

**INTERAKSI PLASTIK POLISTIRENA (PS) DENGAN MIKROALGA
SPIRULINA (Arthrospira platensis) DALAM LINGKUNGAN AIR TAWAR
DAN AIR PAYAU**



Tesis

Amnan Haris

30000119410023

PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2021

Sekolah Pascasarjana

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

INTERAKSI PLASTIK POLISTIRENA (PS) DENGAN MIKROALGA
SPIRULINA (*Arthrospira platensis*) DALAM LINGKUNGAN AIR TAWAR
DAN AIR PAYAU

Disusun oleh :

Amnan Haris

30000119410023

Mengetahui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

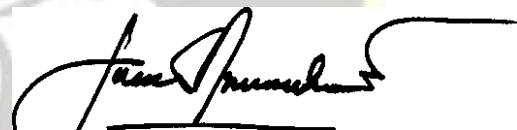
Pembimbing Kedua



Prof. Dr. Hadivanto, S.T., M.Sc.

NIP. 197510281999031004

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro



Dr. Fuad Muhammad, S.Si., M.Si.

NIP. 197306171999031003

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Diponegoro



Dr. R.B Sularto, S.H., M.Hum.

NIP. 196701011991031005

Dr. Eng. Marvono, S. T., M.T.

NIP. 197508112000121001

Sekolah Pascasarjana

HALAMAN PENGESAHAN

INTERAKSI PLASTIK POLISTIRENA (PS) DENGAN MIKROALGA
SPIRULINA (*Arthrospira platensis*) DALAM LINGKUNGAN AIR TAWAR
DAN AIR PAYAU

Disusun oleh :

Amnan Haris

30000119410023

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Tanggal 19 Januari 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

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

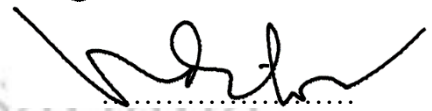
Anggota

1. Dr. Amirudin, M.A.

2. Dr. Fuad Muhammad, S.Si, M.Si

3. Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc

Tanda Tangan



HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya, **Amnan Haris** menyatakan bahwa Tesis yang berjudul INTERAKSI PLASTIK POLISTIRENA (PS) DENGAN MIKROALGA *SPIRULINA* (*Arthrospira platensis*) DALAM LINGKUNGAN AIR TAWAR DAN AIR PAYAU adalah benar-benar karya asli yang saya buat sendiri dan karya ilmiah /tesis ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar Magister (S2) di Universitas Diponegoro maupun di Perguruan Tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam Tesis ini yang berasal dari karya orang lain, baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua isi dari tesis ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 25 Januari 2021

Amnan Haris

Sekolah Pascasarjana

BIODATA PENULIS



Amnan Haris, lahir di Demak pada tanggal 13 November 1995. Anak ke enam dari tujuh bersaudara pasangan Bapak Ahmad Muchlas (Alm.) dan Ibu Sukini. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di MI Islamiyah Bulusari tahun 2008, SMP Nusa Bangsa Demak tahun 2011, SMA Negeri 1 Mranggen Demak tahun 2014 dan pada tahun yang sama penulis diterima di Program Studi S-1 Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro melalui jalur SNMPTN (Undangan). Kemudian pada tahun 2018, penulis menyelesaikan studi S-1 dengan menulis skripsi yang berjudul “Perubahan Struktur Komunitas Komunitas dan Biomassa Gulma yang Tumbuh selama Fase Vegetatif Padi (*Oryza sativa* L) di Desa Bulusari, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak” dan mendapat gelar Sarjana Sains (S.Si) dengan IPK 3,52. Penulis melanjutkan pendidikan S-2 di Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro pada Bulan Agustus 2019 melalui jalur regular. Tesis yang disusun penulis sebagai syarat kelulusan program S-2 adalah Interaksi Plastik Polistirena (PS) dengan Mikroalga *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) dalam Lingkungan Air Tawar dan Air Payau.

Sekolah Pascasarjana

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir/Tesis dengan judul “Interaksi Plastik Polistirena (PS) dengan Mikroalga *Spirulina (Arthrospira platensis)* dalam Lingkungan Air Tawar dan Air Payau”. Tugas akhir ini merupakan bagian persyaratan untuk mencapai derajat magister pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro (Undip) Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini, yaitu :

1. Dr. R. B. Sularto, SH., M. Hum selaku Dekan Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro;
2. Dr. Eng. Maryono, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan;
3. Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc dan Dr. Fuad Muhammad, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing atas arahan, kritik serta sarannya selama penyusunan dan penelitian tesis;
4. Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, M.S. dan Dr. Drs. Amirudin, M.Si. atas arahan selaku dosen penguji;
5. Orang tua tercinta Bapak Ahmad Muchlas (alm) dan Ibu Sukini yang telah memberikan doa dan dukungan finansial. Kupersembahkan karya akademik ini untuk kemuliaanmu di dunia dan akhirat. Kakak-kakakku : Mardliyah, Rif'atul Hasanah, Nur Faizah, Ummi Faizah dan Adikku Ulya Amelia Khusniah, yang selalu menjadi inspirasiku untuk selalu berkarya. Terima kasih atas dukungan dan pengertiannya;
6. Teman-teman Magister Ilmu Lingkungan Angkatan 56, 57, 58 dan 59. Terima kasih atas kebersamaannya selama ini.
7. Asisten Laboratorium *Centre of Biomass dan Renewable Energy* Undip : Adian Khoironi, Wahyu Zuli Pratiwi, Yoyon Wahyono, Muhammad Muslihuddin, Monica Evanty Pratiwi dan Inggar Dianratri atas bantuannya selama penelitian.

8. Seluruh civitas Program Studi Magister Ilmu Lingkungan UNDIP;

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penelitian berikutnya. Semoga tesis ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu lingkungan.

Semarang, 25 Januari 2021

Penulis

Amnan Haris



Sekolah Pascasarjana

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
BIODATA PENULIS	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Penelitian Terdahulu dan Keaslian Penelitian	6
1.7 Kerangka Pemikiran Penelitian	11
1.8 Hipotesis	11
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Mikroalga	12
2.2 <i>Spirulina</i>	13
2.3 Faktor Pembatas Tumbuh Mikroalga	14
2.3.1 Intensitas cahaya	15
2.3.2 Temperatur	15
2.3.3 Nutrien	15
2.3.4 Aerasi dan Oksigen Terlarut	16
2.3.5 Derajat Keasaman (pH)	17
2.3.6 Salinitas	17
2.4 Fase Pertumbuhan Mikroalga	18
2.4.1 Fase Adaptasi (<i>Lag phase</i>)	18
2.4.2 Fase eksponensial (<i>Log phase</i>)	18
2.4.3 Fase penurunan pertumbuhan (<i>Declining growth phase</i>)	18
2.4.4 Fase stasioner (<i>Stationary phase</i>)	19
2.4.5 Fase kematian (<i>Death phase</i>)	19
2.4 Plastik Polistirena (PS)	20
2.5.1 Definisi Styrofoam	22
2.5.2 Dampak Styrofoam bagi Lingkungan	23
2.5.3 Dampak Styrofoam bagi Kesehatan Manusia	24

2.5	Interaksi Mikroalga dengan Styrofoam	25
2.6	Uji SEM-EDX	27
2.7	Uji FTIR	29
2.8	Uji Statistika	31
III.	METODE PENELITIAN	33
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	33
3.2	Alat dan Bahan	33
3.2	Variabel Penelitian	34
3.4	Rancangan Penelitian	34
3.5	Prosedur Penelitian	36
3.6	Analisis Data	40
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Pertumbuhan <i>Spirulina</i>	42
4.2	Degradasi Styrofoam	49
4.3	Interaksi <i>Spirulina</i> dengan Styrofoam	55
4.4	Faktor Lingkungan	59
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil penelitian terdahulu	7
Tabel 2 Alat dan Bahan Penelitian	33
Tabel 3 Rancangan percobaan penelitian	35
Tabel 4 Hasil Pengujian Hipotesis	48
Tabel 5 Uji FTIR pada Stirofoam	50
Tabel 6 Uji FTIR pada Stirofoam yang diinteraksikan dengan <i>Spirulina</i>	54
Tabel 7 Hasil analisa EDX untuk kandungan unsur kimia dalam <i>Spirulina</i> yang dikultur dalam air tawar selama 30 hari	57
Tabel 8 Hasil analisa EDX untuk kandungan unsur kimia dalam <i>Spirulina</i> yang dikultur dalam air payau selama 30 hari	58
Tabel 9 Kondisi Lingkungan pada Media Kultivasi	59



Sekolah Pascasarjana

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram Alir Penelitian	11
Gambar 2 <i>Arthrospira platensis</i> (Hadiyanto dan Azim, 2012)	13
Gambar 3 Kurva pertumbuhan mikroalga	20
Gambar 4 Jenis Morfologi Mikroplastik (Fahrenfeld et al., 2019)	21
Gambar 5 Kode Daur Ulang Kemasan Plastik	22
Gambar 6 Produk kemasan berbahan styrofoam	23
Gambar 7 Proses Terbentuknya polistirena (Ho, Roberts and Lucas, 2018)	23
Gambar 8 Resiko kanker dari polistirena (Farrelly and Shaw, 2017)	25
Gambar 9 Serangan mikroorganisme pada permukaan plastik untuk membentuk biofilm	27
Gambar 10 SEM-EDX (Inkson, 2016)	29
Gambar 11 Skema kerja FTIR (Mohamed <i>et al.</i> , 2017)	30
Gambar 12 Daerah panjang gelombang FTIR (Mohamed <i>et al.</i> , 2017)	31
Gambar 13 Tata letak bejana kultur	35
Gambar 14 Pertumbuhan <i>Spirulina</i> Kultur Air Tawar pada tiap Perlakuan	42
Gambar 15 Pertumbuhan <i>Spirulina</i> Kultur Air Payau pada tiap Perlakuan	43
Gambar 16 Konstanta kecepatan pertumbuhan <i>Spirulina</i> pada kultur air tawar	45
Gambar 17 Konstanta kecepatan pertumbuhan <i>Spirulina</i> pada kultur air payau	45
Gambar 18 Uji Normalitas Data Pertumbuhan <i>Spirulina</i> Air Tawar	46
Gambar 19 Hasil Uji Kruskal Wallis Pertumbuhan <i>Spirulina</i> Air Tawar	47
Gambar 20 Uji Normalitas Data Pertumbuhan <i>Spirulina</i> Air Payau	47
Gambar 21 Hasil Uji Kruskal Wallis Pertumbuhan <i>Spirulina</i> Air Payau	48
Gambar 22 Hasil FTIR perbandingan styrofoam sebelum mendapat perlakuan dan sesudah direndam etanol selama 24 jam	49
Gambar 23 Hasil FTIR perbandingan styrofoam setelah mendapat perlakuan dengan <i>Spirulina</i> dalam kultur air tawar	51
Gambar 24 Hasil FTIR perbandingan styrofoam setelah mendapat perlakuan dengan <i>Spirulina</i> dalam kultur air payau	52
Gambar 25 Hasil analisis SEM <i>Spirulina</i> kultur air tawar selama 30 hari.	55
Gambar 26 Hasil analisis SEM <i>Spirulina</i> kultur air payau selama 30 hari.	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pertumbuhan <i>Spirulina</i> (Optical Density)	68
Lampiran 2 Uji FTIR	70
Lampiran 3 Uji EDX	80



Sekolah Pascasarjana

ABSTRAK

Stirofoam sering kita jumpai sebagai sampah yang mencemari badan air. Harga murah, bentuk beraneka ragam dan tahan panas membuat penggunaan stirofoam semakin masif. Stirofoam termasuk sampah plastik yang susah diuraikan secara alami. Pengetahuan kita untuk mendegradasi stirofoam masih sangat minim. Tujuan penelitian adalah menganalisis interaksi antara stirofoam dan *Spirulina*. Penelitian menguji pertumbuhan *Spirulina* di bawah tekanan stirofoam, perubahan gugus fungsi stirofoam, dan interaksi keduanya. Metode penelitian yaitu kultur dilakukan dalam air-tawar (0 ppt) dan air-payau (12 ppt) selama 30 hari kemudian diuji Kruskal-Wallis. Hasil panen *Spirulina* diuji SEM-EDX dan stirofoam diuji FTIR. Hasil penelitian menunjukkan konstanta kecepatan pertumbuhan tertinggi *Spirulina* pada kultur yang diberi perlakuan stirofoam 150 mg, yaitu sebesar $y = 0,0705x$ pada kultur air tawar dan $y = 0,0401x$ pada kultur air payau. Analisis FTIR menunjukkan telah terjadi perubahan gugus fungsi pada stirofoam yaitu gugus alkohol (-COOH) pada panjang gelombang 3400-3200 cm^{-1} dan ada rantai siklik yang terbuka (muncul peak pada panjang gelombang 1680-1600 cm^{-1}). Hasil uji SEM-EDX, menunjukkan stirofoam dapat menjadi sumber nutrisi khususnya karbon bagi *Spirulina* untuk berfotosintesis. Keberadaan unsur anorganik lain membuktikan *Spirulina* mampu menyerap kontaminan. Kesimpulannya ada interaksi antara stirofoam dan *Spirulina*. Saran dari penulis yaitu salinitas kultur bisa divariasikan untuk mengetahui konstanta kecepatan pertumbuhan dan kemampuan degradasi yang lebih baik.

Kata kunci : Mikroplastik, Biodegradasi, Tujuan Pembangunan Berkelanjutan

ABSTRACT

We often encounter styrofoam as garbage that pollutes water bodies. Low price, various forms and heat resistance make the use of styrofoam even more massive. Styrofoam is a plastic waste that is difficult to decompose naturally. Our knowledge to degrade styrofoam is still very minimal. The aim of the study was to analyze the interaction between styrofoam and *Spirulina*. This study examined the growth of *Spirulina* under styrofoam stress, changes in styrofoam functional groups, and their interactions. The research method is *Spirulina* culture was carried out in fresh water (0 ppt) and brackish water (12 ppt) for 30 days and tested by Kruskal-Wallis analysis. *Spirulina* yields were tested by SEM-EDX and styrofoam samples were tested by FTIR. The results showed the highest growth rate of *Spirulina* in cultures treated with 150 mg styrofoam, $y = 0.0705x$ in freshwater cultures and $y = 0.0401x$ in brackish water cultures. FTIR analysis shows there has been a change in the functional group on styrofoam, there are the alcohol group (-COOH) at a wavelength of $3400-3200\text{ cm}^{-1}$ and there is an open cyclic chain (peaks appear at a wavelength of $1680-1600\text{ cm}^{-1}$). SEM-EDX test results show that styrofoam can be a source of nutrients, especially carbon for *Spirulina* that use to photosynthesize. The presence of other inorganic elements proves that *Spirulina* is capable of absorbing contaminants. So, it can be concluded that there is an interaction between styrofoam and *Spirulina*. Suggestions from the authors are that the culture salinity can be varied to determine better growth rate and degradation ability.

Keywords: *Microplastic pollutant, Biodegradation, Sustainable Development Goals (SDGs)*



Sekolah Pascasarjana



Sekolah Pascasarjana