

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Penanganan Pencemaran plastik merupakan salah satu Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals-SDGs*) nomor 12 yaitu Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab. Perjanjian ini disepakati oleh para pemimpin dunia dan tertuang dalam dokumen *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Melalui Peraturan Presiden Nomor 59 tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, pemerintah Negara Indonesia telah berkomitmen untuk ikut serta mewujudkan SDGs secara partisipatif dengan melibatkan seluruh pihak (Molugaram and Rao, 2017).

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat menyebabkan jumlah sampah plastik semakin naik. Sampah plastik di beberapa daerah sudah terangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) melalui truk pengangkut sampah. Namun di beberapa tempat yang fasilitas pengolahannya minim, sampah plastik masih dibakar atau dibuang ke sungai hingga sampai ke laut. Pada rentang tahun 2018, jumlah sampah plastik yang terbuang ke laut berkisar antara 0,27-0,59 juta ton dan didominasi oleh sampah styrofoam. (Fachrul and Rinanti, 2018). Secara umum, sampah plastik berasal dari dua sumber yaitu rumah tangga dan industri (Fachrul and Rinanti, 2018). Plastik akan terbawa oleh arus sungai hingga ke laut. Beberapa plastik ada yang tersangkut pada bebatuan dan tumbuhan air sehingga lama-kelamaan akan terdegradasi dan terendapkan di dasar sungai; atau terbawa oleh hewan air sehingga plastik akan masuk ke rantai makanan dan berpindah jauh dari sumbernya.

Kementerian perindustrian Republik Indonesia telah membagi plastik menjadi tujuh jenis berdasarkan kode dagangnya. Setiap kode plastik tersebut memiliki sifat, karakteristik bahan dan petunjuk pemakaiannya. Salah satu plastik bernama polistirena yang berkode 6 mempunyai sifat ringan, mudah

dibentuk, mudah dibawa dan biaya produksinya murah. Sampai penelitian ini dilakukan, permintaan stirofoam masih tinggi yaitu mencapai 700-800 ton / bulan. Harga jual di pasaran juga murah yaitu Rp 300-450/ buah. Selain itu, Peraturan Kepala BPOM nomor 16 tahun 2014 tentang Pengawasan Kemasan Pangan, yang menyatakan stirofoam aman digunakan sebagai kemasan makanan, selama makanan tidak terlalu panas. Hal inilah yang menyebabkan stirofoam banyak digunakan sebagai kemasan makanan, minuman bahkan barang elektronik. Meski demikian, plastik polistirena tidak direkomendasikan untuk dipakai karena beresiko menimbulkan kanker (karsinogenik). Selain itu, polistirena juga membutuhkan waktu ribuan tahun untuk bisa terdegradasi secara sempurna. Contoh dari polistirena adalah stirofoam.

Sampai sekarang, Stirofoam masih dijual bebas di toko, warung bahkan supermarket. Stirofoam banyak digunakan sebagai wadah makanan dan minuman seperti nasi, bubur dan teh. Pasca pemakaian, stirofoam ini akan dibuang meskipun kondisinya masih bagus dan bisa dipakai ulang. Konsumen tidak tahu bahwa stirofoam membutuhkan waktu yang lama untuk terdegradasi dengan sempurna. Stirofoam bisa didaur ulang, namun biaya yang mahal dan prosesnya yang rumit seperti harus membersihkan stirofoam dari sisa makanan, membuat produsen lebih memilih memproduksi stirofoam baru daripada mendaur ulangnya (Ho, Roberts and Lucas, 2018).

Stirofoam menimbulkan masalah bagi manusia, khususnya di bidang lingkungan dan kesehatan. Maka diperlukan berbagai upaya untuk meminimalisir atau menguraikan stirofoam. Beberapa upaya telah dilakukan seperti memanaskan dengan temperatur tinggi 350°C, 500°C dan 700°C (Abidin *et al.*, 2017) menggunakan katalis silika alumina (Salamah and Maryudi, 2018) dan pembakaran insenerator yang dilengkapi dengan unit plasma (Phelan *et al.*, 2020). Namun metode tersebut membutuhkan biaya tinggi, kurang hemat energi dan kurang ramah lingkungan, karena masih menimbulkan residu atau asap.

Penelitian degradasi stirofoam yang hemat energi dan ramah lingkungan masih terus dikembangkan. Salah satunya dengan mikroalga.

Styrofoam terdiri dari rantai hidrokarbon panjang. Hal ini memberi peluang kepada mikroalga untuk bisa menggunakan kandungan kimia khususnya karbon sebagai nutrisi. Kandungan karbon dalam styrofoam dapat memacu pertumbuhan mikroalga. Namun di sisi lain, plastik (termasuk plastik polistirena) mengandung zat aditif seperti BPA, phthalate, logam berat dan zat tahan api. Zat inilah yang membuat plastik awet sekaligus berbahaya khususnya bagi mikroalga (Campanale *et al.*, 2020).

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa partikel dan dosis plastik dapat menimbulkan efek toksik, seperti merusak dinding sel, menghambat pertumbuhan, menurunkan efisiensi fotosintesis pada mikroalga (Prata *et al.*, 2018; Khoironi, Anggoro, Sudarno, 2019; Li *et al.*, 2020) . Namun, hasil sebaliknya juga ditemukan oleh beberapa peneliti. Sjollema *et al.*, (2016) menekankan dampak mikro-PS terhadap konstanta kecepatan pertumbuhan tetapi tidak berpengaruh pada efisiensi fotosintesis *Dunaliella tertiolecta* di bawah konsentrasi paparan tinggi 250 mg/L dengan ukuran partikel 0,05 mm. Penelitian Canniff and Hoang (2018), menunjukkan bahwa plastik dapat berfungsi sebagai substrat untuk pertumbuhan *Raphidocelis subcapitata*, sehingga menguntungkan pertumbuhan mikroalga. Selain itu, mikroplastik konsentrasi tinggi dengan ukuran N400  $\mu\text{m}$  tidak memberikan pengaruh yang merugikan pada mikroalga air tawar *Chlamydomas reinhardtii* (Lagarde *et al.*, 2016). Mengingat penemuan yang kontradiktif dan masih terbatasnya jumlah spesies mikroalga yang diuji, diperlukan penyelidikan lebih lanjut.

Ekosistem perairan bisa dijumpai mulai dari sumber mata air sampai dengan laut. Berdasarkan salinitasnya, perairan dapat dibedakan menjadi air tawar, payau dan asin (Astuti, Jamali and Amin, 2007). Air tawar bisa ditemukan mulai dari sumber mata air sampai muara sungai. Biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, irigasi dan industri. Air payau banyak ditemukan di daerah muara. Biasanya digunakan untuk budidaya seperti bandeng. Air asin terdapat di lautan lepas atau samudra. Salah satu makhluk hidup yang bisa ditemukan di seluruh ekosistem perairan adalah mikroalga. Mikroalga memegang peranan penting yakni sebagai produsen (Sjollema *et al.*, 2016). Selain itu, berbagai penelitian membuktikan bahwa

mikroalga juga berpotensi sebagai organisme yang mereduksi limbah (reduksen). Hal ini karena mikroalga mampu menyerap zat-zat kimia yang terkandung dalam limbah sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya (Christenson and Sims, 2011). Salah satu jenis mikroalga adalah *Spirulina* yang sering digunakan dalam industri makanan, kosmetik dan obat (Jung *et al.*, 2019).

Kultur *Spirulina* bisa dilakukan pada ekosistem perairan (Borowitzka, 2018). Selama kultivasi, kondisi lingkungannya harus selalu dijaga supaya tidak melampaui faktor pembatas tumbuh, yang meliputi intensitas cahaya, temperatur, nutrien, oksigen terlarut, karbon dioksida, pH, salinitas, dan pengadukan (Hadiyanto dan Azim, 2012). Faktor tersebut bisa dimanipulasi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas dari *Spirulina* yang dikultur. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah salinitas. Salinitas akan mempengaruhi osmoregulasi yang berdampak pada aktivitas fotosintesis, hingga akhirnya mempengaruhi kadar biomassa yang dihasilkan. (Widianingsih *et al.*, 2015).

Penelitian degradasi styrofoam sudah banyak dilakukan di seluruh dunia. Meski demikian informasi tentang biodegradasi styrofoam yang efektif, efisien dan ramah lingkungan masih jarang. Padahal penggunaan styrofoam sangat luas dan dampak negatif yang ditimbulkan begitu besar, sehingga menimbulkan kecemasan khususnya bagi para peneliti dan pakar lingkungan. Hal inilah yang memotivasi penulis untuk segera melakukan penelitian tentang plastik polistirena yang diinteraksikan dengan *Spirulina*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan dalam latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pertumbuhan *Spirulina* yang diberi perlakuan styrofoam pada lingkungan air tawar dan air payau ?
2. Apakah ada perubahan struktur styrofoam yang diinteraksikan dengan *Spirulina* ?

3. Bagaimana interaksi antara stirofoam dan *Spirulina* pada lingkungan air tawar dan air payau?

### 1.3 Batasan Masalah

Penulis membatasi penelitian sesuai dengan batasan masalah. Penelitian ini hanya membahas interaksi antara stirofoam dan *Spirulina* dalam kultur air tawar dan air payau. Penelitian ini berupaya membuktikan potensi degradasi stirofoam oleh makhluk hidup (biodegradasi), dalam hal ini menggunakan *Spirulina*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat pertumbuhan *Spirulina* yang diberi perlakuan stirofoam pada lingkungan air tawar dan air payau.
2. Menganalisis perubahan struktur stirofoam yang diinteraksikan dengan *Spirulina*.
3. Menganalisis interaksi antara stirofoam dan *Spirulina* pada lingkungan air tawar dan air payau.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberi manfaat kepada berbagai pihak, yaitu :

1. Bagi ilmu pengetahuan  
Penelitian ini berfokus pada upaya mendegradasi stirofoam dengan cara menginteraksikannya dalam kultur mikroalga. Interaksi yang terjadi diharapkan mampu mendegradasi stirofoam secara alami, sehingga tidak mencemari lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu menjadi sumber informasi bagi para peneliti maupun aktivis lingkungan yang ingin melakukan penelitian sejenis di masa depan. Selain itu, penelitian tentang bungkus makanan dan minuman yang ramah lingkungan

diharapkan segera menghasilkan produk dan bisa diproduksi secara massal, sehingga bisa mengurangi beban lingkungan atas pencemaran yang terjadi.

## 2. Bagi Pemerintah

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pengendalian sampah plastik khususnya styrofoam sehingga tidak mencemari lingkungan. Instansi pemerintah yang dimaksud adalah Kementerian Perindustrian, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dan Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

## 3. Bagi masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai bahaya styrofoam bagi lingkungan dan upaya pendegradasiannya secara alami. Diharapkan masyarakat dapat berperan aktif untuk bijak menggunakan kemasan plastik sekali pakai khususnya styrofoam dan lebih sering menggunakan kemasan plastik yang bisa dipakai ulang atau kemasan makanan dari tanaman seperti daun pisang atau daun jati.

### 1.6 Penelitian Terdahulu dan Keaslian Penelitian

Penelitian tentang mikroplastik telah dilakukan di seluruh dunia. Topik penelitiannya pun sangat luas meliputi pengendalian sampah plastik; distribusi mikroplastik baik di perairan tawar maupun lautan yang mencakup air, sedimen, biota air dan akumulasinya dalam rantai makanan; upaya degradasi plastik ramah lingkungan dengan menggunakan mikroba bahkan sampai upaya hukum untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai. Topik yang berbeda menyebabkan metode penelitian yang digunakan pun berbeda. Penelitian yang telah dilakukan dan menjadi dasar dalam penelitian ini tersaji dalam tabel 1.

Beberapa penelitian yang hampir sama telah dilakukan, namun terdapat perbedaan tujuan, variabel dan metode analisis yang digunakan. Penelitian tentang degradasi styrofoam dengan metode ramah lingkungan masih jarang dilakukan. Padahal penggunaan styrofoam berbahaya bagi kesehatan manusia dan mencemari lingkungan, sehingga perlu dibatasi penggunaannya.

Upaya kultur mikroalga seperti *Spirulina* telah banyak dilakukan, namun jarang yang diinteraksikan dengan styrofoam. *Spirulina* dipilih karena termasuk

biota air yang siklus hidupnya singkat dan pertumbuhannya tergantung kualitas air. Solusi atas permasalahan lingkungan khususnya styrofoam harus diupayakan, supaya kelestarian lingkungan tetap terjaga dan manfaatnya bisa dinikmati oleh anak-cucu kita di masa depan.

Apabila tidak segera dicari solusinya, kerusakan lingkungan akibat pencemaran sampah plastik diprediksi akan semakin parah. Hasil penelitian yang sudah ada masih perlu dikembangkan, untuk memperoleh metode degradasi sampah plastik khususnya styrofoam secara efektif, efisien dan ramah lingkungan. Penggunaan alat yang canggih seperti SEM-EDX dan FTIR serta metode analisis statistik yang tepat, diharapkan dapat memberi sumbangsih kebaruan untuk penelitian pengelolaan lingkungan berkelanjutan.

**Tabel 1** Hasil penelitian terdahulu

No.	Nama dan Tahun	Judul penelitian	Isi
1.	Shuangxi Li, Panpan Wang, Chao Zhang, Xiangjun Zhou, Zhihong Yin, Tianyi Hu, Dan Hu, Chenchen Liu, Liandong Zhu 2020	Influence of polystyrene microplastics on the growth, photosynthetic efficiency and aggregation of freshwater microalgae <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh mikroplastik jenis polistirena terhadap pertumbuhan mikroalga <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> . Pertumbuhan mikroalga dianalisis dengan uji one way Anova, perubahan polistirena diuji menggunakan SEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa polistirena berdampak negatif pada pertumbuhan mikroalga. Membran selnya juga rusak karena terbungkus oleh polistirena.
2.	Irina Guschina, Anthony Hayes, Stephen J. Ormerod 2020	A. Polystyrene microplastics J. decrease accumulation of essential fatty acids in common freshwater algae	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh mikroplastik dari polistirena terhadap komposisi lipid dan asam lemak pada alga <i>Chlorella sorokiniana</i> dalam skala laboratorium. Metode penelitian yang digunakan yaitu

- 
- Kromatografi lapis tipis untuk memisahkan memisahkan kandungan alga, aplikasi PerkinElmer Total Chrome Navigator untuk memperoleh data analisis asam lemak. Distribusi mikroplastik diamati dengan Meiji Optem Zoom 125 macro imaging system yang berpasangan dengan Jenoptik Progres CFsan colour digital camera, analisis ekstraksi klorofil dengan spektrofotometer. Kandungan lipid dan asam lemak diuji t-test dengan aplikasi SPSS 25
3. Febienne Lagarde, Ophelie Olivier, Marie Zanella, Philippe Daniel, Sophie Hiard, Aurore Caruso 2016
- Microplastic interaction with Freshwater microalgae: Hetero agregation and changes in plastic density appear strongly dependent on polymer type
- Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji interaksi antara mikroplastik jenis PP dan HDPE terhadap pertumbuhan mikroalga *Chlamydomonas reinhardtii*. Metode yang digunakan yaitu uji kandungan klorofil sampai tingkat gen menggunakan RT-PCR, karakterisasi permukaan polimer dengan *optical contact angle meter* dan SEM; dan densitas agregat dengan pycnometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil uji t-test mikroalga kontrol dan yang berinteraksi dengan mikroplastik berbeda nyata. Aktivitas fotosintesis turun 2,5-40%, terbentuk agregat antara mikroplastik dan mikroalga setelah 20 hari kontak. Terjadi perubahan pada permukaan mikroplastik PP dan HDPE
3. Adian Khoironi, Sutrisno Anggoro, Sudarno
- Evaluation of the interaction Among Microalgae *Spirulina* sp,
- Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi interaksi antara *Spirulina* dengan plastik PET dan PP. Metode analisis
-

2019	Plastics Polyethylene Terephthalate and Polypropylene in Freshwater Environment	yang digunakan yaitu uji daya rentang, SEM-EDX dan FTIR. Pertumbuhan mikroalga diukur densitas optiknya dengan spektrofotometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan morfologi, struktur dan gugus fungsinya pada plastik PET dan PP. Pertumbuhan <i>Spirulina</i> pun terhambat dan terbentuk bio-fouling	
5.	Yurtsever M., Kurkan E.O., Sevindic T.O., and Tunca H. 2017	The Impact of PS microplastics on green algae <i>Chlorella vulgaris</i> Growth	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dampak mikroplastik polistirena terhadap pertumbuhan mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> . Penentuan pertumbuhan mikroalga dengan menguji kandungan klorofil a dan densitas optik menggunakan spektrofotometer. Pertumbuhan mikroalga juga diukur secara manual dengan counting chamber dan mikroskop cahaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perlambatan konstanta kecepatan pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> karena adanya polistirena yang mengurangi intensitas cahaya.
6.	A. Bellingeri, E. Bergami, G. Grassi, C. Faleri, P. Redondo-Hasselerharm, A.A. Koelmans, I. Corsi 2019	Combined effects of nanoplastics and copper on the freshwater alga <i>Raphidocelis subcapitata</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menguji keberadaan PS-COOH NPs dan dampak toksisitas Cu terhadap alga <i>Raphidocelis subcapitata</i> . Metode analisis untuk mengetahui PS NPs menggunakan <i>Dynamic Light Scattering</i> dan aplikasi Zetasizer Nano Series versi 7.02, suspensi PS NPs dianalisis dengan spektrofluorometer, pertumbuhan alga dan Cu diukur dengan WC test medium. Kandungan Cu diukur dengan spektrofotometer

---

		emisi plasma-atomik. Semua data yang didapat diproses dengan aplikasi Statistica 6.0 dan Graphpad Prism 5 untuk uji regresi non-linier. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ion Cu <sup>+</sup> tidak terserap oleh alga dan daya hambat Cu maupun kombinasi NP PS-COOH dan Cu tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan alga	
7.	Melati Ferianita Fachrul, Astri Rinanti 2018	Bioremediasi pencemar mikroplastik di ekosistem perairan oleh bakteri indigenous	Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan bakteri <i>Bacillus</i> sp dan <i>Pseudomonas</i> sp dalam mendegradasi plastik PET. Uji yang digunakan yaitu uji sensitivitas bakteri dan uji SEM. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan pertumbuhan pada bakteri yang berinteraksi dengan plastik PET. Selain itu juga terbentuk biofilm dan terjadi kerusakan pada membran sel bakteri tersebut.

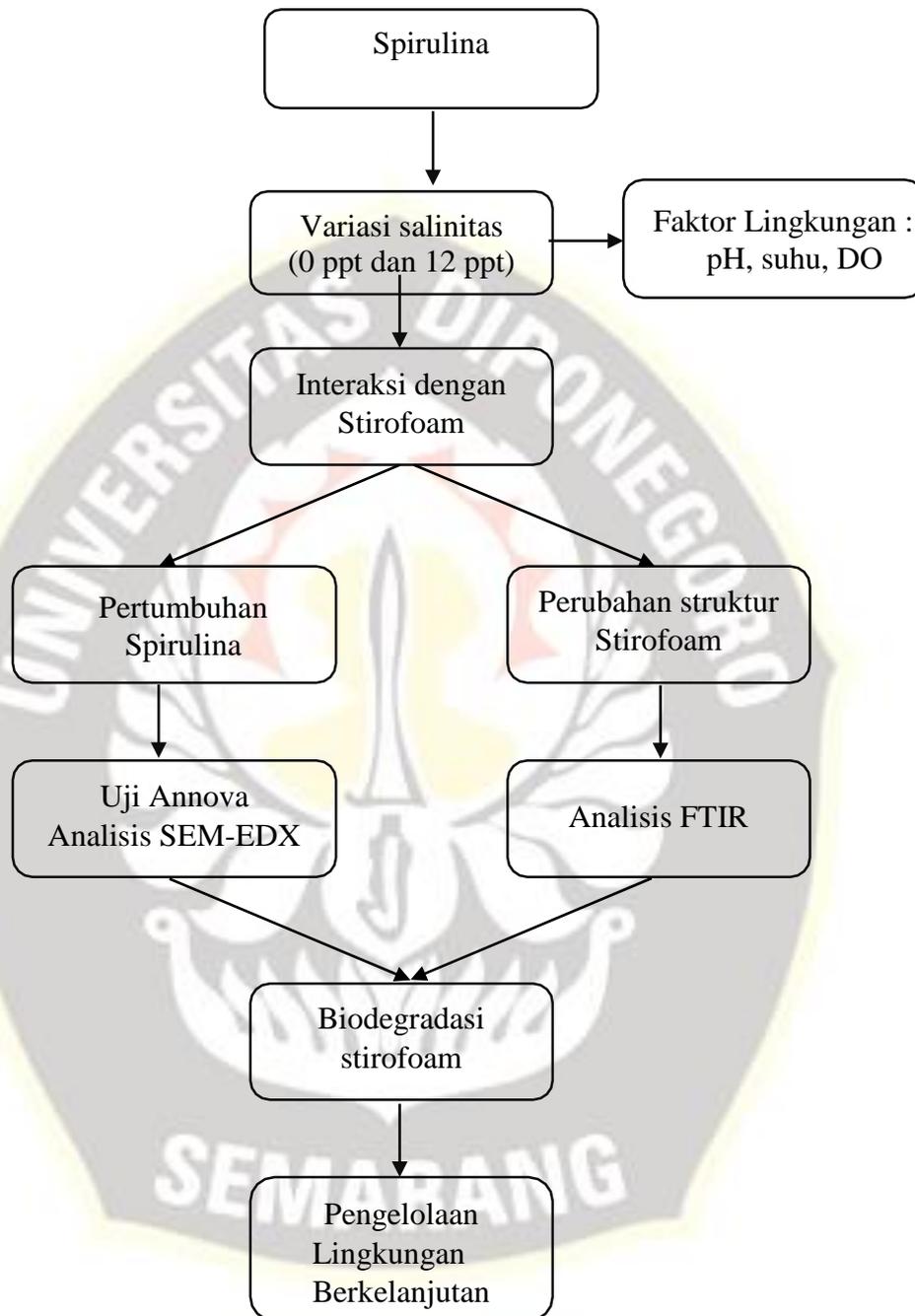
---

Berdasarkan data penelitian terdahulu, maka pada penelitian ini terdapat kebaruan sekaligus keaslian penelitian diantaranya :

1. Penelitian terdahulu belum ada yang menggunakan *Spirulina* sebagai mikroalga pendegradasi stirofoam
2. Penelitian terdahulu belum ada yang membandingkan pertumbuhan *Spirulina* dalam lingkungan air tawar dan air payau
3. Penelitian sebelumnya belum ada yang menganalisis perubahan gugus fungsi pada stirofoam dan morfologi *Spirulina* setelah berinteraksi

Sekolah Pascasarjana

### 1.7 Kerangka Pemikiran Penelitian



**Gambar 1** Diagram Alir Penelitian

### 1.8 Hipotesis

$H_0$  : Tidak ada perbedaan pada pertumbuhan *Spirulina* yang diberi perlakuan styrofoam dengan kadar berbeda pada lingkungan air tawar dan air payau

$H_1$  : Ada perbedaan pada pertumbuhan *Spirulina* yang diberi perlakuan styrofoam dengan kadar berbeda pada lingkungan air tawar dan air payau