

**FENOMENA DEGRADASI SAMPAH PLASTIK
POLIETILEN TEREFTALAT DAN POLIPROPILEN
DI DALAM SISTEM PERAIRAN**

DISERTASI

Disusun Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi Program Doktor (S-3)
pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang



ADIAN KHOIRONI
NIM 30000216510003

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

FENOMENA DEGRADASI SAMPAH PLASTIK POLIETILEN TEREFTALAT DAN POLIPROPILEN DI DALAM SISTEM PERAIRAN

ADIAN KHOIRONI
NIM : 30000216510003

Telah diuji dan dinyatakan lulus ujian pada tanggal 2 September 2019 oleh tim penguji Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro

Telah disetujui oleh :

Promotor

Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS
NIP. 195212111976031003

Co-Promotor

Dr. Ing. Sudarno, ST, MSc
NIP. 197401311999031003

Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro



Dr. R. S. Satrio, S.H., M.Hum
NIP. 196701011991031005

Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro,
Ketua,

Dr. Hartuti Purnaweni, MPA
NIP. 19611202 198803 2000

PENGESAHAN

**FENOMENA DEGRADASI SAMPAH PLASTIK POLIETILEN
TEREFTALAT DAN POLIPROPILEN DI DALAM SISTEM
PERAIRAN**

ADIAN KHOIRONI

NIM 30000216510003

Pimpinan Sidang :

Dr. RB.Sularto,S.H.,M.Hum



Sekretaris Sidang :

Dr. Hartuti Purnaweni, MPA

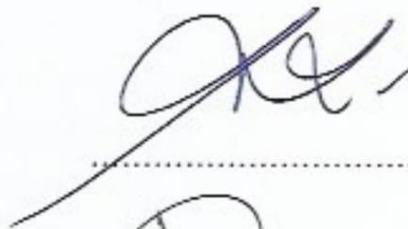


Anggota Tim Penguji :

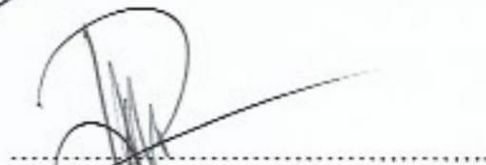
Prof. Dr.rer nat.Heru Susanto, S.T,M.M.,M.T



Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro,M.S



Dr. Prabang Setyono, S.Si, M.Si



Dr. Jafron Wasiq Hidayat, M.Sc



Dr. Ing.-Sudarno Utomo,S.T,M.Sc



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT senantiasa penulis haturkan atas segala rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi dengan judul “Fenomena Degradasi Sampah Plastik Polietilen Tereftalat dan Polipropilen di dalam sistem perairan “.

Tulisan disertasi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Doktor (S3) sebagai Doktor Ilmu Lingkungan pada Program Doktor Ilmu Lingkungan. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam penyusunan proposal penelitian ini, yang terhormat :

1. Dr. RB Sularto selaku Dekan Sekolah Pasca Sarjana UNDIP
2. Dr.Hartuti Purnaweni, MS selaku Ketua Program Doktor Ilmu Lingkungan UNDIP
3. Prof.Dr.Ir.Sutrisno Anggoro, M.Sc, selaku promotor yang dengan sabar selalu mengarahkan dan membimbing dalam penyusunan Kajian Pustaka ini.
4. Dr.Sudarno, MSc selaku Co-Promotor yang banyak membantu dan memberi masukan bagi terselesainya Kajian Pustaka ini.
5. Teman-teman DIL X , yang selalu memberikan semangat kebersamaan dan dukungan selama menjadi mahasiswa di program Doktor Ilmu Lingkungan UNDIP.
6. Suami tercinta Prof.Dr.Hadiyanto, ST, MSc, yang selalu mendukung baik dari segi moral maupun material, dan juga dengan sabar membimbing dan mendampingi hingga terselesainya disertasi ini.
7. Anak- anakku tercinta, Adhelia Intan Sabhira dan Amira Lontina Ichlasia, yang selalu menyemangati dan berbagi waktu sehingga disertasi ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Orang tua kami tercinta, Bpk /Ibu Adnan Syafi”i dan Bpk/Ibu Radan yang senantiasa berdoa dan memberikan motivasi sehingga program S3 ini dapat terselesaikan.

9. Seluruh staff dan karyawan Program Doktor Ilmu Lingkungan dan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu - persatu.

Akhir kata penulis berharap agar disertasi ini dapat bermanfaat.

Semarang , Oktober 2019

Adian Khoironi
NIM. 30000216510003



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : Adian Khoironi
NIM : 30000216510003
Tempat/Tanggal Lahir : Malang, 28 Januari 1975
Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan


Dengan ini menyatakan bahwa disertasi yang saya susun dengan judul :

Fenomena Degradasi Sampah Plastik Polietilen Tereftalat dan Polipropilen di dalam Sistem Perairan

Adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, dan bukan merupakan plagiat dari disertasi atau karya ilmiah orang lain kecuali dengan acuan atau kutipan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila di kemudian hari pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademis yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan bilamana diperlukan.

Semarang, Oktober 2019

Dibuat pernyataan

Adian Khoironi
NIM. 30000216510003

FENOMENA DEGRADASI SAMPAH PLASTIK POLIETILEN TEREFTALAT DAN POLIPROPILEN DI DALAM SISTEM PERAIRAN

ABSTRAK

Penggunaan plastik berbahan polimer polietilen tereftalat (PET) dan polipropilen (PP) secara besar - besaran sebagai bahan kemasan makan dan minuman berkontribusi dalam meningkatnya jumlah sampah plastik polietilen tereftalat dan polipropilen di dalam sistem perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari fenomena yang terjadi pada plastik di dalam sistem perairan yang melibatkan unsur abiotik, biotik dan sosial budaya, yang secara keseluruhan saling berkaitan. Penelitian ini dilakukan dengan didukung oleh beberapa instrumen untuk menghasilkan data yang akurat yaitu dengan penggunaan FTIR, SEM/EDX, Spektrofotometer, Tensile strength meter, Osmoregulator dan mikroskop. Hasil yang diperoleh berupa data perubahan gugus fungsional organik, gambar morfologi permukaan plastik, komposisi unsur anorganik, tingkat kinerja osmoregulasi, kerapatan pertumbuhan mikroorganisme, kemampuan Tarik plastik dan gambar mikrostruktur kemudian diolah untuk menghasilkan suatu pembahasan yang akan menjawab pertanyaan dari tujuan penelitian ini. Hasil penelitian pada proses degradasi plastik pada skala laboratorium dengan perlakuan sinar Ultra Violet menunjukkan penurunan kekuatan tarik pada PET sebesar 1,7142 dan pada PP sebesar 0,1122, sedangkan pada perlakuan dengan *Spirulina sp* pada PET sebesar 0,9939 dan pada PP sebesar 0,1977. Analisa menggunakan EDX memberikan hasil penurunan jumlah karbon yang signifikan terjadi pada perlakuan dengan *Spirulina sp* dimana pada PET terjadi penurunan karbon sebesar 48,7 % dan pada PP sebesar 36,7%. Pada penelitian proses degradasi plastik diperairan pesisir Tambak Lorok, hasil analisa EDX menunjukkan penurunan karbon pada PET sebesar 20 % sedangkan pada PP sebesar 16,76% untuk kedalaman sedimen 170 cm dan sebesar 6,67% untuk kedalaman sedimen 50 cm. Pada penelitian tentang dampak mikroplastik bagi pertumbuhan mikroalga *Spirulina sp* diperoleh penurunan laju pertumbuhan terhadap kontrol, sebesar 79 % untuk PET dan sebesar 77% untuk PP. Pada penelitian yang berbeda untuk keberadaan mikroplastik didalam organisme laut Kerang hijau diperoleh hasil rata -rata ukuran mikroplastik sebesar 211,163 μm dengan konsentrasi sebanyak 5 partikel/250 mg jaringan untuk kerang pada salinitas tinggi, 2 partikel/250 mg jaringan untuk kerang pada salinitas sedang dan 1 partikel/250 mg jaringan untuk kerang pada salinitas rendah. Pada penelitian yang melibatkan unsur sosial budaya diperoleh hasil bahwa sekitar 80% responden mengkonsumsi sebesar 1 – 4 buah plastik kemasan sekali pakai jenis PET dan sebanyak 20 % mengkonsumsi lebih dari 4 buah dalam sehari. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa faktor abiotik dan biotik yang digunakan sebagai variabel bebas pada penelitian ini sangat berperan dalam proses degradasi pada plastik PET dan PP di dalam sistem perairan. Karakteristik polimer plastik PET dan PP juga

berperan penting dalam kemampuannya untuk terdegradasi. Lebih lanjut, didalam sistem perairan plastik PET dan PP itu sendiri juga mempengaruhi laju pertumbuhan dari mikroorganisme. Dari kajian sosial budaya, peningkatan jumlah sampah plastik disistem perairan dipengaruhi oleh gaya hidup masyarakat dalam mengkonsumsi plastik , terutama plastik kemasan yang digunakan sekali pakai.

Kata Kunci: Plastik ,Polietilen tereftala, Polipropilen, Biotik, Abiotik



THE DEGRADATION PHENOMENON OF POLYETHYLENE AND POLYPROPYLENE TEREPHTHALATE PLASTICS WASTE IN AQUATIC SYSTEM

ABSTRACT

The abundance of polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP) plastics use as food and beverage packaging materials contributes to the increasing of polyethylene terephthalate and polypropylene plastic waste amount in aquatic systems. This study aims to evaluate the phenomenon of plastics in aquatic systems that involve abiotic, biotic and socio-cultural factors, which are interrelated each other. To achieve the general and specifically objectives, this research was supported by several instruments to investigating and resulting accurate data, such as FTIR-ATR, SEM / EDX, Spectrophotometers, Tensile strength meters, Osmoregulators and microscopes. The results obtained in the form of organic functional group change data, plastic surface morphology, inorganic element composition, osmoregulation performance level, microorganism growth density and microstructure image are then processed to get a discussion that will answer the questions of this study purposes. The results of the study on the process of plastic degradation on a laboratory scale treated by Ultra Violet light showed a tensile strength in PET of 1.7142 and in PP of 0.1122, while in the result of interaction with *Spirulina sp* in PET it was 0.9939 and in PP 0, 1977 . The result of investigated by EDX analysis provides a significant amount of carbon reduction in the treatment with *Spirulina sp* showed carbon decreases are 48.7% for PET and in PP 36.7%. In the study of plastic degradation in Tambak Lorok coastal area, the results of EDX analysis showed a reduction in carbon by 20% in PET while in PP 16.76% for 170 cm depth and 6.67% for 50 cm depth. In the study of *Spirulina sp* growth obtained a decrease in growth for control, by 79% for PET and by 77% for PP. In different studies for microplastic in green mussels, the average microplastic size was 211.163 μm with concentrations of 5 particles for mussels in high salinity, 2 particles for mussels in middle salinity and 1 for mussels in low salinity. In research that requires social-culture showed the data about 80% of respondents who use 1 - 4 pieces of plastic packaging once using PET and 20% need more than 4 pieces a day. This research concluded that the abiotic and biotic used as independent variables in this study have a very important role in the PET and PP plastics degradation process, while PET and PP plastics themselves also affected the sustainability of the biota in the aquatic system. Furthermore, the increase in the amount of plastic waste in aquatic systems is influenced by people's lifestyles in plastics usage, especially those used for a single use plastics.

Keywords: Plastic , Polyethylene terephthalate, Polypropylene, Biotic, Abiotic

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Nama : Adian Khoironi, S.T., M.Si.
2. Tempat/Tgl.Lahir : Malang, 28 Januari 1975
3. Unit Tugas : Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Semarang
Jl. Kasipah No.12 Semarang
4. Alamat Rumah : Bukit Setiabudi Asri No.15 Banyumanik
Semarang
5. Riwayat Pendidikan :
 - S1 Jurusan Teknik Kimia Institute Teknologi Nasional Malang
 - S2 Jurusan Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
6. Riwayat Pekerjaan :
 - Tahun 2006 : Dosen tidak tetap di jurusan Ilmu Kimia UIN Wali Songo Semarang
 - Tahun 2016 : Dosen tidak tetap di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang
7. Pengalaman penelitian
 - Tahun 2001 : Analisa toksisitas herbisida Paraquat didalam tanah gambut di UGM
 - Tahun 2009 : Analisa toksisitas pestisida didalam tanah di Environmental Sciences Department- Wageningen University
 - Tahun 2016 : Studi degradasi plastik polietilen tereftalat dan polipropilen didalam sistem perairan di Universitas Diponegoro
8. Pengalaman seminar Nasional dan Internasional
 - Tahun 2003 : Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses di Universitas Diponegoro sebagai peserta
 - Tahun 2017 : International Conference on Energy, environmental and information system di Universitas Diponegoro sebagai moderator
 - Tahun 2017 : International Conference on Green Agroindustry and Bioeconomy (ICGAB) di Universitas Brawijaya sebagai peserta

- Tahun 2018 : International Conference on Green Agroindustry and Bioeconomy (ICGAB) di Universitas Brawijaya sebagai peserta
 - Tahun 2018 : 2nd International conference on natural Resources and Life Sciences di Universitas Surabaya sebagai peserta
9. Publikasi ilmiah yang dihasilkan
- “ Pemodelan kinetika adsorpsi paraquat didalam tanah gambut “ Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2003, Universitas Diponegoro
 - “ The Existence of Microplastic in Asian Green Mussels” International Conference of Green Agriculture and Bioindustry 2017 , Universitas Brawijaya
 - “Community Behaviour and single use plastic bottle consumption” 2nd International Conference of Natural Resource and Life Science 2018, Universitas Surabaya
 - “Evaluation of Interaction among microalgae Spirulina sp, plastics polyethylene terephthalate dan polypropylene in fresh water environment” Journal of ecological engineering Volume 20, Issue 6, 2019
 - “Plastic Pollution in aquatic Environment : A Study of Plastic fate in Tambak Lorok Coastal Area, Central Java, Indonesia” Journal of Marine Science 2019

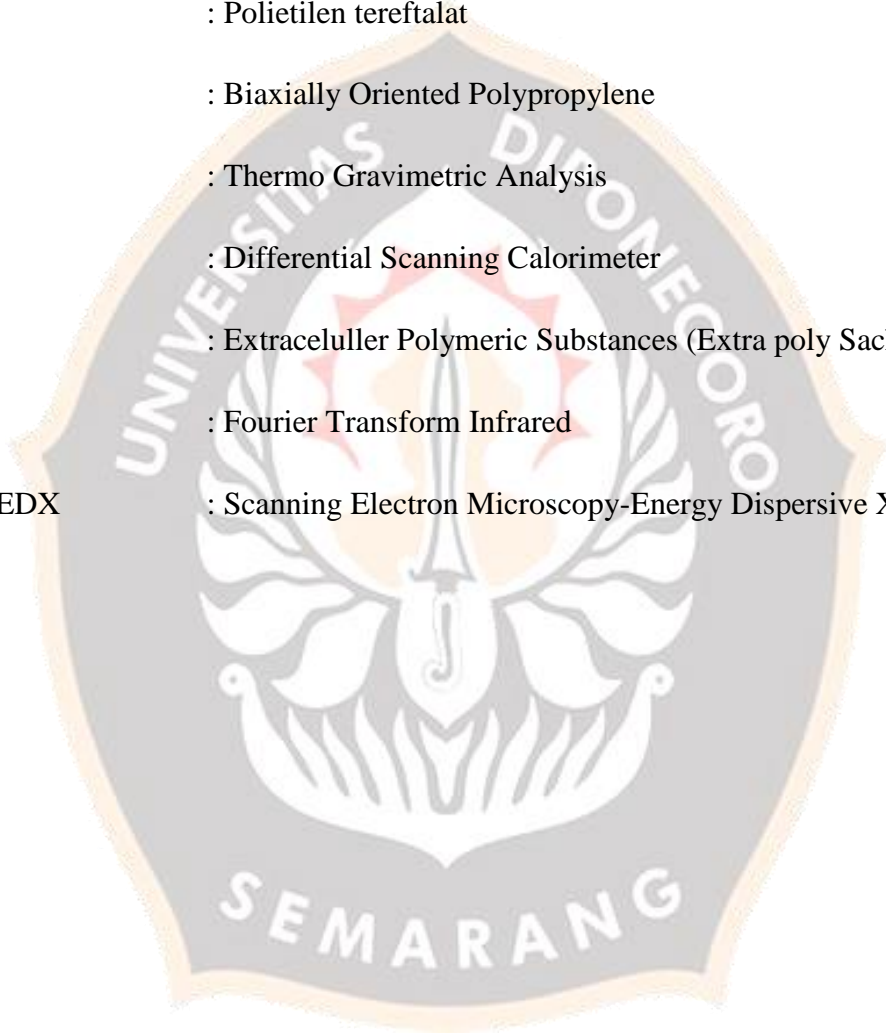
DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Kata Pengantar.....	iii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iv
Abstrak.....	v
Abstract.....	vi
Riwayat Hidup.....	vi
Daftar Isi	ix
Daftar Singkatan.....	xi
Daftar Glosarium.....	xii
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	5
1.3. Pertanyaan Penelitian.....	6
1.4. Orisinalitas.....	7
1.5. Tujuan penelitian.....	21
1.6. Manfaat Penelitian.....	21
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	23
2.1. Sampah Plastik.....	23
2.2. Sistem perairan laut di Pesisir Kota Semarang.....	28
2.3. Pengaruh Budaya dan Kebijakan Pemerintah pada perilaku masyarakat terhadap plastik.....	38
2.4. Degradasi plastik didalam sistem perairan	42
2.5. Peran Mikroalga <i>Spirulina sp</i> dalam proses degradasi sampah plastik	48
2.6. Dampak sampah plastik bagi lingkungan hidup.....	57
2.7. Peran masyarakat dalam menanggulangi dampak sampah plastik.....	66

BAB III. KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	70
3.1. Kerangka Teori.....	70
3.2. Kerangka Konsep.....	72
3.3. Hipotesis.....	73
BAB IV. METODE PENELITIAN	75
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	75
4.2 Desain Penelitian.....	75
4.3 Populasi dan Sampel.....	80
4.4 Variabel Penelitian.....	84
4.5 Materi Penelitian.....	86
4.6 Teknik Pengumpulan Data.....	87
4.7 Pengolahan dan Analisis Data.....	88
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	89
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	152
5.1 Kesimpulan.....	152
5.2 Saran	155
DAFTAR PUSTAKA	157

DAFTAR SINGKATAN

POPs	: Persistent Organic Pollutans
PBM	: Polimer Base Material
PP	: Polipropilen
PET	: Polietilen tereftalat
BOPP	: Biaxially Oriented Polypropylene
TGA	: Thermo Gravimetric Analysis
DSC	: Differential Scanning Calorimeter
EPS	: Extraceluller Polymeric Substances (Extra poly Sacharide)
FTIR	: Fourier Transform Infrared
SEM-EDX	: Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X



DAFTAR GLOSARIUM

Abiotik	: Komponen –komponen yang tidak hidup/mati
Asam karboksilat	: suatu senyawa organik yang memiliki gugus fungsi - COOH
Bentik	: suatu zona yang berada dibagian bawah badan air , daerah bentik lebih dingin dan gelap
Biofouling	: akumulasi organisme hidup yang melekat pada suatu permukaan material
Biotik	: Komponen –komponen hidup yang ada didalam suatu sistem di lingkungan yang meliputi kelompok organisme produsen, konsumen dan pengurai
Biodeteriorasi	: Berubahnya sifat fisika dan kimia secara biologis dengan melibatkan mikroorganisme
Branching	: Sebuah percabangan dari suatu rantai senyawa kimia organik
Breakdown	: Pemisahan senyawa kimia tunggal menjadi dua atau lebih bagian unsurnya atau menjadi senyawa yang lebih sederhana
Chain scission	: Pemotongan rantai yang menggambarkan terjadinya pemutusan rantai pada rantai utama polimer akibat proses degradasi
Crosslinking	: Istilah untuk ikatan silang pada polimer yang terbentuk karena rantai polimer saling berikatan satu sama lain pada rantai utamanya
Degradasi	: Suatu reaksi perubahan sifat kimia maupun fisika suatu molekul ataupun senyawa dari bentuk semula menjadi bentuk yang lebih sederhana
Dekomposisi	: Pemisahan suatu senyawa kimia menjadi dua atau beberapa bagian senyawa-senyawa yang lebih sederhana
Densitas	: Pengukuran massa setiap satuan volume benda (gram/cm^3)
Desintegrasi	: Adalah rusaknya suatu kondisi fisik senyawa tanpa merubah susunan kimianya
Flotasi	: Proses pemisahan suatu zat dari zat lainnya pada suatu cairan/larutan dengan memanfaatkan perbedaan sifat permukaan zat tersebut sehingga akan ada zat yang mengapung dan tenggelam.
Fotodegradasi	: Suatu proses peruraian suatu senyawa dengan bantuan energi foton

Foto-oksidasi	: Reaksi oksidasi yang terjadi akibat bantuan cahaya
Fragmentasi	: Adalah suatu proses hancurnya suatu material kedalam bentuk yang lebih kecil
Heteroagregasi	: Bergabungnya bagian bagian yang terpisah (proses agregasi) antara partikel partikel yang berbeda baik sifat kimianya, bentuknya, ukuran maupun sifat permukaanya
Hidrofilik	: Suatu sifat dari material yang mudah larut didalam air, dimana sifat disini dikaji dari kepolarannya
Hidrofobik	: Suatu sifat dari material yang tidak dapat larut didalam air tetapi dapat larut dalam minyak, dimana sifat disini dikaji dari kepolarannya
Morfologi	: Bentuk, tekstur dan ukuran suatu suatu material
Oksidatif	: Interaksi antara molekul oksigen dan semua zat yang berbeda dengan pelepasan elektron oleh sebuah molekul, atom atau ion
Polimer	: Suatu senyawa yang tersusun dari rantai atom yang panjang dan berulang terbentuk dari pengikat berupa molekul identik yang disebut monomer
Persisten	: Daya tahan, kemampuan untuk bertahan atau waktu tinggal suatu senyawa didalam lingkungannya
Pelagik	: Suatu zona yang berada dilaut terbuka, daerah pelagik lebih hangat dan terang
Tensile strength	: Suatu ukuran tentang kekuatan tarik atau kemuluran suatu material

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Hasil Penelitian yang terkait dengan penelusuran orisinalitas.....	15
Tabel 2.	Jenis-jenis plastik yang umumnya ditemukan dilingkungan	27
Tabel 3.	Sifat Kimia dan Fisika Polietilen tereftalat.....	31
Tabel 4.	Sifat Kimia dan Fisika Polipropilen.....	35
Tabel 5.	Matriks definisi operasional variabel.....	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur molekul monomer dari Polietilen tereftalat (PET).....	31
Gambar 2. Mekanisme degradasi abiotik PET.....	34
Gambar 3. Struktur molekul monomer dari Polipropilen (PP).....	35
Gambar 4. Mekanisme degradasi abiotik PP.....	37
Gambar 5. Kondisi lingkungan perumahan di daerah pesisir Tambak Lorok, Semarang	40
Gambar 6. Kode pada plastik kemasan dan penggunaanya	47
Gambar 7. Mekanisme biodegradasi pada polietilen dan polipropilen (Vasile C,1993).....	54
Gambar 8. Bentuk spiral <i>Spirulina sp</i>	58
Gambar 9. Grafik pertumbuhan mikroalga.....	59
Gambar 10. Serangan mikroorganisme pada permukaan plastik untuk membentuk biofilm.....	62
Gambar 11. Tahapan pada proses biodegradasi oleh mikroorganisme.....	64
Gambar 12. Rumpon bambu tempat kultivasi kerang hijau.....	69
Gambar 13. Peta lokasi pengambilan sampel diperairan pesisir Tambak Lorok dengan jumlah lokasi 6 titik.....	77
Gambar 14. Fenomena sampah plastik di dalam sistem perairan.....	90
Gambar 15. Mekanisme degradasi polietilen tereftalat di dalam sistem perairan.....	150
Gambar 16. Mekanisme degradasi polipropilen di dalam sistem perairan.....	151