoleh dari kontrol negatif. Untuk mengetahui massa sampel awal sesungguhnya sebelum mengalami proses biodegradasi, maka

perlu disiapkan suatu control negatif bagi polimer yang akan dibiodegradasi. Kontrol negatif adalah sampel polimer yang diinkubasi selama waktu tertentu tanpa adanya mikroorganisme. Massa sampel polimer sesungguhnya sebelum mengalami proses biodegradasi dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$W_i = W_{is} - (W_{is} \times C)$$

dimana : W_i = massa sampel sebelum dibiodegradasi

W_{is} = massa sampel awal tanpa faktor koreksi massa

C = faktor koreksi massa, diperoleh dari kontrol negatif yang dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$C (\%) = \frac{W_{ic} - W_{fc}}{W_{ic}} \times 100 \%$$

dimana : W_{ic} = massa sampel sebelum proses biodegradasi

W_{fc} = massa sampel sesudah proses biodegradasi

Persentase kehilangan massa dapat ditentukan dengan persamaan (3).

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

dimana : W_i = massa sampel sebelum proses biodegradasi

W_f = massa sampel sesudah proses biodegradasi

Degradabilitas dapat menunjukkan kemudahan terdegradasinya suatu bahan polimer, dapat ditentukan dengan cara membagi kehilangan massa terhadap waktu biodegradasi seperti ditunjukkan pada persamaan (4).

$$\text{Degradabilitas} = \frac{\text{kehilangan massa}}{\text{waktu}}$$

b. Analisis Gugus Fungsi Polimer dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Jika seberkas sinar inframerah dilewatkan pada suatu sampel polimer, maka beberapa frekuensinya diabsorpsi oleh molekul sedangkan frekuensi lainnya ditransmisikan. Transisi yang terlibat pada absorpsi IR berhubungan dengan perubahan vibrasi yang terjadi pada molekul. Jenis ikatan yang ada dalam molekul polimer (C-C, C=C, C-O, C=O) memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda. Adanya ikatan tersebut dalam molekul polimer dapat diketahui melalui identifikasi frekuensi karakteristik sebagai puncak absorpsi dalam spektrum IR.

c. Analisis Sifat Termal Polimer dengan DTA (*Differential Thermal Analysis*)

DTA merupakan teknik analisis termal dengan menganalisis perbedaan temperatur (ΔT) antara sampel dan bahan pembanding terhadap waktu atau temperatur sampel selama pemanasan.

d. Analisis Kristalinitas Polimer dengan Teknik XRD (*X-Ray Diffraction*)

Metode difraksi sinar-X adalah salah satu cara untuk mempelajari keteraturan atom atau molekul dalam suatu struktur tertentu. Jika struktur atom atau molekul tertata secara teratur membentuk kisi, maka radiasi elektromagnetik pada kondisi eksperimen tertentu akan mengalami penguatan.

e. Pengamatan Permukaan Polimer dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan suatu metode untuk membentuk bayangan daerah mikroskopis permukaan sampel. Suatu berkas elektron berdiameter antara 5 hingga 10 nm dilewatkan sepanjang specimen sehingga terjadi interaksi antara berkas elektron dengan specimen menghasilkan beberapa fenomena berupa pemantulan elektron berenergi tinggi, pembentukan elektron sekunder berenergi rendah, penyerapan elektron, pembentukan sinar-X, atau pembentukan sinar tampak (*cathodoluminescence*). Setiap sinyal yang terjadi dapat dimonitor oleh suatu detector.

2.3 Mikroorganisme tanah

Pembentukan tanah adalah hasil dari sebuah interaksi yang kompleks secara biologis, kimia dan fisika (Schulz *et al.*, 2012). Tanah sebagai salah satu habitat terrestrial dari mikroorganisme menyebabkan keberadaannya sangat melimpah. Di dalam ekosistem tersebut ditemukan berbagai macam mikroorganisme diantaranya adalah bakteri, fungi, algae dan aktinomicetes (Hoorman *et al.*, 2010).

Peran mikroorganisme tanah sangat tinggi karena mereka bertanggung jawab untuk sebagian besar transformasi biologis dan mendorong pengembangan kestabilan unsur karbon (C), nitrogen (N) dan nutrisi lainnya (Schulz *et al.*, 2012).

Mikroorganisme tanah sebagai kontrol ekosistem melalui dekomposisi dan siklus hara sehingga dapat dijadikan indikator perubahan penggunaan lahan dan ekosistem (Yao *et al.*, 2000). Sebagian besar struktur komunitas dan aktivitas mikroorganisme bergantung pada habitat tanah. Mikroorganisme dapat beradaptasi untuk kelangsungan hidup mereka dalam lingkungan (Teri *et al.*, 2010).

Begitu juga sebaliknya, matriks tanah serta sifat fisik dan kimia seperti kualitas dan jumlah bahan organik tanah, pH, dan kondisi redoks memiliki pengaruh pada dinamika struktur komunitas mikroba dan fungsi dalam tanah (Lombard *et al.*, 2011). Bakteri adalah mikroorganisme yang paling dominan didalam tanah bila dibandingkan dengan mikroorganisme lain seperti fungi dan protozoa, bakteri dapat hidup pada seluruh lapisan tanah dan pada kondisi tanah yang berbeda (Widawati *et al.*, 2005).

Secara umum, tanah sangat mudah terpapar bahan apapun yang dapat mencemarinya. Semua aktivitas manusia dapat menghasilkan limbah yang dapat mencemari tanah. Limbah atau sampah yang tidak digunakan dapat dengan mudah dibuang di tanah (Teri *et al.*, 2010). Limbah tersebut harus didegradasi oleh mikroorganisme untuk menjaga kestabilan tanah serta sumber karbon dan energy lain yang dapat dimanfaatkan selain dari

nutrisi tanah. Mikroorganisme yang mampu bertahan di habitat yang tercemar disebabkan karena mikroorganisme tersebut mampu memanfaatkan kontaminan dalam metabolismenya dan mampu menjalankan peran yang tepat di lingkungan tersebut (Anna *et al.*, 2003).

Kondisi tanah menentukan jumlah spesies dan populasi mikroorganisme pendegradasi sehingga sangat mempengaruhi proses biodegradasi secara keseluruhan. Tanah sampah memiliki berbagai macam potensi mikroorganisme dalam mendegradasi limbah yang ada (Kimura *et al.*, 1994). Beberapa contoh bakteri yang banyak ditemukan di dalam tanah tergolong genera *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Sarcina*, *Azospirillum*, dan *Mycobacteria* (Loper *et al.*, 1985), sedangkan *Aerobacter* sering ditemui dan mungkin merupakan penghuni normal dari tanah (Subba Rao, 1997). Kelompok lain dari bakteri umum dalam tanah *Myxobacteria* yang milik *Myxococcus* genera, *Chondrococcus*, *Archangium*, *Polyangium*, *Cytophaga* dan *Sporocytophaga*.

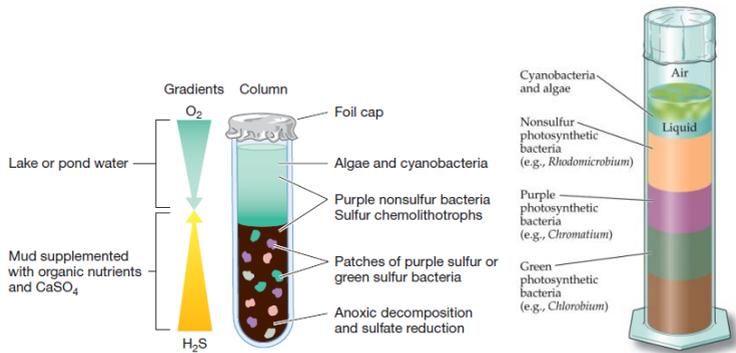
2.4 Winogradsky Column

Pada tahun 1888, Sergei Winogradsky (1856-1953) telah memperkenalkan metode untuk memperkaya populasi mikrobial. *Winogradsky Column* merupakan teknik yang telah dikembangkan oleh ahli mikrobiologis Rusia dari tahun 1800 hingga 1900 yang bernama Sergei Winogradsky bersama Martinus Willem Beijerinck. Teknik kultur pengayaan digunakan untuk mengisolasi mikroorganisme target dari beberapa jenis organism yang ada di alam, dan secara umum dirancang menunjukkan peningkatan jumlah pertumbuhan mikroorganisme, ketahanan (seperti kompetisi secara fisik) atau pemisahan ruang dari populasi anggota lainnya (Gambar 2.9)(Tomita *et al.*, 2004).



Gambar 2.8 *Winogradsky Column* (Tomita *et al.*, 2004).

Winogradsky Column dibuat dengan mengisi gelas silinder setengah penuh dengan substrat organik. Substrat yang ditambahkan menentukan pengayaan mikroorganismenya. Kemudian ditambahkan medium cair untuk membentuk kolom air. Gelas silinder ditutup rapat untuk menghindari penguapan dan udara dari luar dan dibiarkan selama periode tertentu. Dalam *Winogradsky Column* akan menunjukkan perkembangan komunitas organisme. Alga dan Cyanobacteria muncul dengan cepat di bagian atas kolom air pada zona oxic. Proses dekomposisi substrat berlumpur diawali dari produksi asam organik, alkohol dan H_2 sesuai dengan substrat dari bakteri SRB (*Sulfat Reducing Bacteria*). H_2S dari reduksi sulfat memicu perkembangan bakteri green sulfur yang menggunakan sulfide sebagai donor elektron dan seterusnya. Struktur komunitas mikroorganismenya terbentuk dalam stratifikasi donor electron masing-masing lapisan (Madigan, 2012).



Gambar 2.9 Stratifikasi pada *Winogradsky Column* (Madigan, 2012).

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret – Juni 2014 di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi FMIPA-ITS.

3.2 Metode yang Digunakan

3.2.1 Pengambilan sampel tanah

Sampel tanah diambil dari lahan timbunan sampah dengan metode komposit pola zigzag sebanyak 5 titik (Saraswati *et al.*, 2007). Masing-masing sampel tanah dari kelima titik diaduk secara merata pada *polybag* steril. Sampel tanah diambil sebanyak 750 g dengan menggunakan sekop dan dimasukkan kedalam *ziplock*. Semua alat yang digunakan telah disterilisasi terlebih dahulu. Kemudian sampel tersebut diletakkan dalam *ice box* berisi *dry ices* untuk diperlakukan dalam laboratorium. Faktor lingkungan seperti suhu dan pH tanah diukur secara *in situ*. (Skema kerja dapat dilihat di Lampiran 2).

3.2.2 Persiapan kantong plastik

Plastik yang digunakan berupa kantong “kresek” bening yang dipotong dengan ukuran 15x4 cm sebanyak 3x ulangan kemudian disterilisasi dengan menggunakan alkohol 70 % selama kurang lebih 30 menit (Magdy *et al.*, 2008) dan dikeringanginkan dengan sinar UV pada *Laminar Air Flow* selama 30 menit. Untuk mengetahui berat kering awal plastik, potongan tersebut dikeringkan dengan oven pada suhu 80⁰ C selama 24 jam. Potongan plastik ditimbang menggunakan neraca *analytical balance* dalam kondisi steril sebagai berat kering awal supaya dapat dibedakan masing-masing potongan plastik diberi tanda (Skema kerja dapat dilihat di Lampiran 3).

3.2.3 Biodegradasi

Proses degradasi ini menggunakan metode *Winogradsky Column* dengan botol air mineral steril volume 1,5 L yang berjumlah 3 botol (bagian leher botol terpotong). Masing-masing botol tersebut diisi dengan 750 g sampel tanah yang telah diambil sebelumnya sebanyak 3x ulangan. Pada lapisan kedua ditambahkan *Mineral Salt Medium* (MSM) (Lampiran1) atau media minimal steril sebanyak 750 ml. Kemudian dimasukkan potongan plastik dengan pisau steril hingga tercelup pada substrat tanah sepenuhnya. Setelah itu ditutup dengan bagian leher botol yang telah dipotong dan direkatkan dengan *wrap* atau selotip. Proses degradasi menggunakan metode ini dilakukan selama 4 bulan dan dihitung berat kering plastik tiap 4 minggu (Skema kerja dapat dilihat di Lampiran 4).

Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan tiap 4 minggu dengan menggunakan kertas pH.

Pengukuran densitas sel

Pengukuran densitas sel dilakukan tiap 4 minggu dengan mengambil potongan plastik dari *Winogradsky Column* dengan menggunakan pinset secara aseptis. Untuk memisahkan biofilm pada plastik, potongan tersebut dimasukkan kedalam botol *falcon* berisi 13 ml aquades steril dan *divortex* dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik tiap 5 kali (Martinez, 2007). Inokulum yang terpisah dari plastik kemudian diukur densitasnya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm (Harley dan Presscot, 2002).

3.2.4 Isolasi bakteri pendegradasi plastik dan uji *Total Plate Count* (TPC)

Isolasi bakteri pendegradasi plastik dilakukan dengan metode *serial dilution* dan dilanjutkan metode *spread plate*. Setelah 4 bulan, potongan plastik diambil dari *Winogradsky*

Column dengan menggunakan pinset secara aseptis. Untuk memisahkan biofilm pada plastik, potongan tersebut dimasukkan kedalam botol *falkon* berisi 13 ml aquades steril dan *divortex* dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik tiap 5 kali (Martinez, 2007). Setelah itu, potongan plastik dipisahkan untuk menghitung persentase berat keringnya. Biofilm yang sudah terpisah *divortex* selama 2 menit hingga homogen. Kemudian inokulum yang sudah homogen diambil sebanyak 100 μ l dengan menggunakan *micropipette* dan dipindahkan kedalam tabung pertama yang berisi 9,9 ml akuades steril serta dihomogenkan. Tabung tersebut disebut pengenceran 10^{-2} . Tahap selanjutnya dari pengenceran 10^{-2} diambil sebanyak 100 μ l dan dipindahkan ke tabung kedua yang berisi 9,9 ml akuades steril serta dihomogenkan kembali. Tabung tersebut disebut pengenceran 10^{-4} . Pengenceran terus dilakukan hingga didapatkan pengenceran 10^{-8} masing-masing dilakukan 3x ulangan. Sementara itu, Medium kultivasi yaitu media *Nutrient Agar* (NA) (Oxoid, Inggris) (Lampiran 1) dituang ke dalam cawan Petridish dan dibiarkan hingga dingin. Kemudian inokulum ditambahkan pada permukaan cawan. Setelah itu, inokulum diratakan dengan *Drigalski* dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam.

3.2.5 Pengamatan makroskopis dan purifikasi isolat

Koloni bakteri yang tumbuh dengan karakteristik berbeda diamati secara makroskopis. Morfologi koloni bakteri yang dicatat dan diamati meliputi bentuk koloni, permukaan koloni, tepi koloni, warna koloni dan ukuran koloni (Harley dan Prescott, 2002). Koloni bakteri tunggal kemudian dimurnikan secara bertahap dengan cara gores 16 (Lampiran 4) pada medium NA padat dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Purifikasi minimal dilakukan sebanyak 3 kali pemindahan. Isolat murni merupakan isolat yang terdiri dari sel-sel bakteri yang menunjukkan bentuk dan ukuran sama (Busse, 1996).

3.2.6 Pengamatan mikroskopis

Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan pewarnaan sederhana (*methylene blue*), pewarnaan gram, pewarnaan endospora, dan pewarnaan tahan asam. Identifikasi dan uji karakter biokimia bakteri dilakukan secara bertahap menurut bagan alir dikotomi (Lampiran) berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Holt *et al.*, 1994).

Pewarnaan sederhana

Akuades steril sebanyak satu tetes ditetaskan pada permukaan kaca objek. Koloni bakteri diambil sebanyak satu ose dan digoreskan pada kaca objek secara merata, kemudian difiksasi diatas nyala api bunsen. Preparat ditambahkan dengan 2-3 tetes pewarna *methylen blue* dan ditunggu selama 1-2 menit. Preparat dicuci dengan menggunakan air mengalir untuk membuang sisa pewarna yang berlebih. Preparat dikering anginkan (Harley dan Prescott, 2002). Preparat ditutup dengan kaca penutup kemudian ditetesi dengan minyak imersi. Preparat diamati dibawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 1000 kali. Apabila hasil pengamatan mikroskop menunjukkan hasil ukuran dan bentuk sel bakteri sama, maka telah didapatkan isolat murni bakteri.

Pewarnaan gram

Preparat ditetesi dengan larutan kristal violet dan didiamkan selama 30 detik, kemudian dicuci dengan air mengalir selama 5 detik. *Gram's iodine mordant* (Emerck) ditetaskan diatas permukaan preparat lalu didiamkan selama 1 menit, kemudian dicuci dengan air mengalir selama 5 detik. Selanjutnya preparat ditetesi etanol 95% selama 15 sampai 30 detik sampai kristal violet tercuci. Kemudian dicuci dengan air mengalir kembali selama 5 detik. Berikutnya preparat ditetesi safranin selama 60 sampai 80 detik dan dicuci dengan air mengalir, kemudian dikeringkan dan diamati dengan mikroskop (Harley dan Prescott, 2002).

Konfirmasi pewarnaan Gram dapat dilakukan dengan tes sederhana menggunakan KOH. KOH 10% diteteskan di atas gelas objek bersih dan dicampur dengan satu ose bakteri. Kemudian ditunggu selama 30 detik. Jarum ose diletakkan di atas suspensi dan ditarik perlahan. Bakteri Gram negatif akan menghasilkan lendir sedangkan Gram positif tidak (Harley dan Prescott, 2002).

Pewarnaan endospora

Preparat ditempatkan pada rak pewarnaan. Preparat ditutup penuh dengan kertas saring. Kemudian zat warna hijau malakit diteteskan dengan pipet Pasteur ke permukaan kertas saring secara merata dan dipanaskan selama 5 menit dan dinginkan. Setelah preparat dingin, kertas saring dibuang dan dibilas dengan air yang mengalir dan dikeringkan. Kemudian preparat diwarnai dengan safranin selama 1 menit dan dibilas dengan air yang mengalir dan dikeringkan. Setelah ditutup dengan gelas penutup, preparat ditetesi minyak imersi dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 1000 kali (Lay, 1994).

Pewarnaan tahan asam

Preparat ditempatkan pada rak pewarna. Karbol fuchsin diteteskan pada preparat ulas. Selanjutnya dipanaskan selama 5 menit. Preparat kemudian didinginkan, lalu dicuci dengan air mengalir dan dikeringanginkan. Setelah itu ditetesi alkohol asam setetes demi setetes. Selanjutnya dicuci dengan air dan dikeringanginkan kembali. Preparat kemudian ditetesi *methylen blue* dan dibiarkan selama 2 menit. Preparat dicuci dengan air dan dikeringkan kembali. Preparat diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 1000 kali (Harley dan Prescott, 2002).

3.2.7 Uji biokimia

Uji biokimia dilakukan berdasarkan buku panduan *Bergey's Manual of Determinative Ninth Edition*. Beberapa uji biokimia yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Kebutuhan oksigen

Sebanyak 20 g media *thioglycollate Brewer* (Oxoid, Inggris) dilarutkan ke dalam 1 liter akuades dan dipanaskan di atas pemanas sampai homogen. Kemudian media didistribusikan ke dalam tabung reaksi sebanyak 10 ml dan disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah dikeluarkan dari autoklaf, tabung reaksi dидiamkan sebentar. Kemudian satu ose isolate bakteri berumur 24 jam diinokulasikan ke dalam media tersebut secara aseptis. Tabung reaksi kemudian diputar dengan telapak tangan, agar bakteri terdistribusi merata di dalam agar. Setelah diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C pola pertumbuhan isolat bakteri diamati. Apabila isolat bakteri hanya tumbuh di permukaan media, maka isolat tersebut adalah aerob obligat. Apabila isolat bakteri tumbuh sepanjang kolom tabung reaksi, tetapi pertumbuhan terpekat pada permukaan agar, maka isolat adalah anaerob fakultatif. Apabila isolat bakteri tumbuh merata sepanjang kolom tabung reaksi, maka isolat adalah anaerob aerotoleran. Apabila isolat bakteri hanya tumbuh di bawah permukaan agar, tetapi tidak sampai sepanjang kolom tabung reaksi, maka isolat adalah mikroaerofilik. Sedangkan apabila hanya tumbuh pada dasar tabung reaksi, maka isolat adalah anaerob obligat (Harley dan Prescott, 2002).

Uji katalase

Sebanyak satu tetes H₂O₂ 3% diteteskan ke atas kaca objek steril kemudian sebanyak satu ose isolat bakteri digoreskan secara aseptis. Hasil positif ditandai dengan timbulnya gas atau gelembung udara di sekitar goresan bakteri tersebut (Harley dan Prescott, 2002).

Uji oksidase

Satu ose isolat bakteri yang berumur 24 jam dioleskan ke permukaan kertas oksidase (Oxoid, Inggris) secara aseptis. Hasil

uji positif apabila setelah 5 detik terbentuk warna ungu pada kertas oksidase tersebut (Harley dan Prescott, 2002).

Fermentasi karbohidrat

Fermentasi gula yang digunakan dalam penelitian ini adalah glukosa (Difco, USA), laktosa (Difco, USA) dan manitol (Difco, USA). Medium fermentasi (lampiran 3) dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi tabung Durham sebanyak 3 ml. Sebanyak satu ose isolat bakteri diinokulasikan ke dalam medium fermentasi tersebut secara aseptis dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37°C. Hasil positif ditandai dengan terbentuk warna kuning sebagai indikator pH media menjadi asam karena terlarutnya senyawa asam organik dalam media. Sedangkan hasil negatif ditandai dengan warna biru. Pembentukan gas CO₂ diamati dari adanya gas dalam tabung Durham (Harley dan Prescott, 2002).

Uji produksi H₂S dan gas

Isolat bakteri dinokulasikan secara aseptis ke medium *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) dengan jarum inokulasi yang ujungnya tajam yang telah mengandung isolat bakteri. Selanjutnya, diinkubasi selama 24-48 jam (Cappuccino & Sherman 1983). Uji positif produksi H₂S ditandai dengan terbentuknya warna hitam pada medium. Uji positif pembentukan gas ditandai dengan terbentuknya gas di dasar medium, sehingga medium naik ke atas.

Uji motilitas

Uji motilitas ini dapat diperoleh dari uji produksi H₂S dan gas seperti yang telah diuraikan pada paragraf sebelumnya. Uji positif ditandai terbentuknya sebaran pada daerah bekas inokulasi (tusukan) artinya bakteri melakukan aktivitas bergerak (motil).

Uji pembentukan indol

Satu ose isolat bakteri diinokulasikan secara aseptis ke 3 ml medium cair *Tryptic Soy Broth* dalam tabung reaksi. Kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C dan setelah itu ditambahkan dengan *Kovacs reagent* (Merck, Jerman) (Cappuccino & Sherman, 2001). Hasil uji positif ditandai dengan terbentuknya warna merah.

Uji penggunaan sitrat

Satu ose biakan bakteri diinokulasikan pada 5 ml medium padat miring *Simmons Citrat Agar* (Difco, USA) dalam tabung reaksi dan indikator *Bromthymol blue* secara aseptis lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Cappuccino & Sherman 1983). Hasil positif ditandai dengan adanya pertumbuhan bakteri dan medium pertumbuhan berubah warna dari hijau menjadi biru. Sedangkan hasil negatif sebaliknya (Cappuccino dan Sherman, 2001).

Uji voges proskauer

Isolat diinokulasikan ke dalam 3 ml media cair *Methyl Red Voges Proskauer* (MR-VP) dan diinokulasikan pada suhu kamar selama 120 jam. Kemudian 5 tetes KOH 40% dan 10 tetes α -naftol 5% diteteskan dalam tabung. Apabila hasil positif maka setelah 15 menit media berubah warna menjadi merah (Cappuccino dan Sherman, 2001).

Uji methyl red

Isolat diinokulasikan ke dalam 3 ml media cair *Methyl Red Voges Proskauer* (MR-VP) dan diinokulasikan pada suhu 37°C selama 150 jam (5 hari). Setelah itu ditambahkan ditambahkan 2 tetes indikator *Methyl Red*. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna merah pada media (Cappuccino dan Sherman, 2001).

3.2.8 Persentase kehilangan berat plastik

Pengukuran kehilangan berat plastik dilakukan dengan cara menghitung selisih berat potongan plastik sebelum didegradasi dan setelah proses degradasi. Potongan plastik yang sudah terpisah dengan biofilm disterilisasi dengan alkohol 70% dan dikeringanginkan. Setelah kering, potongan plastik dimasukkan kedalam oven pada suhu 80⁰C selama 24 jam. Potongan plastik yang telah di oven dimasukkan ke dalam *dessicator* selama 24 jam dan ditimbang berat keringnya. Berikut rumus perhitungan persentase kehilangan berat plastik (Rohaeti, 2002):

$$\text{kehilangan berat} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \%$$

Keterangan:

W_i = Berat kering awal sebelum degradasi (gram)

W_f = Berat kering akhir setelah degradasi (gram)

3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Uji biodegradasi

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga didapatkan 3 unit percobaan. Proses biodegradasi dilakukan selama 4 bulan dengan masa pengamatan tiap bulan. Parameter yang diamati tiap bulan adalah persentase kehilangan berat kering plastik.

3.3.2 Isolasi bakteri tanah sampah pendegradasi plastik

Rancangan penelitian dilakukan secara deskriptif kualitatif. Selain itu, data pendukung yaitu pengukuran densitas sel dan pH dilakukan setiap bulan.

Isolat bakteri yang telah murni diamati secara deskriptif karakter makroskopis (bentuk, tepi, elevasi, dan warna koloni), mikroskopis (morfologi sel dan pewarnaan) dan karakter biokimia

berdasarkan buku panduan *Bergey's Manual of Determinative Ninth Edition* (Holt *et al.*, 2000).

3.4 Analisis Data

Perbedaan perlakuan diuji dengan *Analysis of Varians* (ANOVA) (Nugroho, 2008). Untuk mengetahui pengaruh bakteri tanah sampah dalam mendegradasi plastik dengan hipotesa:

H₀ : Tidak ada pengaruh kehilangan berat kering

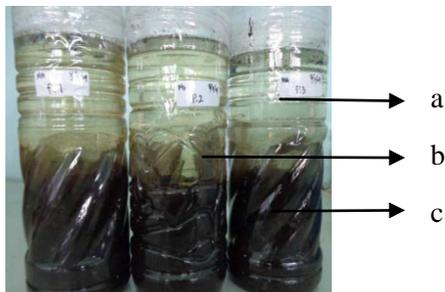
H₁ : Ada pengaruh kehilangan berat kering

Jika H₁ diterima maka analisis dilanjutkan dengan uji Tukey pada tahap kepercayaan 95%.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Biodegradasi

Uji biodegradasi plastik yang digunakan dalam penelitian adalah metode Kolom *Winogradsky*. Kolom ini merupakan miniatur kolom buatan yang berisi tanah atau sedimen (Rogan *et al.*, 2005), yang dapat menjadi salah satu metode pengayaan kultur yang menunjukkan ekologi mikroorganisme pada suatu ekosistem serta stratifikasi donor elektron masing-masing lapisan (Madigan *et al.*, 2012). Pada kolom tersebut diisi tanah sampah dari Tempat Pembuangan Sampah di Daerah Bulak Banteng Surabaya sebagai inokulum dan *Mineral Salt Medium* (MSM) dengan rasio 1:1 (Gambar 4.1). MSM adalah medium mineral minim sumber karbon. Sebagai sumber karbon dalam penelitian ini adalah plastik putih bening yang dibenamkan dalam tanah sampah.



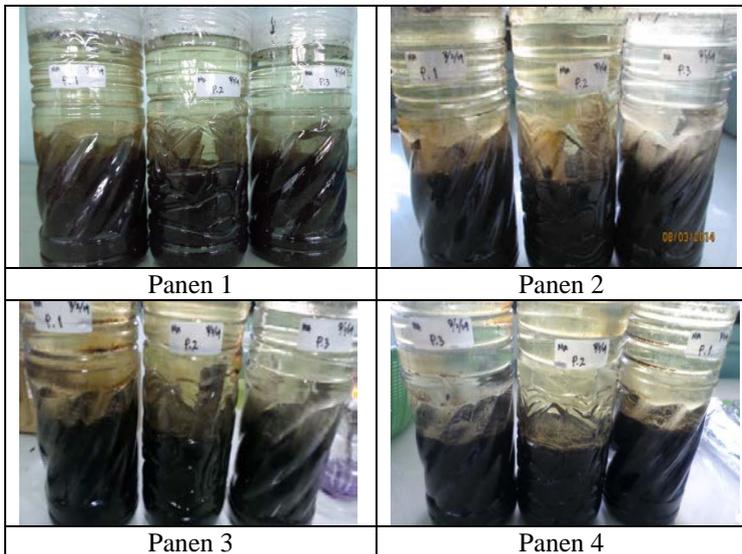
Gambar 4.1 Uji Biodegradasi dengan Metode Kolom *Winogradsky*.

Keterangan: a. MSM (750 ml). b. Potongan plastik putih bening ukuran 15 x 4 cm (15 lembar/ botol). c. Tanah sampah sebagai inokulum (750 gr).

Plastik yang merupakan polimer rantai panjang dan berulang sulit untuk didegradasi. Menurut Lucas *et al* (2008), mikroorganisme berperan dalam degradasi biologis suatu polimer. Komponen molekul kompleks tersebut dipecah menjadi

komponen yang lebih sederhana akan digunakan dalam metabolisme menghasilkan sumber energi. Sumber karbon yang tersedia tidak secara umum inilah diharapkan dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme dalam kondisi terbatas.

Terkait hal tersebut, metode Kolom *Winogradsky* diharapkan dapat mengoptimalkan biodegradasi. Menurut Rogan *et al* (2005), sistem pengayaan ini akan membentuk formasi pertumbuhan mikroorganisme dengan kemampuan berbeda dalam menggunakan sumber karbon sederhana sebagai sumber energi. Sumber karbon yang digunakan dapat berasal dari lingkungan dan hasil metabolismenya sendiri. Mikroorganisme tertentu saja yang nantinya dapat melakukan biodegradasi plastik. Selain itu, Burd (2008) menunjukkan dengan metode yang sama uji biodegradasi plastik terjadi optimal dengan signifikan dengan persentase kehilangan berat kering lebih dari 20%.



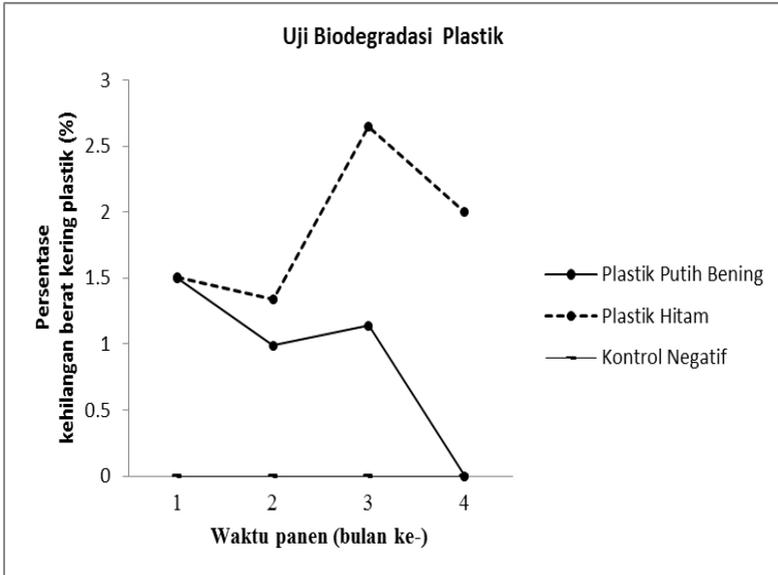
Gambar 4.2 Kolom *Winogradsky* Selama 4 bulan Inkubasi.

Keterangan:

P.1 = ulangan 1; P.2= ulangan 2; P.3=ulangan 3.

Pada umumnya, pembentukan stratifikasi donor electron atau variasi potensial redoks pada kolom *Winogradsky* akan terlihat lapisan-lapisan (layer) pemisah antar mikroorganisme. Layer yang terbentuk dapat terlihat berdasar warna yang terbentuk (Rogan *et al.*, 2005). Secara teori, pertumbuhan layer pada kolom dapat tumbuh dalam beberapa minggu namun karena metabolic mikroorganisme sangat kompleks sehingga akan benar-benar terlihat dalam waktu tertentu. Dalam penelitian ini, pengamatan masa inkubasi 4 bulan belum terlihat lapisan yang berbeda pada Kolom *Winogradsky* (Gambar 4.2). Hal ini mungkin masa inkubasi 4 bulan masih belum cukup membentuk layer pertumbuhan mikroorganisme. Menurut Pagaling *et al* (2014) perubahan layer berupa warna dengan sistem yang sama dengan Kolom *Winogradsky* biasa disebut *microcosmos* masih akan terbentuk secara stabil selama 16 minggu. Umumnya layer terbentuk lebih dari 3 bulan tanpa ada gangguan apapun dalam sistem. Selain itu, proses pemanenan plastik tiap bulannya dimungkinkan dapat mengganggu kestabilan yang baru terbentuk.

Meskipun belum tampak adanya layer-layer pertumbuhan mikroorganisme, selama 4 bulan masa inkubasi terdeteksi adanya kehilangan berat kering plastik (Gambar 4.3). Salah satu metode kuantitatif yang paling sederhana untuk mengkarakterisasi terjadinya biodegradasi suatu polimer adalah dengan menentukan kehilangan massa dan degradabilitas material polimer (Rohaeti, 2002).



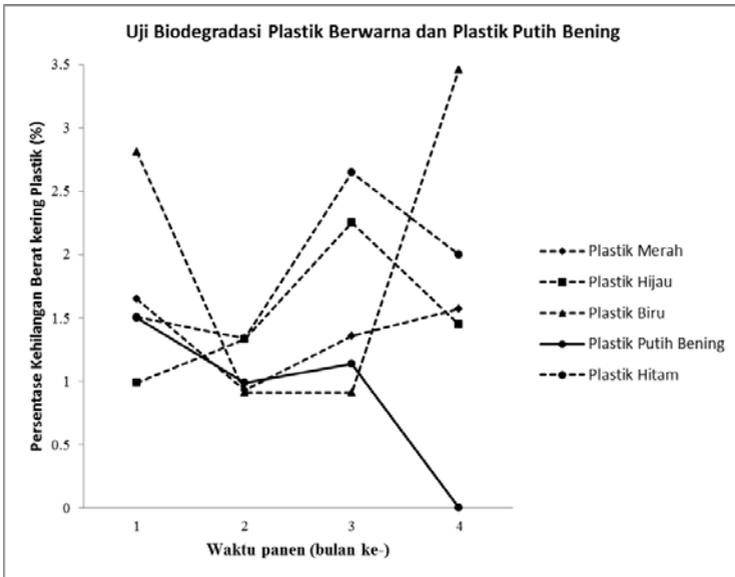
Gambar 4.3 Uji Biodegradasi Selama 4 Bulan Masa Inkubasi.

Berdasarkan Gambar 4.3, plastik putih bening menunjukkan adanya proses degradasi yaitu terjadi kehilangan berat kering. Rata-rata kehilangan berat kering yang terjadi adalah 1% per bulan. Namun pada panen 3, kehilangan berat kering yang terjadi mengalami penurunan. Dari kehilangan berat kering sekitar 1,14% turun hingga 0% pada panen 4. Hal ini dapat diasumsikan bahwa ada mikroorganisme di tanah sampah yang mampu mendegradasi plastik putih bening. Menurut Ishigaki *et al* (2000), telah terbukti bahwa mikroorganisme pada tempat pembuangan limbah sampah padat di laut mampu mendegradasi komponen polimer yang berperan penting dalam degradasi plastik. Karena mikroorganisme mampu mensekresikan enzim ekstraseluler dan intraseluler untuk memecah komponen kompleks yaitu polimer (Mohan, 2010) sehingga molekul tersebut mampu dibawa masuk ke dalam sel. Berbeda dengan polimer lainnya karena plastik merupakan polimer rantai panjang berulang maka ketika mampu

masuk ke dalam sel dan dipecah menjadi monomer yang berbeda. Hal ini menyebabkan akan teraktifkannya jalur β oksidasi. Salah satu contoh jenis plastik polietilen yang merupakan monomer dari etena (rantai alkana). Pada proses asimilasi monomer tersebut harus dioksidasi menjadi asam karboksil. Kemudian diubah menjadi asetil Co-A yang berperan dalam siklus asam sitrat sehingga masuk dalam metabolisme (Artkatkar, 2009).

Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) (Anonim³, 2013) menyatakan bahwa plastik yang beredar di pasaran adalah tergolong plastik daur ulang yang ditambahkan zat pewarna (*additives*) berlebihan. Plastik berwarna mencolok seperti hitam, biru atau merah tergolong produk plastik yang didaur ulang berkali-kali. Menurut Arkatkar *et al* (2009), zat pewarna yang digunakan untuk stabilisasi polimer akan menurunkan laju biodegradasi.

Persentase kehilangan berat kering plastik hitam lebih tinggi daripada plastik putih bening (Gambar 4.3) (Tabel 4.1 dan Lampiran 12 dan 13). Berdasarkan data tersebut (Gambar 4.3), maka dapat diasumsikan bahwa mikroorganisme tanah sampah mampu 1) mendegradasi plastik atau 2) hanya mendegradasi komponen lain seperti zat *additive* yang ada pada plastik. Hal tersebut terkait dengan produk pasaran plastik yang berasal dari proses daur ulang bertingkat dan telah ditambahkan zat pewarna. Oleh karena itu, perlu dilakukan konfirmasi terhadap plastik berwarna lainnya untuk mengetahui biodegradasi yang terjadi (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Uji Biodegradasi antara Plastik Berwarna dan Plastik Putih Bening.

Berdasarkan Gambar 4.4, hasil persentase kehilangan berat kering antara plastik berwarna merah, hijau, biru lebih tinggi daripada plastik putih bening. Dengan urutan laju biodegradasi dari paling tinggi ke rendah yaitu biru-hijau-merah-putih. Namun berdasarkan analisa statistik (Tabel 4.1 dan Lampiran 11), menunjukkan bahwa dari panen 1 hingga panen 3 tidak berpengaruh signifikan. Sedangkan panen 4 terlihat pengaruh yang signifikan pada plastik biru. Dengan kata lain, selama masa inkubasi 4 bulan terjadi biodegradasi plastik. Namun ternyata menunjukkan asumsi yang berlawanan tentang kesukaran degradasi plastik. Terbukti bahwa plastik putih bening belum tentu lebih mudah didegradasi daripada plastik berwarna dikarenakan plastik putih bening juga dimungkinkan mengandung zat *additives*. Pewarna yang digunakan dalam pembuatan plastik beraneka ragam jenisnya ada pewarna alami

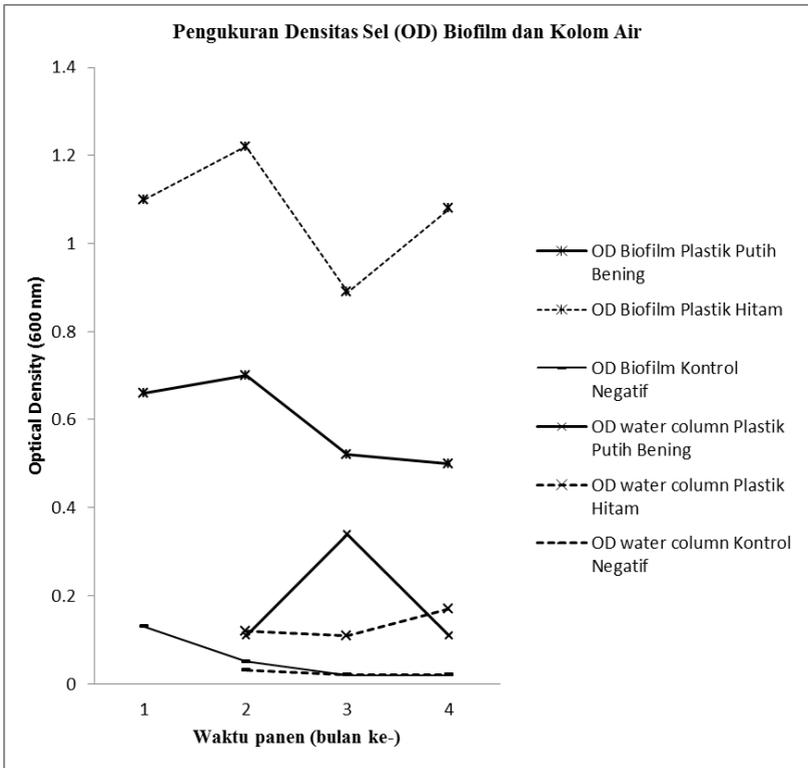
dan sintetis. Bahan aditif yang ditambahkan tersebut disebut komponen non-plastik yang berupa senyawa anorganik atau organik yang memiliki berat molekul rendah. Karena zat *additives* tidak hanya pewarna bisa dimungkinkan bahan tambahan lain. Menurut Chellini *et al* (2003), modifikasi atau pengembangan dari plastik konvensional adalah dengan menambahkan bahan tambahan lain diantaranya bahan pelunak (*plastiksizer*), bahan penstabil (*stabilizer*), bahan pelumas (*lubricant*), bahan pengisi (*filler*), pewarna (*colorant*), *antistatic agent*, *blowing agent*, *flame*. Namun hal ini juga membuktikan mikroorganisme tanah sampah mampu mendegradasi plastik.

Tabel 4.1 Analisis Data Biodegradasi Plastik Dengan Menggunakan *Analysis of Varians*

No	Jenis plastik	Persentase Kehilangan Berat Kering (%) tiap bulan			
		Panen 1	Panen 2	Panen 3	Panen 4
1	PlastikMerah	1,65 a	0,93 a	1,36a	1,57 ab
2	PlastikHijau	0,99 a	1,33 a	2,25 a	1,45 ab
3	PlastikBiru	2,81 a	0,91 a	0,91 a	3,46 b
4	Plastik Hitam	1,51 a	1,34 a	2,65 a	2,00 ab
5	Plastik Putih bening	1,5 a	0,99 a	1,14 a	0,00 a

Keterangan: * menunjukkan hasil tidak berbeda nyata pada uji ANOVA dengan tingkat kepercayaan 0,05 angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey –ANOVA dengan tingkat kepercayaan 0,05.

Selain kehilangan berat kering, dilakukan pengukuran densitas sel (OD) untuk mengetahui pertumbuhan dan aktivitas dari mikroorganisme. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa densitas sel pada biofilm lebih tinggi daripada densitas sel pada kolom air baik antara plastik hitam dan putih bening.

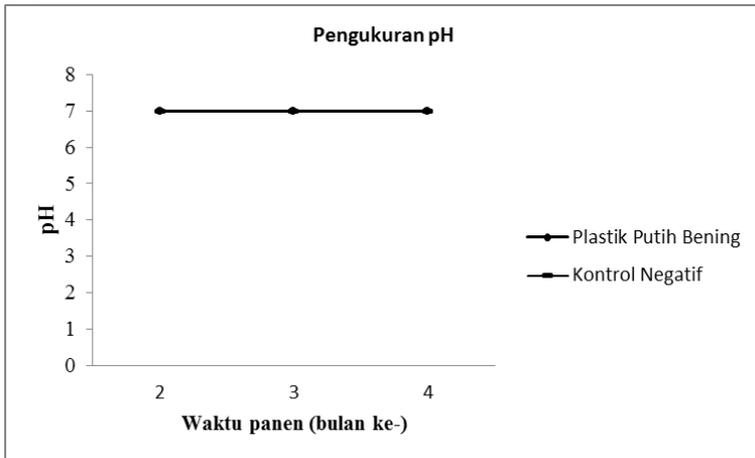


Gambar 4.5 Pengukuran Densitas Sel (OD) Biofilm dan Kolom Air.

Biofilm pada permukaan plastik terbentuk oleh kolonisasi mikroorganisme. Setelah mikroorganisme tersebut mampu menempel permukaan plastik yang akan dimulai pemanfaatan plastik sebagai sumber karbon. Tahap degradasi awal menyebabkan rantai utama terpecah menjadi oligomer, dimer atau monomer (Usha *et al.*, 2011).

Menurut Barham *et al* (2010), biofilm adalah kumpulan mikroorganisme yang menempel pada suatu permukaan ke permukaan yang lain menggunakan matriks ekstraseluler polimer. Biofilm sebagai wujud efisiensi energi sehingga mereka dapat

bertahan hidup di lingkungan yang tidak mendukung. Kebanyakan bakteri di habitat alami akan berasosiasi pada permukaan solid seperti partikel mikroskopik di lingkungan akuatik. Menurut Bradhsaw *et al* (1995), sel pada biofilm lebih tumbuh paling baik daripada sel planktonik. Dapat dikatakan pula persentase berat kering sebanding dengan densitas sel pada biofilm.



Gambar 4.6 Pengukuran pH pada Plastik Putih Bening dan Kontrol Negatif.

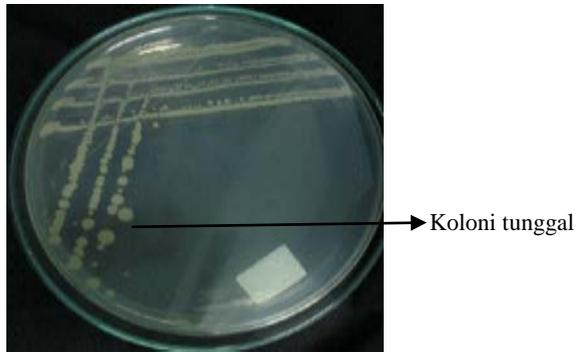
Keterangan: Grafik pH kontrol negatif tidak terlihat karena garis berhimpitan dengan garis pH plastik putih bening.

Selain pengukuran densitas sel untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme dilakukan pengukuran pH (Gambar 4.6). Hasil pengukuran pH menunjukkan tidak terjadi perubahan pH yaitu masih berkisar pH netral. Jika dikaitkan dengan adanya persentase kehilangan berat kering, densitas sel pada biofilm maka dapat diartikan bahwa terjadi biodegradasi. Ketika ada aktivitas mikroorganisme maka akan terjadi perubahan parameter lingkungan salah satunya pH. Namun pada pengukuran pH pada penelitian tidak terjadi perubahan. Secara umum dalam sistem kultur, perubahan pH yang terjadi selama pertumbuhan sebagai

akibat reaksi metabolik mikroorganisme yang memanfaatkan atau menghasilkan asam atau senyawa dasar lainnya. Ada kemungkinan yang terjadi adalah dalam sistem Kolom *Winogradsky*, medium yang ditambahkan dapat berfungsi sebagai *buffer* yang menjaga pH relative konstan. *Buffer* yang digunakan akan menjaga kondisi pH dalam range tertentu. Misalnya *buffer* yang menjaga kondisi pH hingga dalam kondisi netral adalah KH_2PO_4 dan CaCO_3 tergolong larutan *buffer* yang baik (Madigan *et al.*, 2012).

4.2 Isolasi Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik

Pada penelitian ini, isolasi bakteri pendegradasi plastik dilakukan setelah masa inkubasi 4 bulan. Isolasi yang dilakukan berasal dari biofilm yang terbentuk pada plastik. Plastik hasil panen divortex dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik tiap 5 kali (Martinez, 2007) untuk diambil supernatannya. Hasil pengenceran diinokulasi ke dalam medium *Nutrient Agar* dengan metode sebar (*spread plate*) yang dilakukan secara aseptis. Menurut Harley dan Prescott (2002), medium NA digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme dipermukaan untuk mengetahui kenampakan koloni, untuk isolasi kultur murni dan stok kultur. Tujuan menggunakan metode sebar adalah koloni bakteri tumbuh tersebar rata di permukaan medium dan mempermudah dalam proses subkultur. Koloni yang tumbuh diamati karakter makroskopis dan dipurifikasi dengan metode 16 gores (Gambar 4.7). Purifikasi dilakukan berulang-ulang minimal sebanyak 3 kali pemindahan hingga diperoleh isolat murni. Menurut Busse (1996), isolat murni adalah isolat yang terdiri dari sel-sel bakteri yang menunjukkan bentuk dan ukuran yang sama.



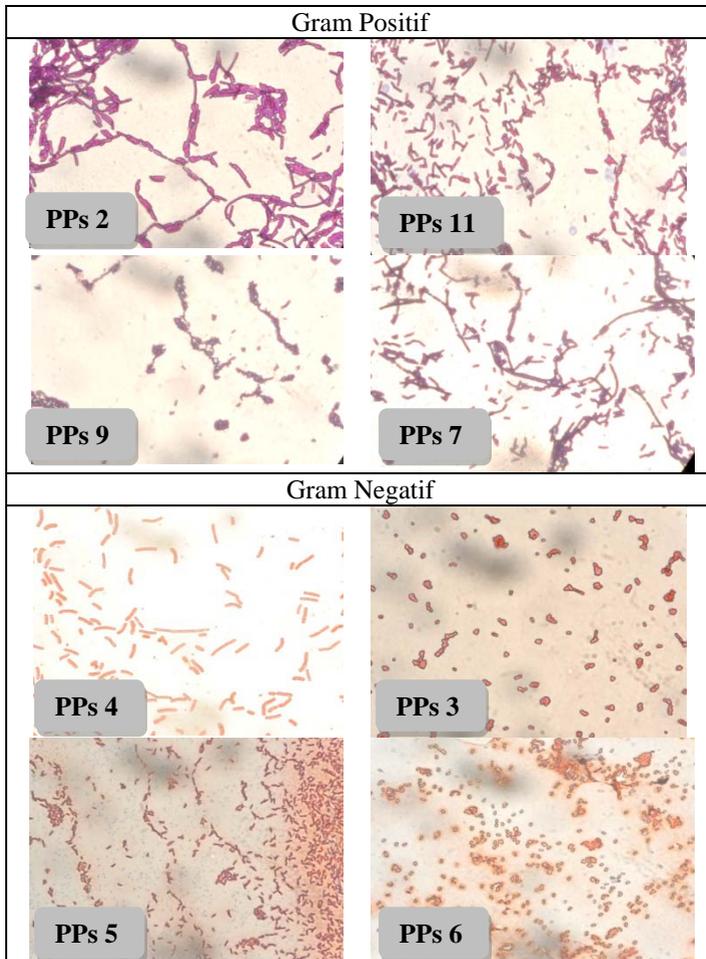
Gambar 4.7 Hasil Purifikasi Isolat PPs 1 dengan Metode Gores 16.

Berdasarkan hasil isolasi dan purifikasi didapatkan 13 isolat dengan karakter koloni yang berbeda berdasarkan bentuk koloni, tepi dan elevasi (Harley dan Prescott, 2002). Koloni isolat bakteri sebagian besar berbentuk *irregular* dan *circular* (Tabel 4.2). Keragaman koloni ditunjukkan pada Lampiran 18.

Tabel 4.2 Karakter Makroskopis Koloni Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik

Kode Isolat	Bentuk	Tepi	Elevasi	Warna
PPs 1	Circular	Entire	Flat	Krem
PPs 2	Irregular	Undulate	Flat	Krem
PPs 3	Circular	Entire	Convex	Krem
PPs 4	Circular	Entire	Raised	Krem
PPs 5	Irregular	Curled	Umbonate	Putih
PPs 6	Irregular	Undulate	Umbonate	Putih
PPs 7	Irregular	Undulate	Flat	Krem
PPs 8	Irregular	Curled	Flat	Putih
PPs9	Irregular	Undulate	Flat	Putih susu
PPs 10	Irregular	Entire	flat	Krem
PPs 11	Irregular	Undulate	flat	Krem
PPs 12	Circular	Undulate	flat	Putih Bening
PPs 13	Circular	Undulate	flat	Kuning

Isolat yang ditemukan kemudian diamati karakter mikroskopis melalui pewarnaan Gram dan diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 1000x. Gram positif ditandai dengan terbentuknya ungu pada sel bakteri sedangkan Gram negatif ditandai dengan warna merah muda sampai merah (Harley dan Prescott, 2002). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat bakteri tanah sampah pendegradasi plastik yaitu PPs 2, PPs 7, PPs 9, dan PPs 11 termasuk Gram positif basil. Sedangkan PPs 1, PPs 4, PPs 5, PPs 6, PPs 8, PPs 10, PPs 12 dan PPs 13 termasuk Gram negatif basil dan hanya PPs 3 termasuk Gram negatif kokus. Hasil ini ditunjukan pada Gambar 4.8 dan Tabel 4.3



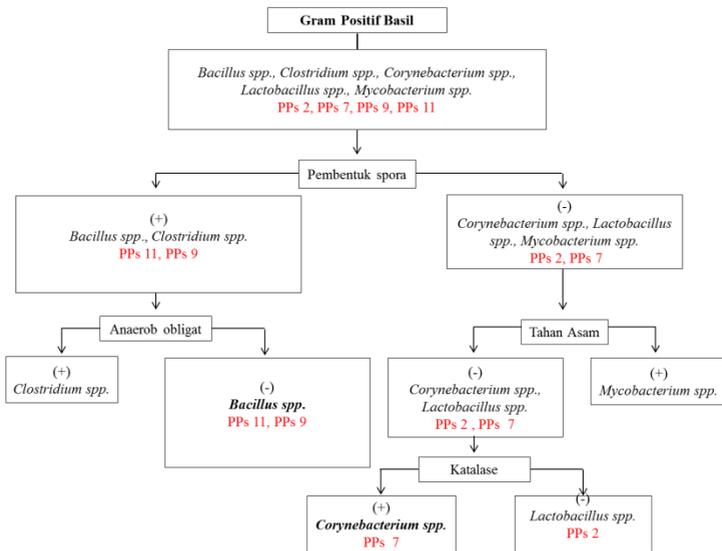
Gambar 4.8 Pengamatan Pewarnaan Gram dengan Perbesaran 1000x.

Tabel 4.3 Hasil Pewarnaan Gram Isolat Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik

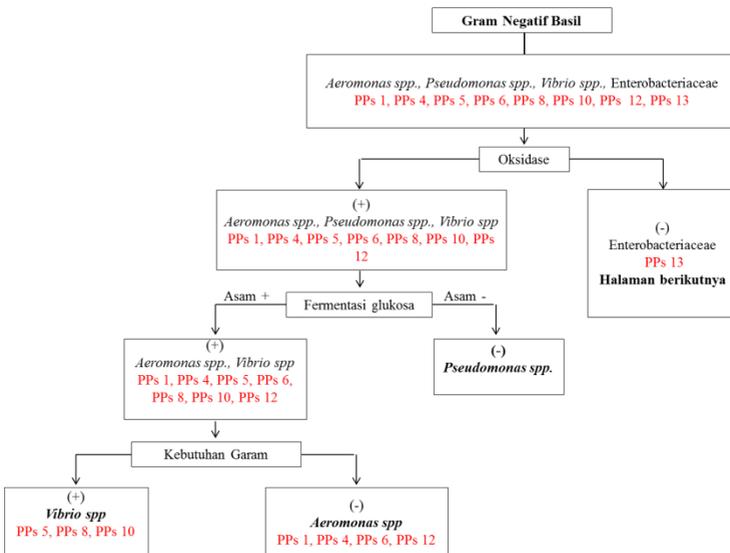
Kode Isolat	Gram (+)		Gram (-)	
	Basil	Kokus	Basil	Kokus
PPs 1			x	
PPs 2	x			
PPs 3				x
PPs 4			x	
PPs 5			x	
PPs 6			x	
PPs 7	x			
PPs 8			x	
PPs 9	x			
PPs 10			x	
PPs 11	x			
PPs 12			x	
PPs 13			x	

4.2 Keragaman Bakteri Pendegradasi Plastik

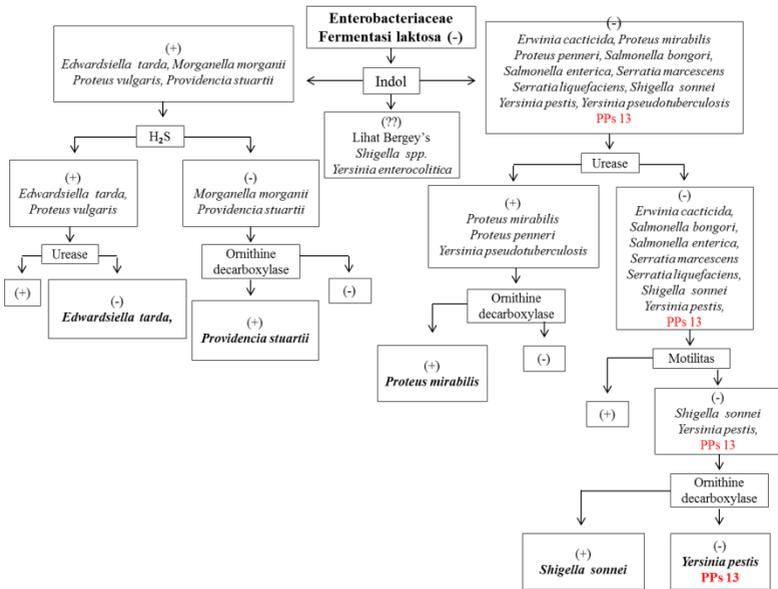
Berdasarkan hasil pewarnaan Gram (Tabel 4.3) secara garis besar isolate bakteri yang diperoleh dikelompokkan menjadi 3, yaitu Gram positif basil, Gram negatif basil, dan Gram negatif kokus. Berdasarkan uji biokimia isolat PPs kecenderungan masuk ke dalam 7 genus yaitu *Bacillus* (Gambar 4.9), *Corynebacterium* (Gambar 4.9), *Lactobacillus* (Gambar 4.9), *Vibrio* (Gambar 4.10), *Aeromonas* (Gambar 4.10), *Neisseria* (Gambar 4.10), dan *Yersinia* (Gambar 4.11).



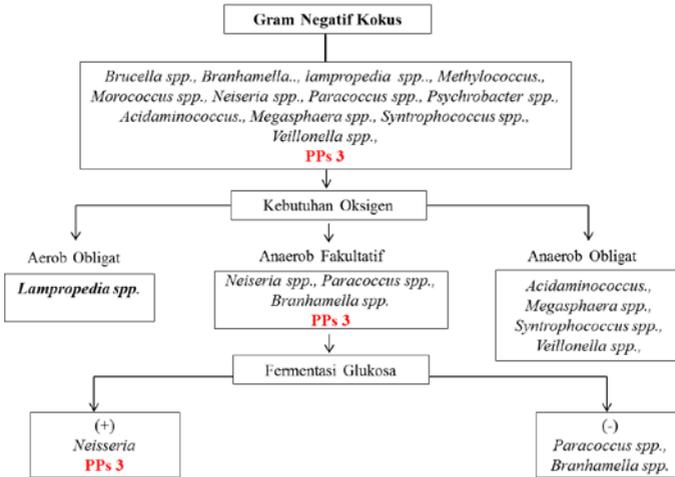
Gambar 4.9 Bagan Alir Bakteri Gram Positif Basil



Gambar 4.10 Bagan Alir Bakteri Gram Negatif Basil



Gambar 4.11 Bagan Alir Bakteri Gram Negatif Basil Famili Enterobacteriaceae.



Gambar 4.12 Bagan Alir Bakteri Gram Negatif Kokus

Hasil isolasi dan identifikasi menunjukkan bahwa ketujuh genus yang ditemukan mampu mendegradasi plastik. Hal tersebut juga didukung oleh beberapa penelitian lain yang telah dipublikasikan. Dari genera *Bacillus*, Usha dan Sangeetha (2011) melaporkan bahwa *Bacillus* sp. yang berasal dari tanah sampah ampu mendegradasi polietilen. Beberapa dari jenis tersebut diketahui mampu menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein atau polisakarida kompleks (Hatmanti, 2000).

Menurut Roshnee dan Mahalakshmi (2013), spesies *Corynebacterium* yang diisolasi dari tanah kompos mampu mendegradasi poliuretan dengan Analisa Gas Kromatografi. Menurut Reddy *et al* (2013), Genus *Lactobacillus* yang biasa dikenal dengan bakteri asam laktat ini mampu melakukan fermentasi karbohidrat sehingga menghasilkan *Poly Lactide Acid* (PLA) dapat digunakan sebagai biodegradabel plastik. Telah dilaporkan juga Genus *Vibrio* mampu mendegradasi polipropilen (Cacciari *et al.*, 1993). Menurut Mzoric *et al* (2002), Genus *Aeromonas* mampu mendegradasi *Poliuretan* dalam jalur metabolitnya. Sedangkan untuk Genus *Neisseria* dan *Yersinia* masih belum ada penelitian yang mendukung tentang kemampuannya mendegradasi plastik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Inokulum mikroorganisme yang ada di tanah sampah mampu mendegradasi plastik dengan persentase kehilangan berat kering plastik putih bening rata-rata per bulan sebesar 1% dan hitam sebesar 1,87%.

Inokulum mikroorganisme yang ada di tanah sampah diisolasi dan dikarakterisasi secara biokimia diperoleh 13 isolat bakteri tanah sampah yang mampu mendegradasi plastik. Berdasarkan kunci dikotomi *Bergey's Determinative of Bacteriology* isolat tersebut cenderung masuk ke dalam Genus *Bacillus* (PPs 9 dan PPs 11), *Corynebacterium* (PPs 7), *Lactobacillus* (PPs 1, PPs 4, PPs 6 dan PPs 12), *Yersinia* (PPs 13) dan *Neisseria* (PPs 3).

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan analisa pngamatan permukaan polimer plastik dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM), identifikasi ditingkatkan pada *generic assignment* hingga tahap spesies dan molekuler, dan penerapan aplikasi bioremediasi plastik skala lapangan berupa bioreaktor.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Medium

Komposisi *Medium Salt Mineral* (MSM)

Komposisi	dalam g/l
Magnesium Sulfate	0.2
Calcium Chloride	0.02
Monopotassium Phosphate	1.0
Dipotassium Phosphate	1.0
Ammonium Nitrate	1.0
Ferric Chloride	0.05

pH akhir medium 7, medium diautoclave selama 15 menit dengan suhu 121⁰C dan 1,5 atm

Komposisi medium *Nutrient Agar* (NA) (Oxoid)

Komposisi	dalam g/l
'Lab-Lemco' Powder	1,0
Yeast extract	2,00
Peptone	5,00
Sodium Chloride	5,00
Agar	15,0

Keterangan:Formula disesuaikan, standar sesuai parameter yang digunakan.

Komposisi medium *Thioglycollate Broth* (pH 7.1)

Komposisi	dalam g/l
Peptone	15.0 g
Yeast extract	5.0 g
Dextrose	5.0 g
L-cystine	0.75 g
Thioglycollic acid	0.5 g
Agar	0.75 g
Sodium chloride	2.5 g
Resazurin	0.001 g
Distilled water	1,000.0 ml

Komposisi medium *MR-VP Broth* (pH 6.9)

Komposisi	dalam g/l
Peptone	7.0 g
Dextrose	5.0 g
Potassium phosphate	5.0 g
Distilled water	1.000.0 ml

Komposisi medium *Triple Sugar Iron Agar* (pH 7.4)

Komposisi	dalam g/l
Beef extract	3.0 g
Yeast extract	3.0 g
Peptone	15.0 g
Peptose-peptone	5.0 g
Lactose	10.0 g
Saccharose.	10.0 g
Dextrose	1.0 g
Ferrous sulfate	0.2 g
Sodium chloride	5.0 g
Sodium thiosulfate	0.3 g
Phenol red	0.024 g
Agar	12.0 g
Distilled water	1,000.0 ml

Komposisi medium *Trypticase (Tryptic) Soy Broth* (pH 7.3)

Komposisi	dalam g/l
Tryptone	17.0 g
Soytone	3.0 g
Dextrose	2.5 g
Sodium chloride	5.0 g
Dipotassium phosphate	2.5 g
Distilled water	1,000.0 ml

 Komposisi medium *Simmons Citrate Agar* (pH 6.9)

Komposisi	dalam g/l
Ammonium dihydrogen phosphate	1.0 g
Dipotassium phosphate	1.0 g
Sodium chloride	5.0 g
Sodium citrate .	2.0 g
Magnesium sulfate	0.2 g
Agar	15.0 g
Bromothymol blue	0.08 g
Distilled water	1,000.0 ml

 Komposisi medium *Lactose Fermentation Broth* (pH 6.9)

Komposisi	dalam g/l
Beef extract	3.0 g
Peptone	5.0 g
Lactose	5.0 g
Distilled water	1,000.0 ml

 Komposisi medium *Glucose Fermentation Broth* (pH 6.9)

Komposisi	dalam g/l
Beef extract	3.0 g
Peptone	5.0 g
Glucose	10.0 g
Distilled water	1,000.0 ml

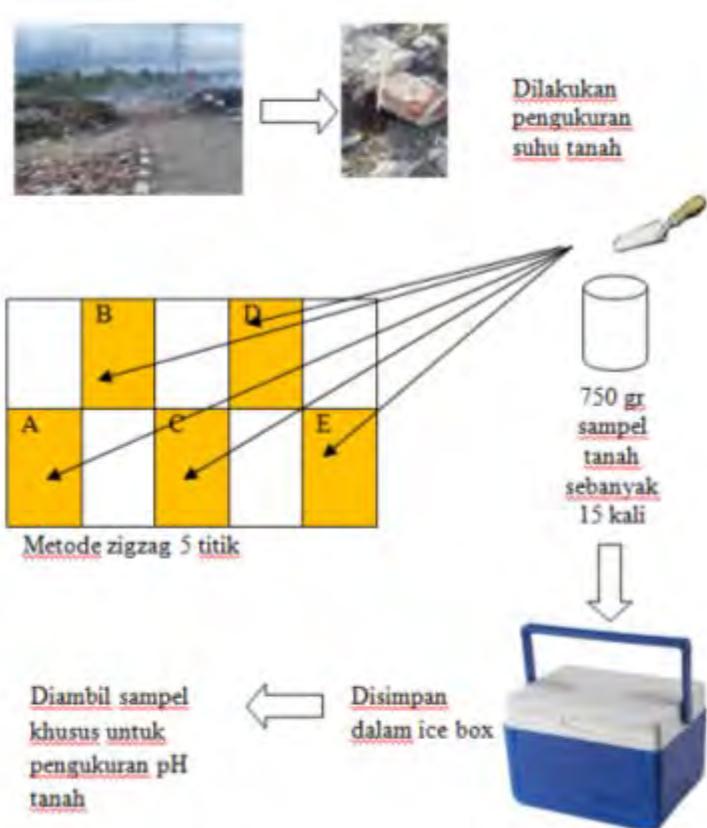
Komposisi *Kovacs' Reagent* (indole test)

Komposisi	dalam g/l
N-amyl or isoamyl alcohol	150 ml
Concentrated hydrochloric acid	50 ml
p-dimethylaminobenzaldehyde	10 g

Komposisi *Methylene Blue Stain*

Komposisi	dalam g/l
Methylene blue	0.3 g
Distilled water	100.0 ml

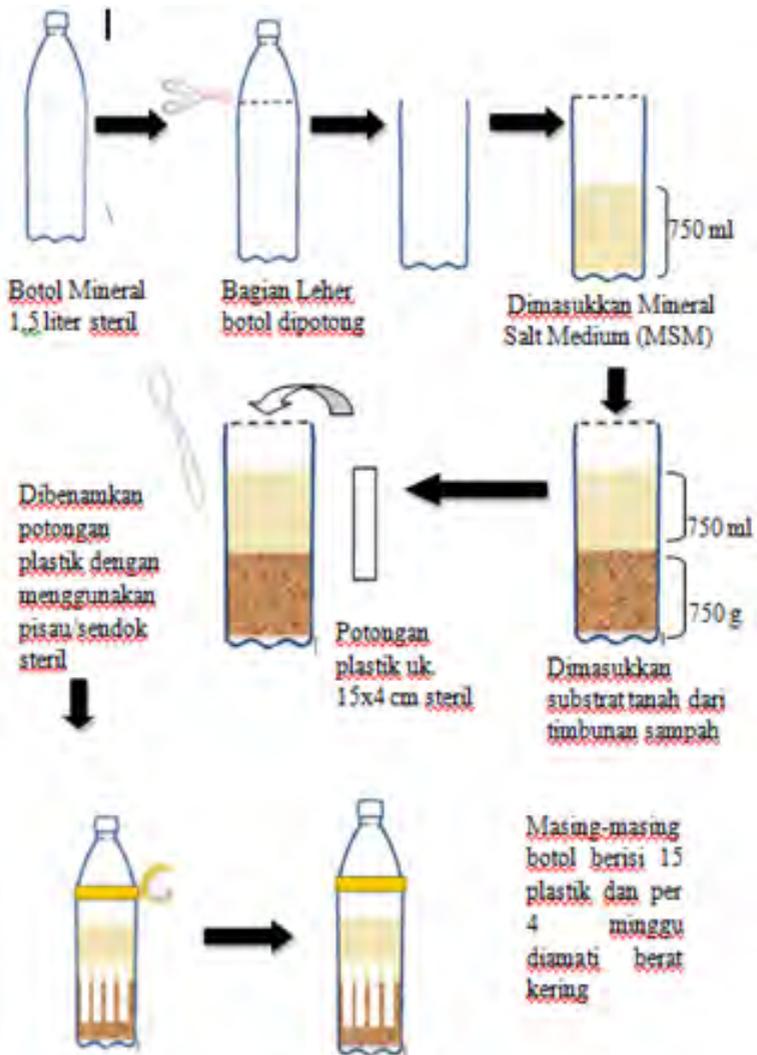
Lampiran 2. Skema Kerja Pengambilan Sampel Tanah di Tempat Pembuangan Sampah, Kecamatan Bulak Banteng



Lampiran 3. Skema Kerja Persiapan Kantong Plastik



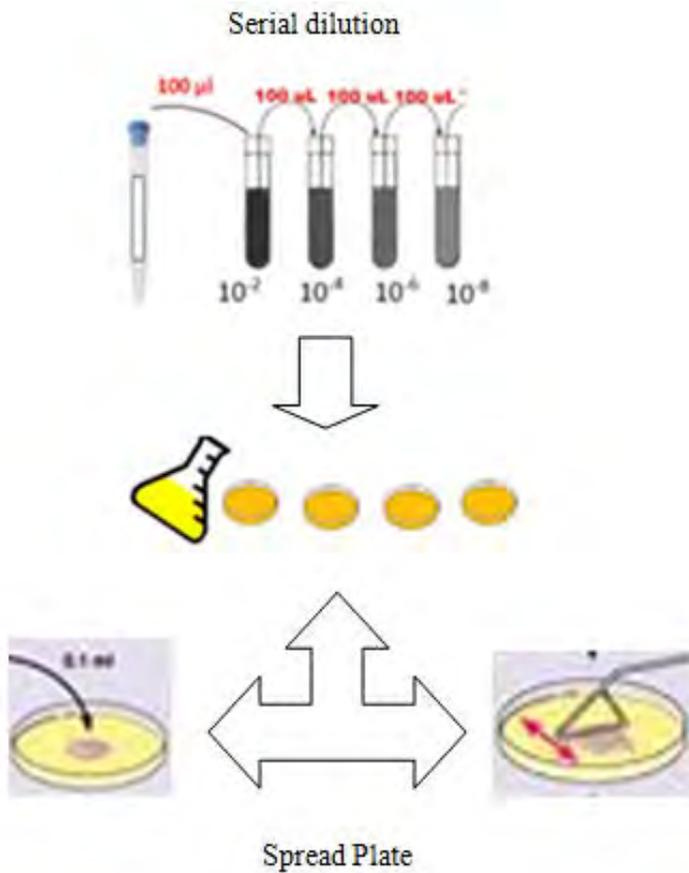
Lampiran 4. Skema Kerja Proses Biodegradasi dan Pemanenan Tiap 1 bulan



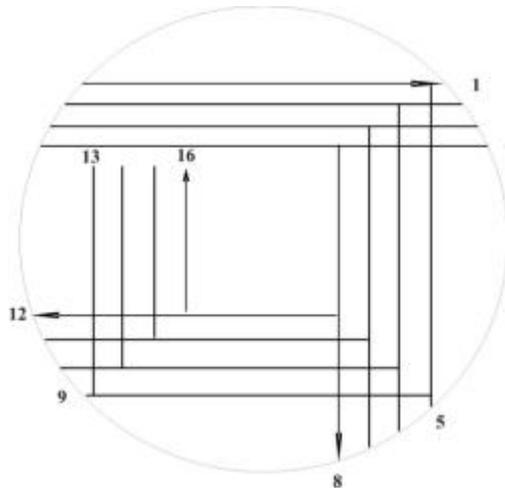




Lampiran 5. Skema Isolasi Bakteri Pendegradasi



Lampiran 6. Metode Pemurnian dengan Cara Gores 16



Cara kerja :

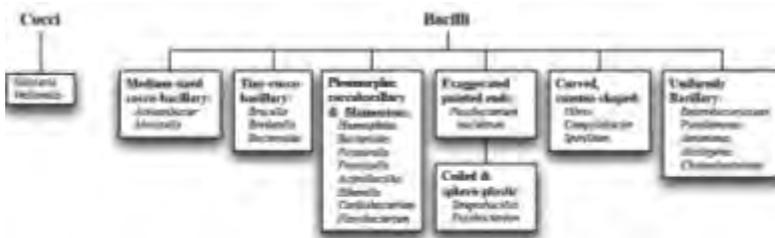
1. Jarum ose berujung bulat steril digunakan untuk mengambil koloni bakteri yang akan dipurifikasi.
2. Jarum ose digoreskan seperti pada no 1, 2, 3, dan 4 secara berurutan.
3. Setelah mendapat 4 goresan, jarum ose dipanaskan pada api Bunsen dan dicelupkan dalam alcohol dan dipanaskan pada api bunsen.
4. Jarum ose yang sudah dingin digunakan kembali untuk menggores, dari goresan no 4 ditarik goresan no 5, dari goresan no 3 ditarik goresan no 6, dari goresan no 2 ditarik goresan no 7, dan dari goresan no 1 ditarik goresan no 8.
5. Selanjutnya jarum ose dipanaskan pada api Bunsen dan dicelupkan dalam alcohol dan dipanaskan kembali pada api Bunsen. Jarum ose yang sudah dingin digunakan kembali untuk menggores kembali, dari goresan no 5 ditarik goresan no 9, dari goresan no 6 ditarik goresan no 10, dari goresan

Lampiran 7. Bagan Alur Identifikasi *Bergey's*

Gram Positive



Gram Negative



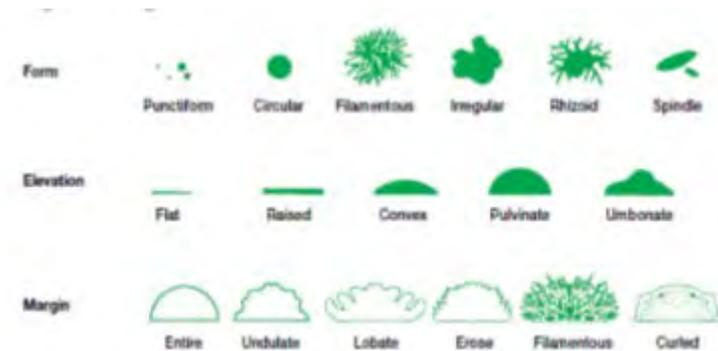
Gram Positive Cocci



Gram Negative Rods



Lampiran 8. Identifikasi Morfologi Koloni (Harley dan Prescott, 2001).



Lampiran 9. Dokumentasi Kolom *Winogradsky* dan Permukaan Kolom Plastik Putih Bening Selama 4 Bulan Masa Inkubasi



Panen 1 (Putih bening)



Panen 2 (Putih bening)



Panen 3 (Putih bening)



Panen 4 (Putih bening)

Kontrol Negatif Putih Bening



Site view



Surface view

Panen 1 (Putih bening)



P.1



P.2



P.3

Panen 2 (Putih bening)



P.1



P.2



P.3

Panen 3 (Putih bening)



P.1



P.2



P.3

Panen 4 (Putih bening)



P.1



P.2



P.3

Lampiran 10. Dokumentasi Kolom *Winogradsky* dan Permukaan Kolom Plastik Berwarna Selama 4 Bulan Masa Inkubasi

Panen 1



Plastik Hitam



Plastik Hijau



Plastik Biru



Plastik Merah

Panen 2



Plastik Hitam



Plastik Hijau



Plastik Biru



Plastik Merah

Panen 3



Plastik Hitam



Plastik Hijau



Plastik Biru



Plastik Merah

Panen 4



Plastik Hitam



Plastik Hijau

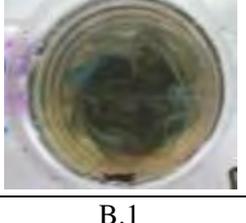


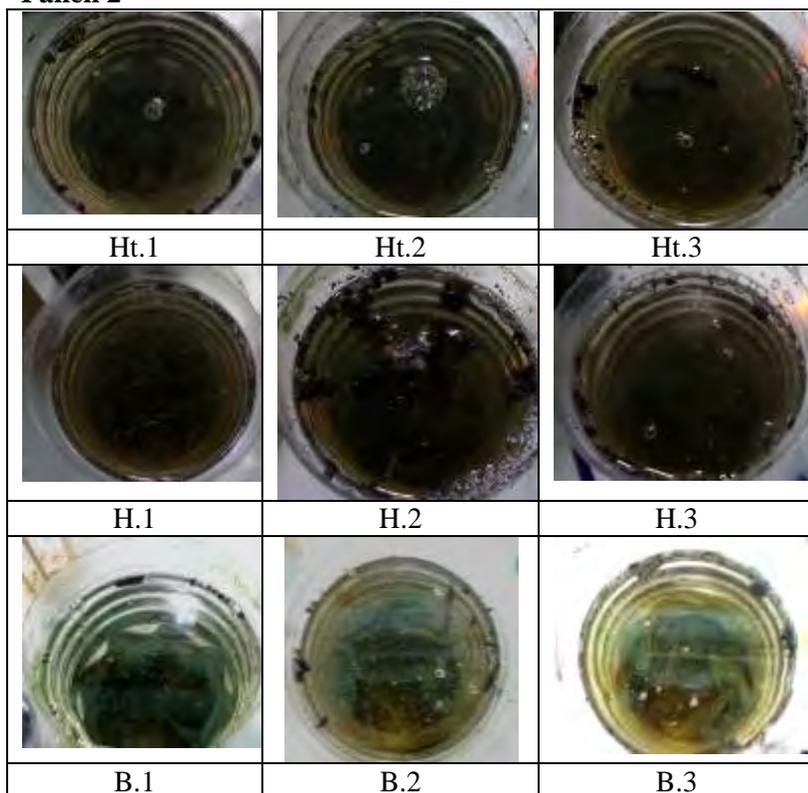
Plastik Biru

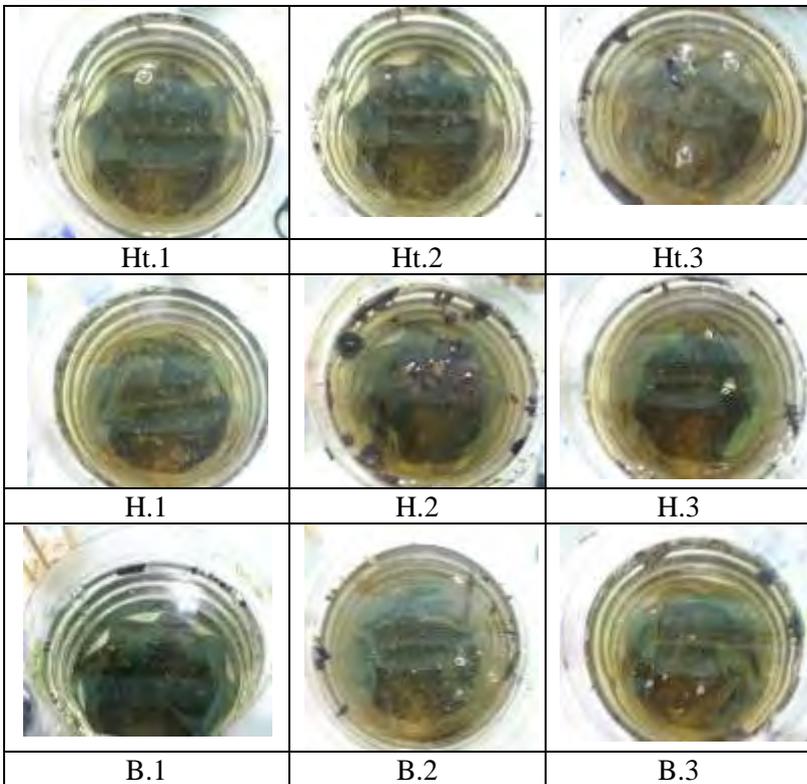


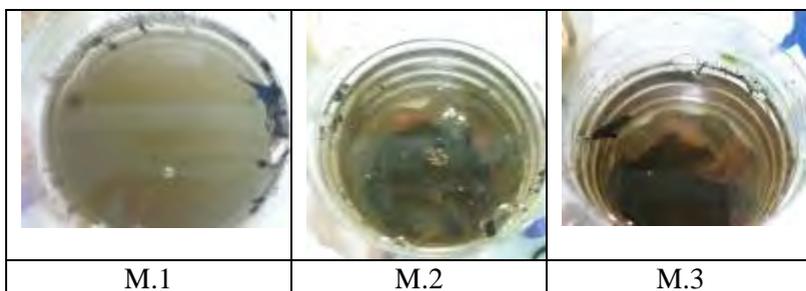
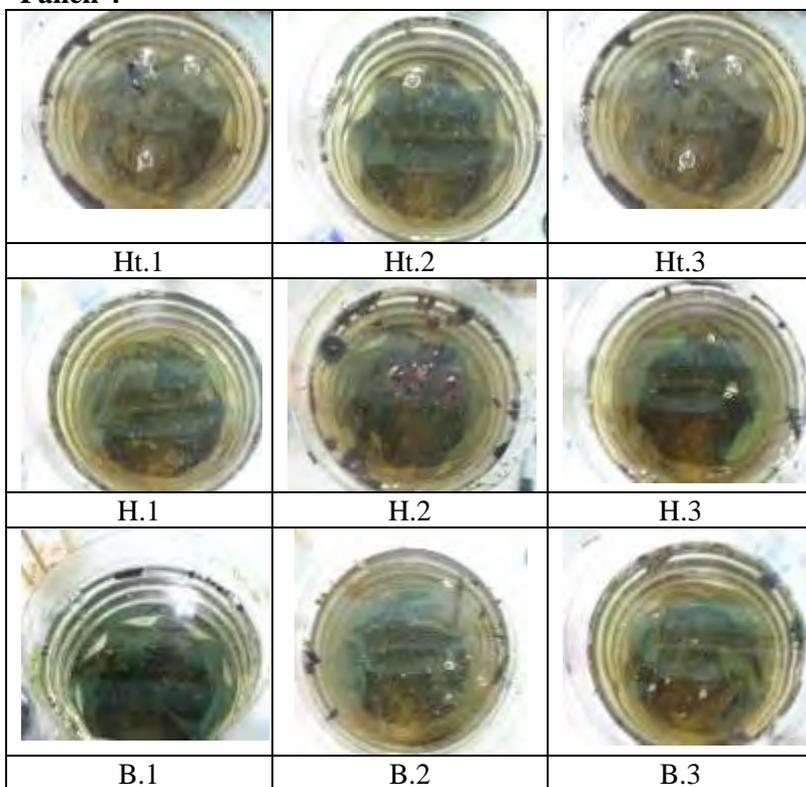
Plastik Merah

Panen 1

		
Ht.1	Ht.2	Ht.3
		
H.1	H.2	H.3
		
B.1	B.2	B.3

**Panen 2**

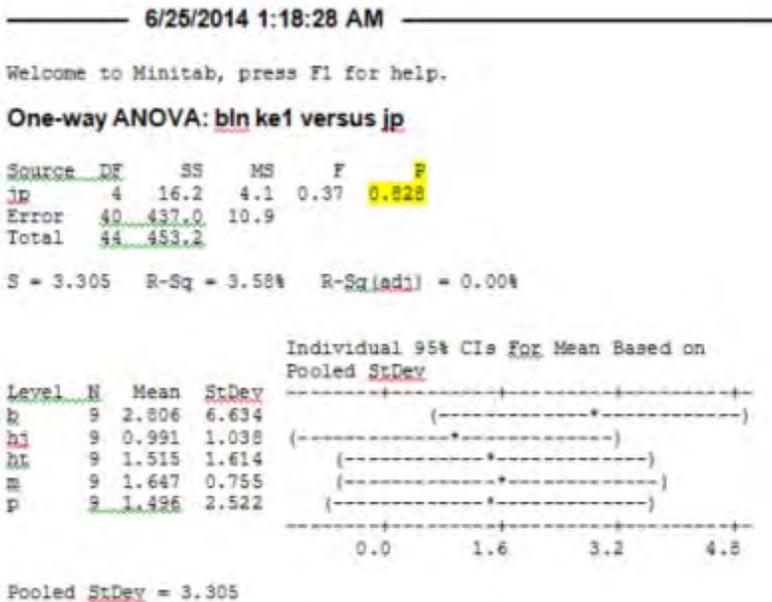
**Panen 3**

**Panen 4**



Lampiran 11. Analisis Data Statistika Uji *Analysis of Varians* (ANOVA) Tiap Bulan

Analisis Bulan 1

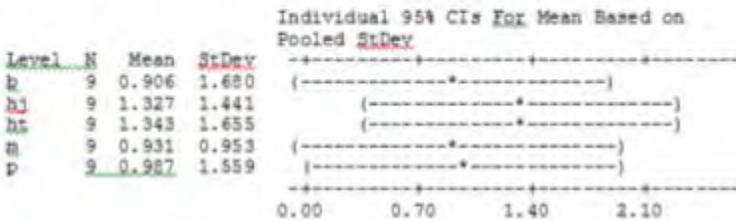


Analisis Bulan 2

One-way ANOVA: bln ke2 versus jns p

Source	DF	SS	MS	F	P
jns p	4	1.71	0.43	0.19	0.940
Error	40	87.80	2.19		
Total	44	89.51			

S = 1.482 R-Sq = 1.91% R-Sq(adj) = 0.00%



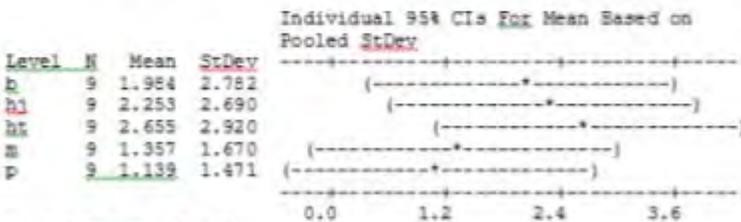
Pooled StDev = 1.482

Analisis Bulan 3

One-way ANOVA: bln ke3 versus jnsp1

Source	DF	SS	MS	F	P
jnsp1	4	14.16	3.54	0.62	0.650
Error	40	227.63	5.69		
Total	44	241.79			

S = 2.386 R-Sq = 5.85% R-Sq(adj) = 0.00%



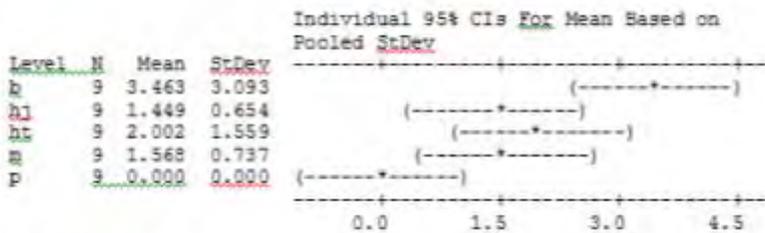
Pooled StDev = 2.386

Analisis Bulan 4

One-way ANOVA: bln ke4 versus jnsp2

Source	DF	SS	MS	F	P
jnsp2	4	55.53	13.88	5.35	0.002
Error	40	103.76	2.59		
Total	44	159.29			

S = 1.611 R-Sq = 34.86% R-Sq(Adj) = 28.35%



Pooled StDev = 1.611

Lampiran 12. Tabel Pengamatan Prosentase Kehilangan Berat Plastik Putih Bening Selama 4 Bulan Masa Inkubasi

Panen 1

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal	Berat Kering Akhir	(%) Kehilangan Berat Kering
(P.I)	3	0.066	0.062	6.06
	7	0.054	0.051	5.56
	8	0.054	0.053	1.85
(P.II)	5	0.061	0.061	0.00
	11	0.046	0.046	0.00
	12	0.058	0.058	0.00
(P.III)	6	0.054	0.054	0.00
	13	0.053	0.053	0.00
	14	0.059	0.059	0.00
Rata-rata		0.056	0.055	1.50

Panen 2

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal	Berat Kering Akhir	% Kehilangan Berat Kering
(P.I)	11	0.053	0.052	1.89
	14	0.062	0.06	3.23
	15	0.053	0.051	3.77
(P.II)	1	0.05	0.05	0.00
	3	0.057	0.057	0.00
	10	0.063	0.063	0.00
(P.III)	8	0.05	0.05	0.00
	9	0.044	0.044	0.00
	12	0.048	0.048	0.00
Rata-rata		0.053	0.053	0.99

Panen 3

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal	Berat Kering Akhir	(%) Kehilangan Berat Kering
(P.I)	6	0.062	0.061	1.61
	9	0.052	0.051	1.92
	13	0.065	0.063	3.08
(P.II)	4	0.054	0.054	0.00
	6	0.053	0.053	0.00
	9	0.054	0.054	0.00
(P.III)	5	0.064	0.064	0.00
	7	0.055	0.053	3.64
	11	0.051	0.051	0.00
Rata-rata		0.057	0.056	1.14

Panen 4

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal	Berat Kering Akhir	(%) Kehilangan Berat Kering
(P.I)	12	0,052	0,052	0,00
	4	0,053	0,053	0,00
	5	0,057	0,057	0,00
(P.II)	15	0,06	0,06	0,00
	13	0,061	0,061	0,00
	7	0,055	0,055	0,00
(P.III)	2	0,058	0,058	0,00
	10	0,049	0,049	0,00
	15	0,060	0,060	0,00
Rata-Rata		0,060	0,060	0,00

Lampiran 13. Tabel Pengamatan Presentase Kehilangan Berat Plastik Berwarna Selama 4 Bulan Masa Inkubasi

Panen 1
Plastik Merah

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
M.I	4	0.06	0.059	1.67
	5	0.041	0.041	0.00
	7	0.075	0.075	0.00
M.II	1	0.065	0.065	0.00
	2	0.053	0.053	0.00
	5	0.068	0.067	1.47
M.III	7	0.057	0.056	1.75
	8	0.041	0.04	2.44
	15	0.095	0.094	1.05
Rata-rata		0.062	0.061	0.93

Plastik Biru

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	% Kehilangan Berat Kering
B.I	4	0.053	0.053	0.00
	5	0.056	0.056	0.00
	11	0.057	0.056	1.75
B.II	5	0.065	0.064	1.54
	13	0.062	0.062	0.00
	15	0.035	0.035	0.00
B.III	3	0.054	0.043	20.37
	5	0.063	0.062	1.59
	12	0.071	0.071	0.00
Rata-rata		0.057	0.056	2.81

Plastik Hijau

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
H.I	1	0.07	0.068	2.86
	9	0.07	0.07	0.00
	10	0.066	0.066	0.00
H.II	1	0.079	0.079	0.00
	3	0.043	0.043	0.00
	10	0.069	0.068	1.45
H.III	1	0.06	0.059	1.67
	11	0.078	0.077	1.28
	15	0.06	0.059	1.67
Rata-rata		0.066	0.065	0.99

Plastik Hitam

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	% Kehilangan Berat Kering
Ht.I	1	0.056	0.056	0.00
	7	0.06	0.06	0.00
	12	0.049	0.047	4.08
Ht.II	7	0.08	0.078	2.50
	10	0.057	0.055	3.51
	12	0.056	0.055	1.79
Ht.III	4	0.062	0.062	0.00
	8	0.057	0.056	1.75
	10	0.097	0.097	0.00
Rata-rata		0.064	0.063	1.51

Panen 2
Plastik Merah

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
M.I	8	0.055	0.055	0
	12	0.051	0.05	1.96
	13	0.048	0.047	2.08
M.II	6	0.073	0.071	2.74
	10	0.078	0.077	1.28
	13	0.048	0.047	2.08
M.III	6	0.061	0.06	1.64
	10	0.063	0.062	1.59
	13	0.069	0.068	1.45
Rata-rata		0.061	0.060	1.65

Plastik Biru

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	% Kehilangan Berat Kering
B.I	1	0.072	0.072	0.00
	7	0.076	0.076	0.00
	10	0.06	0.057	5.00
B.II	8	0.063	0.063	0.00
	11	0.071	0.071	0.00
	14	0.066	0.066	0.00
B.III	6	0.063	0.062	1.59
	11	0.056	0.056	0.00
	14	0.064	0.063	1.56
Rata-rata		0.066	0.065	0.91

Plastik Hijau

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
H.I	4	0.052	0.051	1.92
	5	0.065	0.063	3.08
	11	0.053	0.051	3.77
H.II	4	0.077	0.077	0.00
	12	0.069	0.068	1.45
	13	0.07	0.07	0.00
H.III	4	0.058	0.057	1.72
	12	0.078	0.078	0.00
	13	0.061	0.061	0.00
Rata-rata		0.065	0.064	1.33

Plastik Hitam

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	% Kehilangan Berat Kering
Ht.I	3	0.057	0.056	1.75
	5	0.059	0.056	5.08
	6	0.061	0.06	1.64
Ht.II	8	0.057	0.056	1.75
	11	0.058	0.058	0.00
	14	0.055	0.055	0.00
Ht.III	3	0.054	0.053	1.85
	12	0.06	0.06	0.00
	14	0.053	0.053	0.00
Rata-rata		0.057	0.056	1.34

Panen 3
Plastik Merah

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
M.I	9	0.06	0.06	0.00
	10	0.066	0.066	0.00
	11	0.045	0.045	0.00
M.II	3	0.066	0.065	1.52
	7	0.041	0.039	4.88
	9	0.072	0.071	1.39
M.III	1	0.067	0.066	1.49
	3	0.068	0.066	2.94
	11	0.074	0.074	0.00
Rata-rata		0.062	0.061	1,36

Plastik Biru

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
B.I	2	0.069	0.066	4.35
	8	0.063	0.063	0.00
	9	0.055	0.054	1.82
B.II	1	0.052	0.052	0.00
	6	0.057	0.057	0.00
	10	0.065	0.064	1.54
B.III	10	0.048	0.044	8.33
	13	0.052	0.052	0.00
	15	0.055	0.054	1.82
Rata-rata		0.057	0.056	1.98

Plastik Hijau

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	% Kehilangan Berat Kering
H.I	2	0.051	0.05	1.96
	3	0.068	0.067	1.47
	8	0.054	0.049	9.26
H.II	6	0.086	0.085	1.16
	7	0.057	0.057	0.00
	11	0.056	0.055	1.79
H.III	6	0.062	0.061	1.61
	9	0.058	0.057	1.72
	14	0.077	0.076	1.30
Rata-rata		0.063	0.062	2.25

Plastik Hitam

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	% Kehilangan Berat Kering
Ht.I	4	0.053	0.05	5.66
	9	0.062	0.06	3.23
	10	0.056	0.056	0.00
Ht.II	9	0.068	0.067	1.47
	13	0.053	0.052	1.89
	15	0.058	0.058	0.00
Ht.III	6	0.066	0.064	3.03
	13	0.058	0.053	8.62
	15	0.055	0.055	0.00
Rata-rata		0.059	0.057	2.65

Panen 4
Plastik Merah

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
M.I	15	0,074	0,073	1,35
	14	0,053	0,052	1,89
	1	0,052	0,052	0,00
M.II	8	0,071	0,069	2,82
	11	0,056	0,055	1,79
	4	0,061	0,06	1,64
M.III	9	0,078	0,077	1,28
	2	0,056	0,055	1,79
	5	0,064	0,063	1,56
Rata-rata		0,063	0,062	1,57

Plastik Biru

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
B.I	3	0,068	0,064	5,88
	12	0,058	0,055	5,17
	15	0,058	0,058	0,00
B.II	2	0,048	0,046	4,17
	7	0,041	0,041	0,00
	9	0,057	0,057	0,00
B.III	1	0,058	0,054	6,90
	8	0,067	0,062	7,46
	9	0,063	0,062	1,59
Rata-rata		0,060	0,060	3,46

Plastik Hijau

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
H.I	15	0,06	0,059	1,67
	7	0,043	0,042	2,33
	14	0,056	0,055	1,79
H.II	15	0,058	0,058	0,00
	14	0,088	0,087	1,14
	9	0,051	0,05	1,96
H.III	7	0,068	0,067	1,47
	2	0,079	0,078	1,27
	10	0,07	0,069	1,43
Rata-rata		0,064	0,063	1,45

Plastik Hitam

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal (G)	Berat Kering Akhir (G)	(%) Kehilangan Berat Kering
Ht.I	2	0,059	0,058	1,69
	11	0,07	0,068	2,86
	15	0,056	0,055	1,79
Ht.II	2	0,045	0,045	0,00
	3	0,053	0,053	0,00
	4	0,057	0,055	3,51
Ht.III	1	0,058	0,057	1,72
	5	0,062	0,059	4,84
	7	0,062	0,061	1,61
Rata-rata		0,058	0,057	2,00

Lampiran 14. Tabel Pengamatan Prosentase Kehilangan Berat Kontrol Negatif Plastik Putih Bening Selama 4 Bulan Masa Inkubasi

Panen 1

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal	Berat Kering Akhir	% Berat Kering
P.K	9	0.041	0.041	0
	10	0.052	0.052	0
	13	0.066	0.066	0
Rata-rata				0

Panen 2

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal	Berat Kering Akhir	% Berat Kering
P.K	2	0.047	0.047	0
	3	0.046	0.046	0
	4	0.057	0.057	0
Rata-rata				0

Panen 3

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal	Berat Kering Akhir	% Berat Kering
P.K	5	0.062	0.062	0
	7	0.046	0.046	0
	8	0.042	0.042	0
Rata-rata				0

Panen 4

Warna Plastik	Kode Plastik	Berat Kering Awal	Berat Kering Akhir	% Berat Kering
P.K	6	0.057	0.057	0
	12	0.059	0.059	0
	15	0.052	0.052	0
Rata-rata				0

Lampiran 15. Tabel Pengamatan OD Biofilm Selama 4 Bulan Plastik Putih Bening Masa Inkubasi

Panen 1

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
P.I	3	0.554
	7	0.306
	8	0.501
P.II	5	1.31
	11	0.78
	12	0.245
P.III	6	0.84
	13	1.01
	14	0.423
Rata-Rata		0.66

Panen 2

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
P.I	11	0.546
	14	0.292
	15	0.979
P.II	1	0.831
	3	0.963
	10	0.635
P.III	8	0.944
	9	0.509
	12	0.574
Rata-rata		0.70

Panen 3

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
P.I	6	0.2
	9	0.892
	13	0.333
P.II	4	0.252
	6	0.426
	9	0.303
P.III	5	0.592
	7	0.54
	11	1.158
Rata-rata		0.52

Panen 4

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
P.I	12	0.486
	4	0.419
	5	0.53
P.II	15	0.241
	13	0.964
	7	0.689
P.III	2	0.51
	10	0.293
	15	0.324
Rata-rata		0.50

Lampiran 16. Tabel Pengamatan OD Biofilm Selama 4 Bulan Plastik Hitam Masa Inkubasi

Panen 1

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
Ht.I	1	0.995
	7	1.357
	12	1.663
Ht.II	7	0.662
	10	0.962
	12	0.648
Ht.III	4	1.702
	8	0.993
	10	0.908
Rata-rata		1.10

Panen 2

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
Ht.I	3	1.523
	5	1.419
	6	1.111
Ht.II	8	1.429
	11	0.807
	14	1.481
Ht.III	3	1.234
	12	0.471
	14	1.488
Rata-rata		1.22

Panen 3

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
Ht.I	4	0.65
	9	0.793
	10	0.828
Ht.II	9	1.324
	13	0.823
	15	1.067
Ht.III	6	0.76
	13	0.941
	15	0.802
Rata-rata		0.89

Panen 4

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
Ht.I	11	0.933
	15	0.724
	2	1.287
Ht.II	2	0.662
	4	1.576
	3	1.645
Ht.III	5	1.696
	7	0.55
	1	0.639
Rata-rata		1.08

Lampiran 17. Tabel Pengamatan OD Biofilm Selama 4 Bulan Kontrol Negatif Plastik Putih Bening Masa Inkubasi

Panen 1

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
P.K	9	0.001
	10	0.014
	13	0.023
Rata-rata		0.013

Panen 2

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
P.K	2	0.071
	3	0.059
	4	0.009
Rata-rata		0.046

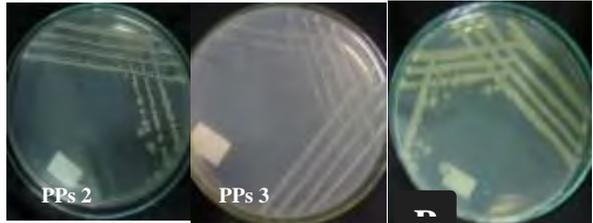
Panen 3

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
P.K	5	0.023
	7	0.036
	8	0.014
Rata-rata		0.024

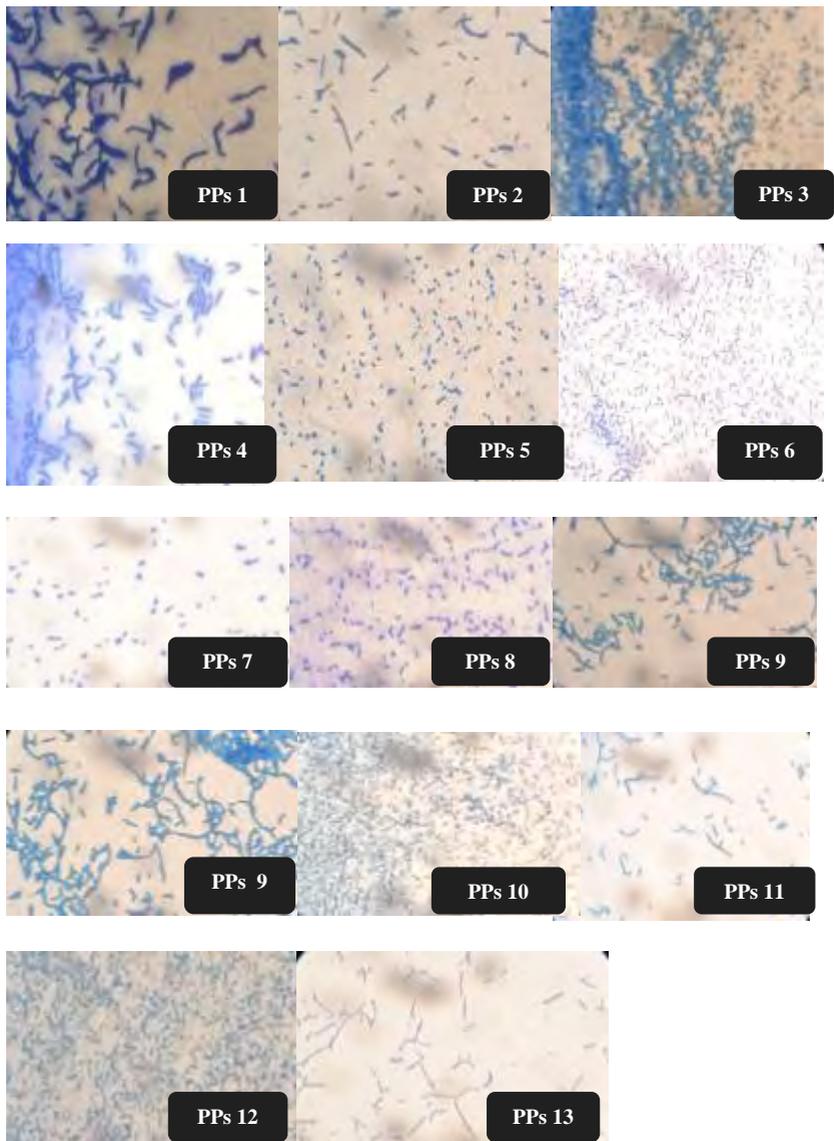
Panen 4

Warna Plastik	Kode Plastik	OD Biofilm
P.K	12	0.008
	15	0.019
	6	0.021
Rata-rata		0.016

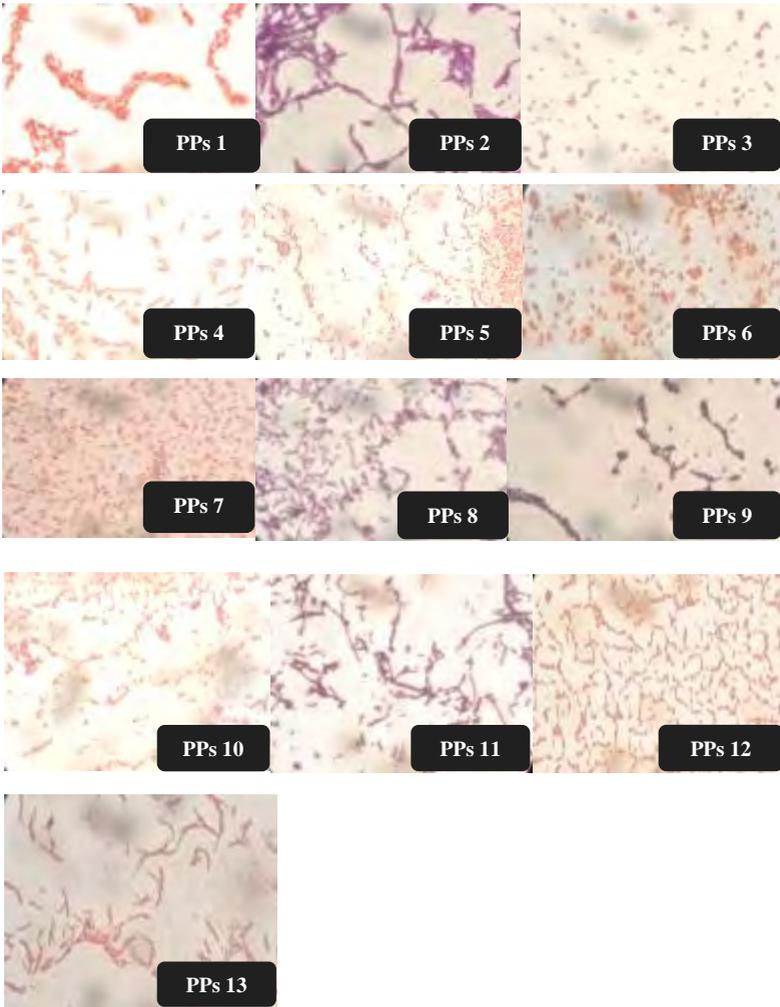
Lampiran 18. Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Pendegradasi Plastik



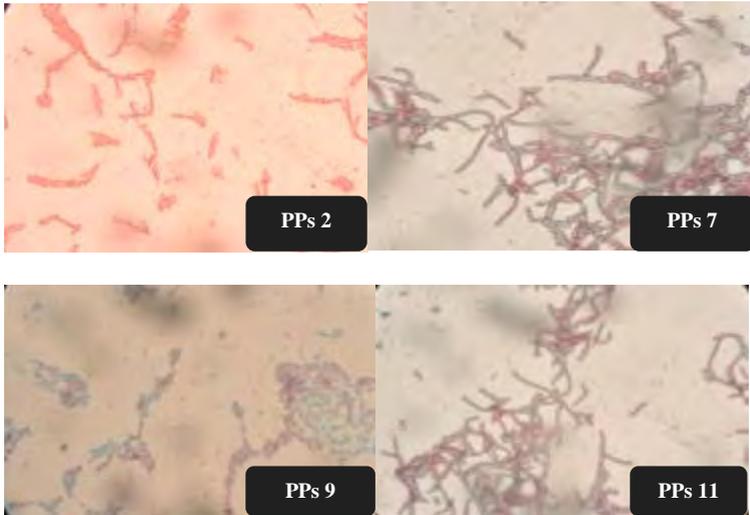
Lampiran 19. Pewarnaan Sederhana



Lampiran 20. Pewarnaan Gram



Lampiran 21. Pewarnaan Endospora

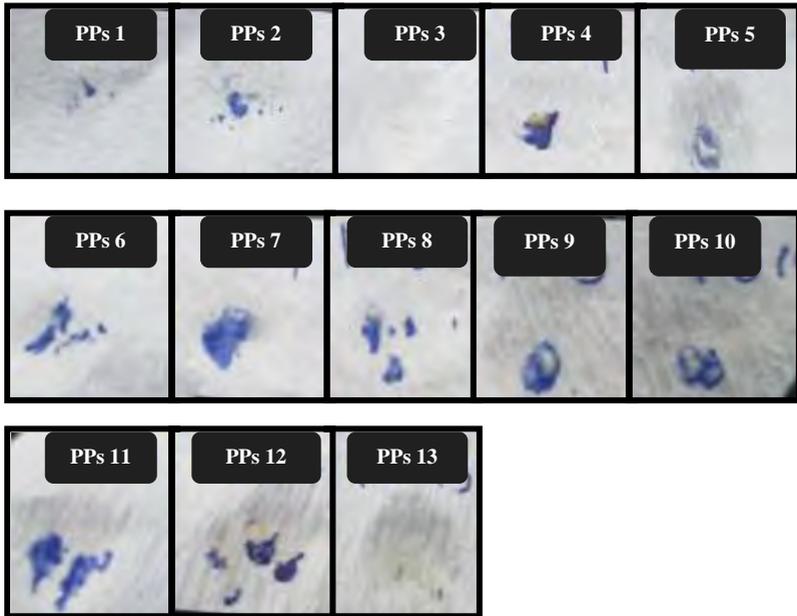


Keterangan: Sel Vegetatif (Merah)
Endospora (Hijau)

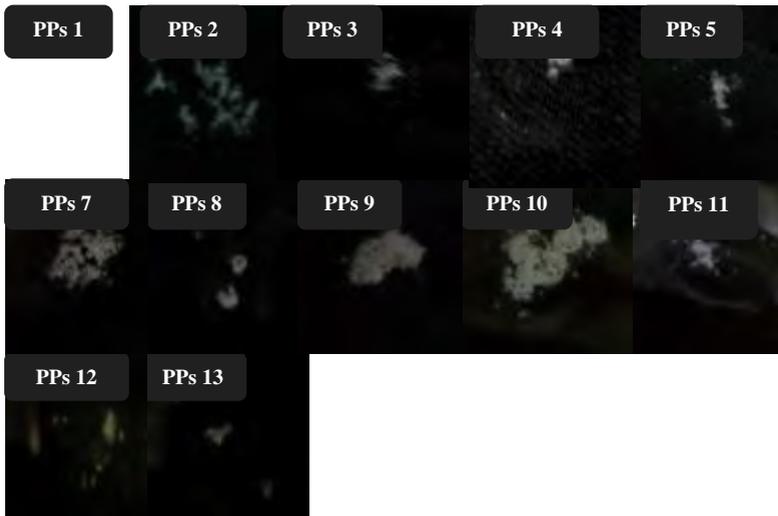
Lampiran 22. Pewarnaan Tahan Asam



Lampiran 23. Uji Oksidase



Lampiran 24. Uji Katalase

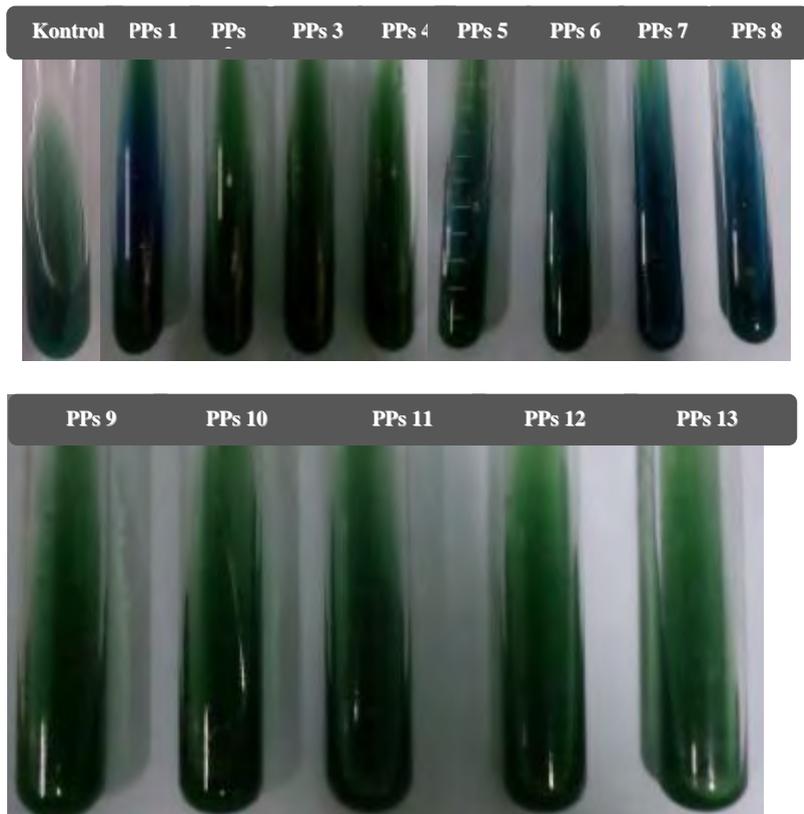


Keterangan : Terdapat Gelembung Gas (Positif)

Lampiran 25. Uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*)



Lampiran 26. Uji Sitrut

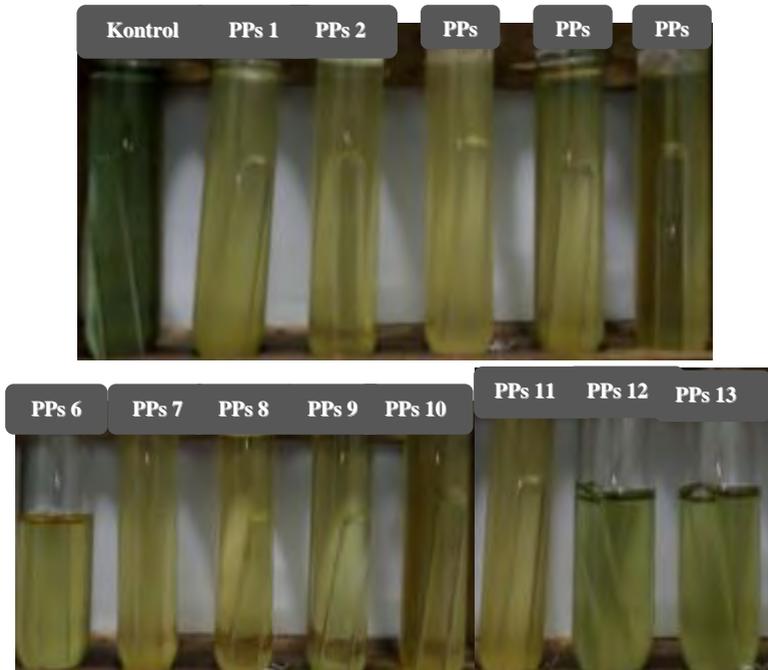


Keterangan : Hijau (Negatif)

Lampiran 27. Uji Fermentasi Karbohidrat

a.

Glukosa

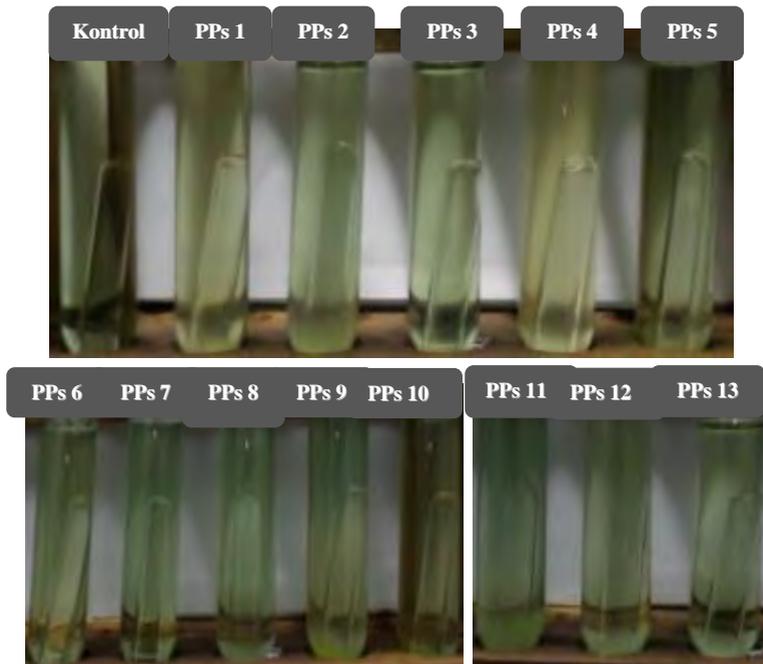


Keterangan: Hijau muda-Kuning (Positif)

Hijau-Biru (Negatif)

b.

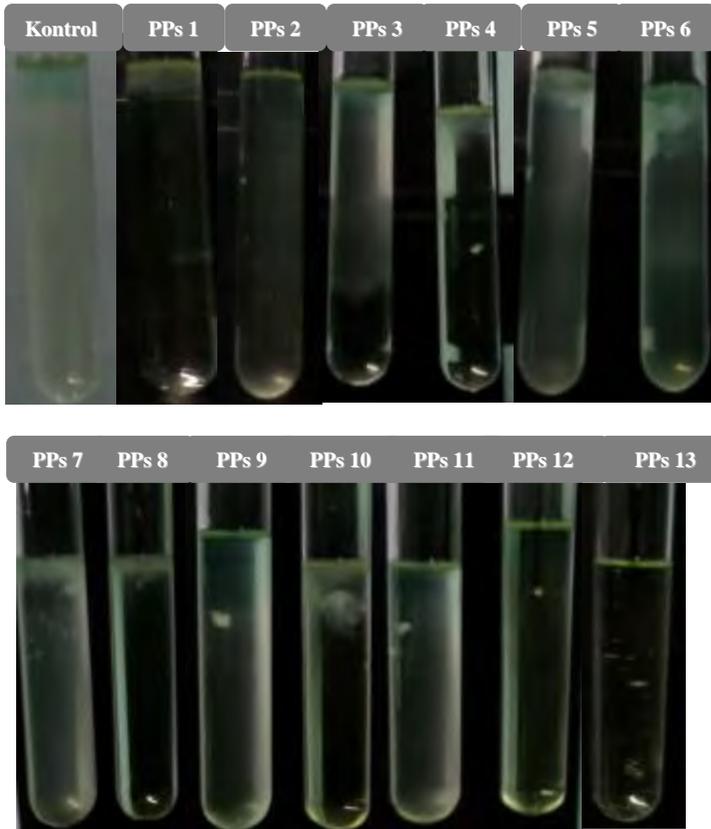
Laktosa



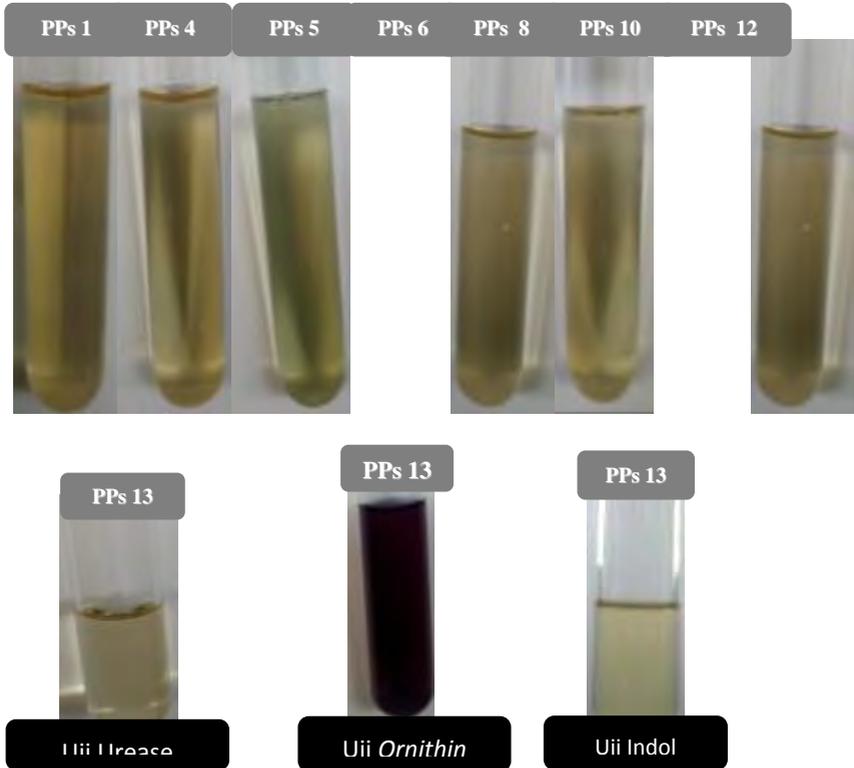
Keterangan: Hijau muda-Kuning (Positif)

Hijau-Biru (Negatif)

Lampiran 28. Uji Kebutuhan Oksigen



Lampiran 29. Uji Ketahanan NaCl 7 %, Urease, *Ornithin Decarboxylase*, dan Indol

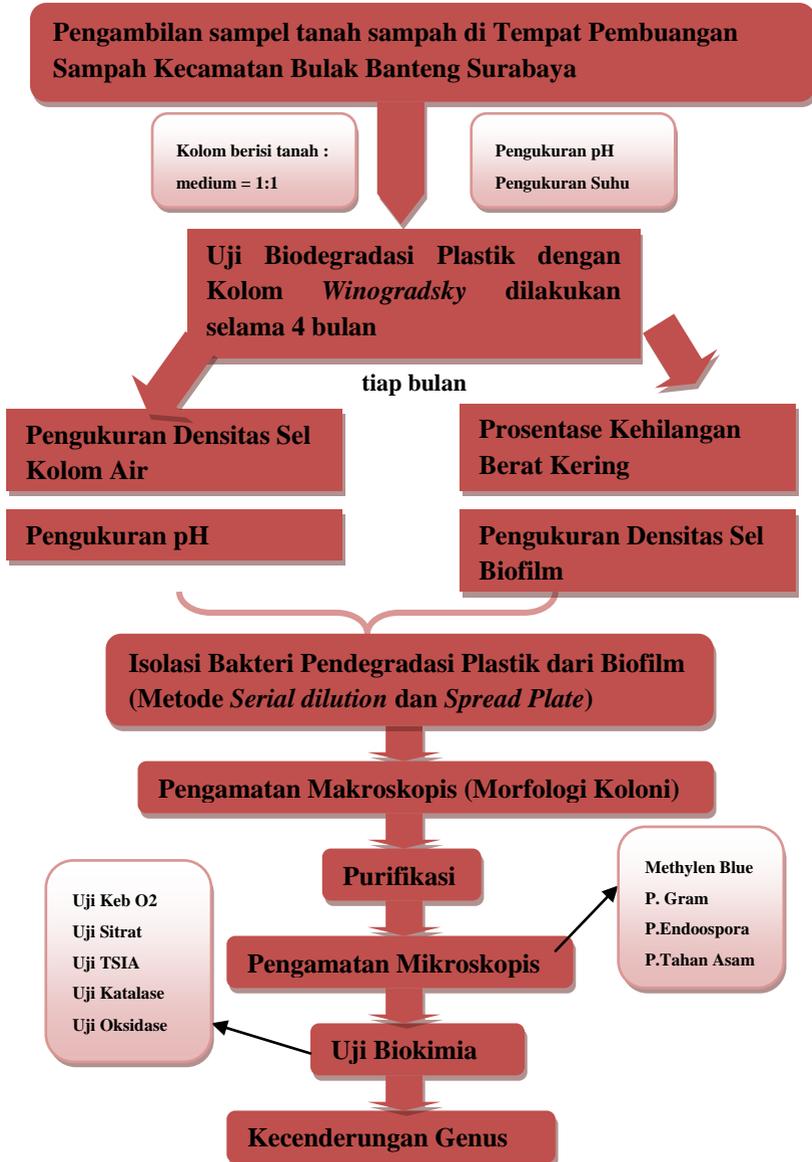


Keterangan:
 Ungu (Positif)
 Kuning (Positif)

Keterangan:
 Ungu (Positif)
 Kuning (Positif)

Keterangan:
 Permukaan Merah (Positif)
 Tetap Kuning (Negatif)

Lampiran 31. Skema Kerja Penelitian Isolasi Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik dengan Metode Kolom *Winogradsky*



BIODATA PENULIS



Penulis bernama Dewi Nur Ainiyah. Anak kedua dari dua bersaudara ini dilahirkan di Gresik, 15 Juni 1992. Penulis menempuh pendidikan dari mulai sekolah dasar di SDN RANDUAGUNG I, SMPN 2 Kebomas Gresik, dan menempuh studi di SMAN 1 Kebomas Gresik. Penulis bergolongan darah A ini cukup tertarik pada bidang Sains terlihat sejak menempuh jenjang menengah atas dengan masuk program studi IPA. Saat duduk di bangku SMA berkeinginan dapat masuk Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM) Unair. Namun keberuntungan berpihak lain dengan jalur SNMPTN ternyata penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Biologi FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selama menempuh studi di Biologi penulis tertarik pada bidang Mikrobiologi dan Bioteknologi yang terlihat dari Program Kerja Praktek di Laboratorium Mikrobiologi Balai Riset Pupuk dan Hayati PT.Petrokimia Gresik dan dilanjutkan dengan penulisan Tugas Akhir yang bertema Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik dalam Kolom *Winogradsky*. Selain tertarik di Mikrobiologi penulis juga aktif pada bidang akademik lain, penulis tercatat pernah menjadi Asisten Struktur Hewan, Asisten Perkembangan Hewan dan Asisten Biologi Umum.

Penulis juga tertarik dengan dunia organisasi intra kampus (HIMABITS). Penulis pernah menjabat sebagai Koor *Sterring Committee* (SC) Biological Opus Fair (BOF) HIMABITS periode 2012-2013. Penulis berharap dengan penelitian ini penulis mampu menjadi pribadi yang bermanfaat dunia akhirat untuk diri penulis dan untuk lingkungan sekitar.

*Rasa Syukur dan terima kasih penulis haturkan kepada ALLAH
SWT atas rahmat dan karuniaNya.*

*Terima Kasih tak terhingga kepada, Bapak, Ibu atas doa dan
ridhonya, adik-adik dan KELUARGA BESAR atas doa dan
motivasiNya.*

*Terimakasih pula kepada orang tua kami di Surabaya, Bapak Ibu
dosen dan karyawan Jurusan Biologi ITS atas ilmu, pengajaran
dan bantuan yang diberikan.*

*Terimakasih Kepada KELUARGA BESAR “Tursiops Truncatus“
yang menjadi keluarga, teman dan sahabat, semoga sillaturrahmi
ini hingga akhirat nanti.*

*KELUARGA BESAR laboratorium Mikrobiologi atas keceriaan,
motivasi dan suka-duka perjuangan yang terbina selama ini: as
as a partner (Fiki), special for (Ryan, Kusnul) teman-teman
(Hefdi, Sidratu, Anjar, , Amik, Shella, Afina, Laily, Andry, Zuki,
Martha, Risa, Isna, Jeje, Anik, Mila, Alfia dan Mas Wahed)
(Desi, Linda, Wanda, Kiki, Ratna)*

*“You Never Know How Strong You Are Until Being Strong
is The Only Choice You Have”*

By Bob Marley