

TA/TL/2023/1608

TUGAS AKHIR
STUDI LITERATUR SENYAWA PENGGANGGU
HORMON BISPHENOL A PADA AIR TANAH
(STUDI KASUS: AIR TANAH DI WILAYAH
TPA PIYUNGAN)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ANNISAA HANAMI PUTRI

18513205

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2023

TUGAS AKHIR
STUDI LITERATUR SENYAWA PENGGANGGU
HORMON BISPHENOL A PADA AIR TANAH
(STUDI KASUS: AIR TANAH DI WILAYAH
TPA PIYUNGAN)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ANNISAA HANAMI PUTRI
18513205

Disetujui,

Dosen Pembimbing:

Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si.

NIK. 005130101

Tanggal: 22/6/2023

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal: 24/6/2023

HALAMAN PENGESAHAN
STUDI LITERATUR SENYAWA PENGGANGGU
HORMON BISPHENOL A PADA AIR TANAH
(STUDI KASUS: AIR TANAH DI WILAYAH
TPA PIYUNGAN)

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis

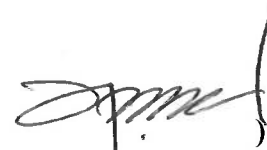
Tanggal : 22/6/2023

ANNISAA HANAMI PUTRI

18513205

Tim Penguji:

Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si.

()

Fina Binazir Maziya, S.T. M.T.

()

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya Tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar Pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 22 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Annisaa Hanami Putri

NIM: 18513205

PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Studi Literatur Senyawa Pengganggu Hormon Bisphenol A Pada Air Tanah (Studi Kasus: Air Tanah Di Wilayah TPA Piyungan)”**. Penyusunan Laporan ini bertujuan untuk memenuhi salah persyaratan akademik untuk dapat memperoleh gelar Sarjana Teknik S1 di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penyusunan tugas akhir ini dapat selesai dengan adanya bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan peneliti untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, yaitu Bapak Donny dan Ibu Mintu atas segala jasa dan kasih sayang serta sabar yang tiada akhir sehingga penulis dapat mampu bertahan menempuh pendidikan sejauh ini. Serta kedua kakak laki-laki, Rizqi dan Rifqi.
2. Bapak Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang sudah mendampingi dan membimbing pengerjaan tugas akhir ini. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T., dan Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji atas segala kritik dan saran yang telah diberikan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Civitas akademik Prodi Teknik Lingkungan serta staf Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII.
4. Teman-teman “TPA Piyungan Tanpa Dosen”, Fathir, Faisal, Ilham, Filkar, dan Arjuna.
5. Sahabat-sahabat penulis, Aisyah, Dinda, Disa, Farah, Shindi, Cinta, dan Dita, serta Kak Salma selaku Konsultan.
6. Seluruh pihak yang terlibat.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang tulisan, artikel, jurnal atau literaturnya terlibat dalam penyusunan Laporan tugas akhir ini. Menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan,

maka kritik dan saran diharapkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga penyusunan Laporan ini mendapat ridha Allah SWT. dan dapat membawa manfaat yang besar bagi pembaca.

Yogyakarta, 22 Juni 2023

Penulis,



Annisaa Hanami Putri

ABSTRACT

Annisaa Hanami Putri. Literature Study of Endocrine Disruptors Compound Bisphenol A in Groundwater (Case Study: Groundwater in Piyungan Landfill Area). Guided by Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si.

The accumulation of plastic waste in the Piyungan Landfill causes leachate which is the result of waste degradation and mixed with rainwater. Bisphenol A, which is one of the plastic constituents found in leachate, can contaminate groundwater through soil pore penetration. Therefore this study aims to provide a link between the microplastic polymers found in the landfill of Piyungan and the potential for groundwater contamination and to analyze the literature to determine the Bisphenol A analysis method that can be applied for future research. The research was divided into 2, testing plastic fragments samples in soil samples and systematic literature review. Plastic fragments were then sorted from each soil samples and analyzed using FTIR instrument. A systematic literature review was conducted by processing data from the electronic databases SCOPUS, ScienceDirect, Google Scholar and PubMed, to analyze the literature regarding Bisphenol A analysis methods in water. From 23 plastic fragments that were analyzed, there were 2 samples containing HDPE, 6 samples containing Polyethylene (PE), 6 samples containing Polypropylene (PP), 3 samples containing Polyvinylchloride (PVC), and 1 sample each containing Polystyrene (PS), epoxy resin, PVC with TerephthalicEster, Polycarbonate (PC), LDPE and Poly(Vinyl Butyral) (PVB). As well as a systematic literature review was carried out with 15 literature that met the criteria. Bisphenol A in microplastics on the ground, which is contained in plastics with polymer types of PVC, PC and epoxy resin, can experience leaching (leachate) and could end up in groundwater through seepage. As well as the Bisphenol A analysis method in water that can be applied to groundwater using the GC-MS method and the derivatization stages with 1% BSTFA+TMCS.

Keyword: *Piyungan Landfill, Bisphenol A, Water, Analysis Method, Systematic Literature Review*

ABSTRAK

Annisaa Hanami Putri. Studi Literatur Senyawa Pengganggu Hormon Bisphenol A Pada Air Tanah (Studi Kasus: Air Tanah Di Wilayah TPA Piyungan). Dibimbing oleh Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si.

Penumpukan sampah plastik di TPA Piyungan menyebabkan munculnya air lindi yang merupakan hasil degradasi sampah serta pencampuran dengan air hujan. Bisphenol A merupakan salah satu senyawa penyusun plastik yang ditemukan dalam air lindi, dapat mencemari air tanah melalui perembesan pori tanah. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memberikan keterkaitan antara polimer fragmen plastik yang terdapat di tanah TPA Piyungan dengan potensi pencemaran air tanah serta menganalisis literatur untuk menentukan metode analisis Bisphenol A yang dapat diaplikasikan untuk penelitian kedepannya. Penelitian terbagi menjadi 2, pengujian sampel fragmen plastik dalam sampel tanah serta systematic literature review. Fragmen plastik kemudian disortir dari masing-masing sampel tanah dan dianalisis menggunakan instrument FTIR. Systematic literature review dilakukan dengan mengolah data dari database elektronik SCOPUS, ScienceDirect, Google Scholar dan PubMed, untuk menganalisis literatur terkait metode analisis Bisphenol A pada air. Hasil uji FTIR terhadap polimer fragmen plastik adalah dalam 23 sampel, terdapat 2 sampel mengandung HDPE, 6 sampel mengandung Polyethylene (PE), 6 sampel mengandung Polypropylene (PP), 3 sampel mengandung Polyvinylchloride (PVC), serta masing-masing 1 sampel mengandung Polystyrene (PS), epoxy resin, PVC with TerephthalicEster, Polycarbonate (PC), LDPE dan Poly(Vinyl Butyral) (PVB). Serta systematic literature review dilakukan dengan 15 literatur yang telah memenuhi kriteria. Bisphenol A dalam fragmen plastik pada tanah, yang terkandung didalam plastik dengan jenis polimer PVC, PC dan epoxy resin, dapat mengalami leaching (air lindi) dan dapat berakhir pada air tanah melalui perembesan. Serta metode analisis Bisphenol A dalam air yang dapat diterapkan untuk air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan adalah dengan menggunakan metode uji GC-MS serta tahapan derivatisasi dengan BSTFA+TMCS 1%.

Kata Kunci: TPA Piyungan, Bisphenol A, Air, Metode Analisis, Systematic Literature Review

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
PENGANTAR	v
ABSTRACT.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Senyawa Pengganggu Endokrin (<i>Endocrine Disruptors</i>)	4
2.2 Bisphenol A	4
2.3 Air Tanah.....	5
2.4 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)	5
2.5 Mikroplastik	6
2.6 Instrumen <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopic</i> (FTIR)	6
2.7 <i>Systematic Literature Review</i>	8
2.7.1 <i>Bibliometric Analysis</i>	9
2.8 Penelitian Terdahulu.....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Metode Penelitian.....	14
3.2 Metode Pengumpulan Data dan Analisis Data.....	14

3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	16
3.4	Sampel Tanah dan Sampel Fragmen Plastik	16
3.4.1	Metode Pengambilan Sampel Tanah.....	17
3.4.2	Analisis Sampel Fragmen plastik.....	18
3.4.3	Analisa Data	19
3.5	<i>Systematic Literature Review</i>	19
3.5.1	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	19
3.5.2	Analisis Data Literatur	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Deskripsi Lokasi Penelitian.....	23
4.2	Analisis Polimer Mikroplastik pada Tanah	24
4.2.1	Hasil dan Analisis Polimer Mikroplastik.....	24
4.3	Analisis Hubungan Polimer Fragmen Plastik dengan Bisphenol A pada Air Tanah.....	28
4.3.1	Hubungan Polimer Fragmen Plastik dengan Bisphenol A.....	28
4.3.2	Hubungan Fragmen Plastik dengan Bisphenol A pada Air Tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan	29
4.4	<i>Systematic Literature Review</i> Metode Analisis Bisphenol A pada Air..	31
4.4.1	Hasil Kajian Literatur.....	35
4.4.2	<i>Systematic Literature Review</i>	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA		53
Lampiran 1		61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1 Hasil pengumpulan literatur menggunakan kata kunci.....	20
Tabel 4.1 Hasil Uji FTIR Polimer Mikroplastik	25
Tabel 4.2 Klaster pemetaan hubungan penelitian analisis Bisphenol A dalam Air	32
Tabel 4.3 Hasil Systematic Literature Review.....	37
Tabel 4.4 Pengaturan Kondisi Operasi GC	48
Tabel 4.5 Pengaturan parameter MS	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rentang spektrum untuk beberapa jenis plastik.....	7
Gambar 2.2 Contoh Hasil Uji FTIR, puncak tiap polimer dari paling atas Polypropylene, polyethylene phatalate, nylon dan polystyrene.....	8
Gambar 2.3 Tahapan Systematic Literature Review.....	9
Gambar 2.4 Visualisasi VOSviewer hubungan antara kata kunci atau co-occurrence.....	10
Gambar 2.5 Visualisasi VOSviewer tema dominan melalui densitas.....	11
Gambar 2.6 Visualisasi VOSviewer hubungan antar penulis	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3.2 Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah TPA Piyungan.....	17
Gambar 3.3 Tahapan Pengambilan Sampel Tanah	18
Gambar 3.4 Exclusion Systematic Literatur Review	21
Gambar 4.1 Diagram Lingkaran Persentase Polimer Hasil Uji Sampel Fragmen Plastik.....	27
Gambar 4.2 Struktur Kimia Polycarbonate (PC) dari Bisphenol A.....	28
Gambar 4.3 Struktur Epoxy Resin dengan Bisphenol A.....	29
Gambar 4.4 Pemetaan hubungan penelitian analisis Bisphenol A dalam Air.....	32
Gambar 4.5 Pemetaan hubungan analisis Bisphenol A dalam air berdasarkan tahun.....	34
Gambar 4.6 Visualisasi hubungan analisis Bisphenol A dalam air berdasarkan kepadatan.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan sisa dari kegiatan sehari-hari manusia dan/atau hasil dari proses alam yang berbentuk padat (Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah Pasal 1 Ayat 1). Sampah yang merupakan sisa dari kegiatan manusia maka akan berbanding lurus dengan angka kepadatan penduduk, dan seiring berjalannya waktu timbulan sampah yang dihasilkan akan terus meningkat. Sampah yang dihasilkan oleh masyarakat di wilayah D.I. Yogyakarta, terutama dari Kabupaten Bantul, Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta, diangkut dan dilimpahkan ke TPA Piyungan yang terletak di Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul (Kasam, 2011). Berdasarkan data yang terdapat pada laman resmi Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, timbulan sampah provinsi D.I. Yogyakarta pada tahun 2021 mencapai 586.267,37 ton dalam satu tahun atau 1.606,21 ton dalam satu hari (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021).

Sistem pengelolaan sampah yang diterapkan di TPA Piyungan adalah dengan sistem *controlled landfill*. Dalam sistem *controlled landfill* tersebut, sampah yang telah melalui proses pemilahan akan ditumpuk atau dimasukkan ke dalam urukan tanah secara bertumpuk. Penumpukan sampah menyebabkan munculnya air lindi dari hasil degradasi sampah serta pencampuran sampah dengan air hujan. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), pada tahun 2021 persentase sampah plastik mencapai 12,77% (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021). Air lindi dengan berbagai kontaminan yang terkandung didalamnya termasuk hasil degradasi plastik merupakan zat kontaminasi berbahaya dan dapat memperburuk kualitas air tanah (Ramadhan, et al., 2019).

Menurut penelitian salah satu senyawa penyusun plastik yang ditemukan dalam air lindi adalah Bisphenol A (BPA) (Narevski, et al., 2021). Ditemukannya Bisphenol A dalam air lindi yang bergerak melalui pori tanah dapat mencemari air tanah. Bisphenol A (BPA) merupakan senyawa sintesis organik yang bersifat lipofilik, susunan senyawa Bisphenol A (BPA) memungkinkan terjadinya gangguan endokrin pada manusia (Konieczna, et al., 2015). Dalam salah satu jurnal publikasi medis yang diterbitkan pada tahun 2009, Bisphenol A merupakan bagian dari kelompok molekul yang diidentifikasi sebagai pengganggu endokrin (*endocrine disruptor*) sangat heterogen, dan dapat membawa dampak buruk bagi kesehatan manusia (Diamanti-Kandarakis, et al., 2009).

Maka dari itu, untuk dapat menemukan hubungan polimer fragmen plastik dalam tanah di TPA Piyungan dengan ditemukannya Bisphenol A dalam air tanah wilayah di sekitarnya, dilakukan analisis uji FTIR terhadap fragmen plastik yang ditemukan dalam tanah TPA Piyungan. Dan dalam penelitian ini dilakukan kajian literatur secara sistematis dengan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* untuk mengetahui penelitian terdahulu, terkini dan masa depan terkait penerapan analisis senyawa Bisphenol A dalam air tanah atau badan air. Hasil kajian yang didapat kemudian akan ditinjau secara rinci sesuai dengan topik penelitian untuk menemukan metode analisis senyawa Bisphenol A pada air yang dapat diterapkan untuk air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan, Kabupaten Bantul untuk dapat menjadi acuan dalam penelitian dimasa mendatang.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat disusun perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan polimer fragmen plastik di TPA Piyungan dengan Bisphenol A pada air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan?
2. Bagaimana metode analisis senyawa Bisphenol A pada air tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, dapat diketahui tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis hubungan antara senyawa polimer fragmen plastik dengan Bisphenol A pada air tanah di sekitar TPA Piyungan.
2. Melakukan analisis *systematic literature review* Bisphenol A pada air tanah.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menguji senyawa polimer fragmen plastik yang berasal dari TPA Piyungan pada zona pemuatan sampah I, II, dan III.
2. Waktu pengambilan sampel fragmen plastik terdekomposisi dilaksanakan pada 30 Juni 2022 dan 2 Juli 2022.
3. Bisphenol A pada air tanah dilakukan analisa secara *systematic literature review* serta deskriptif dengan menggunakan bibliometrik *software VOSviewer* dan *Publish or Perish* terhadap jurnal dari penelitian terdahulu.
4. Waktu publikasi dibatasi selama 15 tahun terakhir dari tahun 2008-2023.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hubungan polimer fragmen plastik di TPA Piyungan dengan Bisphenol A pada air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan
2. Mengetahui metode analisis senyawa Bisphenol A pada air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan.
3. Sebagai referensi dan bahan kajian bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Senyawa Pengganggu Endokrin (*Endocrine Disruptors*)

Pengganggu endokrin merupakan senyawa eeksogen yang dapat menyebabkan gangguan regulasi hormonal dan sistem endokrin. Sistem endokrin merupakan sistem yang menghasilkan hormon dalam tubuh melalui darah untuk mempengaruhi organ lain. Sehingga dapat mengganggu sistem metabolisme tubuh serta dapat meniru terjadinya hormon alami (Casals-Casas & Desvergne, 2011). Bagi Kesehatan manusia, pengganggu endokrin dapat memberikan efek pada sistem reproduksi pria dan Wanita, meningkatkan potensi kanker payudara, berdampak pada perkembangan payudara, meningkatkan potensi kanker prostat, endokrinologi kardiovaskular, gangguan neuroendokrinologi, tiroid, metabolisme dan obesitas (Diamanti-Kandarakis, et al., 2009).

Kelompok molekul yang diidentifikasi sebagai pengganggu endokrin bersifat sangat heterogen mencakup bahan kimia sintetis yang digunakan sebagai pelarut/pelumas industri dan produk sampingannya [*polychlorinated biphenyls* (PCBs), *polybrominated biphenyls* (PBBs), dioksin], plastik [Bisphenol A (BPA)], plasticizer [*phthalate*, *pesticides methoxychlor*, *chlorpyrifos*, *dichlorodiphenyltrichloroethane* (DDT)], fungisida (*vinclozolin*) dan agen farmasi [*diethylstilbestrol* (DES)] (Diamanti-Kandarakis, et al., 2009).

2.2 Bisphenol A

Bisphenol A (BPA, 2,2-(4,4'-dihydroxydiphenyl)propane) merupakan senyawa sintetis yang merupakan penyusun plastik. Bisphenol A (BPA) adalah bahan kimia industri yang digunakan dalam berbagai industri, termasuk pembuatan polikarbonat, pelapis kaleng makanan dan industri pengecoran (*casting*). Selain itu Bisphenol A (BPA) juga berfungsi sebagai agen penstabil dalam penyusun plastik serta bahan tambahan dalam penyusun kertas termal atau pelapis kertas (Morin, H. Arp, & Hale, 2015).

Pada Oktober 2010, Bisphenol A (BPA) secara resmi masuk ke dalam Daftar Zat Beracun (Jadwal 1 dari Canadian Environmental Protection Act, 1999 [CEPA 1999]) (Environment Canada, 2012). Badan Perlindungan Alam Amerika Serikat (US EPA) memberikan nilai batas aman BPA dalam tubuh yaitu 50µg/kg/hari, nilai minimal untuk Bisphenol A tidak memberikan dampak bagi tubuh. Bisphenol A (BPA) dapat ditemukan di badan air melalui limbah air limbah atau limbah air lindi (Huang, et al., 2012).

2.3 Air Tanah

Air tanah merupakan sejumlah air bawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan menggunakan sumur-sumur, terowongan atau sistem drainase dengan pemompaan (Kodoatie, 1996). Air tanah dibagi menjadi dua jenis, yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dalam berasal dari air hujan yang meresap ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses absorpsi dan filtrasi oleh bebatuan serta mineral yang terdapat di dalam tanah, menghasilkan air yang jernih. Sedangkan air tanah dangkal merupakan air hujan yang terperangkap oleh akar-akar tumbuhan, dan terletak tidak jauh dari permukaan tanah (Kumalasari & Satoto, 2011).

2.4 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah merupakan sarana fisik untuk berlangsungnya kegiatan pembuangan akhir sampah berupa tempat yang digunakan untuk memproses dan mengembalikan sampah ke badan lingkungan. Sehingga dalam perencanaannya diperlukan ketentuan maupun kriteria yang sesuai dengan standar yang berlaku (Menteri Pekerjaan Umum, 2013). Menurut Undang-undang No.18 Tahun 2008, tempat pemrosesan akhir merupakan wadah akhir atau tempat pemroses sampah sebagai tempat pengembalian sampah ke badan lingkungan dalam kondisi yang aman bagi masyarakat dan lingkungan sekitar (Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah Pasal 1 Ayat 8).

Metode pengelolaan sampah di TPA dapat berupa metode *sanitary landfill*, metode *open dumping*, dan metode *controlled landfill*. Metode *sanitary landfill*

merupakan sistem pemrosesan dengan pengurukan di areal pengurukan sampah yang disiapkan dan dioperasikan secara sistematis. Metode *open dumping* dilakukan secara terbuka dimana sampah dihamparkan pada suatu lokasi atau lahan terbuka yang luas dan dibiarkan. Metode *controlled landfill* dilakukan dengan pengurukan di areal pengurukan sampah, kemudian dipadatkan dan ditutup dengan tanah secara berkala dalam kurun waktu minimal 7 hari (Menteri Pekerjaan Umum, 2013).

2.5 Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel dengan ukuran < 5 mm dan dapat berasal dari sumber primer maupun sekunder. Sumber primer berupa plastik yang diproduksi dalam ukuran mikroskopik seperti dalam produk kecantikan atau kosmetik, sedangkan sumber sekunder berupa degradasi dari produk plastik lainnya. Mikroplastik dikategorikan menjadi beberapa klasifikasi bentuk seperti Pelet, Fragmen, Filamen atau fiber, film, *foam* serta granula (Fiore, et al., 2022). Dalam klasifikasi lain, mikroplastik berdasarkan morfologi dibagi menjadi *fiber*, *fiber bundle*, fragmen, *sphere*, pellet, film dan *foam* (Rochman, et al., 2019).

Fiber atau serat mikroplastik bersifat fleksibel dengan ketebalan yang selaras dengan ujung lancip, potongan bersih atau berjumbai. Film merupakan mikroplastik yang bersidat datar, tipis dan mudah dibentuk namun tidak mudah terpecah, biasanya transparan sebagian atau seluruhnya. *Foam* atau busa bersifat dapat dimampatkan dan kecenderungan seperti awan. *Sphere* merupakan mikroplastik berbentuk bulat dengan permukaan halus yang berukuran kisaran $100 \mu\text{m}$ -2 mm. Pelet merupakan mikroplastik dengan bentuk bulat berukuran lebih besar yaitu antara 3-5 mm. Dan terakhir fragmen memiliki struktur yang kaku dengan bentuk serta ukuran tidak menentu (Rochman, et al., 2019).

2.6 Instrumen *Fourier Transform Infrared Spectroscopic* (FTIR)

FTIR merupakan teknik analisis diagnostik untuk polimer plastik dengan memberikan informasi berupa ikatan senyawa plastik tertentu. Berdasarkan ukuran dari plastik yang diuji, untuk plastik dan mikroplastik yang berukuran cukup besar serta terlihat dengan kasat mata diidentifikasi menggunakan FTIR

konvensional, sedangkan mikroplastik dengan ukuran mikroskopik diuji dengan micro-FTIR (μ -FTIR). Analisis mikroplastik dengan FTIR menggunakan mode transmisi, pantulan dan *attenuated total reflection* (ATR) (Chen, et al., 2020).

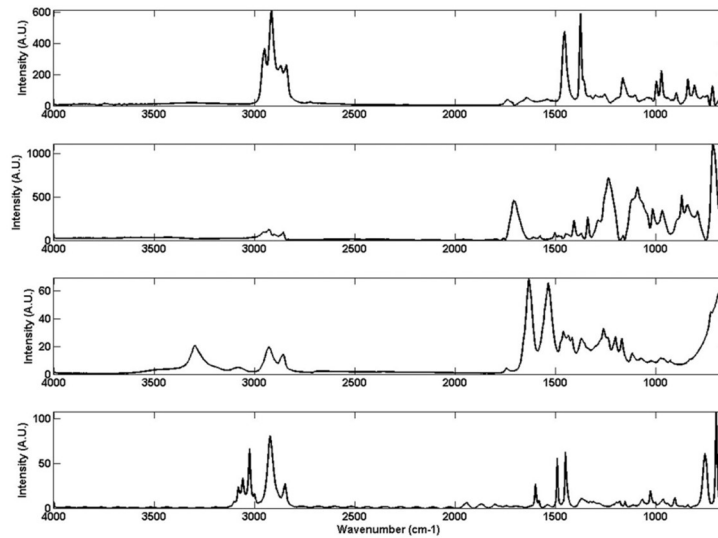
Plastic typology	Spectral range of the bands (cm^{-1})
PP	2800–3000, 1440–1480, 1350–1370, 1020–1080, 800–850, 700–740
HDPE	2800–3000, 1440–1480, 700–740
LDPE	2800–3000, 1440–1470, 700–730
HDPET	1650–1720, 1250–1350, 1050–1150, 800–900, 700–750
LDPET	1650–1720, 1250–1350, 1050–1150, 800–900, 700–720
OPE	2800–3000, 1350–1370, 1200–1150, 1150–1050, 800–850, 700–740
NL	3350–3600, 3150–3350, 1650–1750, 1550–1650, 1250–1350, 1200–1100
PS	3000–3100, 2800–3000, 1500–1600, 1450–1500, 700–750
TF	2800–3000, 1050–1250

Gambar 2.1 Rentang spektrum untuk beberapa jenis plastik

Sumber: Mecozzi, et al., 2016.

Dalam pengujian FTIR rentang spektrum untuk tiap-tiap sampel, pada Gambar 2.1 ditunjukkan beberapa rentang spektrum untuk jenis-jenis plastik yang berbeda. Namun untuk pengaturan FTIR dapat dikondisikan untuk membaca dan mengidentifikasi sampel yang berpotensi mengandung banyak campuran kompleks (Mecozzi, et al. 2016).

FTIR dengan prinsip spektroskopi berfungsi untuk mengidentifikasi senyawa organik yang memiliki spektrum kompleks dan terdiri atas banyak puncak. Spektrum inframerah yang digunakan tersebut dihasilkan dari transmisi cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang, adapun output yang dihasilkan merupakan data dalam bentuk intensitas fungsi energi atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Silviah, et al., 2014).



Gambar 2.2 Contoh Hasil Uji FTIR, puncak tiap polimer dari paling atas
Polypropylene, polyethylene phthalate, nylon dan polystyrene

Sumber: Mecozzi, et al., 2016.

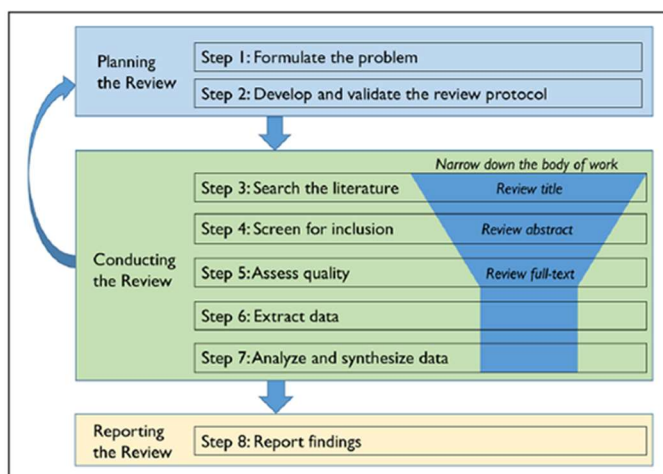
Gambar 2.2 menunjukkan hasil puncak tiap sampel menggunakan uji FTIR, dari puncak-puncak sampel yang diuji, untuk mengetahui jenis kandungan dalam sampel, puncak-puncak tersebut dibandingkan dengan spektrum FTIR atau puncak-puncak dari *libraries* spektrum spesifik. Perbandingan ini dapat dilihat dari kesamaan struktur dan penentuan jenis sampel.

2.7 *Systematic Literature Review*

Systematic literature review (SLR) adalah salah satu dari beberapa metode kajian literatur untuk mengidentifikasi, mengevaluasi dan merangkum penelitian yang tersedia dengan menggunakan daftar pertanyaan terkait topik tertentu. Penelitian individu terkait metode SLR dapat dilihat sebagai studi primer, sedangkan SLR sebagai metode untuk menjawab daftar pertanyaan terkait topik tertentu disebut sebagai studi sekunder (Barbara & Charters, 2007).

Systematic literature review (SLR) merupakan kajian literatur yang berbasis pada domain, metode dan teori. Dalam pelaksanaannya berbentuk merangkum, memperoleh, mengatur, menyintesis dan menilai literatur relevan yang sudah ada menggunakan prosedur sistematis. Dibandingkan dengan metode kajian literatur lain, *systematic literature review (SLR)* memerlukan ruang lingkup studi yang

lebih spesifik, dengan jumlah literatur yang ditinjau lebih sedikit berkisar antara puluhan hingga ratusan rendah (Donthu *et al.*, 2021). *Systematic literature review* dilakukan untuk merangkum penelitian serta pembuktian terkait topik tertentu, dan untuk menemukan kekurangan atau celah dalam penelitian terkait topik tersebut pada saat ini, supaya dapat menyarankan area untuk penelitian lebih lanjut (Kitchenham, 2007).



Gambar 2.3 Tahapan *Systematic Literature Review*

Sumber: Xiao & Watson, 2019.

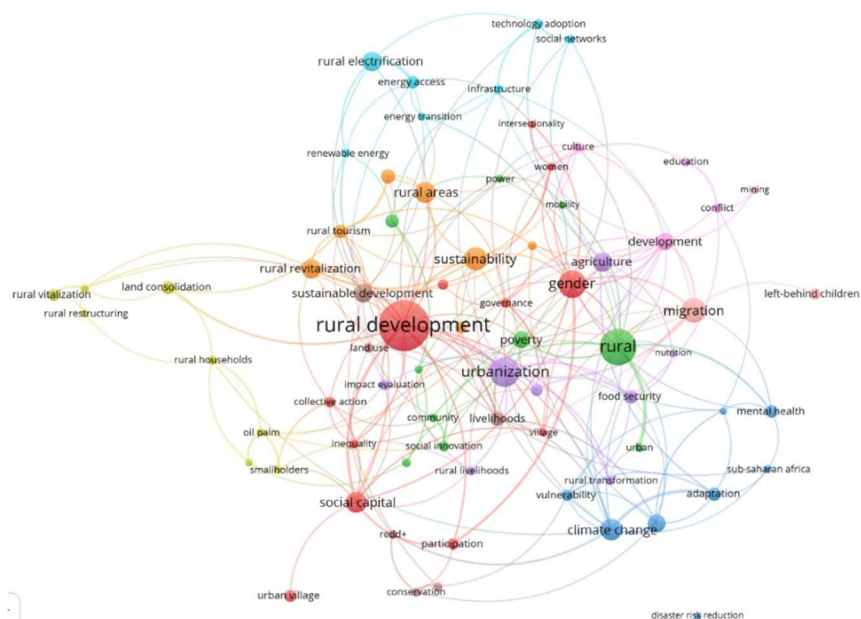
Tahapan *systematic literature review* yang dipaparkan oleh Xiao & Watson (2019) adalah dalam tahapan perencanaan diperlukan penyusunan rumusan masalah atau daftar pertanyaan terkait topik yang ingin diteliti, kemudian diperlukan batasan-batasan yang dapat mengerucutkan jurnal temuan. Pada pelaksanaan kajian, tahapan selanjutnya secara berurutan adalah dengan mencari literatur dengan topik relevan melalui *electronic database*, kemudian memilah jurnal berdasarkan abstrak, dan terakhir menilai kualitas jurnal temuan dengan membaca keseluruhan teks. Setelah mendapatkan data yang diperlukan, dilakukan pengolahan dan analisis data sesuai media.

2.7.1 *Bibliometric Analysis*

Bibliometric analysis merupakan metode penelusuran dan analisis data dalam jumlah besar untuk menemukan struktur penelitian dan tren dalam topik penelitian. Dalam pelaksanaannya metode *bibliometric analysis* terbagi menjadi dua kategori, yaitu analisis kinerja dan pemetaan sains. Analisis kinerja

memperhitungkan kontribusi konstituen penelitian sedangkan pemetaan sains merupakan bentuk visualisasi hubungan antara konstituen penelitian. Adapun beberapa perangkat lunak pendukung analisis bibliometrik adalah Gephi, Leximancer dan VOSviewer (Donthu, et al., 2021).

VOSviewer merupakan perangkat lunak analisis bibliometrik yang berfungsi untuk memproses data literatur yang berjumlah besar dalam bentuk pemetaan hubungan antara kata kunci pada artikel atau literatur seperti pada Gambar 2.4 (Hariyoko, 2022).



Gambar 2.4 Visualisasi VOSviewer hubungan antara kata kunci atau co-occurrence

Sumber: Hariyoko, 2022.

Hubungan yang terbentuk menunjukkan karya dari penulis tersebut menggunakan kata kunci serta topik penelitian yang sama (Hariyoko, 2022).

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait analisis senyawa Bisphenol A (BPA) pada air tanah di sekitar TPA Piyungan, Kabupaten Bantul belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan referensi lain dari penelitian terdahulu yang dianggap relevan pada penelitian ini. Berikut tabel penelitian terdahulu.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Narevski, A. C., Novaković, M. I., Petrović, M. Z., Mihajlović, I. J., Maoduš, N. B., & Vujić, G. V	2021	<i>Occurrence of bisphenol A and microplastics in landfill leachate: lessons from South East Europe</i>	Ditemukan kadar Bisphenol A (BPA) pada air lindi dengan konsentrasi berkisar antara 0,70-2,72 mg/L. Nilai tersebut 7 sampai 20.000 kali lebih besar dibandingkan penelitian di wilayah lain. Hal ini menandakan besarnya angka keberadaan sampah plastik pada landfill.
2	Mohapatra, Brar, Tyagi, & Surampalli	2011	<i>Occurrence of bisphenol A in wastewater and wastewater sludge of CUQ treatment plant</i>	Bisphenol A (BPA) ditemukan pada setiap tahapan pengelolaan air limbah dengan konsentrasi tertinggi sebesar 1,68 µg/L.
3	Selvaraj, K. K.,	2014	<i>GC-MS</i>	Dengan mengambil

	<p>Shanmugam, G., Sampath, S., Joakim Larsson, D. G., & Ramaswamy, B. R.</p>		<p><i>Determination of Bisphenol A and Alkylphenol ethoxylates in river water from India and their ecotoxicological risk assessment</i></p>	<p>sampel dari 3 sungai dan 27 titik lokasi, pengujian data dilakukan dengan metode GC-MS. Ditemukan besaran konsentrasi BPA dari ketiga sungai tersebut berkisar antara 6,6-136 ng/L; 2,8-6 ng/L dan 9,8-36 ng/L. Nilai tersebut masih berada dibawah regulasi yang berlaku, yaitu 100µg/L, sehingga tidak akan terlalu memberikan dampak bagi Kesehatan manusia.</p>
--	--	--	---	--

BAB III

METODE PENELITIAN

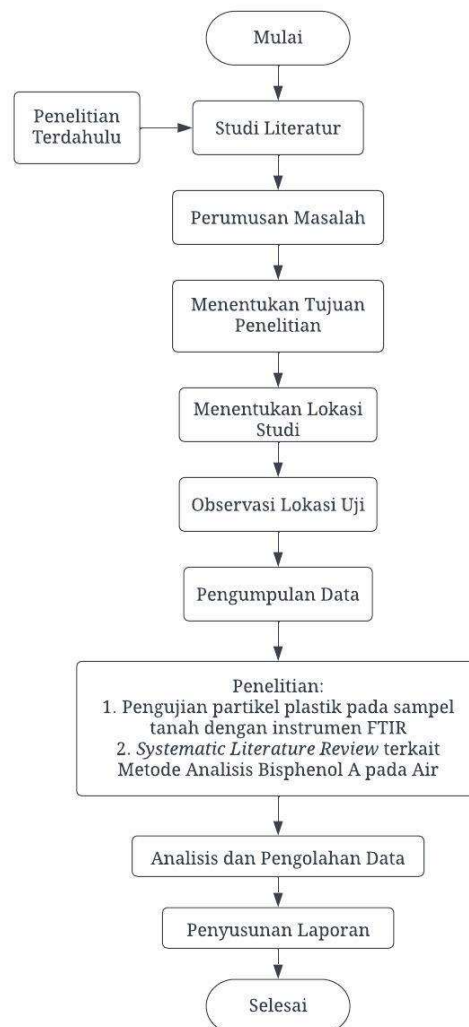
3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah observasi, studi literatur dan pengujian laboratorium. Berikut dibawah ini pendekatan yang digunakan.

1. Observasi, tahap untuk melakukan pengamatan langsung dengan objek penelitian di lokasi pengambilan sampel yaitu TPA Piyungan. Dengan data yang didapatkan berupa tata lokasi TPA Piyungan dan titik lokasi pengambilan sampel tanah.
2. Studi literatur, tahap untuk melakukan pendekatan ilmiah dengan tujuan sebagai bahan pertimbangan dalam meningkatkan kualitas data dari sumber referensi berupa jurnal, buku dan artikel ilmiah.
3. Pengujian Laboratorium, tahap untuk melakukan pengujian dan menganalisis sampel tanah yang telah diambil dari lokasi pengambilan sampel untuk diuji menggunakan instrumen FTIR, dan data yang dihasilkan berupa jenis-jenis polimer fragmen plastik dari sampah plastik TPA Piyungan.

3.2 Metode Pengumpulan Data dan Analisis Data

Teknik pengumpulan data dimulai dengan studi literatur dengan mengumpulkan jurnal, data Pustaka dan referensi lainnya yang memiliki relevansi dengan topik penelitian yang diangkat. Selanjutnya dilakukan survei lokasi titik pengambilan sampel yang disesuaikan dengan pembagian wilayah TPA Piyungan. Pengumpulan data primer dimulai, pengambilan sampel dan menguji hasil sampel yang didapatkan di Laboratorium. Berikut dibawah ini skema pengumpulan data.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Kemudian dilakukan pengumpulan data sekunder berupa pengumpulan data literatur untuk studi literatur secara naratif dan sistematis. Studi literatur sistematis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* dan *Publish or Perish*. Sedangkan studi literatur secara naratif dilakukan dengan membandingkan jurnal atau literatur terkait dengan topik penelitian untuk menemukan hasil berupa metode analisis senyawa Bisphenol A pada air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di TPA Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan sampel yang diambil berupa sampel tanah. TPA Piyungan saat ini dikelola oleh pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Waktu pengambilan sampel tanah di TPA Piyungan dilaksanakan pada 30 Juni 2022 dan 2 Juli 2022. Dan analisis polimer fragmen plastik dilakukan dengan instrumen FTIR di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia pada tanggal 7 September 2022. Sedangkan pengambilan data studi literatur diambil dari *database* elektronik yaitu *Google Scholar*, *Elsevier*, *Science Direct*, dan *Scopus*.

3.4 Sampel Tanah dan Sampel Fragmen Plastik

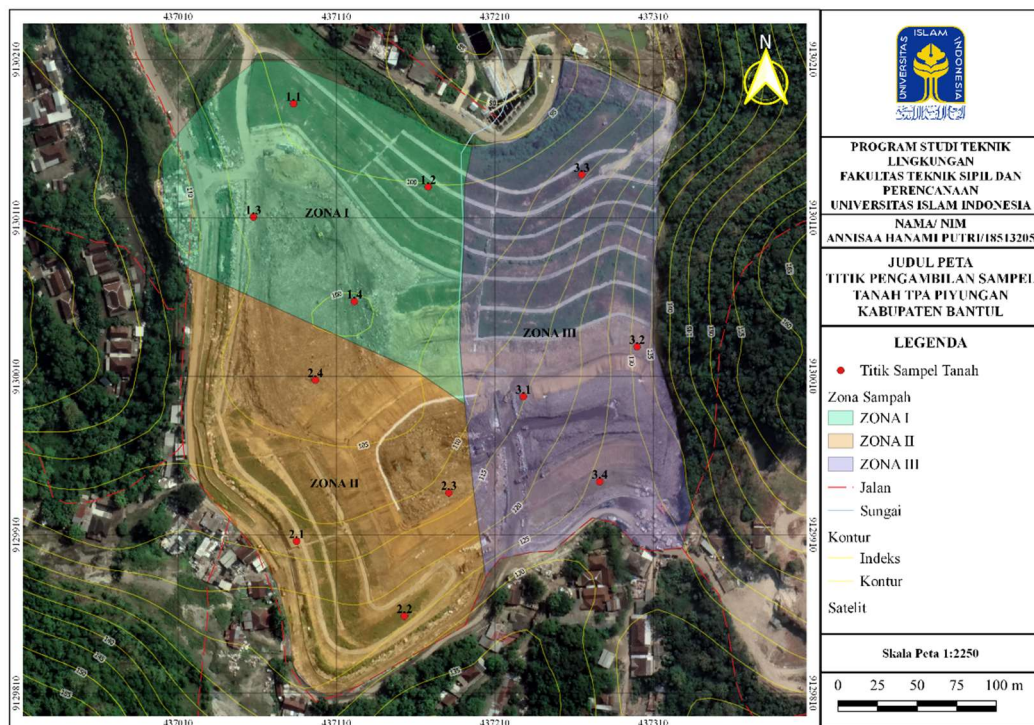
Zona pemuatan sampah di TPA Piyungan terbagi menjadi tiga zona, dan dari masing-masing zona diambil 4 titik sampel untuk mendapatkan ragam fragmen plastik dalam tanah. Titik pengambilan sampel tanah pada masing-masing zona pemuatan sampah ditempatkan dengan pola belah ketupat dengan pertimbangan titik tersebar luas serta area tanah yang belum dipadatkan dan memungkinkan untuk pengambilan sampel. Pada Tabel 3.1 ditunjukkan titik koordinat untuk titik pengambilan sampel tanah di TPA Piyungan.

Tabel 3.1 Koordinat Titik Pengambilan Sampel Tanah

Titik Sampel Tanah	Koordinat		Elevasi (m)
	Latitude	Longitude	
1.1	-7,86862812	110,42925449	100
1.2	-7,86914216	110,43005550	100
1.3	-7,86930972	110,42902506	100
1.4	-7,86978430	110,42960514	110
2.1	-7,87114087	110,42925323	115
2.2	-7,87152546	110,42990982	120
2.3	-7,87084293	110,43019287	120
2.4	-7,87018537	110,42934443	110
3.1	-7,87029513	110,43057524	120
3.2	-7,86999913	110,43120991	120
3.3	-7,86905556	110,43089651	100
3.4	-7,87078966	110,43099611	120

Sumber: Hasil Penelitian.

Pembagian zona pemuatan sampah di TPA Piyungan adalah Zona I merupakan zona penumpukan sampah yang pertama dibangun, dengan sampah yang sudah terdegradasi sempurna. Zona II dan Zona III merupakan zona penumpukan sampah yang dioperasikan setelah zona I diistirahatkan, dengan zona III sebagai zona yang paling baru dibangun. Sehingga untuk Zona II dan Zona III, sampah didalam timbunannya belum terdegradasi sempurna. Berikut pada Gambar 3.2 menunjukan masing-masing titik pengambilan sampel tanah di TPA Piyungan.



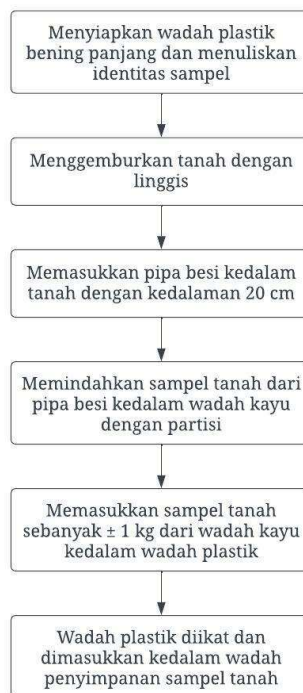
Gambar 3.2 Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah TPA Piyungan

Sumber: Hasil Penelitian.

3.4.1 Metode Pengambilan Sampel Tanah

Metode pengambilan sampel tanah dilakukan dengan mengacu pada Balai Penelitian Tanah, dengan penentuan titik *sampling* menggunakan metode *systematic sampling*. Pada tiap zona ditentukan 4 titik pengambilan sampel yang

tersebar secara menyeluruh. Berikut dibawah ini pada Gambar 3.3 menunjukan skema pelaksanaan pengambilan sampel tanah.



Gambar 3.3 Tahapan Pengambilan Sampel Tanah

Dalam pelaksanaannya di lapangan, identitas sampel yang dituliskan meliputi kode sampel berdasarkan lokasi dan pembagian zona serta koordinat lokasi pengambilan sampel tanah.

3.4.2 Analisis Sampel Fragmen plastik

Dalam penelitian ini contoh uji yang akan diuji menggunakan instrumen FTIR adalah fragmen plastik yang ditemukan didalam sampel tanah pada zona pemuatan sampah TPA Piyungan. Sampel fragmen plastik digunakan untuk melihat hubungan polimer mikroplastik di TPA Piyungan dengan senyawa Bisphenol A dalam air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan. Fragmen plastik dalam sampel tanah didapatkan dengan melakukan penyortiran menggunakan ayakan untuk memisahkan fragmen plastik dari material tanah. Ayakan atau saringan yang digunakan berukuran bukaan 4,75; 3,35; 2,36; 1,18; dan 0,850 mm. Setelah dilakukan pengayakan dengan saringan tersebut, diambil fragmen plastik

yang terlihat secara kasatmata menggunakan pinset dan dipindahkan ke wadah lain untuk pemilahan lebih lanjut.

Setelah keseluruhan sampel tanah dari 12 titik dipilah, fragmen plastik dari yang ditemukan dalam masing-masing sampel tanah diletakan diatas kertas untuk pemilahan akhir. Dari pemilahan akhir ditentukan sebanyak 23 sampel fragmen plastik secara acak untuk diuji. Setelah pemilahan akhir, preparasi sampel fragmen plastik sebelum diuji adalah dengan membersihkan sampel fragmen plastik dari sisa-sisa tanah yang menempel menggunakan lembaran *tissue*, untuk mengurangi potensi eror pada pengujian sampel.

Sampel fragmen plastik yang sudah siap uji kemudian dilakukan pembacaan menggunakan instrumen FTIR Nicolet Avatar 360 IR dengan spektrum yang berkisar antara $500-4000\text{ cm}^{-1}$ pada resolusi 2 cm^{-1} .

3.4.3 Analisa Data

Pengujian sampel fragmen plastik dengan instrumen FTIR menghasilkan *output* berupa grafik yang berisi puncak-puncak dari senyawa penyusun sampel fragmen plastik uji, serta daftar *hitlist* dari polimer penyusun sampel fragmen plastik uji. Analisa dilakukan dengan mengidentifikasi senyawa penyusun masing-masing sampel fragmen plastik dan menentukan pontensi ditemukannya Bisphenol A.

3.5 Systematic Literature Review

Penelitian ini juga dilakukan dengan metode *systematic literature review*, dan fokus topik terkait analisis senyawa Bisphenol A pada air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan. Literatur dalam bentuk daring yang diambil menggunakan Bahasa Indonesia dan/atau Bahasa Inggris.

3.5.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan secara manual dan otomatis dengan *keywords* yang meliputi “Bisphenol A”, “*analysis*”, “*groundwater*”, “GC MS”, dan “*Water*” dari *database* elektronik yaitu *Google Scholar*, *Elsevier*, *Science Direct*, dan *Scopus*. Dengan minimnya literatur terkait, maka literatur yang digunakan merupakan literatur yang diterbitkan pada rentang 15 tahun terakhir

antara 2008-2023. Pengumpulan data secara manual dilakukan dengan melakukan pencarian langsung pada *database* elektronik dengan *keywords* yang ditentukan, sedangkan pengumpulan data secara otomatis dilakukan dengan perangkat lunak *Publish or Perish* menggunakan *keywords* yang sama.

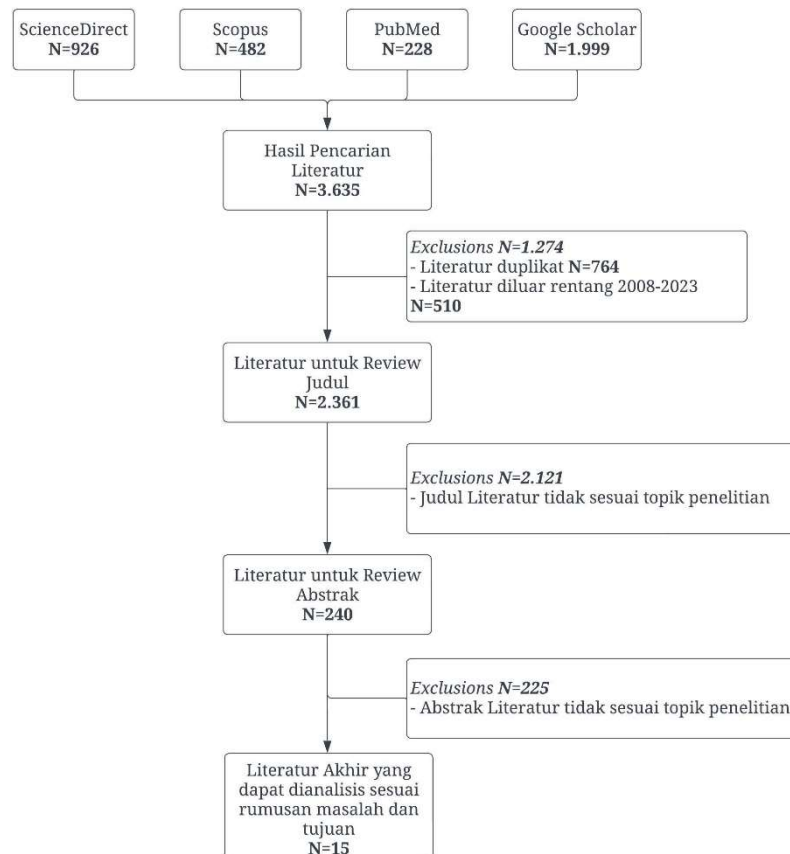
Melalui pencarian langsung, literatur yang sesuai dengan kriteria kemudian diunduh menggunakan format RIS (*Research Information Systems*). Sedangkan melalui perangkat lunak *Publish or Perish*, dilakukan *export* data hasil pencarian menggunakan format (*Research Information Systems*). Dengan pengambilan data dari berbagai *database* elektronik, dilakukan pemilahan awal untuk mengeliminasi duplikasi literatur. Eliminasi duplikasi literatur dilakukan dengan perangkat lunak Mendeley.

Tabel 3.2 Hasil pengumpulan literatur menggunakan kata kunci

<i>Keyword</i>	<i>Source</i>	Jumlah Literatur
"Bisphenol A" AND "Analysis" AND "Water" AND "GC MS"	Sciencedirect/ Elsevier	84
"Bisphenol A" AND "water" AND "Analysis"	Sciencedirect/ Elsevier	807
"Bisphenol A" AND "groundwater" AND "Analysis"	Sciencedirect/ Elsevier	25
"Bisphenol A" AND "groundwater" AND "Analysis" AND "GC MS"	Sciencedirect/ Elsevier	10
"Bisphenol A" AND "Analysis" AND "Water"	Scopus	200
"Bisphenol A" AND "Analysis" AND "Water" AND "GC MS"	Scopus	200
"Bisphenol A" AND "groundwater" AND "Analysis" AND "GC MS"	Scopus	8
"Bisphenol A" AND "groundwater" AND "Analysis"	Scopus	74
"Bisphenol A" AND "water" AND "Analysis" AND "GC MS"	PubMed	168
"Bisphenol A" AND "groundwater" AND "Analysis"	PubMed	56
"Bisphenol A" AND "groundwater" AND "Analysis" AND "GC MS"	PubMed	4
"Bisphenol A" AND "groundwater" AND "Analysis"	Google Scholar	1.000
"Bisphenol A" AND "Analysis" AND "Water" AND "GC MS"	Google Scholar	999
Jumlah Literatur (Rentang Waktu 1983-2023)		3.635
Jumlah Literatur Tanpa Duplikasi		2.871
Jumlah Literatur Pada Rentang Waktu 2008-2023		2.361

Sumber: Hasil Penelitian

Adapun strategi pemilihan literatur untuk kajian literatur dengan batasan-batasan serta kriteria yang telah ditentukan adalah sebagai berikut.



Gambar 3.4 *Exclusion Systematic Literatur Review*

Sumber: Hasil Penelitian.

Mengacu kepada perumusan masalah No.2 yaitu metode analisis Bisphenol A dalam air, dibuat beberapa batasan untuk *inclusion* dan *exclusion* dari literatur. Kriteria *inclusions* untuk pemilihan literatur berdasarkan judul adalah literatur yang mengimplikasikan analisis “Bisphenol A”, “*emerging pollutant*”, “*endocrine disrupting compound*”, dan “*estrogen pollutant*”, serta menggunakan sampel air berupa badan air lingkungan (seperti air tanah, air permukaan, air laut dan lain-lain). Sedangkan untuk *inclusions* berdasarkan abstrak yang menjelaskan metode analisis Bisphenol A yang digunakan, yaitu menggunakan instrument GC-MS sebagai metode analisis. *Exclusion* dilakukan

dengan memasukkan data RIS kedalam excel untuk kemudian dieliminasi yang tidak sesuai dengan kriteria.

3.5.2 Analisis Data Literatur

Hasil data dengan format RIS dari database elektronik atau perangkat lunak *Publish or Perish* dimasukan kedalam perangkat lunak Mendeley dan Excel untuk tahapan *inclusion* dan *exclusion*, kemudian Kembali diektrak dalam bentuk RIS. Hasil dengan format RIS (*Research Information Systems*) tersebut kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* untuk memetakan dan menghubungkan kata kunci antar literatur. Peta visual bibliometrik yang dihasilkan digunakan untuk menjelaskan *trend* publikasi literatur terkait topik analisis senyawa Bisphenol A pada air tanah di wilayah sekitar TPA.

Setelah itu dilakukan *systematic literature review* terhadap 15 literatur akhir yang ditetapkan sesuai dengan kriteria *inclusion* dan *exclusion*. SLR dilakukan berdasarkan jenis metode dan jenis sampel yang digunakan dalam masing-masing literatur.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian untuk pengambilan data lapangan dilakukan di TPA Piyungan, Dusun Ngblak dan Watugender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. TPA Piyungan atau Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan dibangun pada tahun 1994-1996 dan sudah beroperasi sejak tahun 1996, dan saat ini dikelola oleh Balai Pengelolaan Sampah, yang bekerja dibawah Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY (Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY, 2022). Dengan luas 12,5 Ha, TPA Piyungan hingga saat ini masih beroperasi secara aktif sebagai penampungan akhir dari wilayah Kota Yogyakarta, Sleman dan Bantul (Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta, 2022).

Wilayah penampungan sampah TPA Piyungan dibagi menjadi tiga zona penumpukan sampah berdasarkan tingkat pembusukan sampah. Zona 1 merupakan zona operasional pertama sejak TPA Piyungan beroperasi, dengan karakteristik wilayah tidak mengeluarkan bau menyengat dari sampah yang sudah terurai, tanah pada zona ini berwarna coklat kehitaman, serta tekstur gembur dan berada pada kontur terendah. Zona 2 dan Zona 3 merupakan zona baru yang menggantikan fungsi zona 1 setelah berkapasitas penuh, dengan tanah timbunan berwarna coklat kemerahan dengan tekstur liat jika terkena air dan mengeluarkan bau menyengat dikarenakan penguraian sampah yang belum matang.

Sejak tahun 2013, TPA Piyungan beroperasi dengan sistem *sanitary landfill* atau lahan urug yang memenuhi kriteria sanitasi lingkungan (Wahyono, 2010). Jam operasional TPA Piyungan adalah pukul 07.00-17.00 WIB dengan sistem pengukuran massa sampah menggunakan *software*, dan berdasarkan data primer, estimasi sampah yang masuk kedalam TPA Piyungan adalah sebesar 592 ton/hari (Musyafiq, et al., 2019).

4.2 Analisis Polimer Mikroplastik pada Tanah

Analisis polimer mikroplastik pada tanah TPA Piyungan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara polimer mikroplastik di TPA Piyungan dengan senyawa Bisphenol A pada air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan. Pelaksanaan pengambilan sampel tanah dilakukan pada tanggal 30 Juni 2022 dan 2 Juli 2022. Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan linggis sebagai penggembur tanah kemudian sampel tanah dipindahkan ke dalam wadah kayu dengan bor tangan pada kedalaman 20 cm dari permukaan tanah.

Analisis dilakukan dengan pengujian sampel fragmen plastik yang terdapat dalam sampel tanah menggunakan instrumen *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Sehingga sampel tanah dipreparasi untuk memisahkan fragmen plastik dari tanah. Dari 12 titik pengambilan sampel tanah, ditemukan 124 fragmen plastik dari pemilahan pertama. Jumlah sampel fragmen plastik yang diuji dengan instrumen FTIR adalah sebanyak 23 sampel.









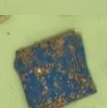



4.2.1 Hasil dan Analisis Polimer Mikroplastik












Terdapat beberapa jenis polimer plastik yang paling umum ditemukan, yaitu *Polystyrene* (PS), *Polyethylene* (PE), dan *Polyvinyl Chloride* (PVC). Jenis *Polystyrene* (PS) tersusun dari ikatan hidrogen (puncak gelombang 3200-3600 cm^{-1}), ikatan C=C (puncak gelombang 2700-3000 cm^{-1}), dan ikatan C-C (puncak gelombang 1500-1675 cm^{-1}). *Polyethylene* (PE) tersusun dari ikatan CH (puncak gelombang 2915-2935 cm^{-1}) dan ikatan hidroksil (puncak gelombang 3050-3700 cm^{-1}). Dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) tersusun dari ikatan C=O (puncak gelombang 3421,72-2446,79 cm^{-1}), ikatan C=O (puncak gelombang 2860,43-2962,66 cm^{-1}), ikatan C-C (puncak gelombang 143,38-1253,73 cm^{-1}) dan ikatan C-Cl (puncak gelombang 692-611,43 cm^{-1}) (Utami & Agustina, 2022).

Dengan rentang spektral 2980-2780 cm^{-1} dapat digunakan untuk memvisualisasikan jenis polimer PE, PP, PS, PA, PVC dan EVA. Rentang spektral 1800-1740 cm^{-1} dan 1760-1670 cm^{-1} dapat digunakan untuk memvisualisasikan polimer PC, PET, polyester dan EVA. Rentang spektral 1480-1400 cm^{-1} juga dapat digunakan untuk memvisualisasikan PE, PP, PS, PET, PA dan terutama PVC (Käppler, et al., 2016). Dalam pengujian sampel mikroplastik dengan

instrumen FTIR, pengaturan untuk rentang spektral (*spectral range*) yang digunakan adalah 500-4000 cm^{-1} .

Tabel 4.1 Hasil Uji FTIR Polimer Mikroplastik

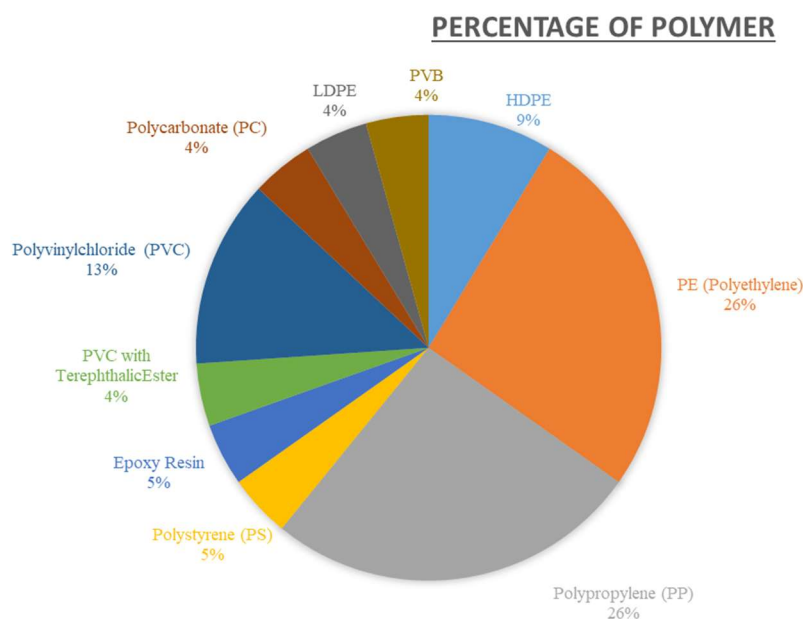
Sampel Tanah	Sampel Fragmen Plastik	Fragmen Plastik	Hasil		
			Score	ATR Library	Polymer
1.1	1		851	107-ATR-Polymer2	HDPE
1.2	2		625	23-ATR-Polymer2	PE (<i>Polyethylene</i>)
1.3	3		728	23-ATR-Polymer2	PE (<i>Polyethylene</i>)
1.4	4		698	24-ATR-Polymer2	<i>Polypropylene (PP)</i>
	5		612	25-ATR-Polymer2	<i>Polystyrene (PS)</i>
2.1	6		712	23-ATR-Polymer2	PE (<i>Polyethylene</i>)
	7		757	23-ATR-Polymer2	PE (<i>Polyethylene</i>)
2.2	8		637	24-ATR-Polymer2	<i>Polypropylene (PP)</i>
	9		626	43-ATR-Polymer2	<i>Epoxy Resin</i>
	10		778	107-ATR-Polymer2	HDPE
2.3	11		663	188-ATR-Polymer2	<i>PVC with TerephthalicEster</i>
2.4	12		786	23-ATR-Polymer2	PE (<i>Polyethylene</i>)

Sampel Tanah	Sampel Fragmen Plastik	Fragmen Plastik	Hasil		
			Score	ATR Library	Polymer
	13		686	34-ATR-Polymer2	<i>Polyvinylchloride (PVC)</i>
	14		834	24-ATR-Polymer2	<i>Polypropylene (PP)</i>
3.1	15		726	23-ATR-Polymer2	PE (<i>Polyethylene</i>)
	16		695	80-ATR-Polymer2	<i>Polycarbonate (PC)</i>
	17		706	19-IRs Polymer2	LDPE
3.2	18		611	163-ATR-Polymer2	<i>Poly(Vinyl Butyral) (PVB)</i>
	19		733	24-ATR-Polymer2	<i>Polypropylene (PP)</i>
3.3	20		768	24-ATR-Polymer2	<i>Polypropylene (PP)</i>
3.4	21		801	24-ATR-Polymer2	<i>Polypropylene (PP)</i>
	22		595	34-T-Polymer2	<i>Polyvinylchloride (PVC)</i>
	23		638	34-T-Polymer2	<i>Polyvinylchloride (PVC)</i>

Sumber: Hasil Penelitian

Skor dalam tabel hasil menunjukkan kemiripan hasil uji polimer atau senyawa dengan dataset yang berada di dalam *library* FTIR, semakin tinggi angka atau skor tersebut maka semakin mendekati polimer baku. Berdasarkan hasil analisis polimer mikroplastik dengan FTIR, ditemukan bahwa polimer HDPE ditemukan dalam 2 sampel, polimer *Polyethylene* (PE) ditemukan dalam 6

sampel, polimer *Polypropylene* (PP) ditemukan dalam 6 sampel, polimer *Polystyrene* (PS) ditemukan dalam 1 sampel, polimer *Epoxy Resin* ditemukan dalam 1 sampel, polimer *PVC with TerephthalicEster* ditemukan dalam 1 sampel, polimer *Polyvinylchloride* (PVC) ditemukan dalam 3 sampel, polimer *Polycarbonate* (PC) ditemukan dalam 1 sampel, polimer LDPE ditemukan dalam 1 sampel, dan polimer *Poly(Vinyl Butyral)* (PVB) ditemukan dalam 1 sampel.



Gambar 4.1 Diagram Lingkaran Persentase Polimer Hasil Uji Sampel Fragmen Plastik

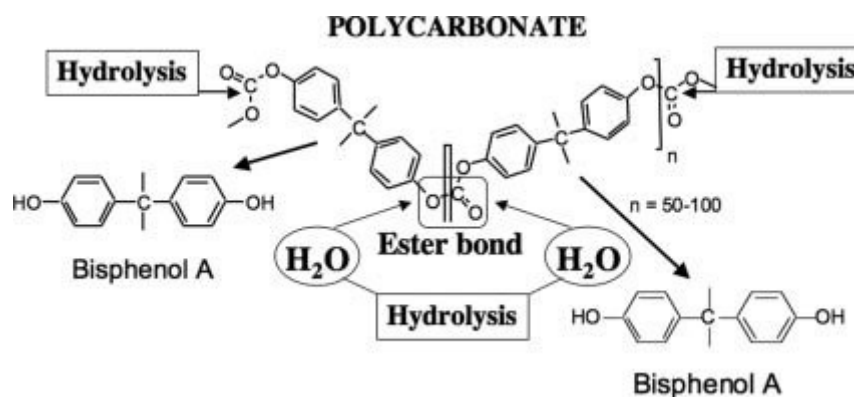
Sumber: Hasil Penelitian.

Hasil uji kemudian diolah dan divisualisasikan menggunakan diagram lingkaran untuk menunjukkan persentase polimer paling dominan. Melalui *Gambar 4.1* ditunjukkan bahwa polimer paling dominan adalah polimer *Polypropylene* (PP) sebesar 26% dan yang paling non-dominan adalah polimer *Polystyrene* (PS), *Epoxy Resin*, polimer *PVC with TerephthalicEster*, *Polycarbonate* (PC), LDPE dan polimer *Poly(Vinyl Butyral)* (PVB) yang setara pada 4-5%. Dan untuk persebaran jenis plastik sesuai zona pemuatan sampah TPA Piyungan, masing-masing jenis plastik ditemukan di ketiga zona pemuatan.

4.3 Analisis Hubungan Polimer Fragmen Plastik dengan Bisphenol A pada Air Tanah

4.3.1 Hubungan Polimer Fragmen Plastik dengan Bisphenol A

BPA merupakan senyawa yang disintesis berdasarkan reaksi kondensasi antara aseton dan kelebihan fenol dengan adanya asam kuat sebagai katalis, peran BPA dalam manufaktur plastik adalah sebagai *plasticizer agent* yang ditambahkan kedalam rantai polimer plastik untuk melemahkan ikatan antar molekulnya, dan hal tersebut yang memungkinkan plastik seperti PVC dan PC menjadi lunak dan dapat dibentuk (Notardonato, et al., 2019). Bisphenol A (BPA) merupakan senyawa aditif atau monomer yang digunakan dalam produksi *polycarbonate* (PC), monomer *epoxy resin*. Dalam Gambar 4.2 ditunjukkan bahwa *Polycarbonate* terbentuk dari rantai atau molekul simetris BPA yang bereaksi dengan fosgen (COCl_2) membentuk ikatan ester, yang mengalami peningkatan hidrolisis seiring kenaikan suhu dan sebagai respon kondisi asam-basa (Welshons, et al., 2006).

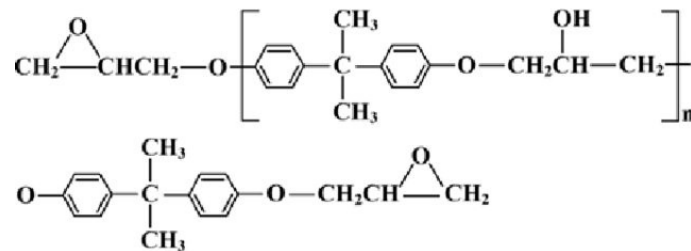


Gambar 4.2 Struktur Kimia *Polycarbonate* (PC) dari Bisphenol A

Sumber: Welshons, et al., 2006.

BPA juga digunakan sebagai antioksidan atau inhibitor dalam pembuatan (manufaktur) dan pemrosesan *polyvinyl chloride* (PVC). Resin berbasis BPA seperti *polycarbonate* dapat ditemukan dalam botol minum, wadah penyimpanan makanan, dan botol minum untuk bayi. Sedangkan *Epoxy resin* digunakan sebagai pelapis kaleng dan makanan kemasan. (López-Cervantes & Paseiro-Losada, 2003). *Epoxy resin* terbentuk melalui reaksi kondensasi antara senyawa Bisphenol

A dengan *epichlorhydrin* untuk menghasilkan BADGE (*Bisphenol A diglycidyl ether*, epoxy resin cair) seperti pada *Gambar 4.3*, resin kemudian di *cured* dengan bahan pengawet lain untuk membentuk jaringan tiga dimensi supaya dapat memberikan ketahanan kimia dan kemasan untuk wadah makanan serta minuman (Lestido-Cardama, et al., 2022).



Gambar 4.3 Struktur Epoxy Resin dengan Bisphenol A

Sumber: Liang, et al., 2018.

Polyvinyl chloride (PVC) tersusun dari polimerisasi monomer vinyl chloride dan penambahan *plasticizers*, Bisphenol A kemudian digunakan sebagai antioksidan dan penghambat polimerisasi akhir PVC. Bisphenol A dalam PVC dapat ditemukan di sarung tangan PVC sekali pakai (Aalto-Korte, et al., 2003). Dalam studi lain BPA ditemukan dalam kemasan makanan ringan, PVC film, dan pelapis tutup botol (Wang, et al., 2020).

4.3.2 Hubungan Fragmen Plastik dengan Bisphenol A pada Air Tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan

Dengan ditemukannya mikroplastik dalam bentuk fragmen plastik dengan polimer *Polyvinyl chloride* (PVC), *polycarbonate* (PC), dan *Epoxy resin* dalam urugan tanah TPA Piyungan, menunjukkan bahwa sampah plastik yang terdapat di dalam TPA Piyungan berpotensi mengandung Bisphenol A (BPA). Dalam beberapa studi yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan fakta bahwa ditemukan senyawa Bisphenol A (BPA) dalam air lindi pada lingkungan TPA di Shanghai (Xu, et al., 2011).

Mikroplastik yang berasal dari polimer PC dapat berpotensi melepaskan kandungan Bisphenol A melalui *leaching*, yaitu dari residu BPA dalam produk PC dan terjadinya hidrolisis produk PC yang melepaskan senyawa Bisphenol A (Xu,

et al., 2011). *Leaching* merupakan proses suatu zat terlepas atau terekstraksi dari zat pembawanya melalui pelarut, dalam hal ini proses *leaching* senyawa Bisphenol A dapat terjadi melalui pelepasan senyawa Bisphenol A yang terdapat di dalam sampah plastik dengan air hujan sebagai pelarutnya. Pelepasan senyawa Bisphenol A dari suatu zat dapat terjadi dikarenakan adanya hidrolisis dengan faktor suhu. Hidrolisis memecah plastik pada *molecular* terkecil dan dalam tahapan ini terlepas sejumlah molekul kecil Bisphenol A yang terlepas ke lingkungan (Bair, et al., 1981). Plastik PC dan *Epoxy resin* terbentuk dari molekul BPA yang terikat oleh ikatan ester (mengacu pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3) dapat terhidrolisis dan melepaskan BPA dapat terjadi dengan adanya peningkatan suhu (pelarut dan lingkungan) serta kondisi pH (Uadia, et al., 2019). PC yang terhidrolisis sempurna akan melepaskan Bisphenol A, fenol dan *4-isopropenyl phenol* (IPP) (Grause, et al., 2010).

Penelitian yang dilakukan oleh *Xu et al.* (2011) dengan studi kasus TPA di Shanghai menunjukkan bahwa konsentrasi BPA yang ditemukan dalam air lindi bergantung kepada jenis plastik yang terdapat dalam wilayah TPA nya serta rasio pelindian dari plastik tersebut, disebutkan bahwa kontributor terbesar adalah jenis plastik PVC yang mengandung konsentrasi BPA mencapai $12,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ dengan rasio pelindian mencapai 34,7% serta plastik PC yang mengandung BPA $6,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Untuk TPA Piyungan sendiri, dalam penelitian lain ditemukan bahwa angka kelimpahan mikroplastik yang terdapat di dalam kolam pengolahan air lindi mencapai rerata $154,80 \pm 21,22$ partikel/L pada kolam inlet dan rerata $135,60 \pm 12,18$ partikel/L pada kolam outlet. Dengan uji FTIR, dalam kelimpahan mikroplastik tersebut mengandung jenis polimer *polystyrene* (PS), *polyethylene* (PE) dan *polyvinyl chloride* (PVC) (Utami & Agustina, 2022).

Air lindi yang didapatkan pada dasar *landfill* maupun yang dibuang langsung ke lingkungan (pada permukaan tanah) sebagian akan terfiltrasi kedalam tanah secara vertikal maupun horizontal. Dalam hal ini perembesan air lindi secara vertikal pada tanah akan mengontaminasi air tanah, pergerakan air lindi ini bergantung kepada kecepatan peperembesan air lindi dari pada permukaan tanah

ke air tanah pada permukaan akuifer serta kecepatan air tanah (Ali, 2011). Kadar kontaminan yang tersebar pada air tanah bergantung pada cuaca atau musim, pada musim kemarau kontaminan yang tersebar cenderung lebih tinggi dikarenakan tidak adanya pengenceran (Papadopoulou, et al., 2007).

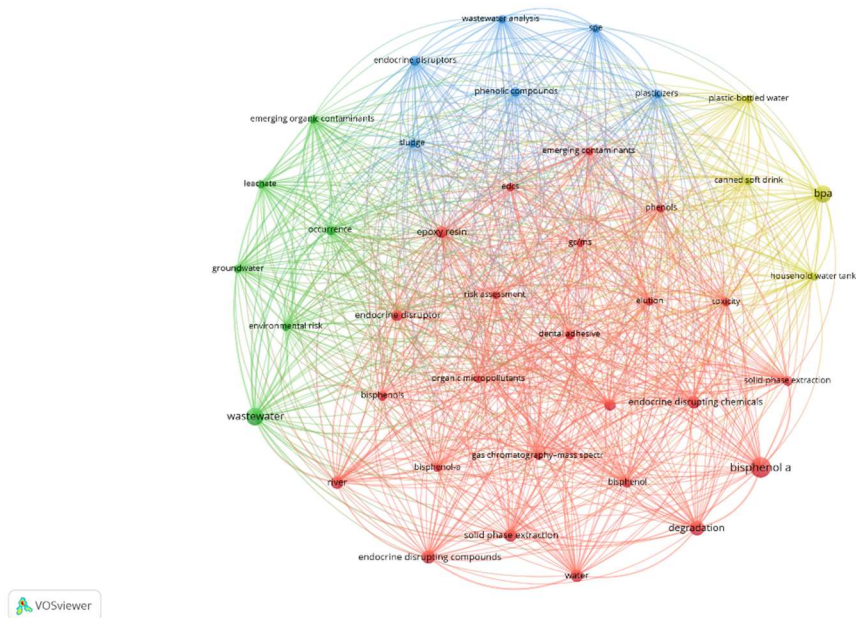
Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Riogilang (2021) menunjukkan bahwa dalam perembesan air lindi dari kolam lindi TPA Sumompo, kontaminan yang ditemukan pada air lindi dapat tersebar dalam jaringan air tanah melalui pemetaan persebaran daerah tercemar. Saat ini TPA Piyungan menerapkan sistem *sanitary landfill* dengan air lindi dialirkan ke isolasi pengolahan lindi sebelum dialirkan ke lingkungan. Melalui pemetaan air tanah dengan metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) oleh Ramadhan *et al.* (2019) di wilayah sekitar TPA Piyungan, mengikuti pergerakan aliran air tanah dan kondisi topografi, pencemaran air tanah oleh air lindi bergerak ke arah Barat Laut dari TPA Piyungan yang merupakan wilayah padat pemukiman.

Mikroplastik dengan jenis polimer polyvinyl chloride (PVC) dan polysterene (PS) ditemukan dalam air sumur warga yang berjarak dalam rentang 0-3 km dari wilayah TPA Piyungan. Dengan kelimpahan 146 ± 109 partikel/L pada jarak 0-1 km, kelimpahan 116 ± 31 partikel/L pada jarak 1-2 km dan kelimpahan 77 ± 23 partikel/L pada jarak 2-3 m dari TPA Piyungan (Utami & Liani, 2021). Maka dari itu Bisphenol A dalam mikroplastik pada tanah dapat mengalami *leaching* (air lindi) dan dapat berakhir pada air tanah melalui perembesan.

4.4 Systematic Literature Review Metode Analisis Bisphenol A pada Air

Dalam *systematic literature review* untuk mempermudah menemukan keterkaitan antara berbagai literatur, dilakukan studi bibliometrik dengan menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Perangkat lunak VOSviewer berfungsi dalam memetakan dan melihat hubungan antara penelitian dari kata kunci (Hariyoko, 2022). Studi bibliometrik dilakukan terhadap 240 literatur yang telah melalui pemilahan sesuai dengan kriteria penelitian. Dari 240 literatur ditemukan 2.424 kata kunci yang muncul, kata kunci tersebut kemudian diseleksi

dengan minimal kemunculan kata kunci menjadi 4 klaster dan menghasilkan 64 hubungan antar topik penelitian.



Gambar 4.4 Pemetaan hubungan penelitian analisis Bisphenol A dalam Air
Sumber: Hasil Penelitian.

Dengan kata kunci akhir yang dimunculkan sebanyak 40 kata kunci. Klaster terbentuk dari kata kunci dengan hubungan atau jaringan terkuat antara satu sama lain serta jaringan terkuat dengan antara kata kunci lainnya. Pada gambar ditunjukkan bahwa label paling besar merupakan kata kunci dengan kekuatan jaringan paling besar. Hasil visualisasi hubungan atau jaringan peta co-occurrence dari literatur penelitian analisis Bisphenol A dalam air seperti pada Gambar 4.4 menunjukkan hubungan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Klaster pemetaan hubungan penelitian analisis Bisphenol A dalam Air

No.	Klaster	Tema Penelitian
1	Klaster 1 (Merah)	<i>Bisphenol, bisphenol a, bisphenol-a, bisphenols, degradation, degradation, dental adhesive, edcs, elution, emerging contaminants, endocrine disrupting chemicals, endocrine disrupting compounds, endocrine</i>

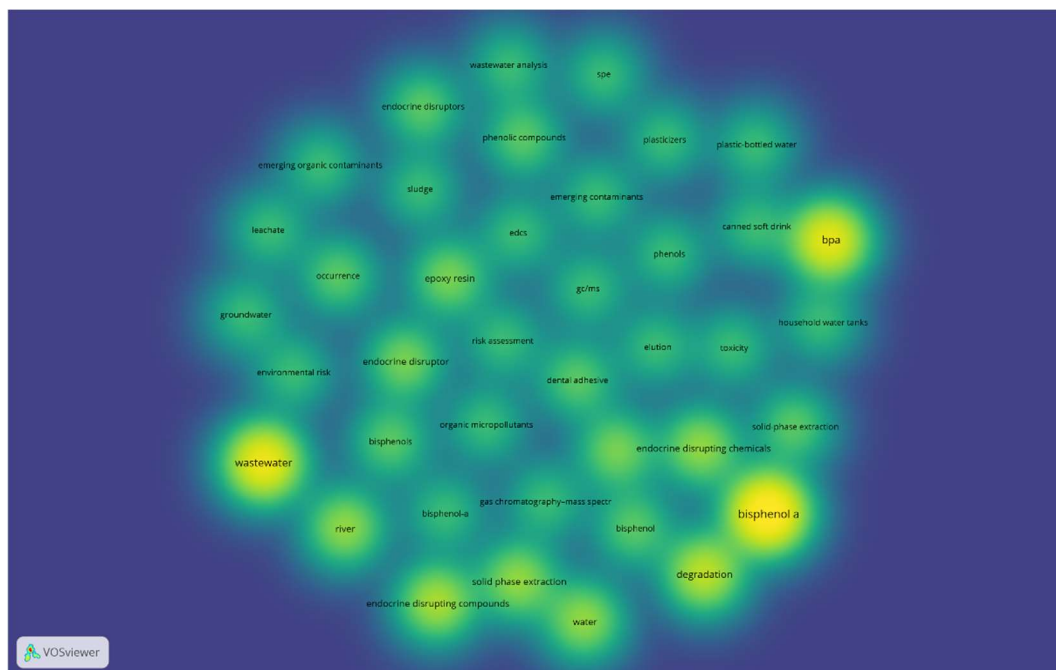
		<i>disruptor, endocrine disruptor, epoxy resin, gas chromatography-mass spectrometry, gc/ms, organic micropollutants, phenols, risk assessment, river, solid phase extraction, solid-phase extraction, surface water, toxicity, water.</i>
2	Klaster 2 (Hijau)	<i>Emerging organic contaminants, environmental risk, groundwater, leachate, occurrence, wastewater.</i>
3	Klaster 3 (Biru)	<i>Endocrine disruptors, phenolic compounds, plasticizers, sludge, spe, wastewater analysis.</i>
4	Klaster 4 (Kuning)	<i>Bpa, canned soft drink, household water tanks, plastic-bottled water.</i>

Sumber: Hasil Penelitian.

Klaster tersebut menunjukkan dalam 240 literatur tersebut secara menyeluruh membahas terkait kata kunci yang terdapat pada klaster 1. Hasil analisis pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa tren penelitian belum terlalu membahas terkait air tanah dikarenakan kata kunci *groundwater* berada pada Klaster 2. Pada Klaster 1 penelitian secara umum membahas detail terkait Bisphenol A yang berasal dari senyawa plastik sebagai *endocrine disruptors* (EDCs) dan analisisnya menggunakan metode GC-MS. Sedangkan Klaster 2 merupakan penelitian yang lebih membahas terkait *emerging organic contaminants* pada air tanah, air lindi dan air limbah serta risiko lingkungannya.

Dalam Klaster 3 menunjukkan tren penelitian terkait senyawa pengganggu hormon (*endocrine disruptors*) secara umum serta analisis air limbah. Terakhir Klaster 4 menunjukkan tren penelitian yang masih paling minim dibahas yaitu Bisphenol A dari sumber plastik. Klasterisasi memberikan gambaran untuk menentukan masalah atau topik penelitian yang harus diteliti lebih jauh untuk memperbarui literatur yang ada (Hariyoko, 2022).

Berdasarkan data pemetaan kata kunci yang sama, didapatkan *overlay visualization* yang menunjukkan tren tahun penelitian literatur dari masing-masing kata kunci. Dengan indikator warna semakin terang atau cerah maka semakin penelitian literatur terbaru. Mayoritas kata kunci dengan hubungan atau jaringan terlemah ditunjukkan sebagai tren penelitian terbaru.



Gambar 4.6 Visualisasi hubungan analisis Bisphenol A dalam air berdasarkan kepadatan

Sumber: Hasil Penelitian.

4.4.1 Hasil Kajian Literatur

Pencarian literatur dengan kata kunci menggunakan *database* elektronik *Google Scholar*, *PubMed*, *Scopus* dan *ScienceDirect*. Hasil dari pencarian tersebut ditunjukkan pada *Tabel 3*. dengan total literatur mencapai 3.635 literatur. Sebanyak 926 literatur berasal dari *ScienceDirect*, 482 literatur berasal dari *Scopus*, 228 literatur berasal dari *PubMed* dan 1999 literatur berasal dari *Google Scholar*. Seperti dalam strategi *systematic literature review* yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, untuk pelaksanaan *systematic literature review* diperlukan pemilahan atau *exclusions* terhadap literatur yang tidak memenuhi kriteria atau tidak menjawab topik penelitian. Kriteria *inclusions* dalam pemilahan untuk SLR penelitian ini adalah literatur yang mengimplikasikan analisis Bisphenol A serta menggunakan sampel air berupa badan air lingkungan, dan yang menggunakan instrument GC-MS sebagai metode analisis. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4

4.4.2 *Systematic Literature Review*

Berikut dibawah ini hasil dari *systematic literature review* terhadap 15 jurnal litratur yang memenuhi kriteria *inclusion* yang telah disusun.

Tabel 4.3 Hasil Systematic Literature Review

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
1	Ademollo, et al., 2021.	Occurrence, distribution and pollution pattern of legacy and emerging organic pollutants in surface water of the Kongsfjorden (Svalbard, Norway): Environmental contamination, seasonal trend and climate change	<p>S: Air laut , Vol.: 1.000 mL</p> <p>I: GC-MS</p> <p>M: SPE C18 catridge</p> <p>D: -</p>	<p>Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Acetone, Methanol dan Ultrapure Water</u>. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen. Kemudian sampel kering di rekonstitusi dengan larutan 6:4 methanol dan ultrapure water.</p> <p>Kalibrasi: antara 0,01 - 5 µg/mL</p>	<p>Detector = triple quadropole mass spectrometer.</p> <p>Kolom = LUNA C8 (5µm, 250×4,6mm dan kolom guard 4×3 mm, 5 µm)</p>	<p>Sebanyak 10 sampel air laut dianalisis pada musim panas dan musim dingin di wilayah Kongsfjorden (Svalbard, Ny-Ålesund area). Dengan konsentrasi Bisphenol A pada musim dingin rerata 0,5 ng/L dan pada musim panas rerata 0,9 ng/L.</p>

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
2	Azzouz & Ballesteros, 2014.	Trace analysis of endocrine disrupting compounds in environmental water samples by use of solid-phase extraction and gas chromatography with mass spectrometry detection	<p>S: Air Keran, Air Tanah, Air Permukaan, Vol.: 1.000 mL</p> <p>I: GC-MS, Focus GC - DSQ II MS</p> <p>M: Oasis-HLB (50-65 μm) dan Florisil (16-30 μm)</p> <p>D: BSTFA+1% TMCS</p>	<p>Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>HCl encer, Acetonitrile dan Triphenylphosphate</u>. Pada vakum flow rate 4 mL/min. Sampel dievaporasi dengan Nitrogen. Kemudian tahapan derivatisasi</p> <p>Kalibrasi: 25-400 ng/L</p>	<p>MS Electron impact mode = 70 eV</p> <p>Carrier gas = Helium (constant flow 1,2 mL/min)</p> <p>Kolom = DB-5MS (30m\times250$\mu\text{m}$$\times$0,25$\mu\text{m}$ film)</p> <p>- GC Oven: 70°C (1 min), 14°C/min-150°C, 6°C/min-215°C, 10°C/min-285°C</p> <p>- Injector: Transfer line; Ion source temp = 285; 280; 200°C</p> <p>BPA mass Ions = 372, 357, 207, 285</p> <p>LOD: 0,01; LOQ: 0,03 ng/L</p>	Sampel diambil sebanyak 23 buah di berbagai titik Spanyol Selatan dan Maroko Utara, dengan 5 sampel air keran, 4 sampel air tanah, 8 sampel air permukaan (sungai dan danau), 3 sampel air kolam renang dan 3 sampel air limbah. Konsentrasi Bisphenol A yang terdapat dalam air sampel berkisar 1,9-170 ng/L, dengan konsentrasi terbesar ditemukan dalam sampel air limbah. Bisphenol A dalam sampel air tanah ditemukan sebesar 3,6 ng/L
3	Corrêa, et al., 2021.	Occurrence of contaminants of emerging concern in surface waters from Paraopeba River Basin in Brazil: seasonal changes and risk assessment	<p>S: Air Permukaan, Vol.: 2.000 mL</p> <p>I: GC-MS Shimadzu QP2010S-Plus</p> <p>M: SPE Strata-X 6 mL</p> <p>D: BSTFA+1%TMCS</p>	<p>Prep Sampel: Tahapan SPE dengan <u>Acetonitrile, Methanol dan Ultra Pure Water</u>. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen. Sampel kering di rekonstitusi dengan methanol dan kemudian tahapan derivatisasi</p> <p>Kalibrasi: antara 2,5 - 150 $\mu\text{g/mL}$</p>	<p>Electron ionization = 70 eV</p> <p>Carrier gas = Helium</p> <p>Kolom = Rtx-5MS (30m\times0,25mm\times0,25μm)</p> <p>- GC Oven: 50°C (1 min), 25°C/min-100°C, 15°C/min-300°C, 300°C(5 min). Total 55 min</p> <p>Injection volume = 2μL in splitless mode - 0,5 min</p> <p>- Injector, GC interface and ion source temp = 280, 280, 250°C</p> <p>LOD: 3,4; LOQ: 11,4 ng/L</p>	Sampel diambil dari 15 titik pengambilan sampel yaitu sepanjang cekungan Sungai Paraopeba, pengambilan sampel air permukaan dilakukan pada musim hujan dan musim kemarau. Konsentrasi Bisphenol A minimum yang didapat adalah sebesar 5,8 ng/L dan maksimum sebesar 1.587,8 ng/L Sampel air yang menunjukkan kadar BPA didalamnya diambil pada musim hujan.

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
4	Kmiecik, et al., 2020	BPA - an endocrine disrupting compound in water used for drinking purposes, a snapshot from South Poland	<p>S: Air Keran (Bersumber dari air permukaan; air tanah; dan sumur domestik), Vol: 500 mL</p> <p>I: GC-MS/MS Thermo Scientific GC Trace 1300 GC - ITQ 900 Ion trap MS, TriPlus RSH autosampler</p> <p>M: Oasis HLB glass cartridge (5 mL/200 mg)</p> <p>D: BSTFA+1% TMCS</p>	<p>Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Methanol dan Air</u>. Pada vakum flow 6 mL/min Sampel dikeringkan dengan Argon. Kemudian tahapan derivatisasi.</p> <p>Kalibrasi: 0-500 ng/mL</p>	<p>Electron ionization = 70 eV, Emission current 250 μA</p> <p>Carrier gas = Helium 99,999% (constant flow 0,3 mL/min)</p> <p>Kolom = TG-SQC (30m\times0,25mm\times0,25μm film (5% phenyl 95% dimethylpolysiloxane))</p> <p>- GC Oven: 70°C (2 min), 20°C/min-320°C, 320°C (5 min).</p> <p>Injection volume = 1 μL in splitless mode 2 min</p> <p>- Vaporation Injector, MS Transfer line dan Ion source temp = 250°C</p> <p>BPA Quantification Ions (m/z) = 357 (191,267)</p> <p>Retention time = 13,37 min</p> <p>LOQ: 0,5 μg/L ; LOD: 0,15 μg/L</p>	<p>Sampel diambil dari 8 titik dengan jumlah sampel 8 buah di wilayah Krakow, Nowy Sącz, serta Bielsko-Biala, Polandia. Dengan 2 titik merupakan air permukaan, 1 titik dari mata air, 2 titik dari air tanah dan 3 titik merupakan air keran yang airnya berasal dari air permukaan dan air tanah. Bisphenol A ditemukan dengan kisaran 6 ng/L hingga 427 ng/L dalam air permukaan, kisaran 629 ng/L dalam mata air, kisaran 6-53 ng/L dalam air keran, dan kisaran 255 ng/L-518 ng/L dalam air tanah.</p>

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
5	Lu, et al., 2020.	Possible effect of submarine groundwater discharge on the pollution of coastal water: Occurrence, source, and risks of endocrine disrupting chemicals in coastal groundwater and adjacent seawater influenced by reclaimed water irrigation	S: Air tanah dan Air laut, Vol.: 1.000 mL I: Agilent, 7820 GC-M7 single quadrupole MS M: LLE Teflon separatory funnel D: BSTFA+1MCS 1% dan Methylene chloride	Prep Sampel: Tahapan LLE (Liquid-Liquid Extraction) dengan larutan <u>Nanopure Water, Isotope Standard, dan Methylene Chloride</u> . Sampel direduksi dengan anhydrous sodium sulphate dan dikeringkan dengan Nitrogen. Kemudian tahapan derivatisasi.	Carrier gas = Helium >99,999% (constant flow 1 mL/min) Kolom = DB-5MS (30m×0,25mm×0,25µm film) - GC Oven: 50°C (1 min), 20°C/min-120°C (3 min), 8°C/min-280°C (10 min) Total 37,5 min dengan delay 14 min. Injection volume = 1µL in splitless mode - Injector, transfer line and dan source temp = 280, 250, 230°C BPA Quantitative Ions (m/z) = 368 BPA Qualitative Ions (m/z) = 386/217	Jumlah sampel yang diambil adalah sebanyak 20 sampel air tanah dan 5 sampel air laut pada kedalaman 0,5 m serta berjarak 100 m dari pesisir di are irigasi Laizhou Bay. Bisphenol A ditemukan sebesar 45,9-55,9% dari total EDCs dalam <i>reclaimed water</i> . Konsentrasi Bisphenol A berada pada rentang 35,9-52,9 ng/L dan mayoritas pada air tanah.
6	Nie, et al., 2015.	Occurrence, distribution and risk assessment of estrogens in surface water, suspended particulate matter, and sediments of the Yangtze Estuary	S: Air permukaan, Vol.: Tidak dituliskan namun disimpan dalam wadah 50 L I: GC-MS (7890A/5975C Agilent) M: Oasis HLB cartridge D: BSTFA + TMCS 1%	Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Methanol dan Ultrapure Water</u> . Flow rate vakum adalah 5-10 mL/min. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen. Kemudian tahapan derivatisasi. Kalibrasi: -	Carrier gas = Helium (constant flow 1,5 mL/min) Kolom = DM-5MS ultra inert polysiloxane polymer (30m×0,25mm×0,25µm) - GC Oven: 100°C (1 min), 15°C/min-260°C, 3°C/min-280°C (2 min). LOD: 0,10-0,49; LOQ: 0,30-1,97 ng/L RSD: 63,2-132,7%%	Sampel diambil pada 7 titik sepanjang Estuaria Yangtze dan Pesisirnya. Dalam hasil pengujian ditemukan bahwa Bisphenol A merupakan kontributor terbesar dengan persentase 8,53-77,99% dari total konsentrasi estrogen. Konsentrasi tertinggi Bisphenol A ditemukan di WSK site pada Januari dengan 11,96 ng/L.

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
7	Oketola & Fagbemigun, 2013.	Determination of Nonylphenol, Octylphenol and Bisphenol-A in Water and Sediments of Two Major Rivers in Lagos, Nigeria	S: Air permukaan, Vol.: 1.000 mL I: Agilent 7890 A, 5975 MSD M: LLE Extraction D: Acetic anhydrate	Prep Sampel: Sampel di ekstraksi dengan Liquid-liquid extraction menggunakan penyaring fiber kaca. Larutan yang digunakan <u>Dichloromethane dan Hexane</u> . Dikeringkan dengan anhydrous sodium sulphate. Kemudian tahapan derivatisasi. Kalibrasi: 10-100 µg/L	Carrier gas = Helium (constant flow 1,8 mL/min) Kolom = HP-5 19091J-413 (30m×0,32mm×0,25µm film) - GC Oven: 50°C (2 min), 10°C/min-220°C, 12°C/min-260°C, 3°C/min-300°C Injection volume = 1 µL in splitless mode - Injector; Ion source temp; Interface Temp = 300°C BPA Ions Quantitation (m/z) = 228 Retention Time = 24,62 min	Sampel air permukaan diambil dari Sungai Ogun dan Sungai Ibeche, Nigeria. Dengan metode sampel gabungan, total sampel yang diambil dari kedua sungai adalah sebanyak 12 sampel. Bisphenol A dalam air permukaan tidak ditemukan, namun kadar Bisphenol A ditemukan dalam sampel sedimen (Sungai Ogun) yang juga diuji dalam penelitian ini, yaitu sebesar kurang dari sama dengan 0,4 ng/g
8	Ribeiro, et al., 2009.	Spatial distribution and quantification of endocrine-disruptiong chemicals in Sado River estuary, Portugal	S: Air permukaan, Vol.: 2.000 mL I: GC-MS Varian CP 3800 M: 500 mg Oasis HLB cartridge D: MSTFA	Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Dichloromethane, Methanol dan Ultrapure Water</u> . Sampel dikeringkan dengan Nitrogen. Kemudian tahapan derivatisasi Kalibrasi: antara 0,005 - 1 µg/mL	Electron impact ionization = 70 eV Carrier gas = Helium 99,99% (constant flow 1,2 mL/min) Kolom = VF-5MS (30m×0,25mm×0,25µm) - GC Oven: 50°C (1 min), 20°C/min-150°C, 10°C/min-270°C (10 min), 10°C/min-280 (10 min)°C. Injection volume = 1 µL in splitless mode - Ion source dan transfer line temp =280°C	Sampel diambil dari 13 stasiun sampling yang terletak di mulut sungai dari Atlantic Ocean hingga Alcácer do Sal. Konsentrasi Bisphenol A ditemukan hingga rentang 28 ng/L.

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
					<p>BPA Ions in standard mixture (m/z) = 372 (6%), 357 (100%) LOD: 4,0; LOQ: 12,0 ng/L</p>	
9	Rocha, et al., 2011	Development and optimisation of a GC-MS method for the evaluation of oestrogens and persistent pollutants in river and seawater samples	<p>S: Air Permukaan dan Air Laut, Vol.: 2500 mL I: Thermo Scientific ITQm 1100 GC-MS M: 200 mg OASIS HLB cartridge 6 cc D: BSTFA + TMCS 1%</p>	<p>Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Ethyl Acetate, Methanol dan Ultrapure Water</u>. Vakum flow rate 5 mL/min. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen. Kemudian sampel kering di rekonstitusi dengan 500 ml anhydrous methanol. Terakhir tahapan derivatisasi. Kalibrasi: 10, 50, 100 µg/mL</p>	<p>Carrier gas = Helium 99,99% (constant flow 1 mL/min) Kolom = TR5MS (30m×0,25mm×0,25µm film) - GC Oven: 100°C (1 min), 10°C/min-260°C, 1°C/min-270°C, 10°C/min-280°C (2 min). Injection volume = 3 µL in splitless mode (jarum injeksi 80 mm) - MS Transfer line dan Ion source temp = 280°C BPA Quantification Ions (m/z) = 357 BPA Diagnostic Ions (m/z) = 372 (1.0)</p>	Sampel air permukaan diambil dari estuaria sungai Douro kedalaman 1 m sebanyak 4 titik dan Laut Atlantik sebanyak 2 titik. Konsentrasi Bisphenol A yang ditemukan dalam 6 titik perairan tersebut berada pada rentang 42,80-57,06 ng/L.

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
					<p>LOD: 0,1, LOQ: 0,33 µg/L (Air Permukaan); LOD: 0,1, LOQ: 0,33 µg/L (Air Laut)</p>	
10	Rocha, et al., 2013	Determination of seventeen endocrine disruptor compounds and their spatial and seasonal distribution in Ria Formosa Lagoon (Portugal)	<p>S: Air Permukaan, Vol.: 1000 mL I: Thermo Scientific ITQm GC-MS M: 200 mg OASIS HLB cartridge 6 cc D: BSTFA + TMCS 1%</p>	<p>Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Dichloromethane</u>, <u>Methanol</u> dan <u>Ultrapure Water</u>. Flow rate vakum 5 mL/min. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen. Kemudian sampel kering di rekonstitusi dengan 250 µL anhydrous methanol. Kalibrasi: antara 0,005 - 1 µg/mL</p>	<p>Carrier gas = Helium 99,9999% (constant flow 1 mL/min) Kolom = TR5MS (30m×0,25mm×0,25µm film) - GC Oven: 100°C (1 min), 10°C/min-200°C, 6°C/min-260°C, 1°C/min-290°C (5 min). Injection volume = 3 µL in splitless mode (jarum injeksi 80 mm) - MS Transfer line dan Ion source temp = 280°C BPA Quantification Ions (m/z) = 357 (100) BPA Diagnostic Ions (m/z) = 358</p>	<p>Sampel diambil pada 9 stasiun sampling di sepanjang pesisir laguna Rias Formosa. Hasil konsentrasi berupa rerata dari 9 titik yang terbagi menjadi 3 zona dalam 4 musim. Musim Dingin menunjukkan konsentrasi sebesar 30±9 n/L; musim semi sebesar 17,7±7,9 ng/L; musim panas sebesar 14,3±4,6 ng/L dan musim gugur sebesar 16,2±2,9 ng/L.</p>

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
					(30.8) LOQ: 2,4 µg/L	
11	Ronderos-Lara, et al., 2018	Optimization and Application of a GC-MS Method for the Determination of Endocrine Disruptor Compounds in Natural Water	S: Air Permukaan, Vol.: 500 mL I: GC-MS, (Agilent, GC 6890-5973 MS) M: SPE C18 cartridge D: BSTFA + TMCS 1%	Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Methanol, Acetone dan Ultrapure Water</u> . Flow rate vakum 6 mL/min. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen 99,99%. Kemudian tahapan derivatisasi. Kalibrasi: antara 4-500 ng/mL	MS Electron impact mode = 70 eV Carrier gas = Helium 99,998% (constant flow 1 mL/min) Kolom = HP-5MS (30m×0,25mm×0,25µm film) - GC Oven: 50°C (2 min), 15°C/min-250°C, 5°C/min-280°C(15 min) Injection volume = 1µL in splitless mode - Injector; Ion source temp; Quadrupole filter= 300; 230; 150°C Derivatisasi dengan TMS- BPA BPA Ions Quantitation (m/z) = 357 BPA Ions Confirmation (m/z) = 372, 207, 73	Dengan 16 sampel air permukaan di wilayah Morelos, negara bagian Mexico, konsentrasi Bisphenol A terdeteksi pada 4 titik sampel dengan range 39,1±6,2 hingga 174,6±6,2 ng/mL. 3 titik sampel diambil pada wilayah Urban dan 1 pada wilayah komersial. Konsentrasi tertinggi berada di Calera chica dan terendah pada Josefa Ortiz I, keduanya merupakan daerah urban.

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
12	Santhi, et al., 2012.	Occurance of bisphenol A in surface water, drinking water and plasma from Malaysia with exposure assessment from consumption of drinking water	S: Air permukaan , Vol.: 1.000 mL I: Shimadzu QP-2010 G/MS with autosampler M: SPE C18 cartridge D: BSTFA + TMCS 1%	Prep Sampel: Pengawetan sampel dengan nitric acid. Tahapan SPE dengan larutan <u>Acetone, Hexane, Methanol dan Air</u> . Flow rate vakum untuk sampel 4 mL/min. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen. Kemudian sampel kering di rekonstitusi dengan acetone dan hexane. Terakhir tahapan derivatisasi. Kalibrasi: 10, 100, 500 ng/L	Carrier gas = Helium (constant flow 1,45 mL/min) Kolom = SGE BP-1 (30m×0,25mm×0,25µm film) - GC Oven: 80°C (1 min), 15°C/min-250°C, 30°C/min-300°C (7 min). - Injector, GC interface and ion source temp = 280, 300, 200°C LOQ: 1,3 µg/L	Sampel diambil dari 7 titik yang tersebar diarea Sungai Langat. Hasil analisis menemukan sampel yang diambil pada area hulu memiliki konsentrasi BPA lebih rendah. Konsentrasi Bisphenol A berkisar pada angka rerata 2,3-214,5 ng/L. Konsentrasi tertinggi didapatkan dari area utama Sungai Langat yang terdampak efluen WWTP, industri dan pemukiman.
13	Selvaraj, et al., 2014.	GC–MS determination of bisphenol A and alkylphenol ethoxylates in river water from India and their ecotoxicological risk assessment	S: Air Permukaan, Vol.: 2000 mL I: GC (GC-2010) - Quodrupole MS (QP-2010) M: SPE C18 cartridge D: MSTFA	Prep Sampel: Tahapan SPE dengan <u>Acetate, Methanol & HPLC Grade Water</u> . Flow rate cartridge 5 mL/min. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen 99.999%. Kalibrasi: 5 - 200 ng/mL	Kolom = PCB fused silica (60m×0,25mm×0,25µm) Injection volume = 1µL in splitless mode BPA Ions (m/z) = 57, 73, 358 LOD: 1,5; LOQ: 5,1 ng/L	Sampel diambil sebanyak 27 sampel dari 27 lokasi di wilayah provinsi Tamil Nadu, India Selatan. Dengan 13 sampel dari sungai Kaveri, 3 sampel dari sungai Vellar dan 11 sampel dari sungai Tamiraparani.

No.	Penulis	Judul	Metode (Sampel, Instrumen, Medium, Derivatisasi)	Preparasi Sampel dan Kalibrasi	Setting Instrumen	Hasil Penelitian
14	Yin, et al., 2023	Simultaneous determination of nine APs and BPA in water by solid-phase extraction and GC-MS analysis	<p>S: Air Permukaan, Vol.: 500 mL</p> <p>I: GC-MS, (Agilent, GC 6890-5975 MSD)</p> <p>M: SPE C18 cartridge</p> <p>D: BSTFA + TMCS 1%</p>	<p>Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Acetone, Methanol, Dichloromethane dan Ultrapure Water</u>. Sampel dikeringkan dengan Anhydrous sodium sulfate. Kemudian tahapan derivatisasi.</p> <p>Kalibrasi: antara 20 - 1.000 µg/mL</p>	<p>Electron ionization = 70 eV</p> <p>Carrier gas = Helium (pressure 40 kPa-70 kPa/min)</p> <p>Kolom = HP-5MS (30m×0,25mm×0,25µm film)</p> <p>- GC Oven: 50°C, 20°C/min-100°C, 10°C/min-200°C, 20°C/min-300°C.</p> <p>Injection volume = 1µL in splitless mode</p> <p>- Injector and ion source temp = 300 and 230°C</p> <p>LOD: 0,007; LOQ: 0,028 µg/L</p>	<p>Sebanyak 4 sampel air permukaan diambil di Kota Dongying, pada 4 wilayah perairan yang berbeda. Hasil Konsentrasi BPA berada pada range 0,030-0,234 µg/L. Pada sungai Yellow sebesar 0,030 µg/L, sungai Guangli sebesar 0,106 µg/L, sungai Xiaqing sebesar 0,234 µg/L dan reservoir Guangnan sebesar 0,041 µg/L.</p>
15	Zhang, et al., 2009	Simultaneous Determination of Phenolic and Steroidal Estrogens in Water of Songhua River, Northeastern China	<p>S: Air Permukaan, Vol.: 1000 mL</p> <p>I: GC-MS, (Agilent, GC 6890-5975 MSD)</p> <p>M: SPE C18 cartridge & Oasis SPE cartridge</p> <p>D: BSTFA + TMCS 1%</p>	<p>Prep Sampel: Tahapan SPE dengan larutan <u>Ethyl Acetate, Methanol dan Ultrapure Water</u>. Flow rate vakum 1 mL/min. Sampel dikeringkan dengan Nitrogen pada Flow rate 1 mL/min. Kemudian tahapan derivatisasi.</p> <p>Kalibrasi: antara 2-200 ng/mL</p>	<p>Carrier gas = Helium (constant flow 1 mL/min)</p> <p>Kolom = HP-1 MS GC (30m×0,25mm×0,25µm film)</p> <p>- GC Oven: 100°C (1 min), 10°C/min-200°C, 3°C/min-280°C (2 min)</p> <p>- Injector temp : 100°C (1 min)</p> <p>LOD: 0,052-1,5 ng/mL; LOQ: 0,1-3 ng/mL</p> <p>RSD: 6-13%</p>	<p>Sampel diambil di sepanjang Sungai Songhua sebanyak 20 titik sampel. Hasil Konsentrasi BPA berada pada range 8,84-329,47 ng/L, Konsentrasi tertinggi berada pada area Fujin dan terendah pada Qiqihaer Upstream.</p>

Sumber: Hasil Penelitian.

Dari hasil *systematic literature review* terhadap 15 jurnal untuk metode analisis Bisphenol A pada air, ditemukan bahwa tiap jurnal menggunakan metode analisis yang berbeda-beda. Media SPE (*Solid Phase Extraction*) yang digunakan terbagi dua menjadi jenis C18 (berbasis silika) serta HLB (berbasis polimer). Dalam tahapan preparasi sampel, larutan yang digunakan untuk SPE berbeda-beda setiap literatur menyesuaikan dengan target senyawa capaian, hal tersebut menentukan pengaturan instrumen pada pembacaan senyawa Bisphenol A. Sedangkan untuk Agen derivatisasi yang digunakan mayoritas sebanyak 11 literatur merupakan BSTFA+TMCS 1% serta 3 literatur lain yang menggunakan acetic anhydrate atau MSTFA.

SPE dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan potensi pembacaan konsentrasi Bisphenol A dalam sampel air. Prinsip kerja SPE adalah senyawa target yang berada didalam sampel air diserap ke fase padat untuk kemudian diserap kembali ke volume kecil pelarut (seperti methanol, aseton dsb.), setelah pemekatan, memungkinkan senyawa target terbaca oleh instrumen. Tahapan SPE terdiri dari *conditioning* (pengkondisian kartrid SPE dengan pelarut), *loading* (memasukan volume sampel melalui SPE), *washing* (pembilasan kartrid), dan *elution* (elusi kartrid dengan pelarut organik). Sedangkan derivatisasi dilakukan untuk mengkonversi polar N-H, O-H, atau S-H menjadi non-polar. Senyawa Bisphenol A memerlukan derivatisasi supaya mejadi lebih mudah menguap untuk dapat dianalisis dengan instrumen GC-MS (Kim, et al., 2014).

Berdasarkan *systematic literature review* yang telah dilakukan, metode analisis senyawa Bisphenol A pada air yang dapat diterapkan pada air tanah untuk wilayah di sekitar TPA Piyungan adalah sebagai berikut.

- a. Dalam tahapan pengambilan sampel air tanah untuk analisis senyawa Bisphenol A, maka dalam pelaksanaan atau tahapan yang dapat dilakukan mengacu pada SNI 6989.58.2008 – Air dan Air Limbah – bagian 58: Metoda pengambilan contoh air tanah. Yang diadaptasi dengan menggunakan botol sampler kaca. Adaptasi ini mempertimbangkan jenis alat sampling yang dimiliki Lab. Analisis Risiko Lingkungan Teknik Lingkungan UII.

b. Pewadahan sampel air tanah

Wadah yang digunakan adalah botol kaca amber. Persiapan wadah sampel dilakukan dengan mencuci botol gelas dengan deterjen, kemudian membilasnya dengan air biasa sekali dan membilasnya lagi dengan air bebas analit. Untuk perlakuan lanjutan, memasukan larutan aseton sebanyak 10 mL, kemudian botol dikocok agar merata dipermukaan dalam botol, dan terakhir botol dibiarkan mengering.

c. Pengawetan sampel

Pengawetan yang dilakukan kepada sampel air tanah yang telah diambil untuk menganalisis senyawa Bisphenol A adalah dengan menyimpan sampel air tanah dalam *ice box* dan kemudian disimpan di lemari pendingin dengan suhu tetap terjaga pada 4°C (tidak sampai membeku).

d. Pengujian sampel air tanah

Dengan menggunakan alat GC-MS: Agilent Technologies GC Model 6890 dengan MS 5973, Kolom Analitik – Kolom analitik (HP-5MS 30-m x 0,25 mm ID; Ketebalan film-0,25. Sistem Spektrometer Massa (MS) – sistem menggunakan 70 eV dalam mode *electron impact*.

e. Mempersiapkan GC/MS

Dalam pengujian sampel air tanah mengacu kepada metode pengujian yang telah dikembangkan oleh *Ronderos-Lara, et al.* (2018), dari pengaturan GC-MS, kurva kalibrasi dan tahapan preparasi sampel. Dengan pertimbangan aksesibilitas alat dan bahan. Berikut pengaturan instrumen GC/MS.

1) *Chromatograph Operating Conditions*

Tabel 4.4 Pengaturan Kondisi Operasi GC

Center Gas	: Helium (99,998%)
Carrier Flow	: 1 mL/menit
Injection port parameters	: <i>Splitless injection</i>

<i>Injection port temperature</i>	: 300°
<i>Purge flow to split vent</i>	: 30 mL/menit pada 0,75 menit
<i>Column oven temperature</i>	: 150°C <i>initially and hold</i> 2 menit 150-280°C pada 5°C/menit 280°C- <i>hold</i> 15 menit
<i>Injection Volume</i>	: 1 µL

2) Mass Spectrometer Parameters

Tabel 4.5 Pengaturan parameter MS

<i>Mode</i>	: <i>Electron Impact (70 eV)</i>
<i>Molecular Weight</i>	
<i>Compound: BPA</i>	: 228,29 g/mol
<i>Trimethylsilyl Derivate Compound: TMS-BPA</i>	: 372,65 g/mol
<i>Holding Temperature of the ion source and quadruple filter</i>	
<i>Compound: BPA</i>	: 230°C
<i>Trimethylsilyl Derivate Compound: TMS-BPA</i>	: 150°C
<i>Ion Quantitation</i>	: 357
<i>Ion Confirmation</i>	: 372, 207, 73

f. Kalibrasi dan standarisasi

Kalibrasi dengan 5 tingkat peningkatan konsentrasi (2 ng/µL; 4 ng/µL; 8 ng/µL; 16 ng/µL; 32 ng/µL). Larutan standar stok kalibrasi dibuat dari larutan standar melalui pengenceran.

g. Preparasi dan Pengujian sampel air tanah

Sampel diekstraksi menggunakan kartrid C₁₈ yang dikondisikan menggunakan campuran 6 mL methanol:acetone (3:2), diikuti dengan 6 mL methanol dan terakhir 6 mL air reagent. Sampel kemudian dilalui cartridge dengan vakum pada lajur 6 mL/menit. Ekstrak kemudian

dielusi menggunakan 10 mL methanol:acetone (3:2). Hasil elusi tersebut di reduksi menggunakan *rotary evaporator* hingga volume mencapai 1 mL. Larutan sisa dieliminasi dengan menggunakan aliran gas nitrogen (99,999%). Setelah itu, ekstrak kering diresuspensi dengan menambahkan 50 μ L Larutan *Pyridine* dan 50 μ L Larutan derivatisasi yaitu BSTFA+TMCS 1%. Proses terakhir merupakan vials yang dikondisikan dalam *water* pada suhu 60 °C selama 60 menit. Sampel yang telah diekstraksi kemudian diuji menggunakan GC-MS dengan pengaturan yang telah ditentukan sebelumnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, yang melibatkan pengujian mikroplastik pada sampel tanah di wilayah TPA Piyungan serta *systematic literature review* untuk metode analisis senyawa Bisphenol A pada air. Berikut beberapa hal yang dapat disimpulkan.

1. Hasil uji FTIR terhadap polimer mikroplastik adalah dalam 23 sampel, terdapat 2 sampel mengandung HDPE, 6 sampel mengandung *Polyethylene* (PE), 6 sampel mengandung *Polypropylene* (PP), 3 sampel mengandung *Polyvinylchloride* (PVC), serta masing-masing 1 sampel mengandung *Polystyrene* (PS), epoxy resin, *PVC with TerephthalicEster*, *Polycarbonate* (PC), LDPE dan *Poly(Vinyl Butyral)* (PVB). Bisphenol A dalam mikroplastik pada tanah, yang terkandung didalam plastik dengan jenis polimer PVC, PC dan epoxy resin, dapat mengalami *leaching* (air lindi) dan dapat berakhir pada air tanah melalui perembesan.
2. Metode analisis Bisphenol A dalam air yang dapat diterapkan pada air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan, dengan mempertimbangkan alat serta instrumen yang tersedia di Lab. Analisis Risiko Lingkungan Teknik Lingkungan UII, maka dapat dilakukan dengan metode uji GC-MS. Dengan metode uji GC-MS, serta agen derivatisasi yang digunakan adalah BSTFA+TMCS 1%.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian kedepannya sebagai bentuk pengembangan atau penyempurnaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian terdahulu masih belum ada yang dapat membuktikan secara eksplisit keterkaitan pembuangan air lindi TPA Piyungan dengan

pencemaran air tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan. Hal tersebut dapat menjadi topik penelitian dan pengembangan.

2. Sebelum melakukan pengujian senyawa Bisphenol A pada air tanah, sebaiknya melakukan pembuktian bahwa Bisphenol A terdapat dan terkandung di dalam air lindi TPA Piyungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aalto-Korte, K., Alanko, K., Henriks-Eckerman, M.-L., Estlander, T., & Jolanki, R. (2003). Allergic contact dermatitis from bisphenol A in PVC gloves. *Contact Dermatitis*, 49(4), 202-205.
- Ademollo, N., Spataro, F., Rauseo, J., Pescatore, T., Fattorini, N., Valsecchi, S., . . . Patrolecco, L. (2021). Occurrence, distribution and pollution pattern of legacy and emerging organic pollutants in surface water of the Kongsfjorden (Svalbard, Norway): Environmental contamination, seasonal trend and climate change. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111900.
- Ali, M. (2011). *Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan*. Surabaya: UPN Press.
- Azzouz, A., & Ballesteros, E. (2014). Trace analysis of endocrine disrupting compounds in environmental water samples by use of solid-phase extraction and gas chromatography with mass spectrometry detection. *Journal of Chromatography A*, 1360, 248-257.
- Bair, H., Falcone, D., Hellman, M., Johnson, G., & Kelleher, P. (1981). Hydrolysis of Polycarbonate to Yield BPA. *Journal of Applied Polymer Science*, 26(6), 1777-1786.
- Barbara, K., & Charters, S. (2007). Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *EBSE Technical Report*.
- Casals-Casas, C., & Desvergne, B. (2011). Endocrine Disruptors: From Endocrine to Metabolic Disruption. *Annual Review of Physiology*, 73(1), 135-162.
- Chen, Y., Wen, D., Pei, J., Fei, Y., Ouyang, D., Zhang, H., & Luo, Y. (2020). Identification and quantification of microplastics using Fourier-transform infrared spectroscopy: Current status and future prospects. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 18, 14-19.
- Corrêa, J. M., Sanson, A. L., Machado, C. F., Aquino, S. F., & Afonso, R. J. (2021). Occurrence of contaminants of emerging concern in surface waters from Paraopeba River Basin in Brazil: seasonal changes and risk

- assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 30242-30254.
- Diamanti-Kandarakis, E., Bourguignon, J.-P., Giudice, L. C., Hauser, R., Prins, G. S., Soto, A. M., . . . Gore, A. C. (2009). Endocrine-disrupting chemicals: an Endocrine Society scientific statement. *Endocrine Reviews*, 30(4), 293-342.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY. (2022, 09 19). *Sekilas Info TPST Piyungan*. Diambil kembali dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY: <https://dlhk.jogjaprovo.go.id/sekilas-info-tpst-piyungan>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.
- Environment Canada. (2012). *Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene) bis Bisphenol A*. Ottawa: Environment Canada.
- Fiore, L., Serranti, S., Mazziotti, C., Ricardi, E., Benzi, M., & Bonifazi, G. (2022). Classification and distribution of freshwater microplastics along the Italian Po river by hyperspectral imaging. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 48588-48606.
- Grause, G., Tsukada, N., Hall, W., Kameda, T., Williams, P., & Yoshioka, T. (2010). High-value products from the catalytic hydrolysis of polycarbonate waste. *Polymer Journal*, 42, 438-442.
- Hariyoko, Y. (2022). KAJIAN LITERATUR SISTEMATIS PEMBANGUNAN DESA BERKELANJUTAN: ANALISIS PADA BASIS DATA SCOPUS PENELITIAN TAHUN 2018 SAMPAI 2021. *Jurnal Kebijakan Pembangunan*, 17(2), 209-218.
- Huang, Y., Wong, C., Zheng, J., Bouwman, H., Barra, R., Wahlstöm, B., . . . Wong, M. (2012). Bisphenol A (BPA) in China: a review of sources, environmental levels, and potential human health impacts. *Environ Int.*, 42, 91-99.
- Käppler, A., Fischer, D., Oberbeckmann, S., Schernewski, G., Matthias, L., Eichhorn, K.-J., & Volt, B. (2016). Analysis of environmental

- microplastics by vibrational microspectroscopy: FTIR, Raman or both? *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408(29), 8377-8391.
- Kasam. (2011). Analisis Resiko Lingkungan pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus: TPA Piyungan Bantul). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 3(1), 019-030.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Data Timbulan Sampah*. Dipetik 03 10, 2022, dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan#>
- Kim, W.-S., Do, A., Yeh, D., & Cunningham, J. (2014). Extraction of bisphenol-A and 17 β -estradiol from water samples via solid-phase extraction (SPE). *Reviews in Analytical Chemistry*, 33(1), 59-77. doi:<http://doi.org/10.1515/revac-2013-0016>
- Kitchenham, B. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *EBSE Technical Report EBSE-2007-01*, 2.3.
- Kmiecik, E., Styszko, K., Wątor, K., Dwornik, M., & Tomaszewska, B. (2020). BPA - an endocrine disrupting compound in water used for drinking purposes, a snapshot from South Poland. *Geology, Geophysics & Environment*, 46(1), 5-16.
- Kodoatie, R. J. (1996). *Pengantar Hidrologi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Konieczna, A., Rutkowska, A., & Rachon, D. (2015). Health risk of exposure to Bisphenol A (BPA). *Rocz Panstw Zakl Hig*, 66(1), 5-11.
- Kumalasari, F., & Satoto, Y. (2011). *Teknik Praktis Mengolah Air Kotor Menjadi Air Bersih*. Bekasi: Laskar Aksara.
- Lestido-Cardama, Antía; Sendón, Raquel; Bustos, Juana; Nieto, María Teresa; Paseiro-Losada, Perfecto; Rodríguez-Bernaldo de Quirós, Ana;. (2022). Food and beverage can coatings: A review on chemical analysis, migration, and risk assessment. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21, 3558-2611.
- Liang, X., Bao, W., & Gao, Y. (2018). Decay-like fracture mechanism of silicone rubber composite insulator. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 25(1), 110-119.

- López-Cervantes, J., & Paseiro-Losada, P. (2003, 06). Determination of Bisphenol A in, and its migration from, PVC stretch film used for food packaging. *Food Additives and Contaminants*, 20(6), 596-606.
- Lu, J., Wu, J., Zhang, C., & Zhang, Y. (2020). Possible effect of submarine groundwater discharge on the pollution of coastal water: Occurrence, source, and risks of endocrine disrupting chemicals in coastal groundwater and adjacent seawater influenced by reclaimed water irrigation. *Chemosphere*, 250.
- Mecozzi, M., Pietroletti, M., & Monakhova, Y. B. (2016). FTIR spectroscopy supported by statistical techniques for the structural characterization of plastic debris in the marine environment: Application to monitoring studies. *Marine Pollution Bulletin*, 106(1-2), 155-161.
- Menteri Pekerjaan Umum. (2013). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum.
- Mohapatra, D. P., Brar, S. K., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2011). Occurrence of bisphenol A in wastewater and wastewatersludge of CUQ treatment plant. *Journal of Xenobiotics*, 1(3), 9-16.
- Morin, N., H. Arp, H. P., & Hale, S. E. (2015). Bisphenol A in Solid Waste Materials, Leachate Water, and Air Particles from Norwegian Waste-Handling Facilities: Presence and Partitioning Behavior. *Environmental Science & Technology*, 49(13), 7675-7683.
- Musyafiq, A. A., Zarory, H., & Prasteia, V. (2019). Pemilihan Teknologi PLTSa di Kota Yogyakarta (Studi Kasus: TPA Piyungan Yogyakarta). *Jurnal Power Elektronik*, 8(2), 1-4.
- Narevski, A. C., Novakovic, M. I., Petrovic, M. Z., Mihajlovic, I. J., Maodus, N. B., & Vujic, G. V. (2021). Occurrence of bisphenol A and microplastics in landfill leachate. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31), 42196-42203.

- Nie, M., Yan, C., Dong, W., Liu, M., Zhou, J., & Yang, Y. (2015). Occurrence, distribution and risk assessment of estrogens in surface water, suspended particulate matter, and sediments of the Yangtze Estuary. *Chemosphere*, *127*, 109-116.
- Notardonato, I., Protano, C., Vitali, M., & Avino, P. (2019). Phthalates and Bisphenol-A Determination and Release from Different Beverage Plastic Containers by Dispersive Liquid-Liquid Microextraction and GC-IT/MS Analysis. *Food Analytical Method*, *12*(11), 2562-2571.
- Oketola, A. A., & Fagbemigun, T. K. (2013). Determination of Nonylphenol, Octylphenol and Bisphenol-A in Water and Sediments of Two Major Rivers in Lagos, Nigeria. *Journal of Environmental Protection*, *4*, 38-45.
- Papadopoulou, M. P., Karatzas, G. P., & Bougioukou, G. G. (2007, 02). Numerical modelling of the environmental impact of landfill leachate leakage on groundwater quality – a field application. *Environ Model Assess*, *12*, 43-54.
- Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta. (2022, 08 31). *5,8 Hektar Lahan Sitimulyo Ditetapkan Menjadi Tempat Pengembangan TPA Regional Piyungan*. Diambil kembali dari Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta: [https://jogjaprov.go.id/berita/58-hektar-lahan-sitimulyo-ditetapkan-menjadi-tempat-pengembangan-tpa-regional-piyungan#:~:text=Yogyakarta%20\(31%2F08%2F2022,memiliki%20luas%2012%2C5%20Ha](https://jogjaprov.go.id/berita/58-hektar-lahan-sitimulyo-ditetapkan-menjadi-tempat-pengembangan-tpa-regional-piyungan#:~:text=Yogyakarta%20(31%2F08%2F2022,memiliki%20luas%2012%2C5%20Ha).
- Ramadhan, F., D.R., F. P., Firizqy, F., & Adji, T. N. (2019). Pendugaan Distribusi Air Lindi dengan Geolistrik Metode ERT. *Majalah Geografi Indonesia*, *Vol. 33*(1), 1-8.
- Ramadhan, F., Prasisti D.R., F., Firizqy, F., & Adji, T. N. (2019, Maret). Pendugaan Distribusi Air Lindi dengan Geolistrik Metode ERT. *Majalah Geografi Indonesia*, *33*(1), 1-8.
- Republik Indonesia. (2008). *Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*.

- Ribeiro, C., Pardal, M. Â., Tiritan, M. E., Rocha, E., Margalho, R. M., & Rocha, M. J. (2009). Spatial distribution and quantification of endocrine-disrupting chemicals in Sado River estuary, Portugal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 159, 415-427.
- Riogilang, H. (2021). SEMINAR PENGENDALIAN PENCEMARAN DAN PENYEBARAN AIR LINDI DARI REMBESAN KOLAM LINDI TPA SUMOMPO MANADO. *Media Matrasain*, 18(2), 67-74.
- Rocha, M. J., Cruzeiro, C., Reis, M., Rocha, E., & Parda, M. (2013). Determination of seventeen endocrine disruptor compounds and their spatial and seasonal distribution in Ria Formosa Lagoon (Portugal). *Environ Monit Assess*, 185(10), 8215-8226.
- Rocha, M. J., Ribeiro, C., & Ribeiro, M. (2011). Development and optimisation of a GC-MS method for the evaluation of oestrogens and persistent pollutants in river and seawater samples. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 91(12), 1191-1205.
- Rochman, et al. (2019). Rethinking Microplastics as a Diverse Contaminant Suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 703-711.
- Ronderos-Lara, J. G., Saldarriaga-Noreña, H., Murillo-Tovar, M. A., & Sánchez, J. V. (2018). Optimization and Application of a GC-MS Method for the Determination of Endocrine Disruptor Compounds in Natural Water. *Separations*, 5(33).
- Sakamoto, H., Shoji, S., & Kaneko, H. (2007). Leaching characteristics of bisphenol A from epoxy-resin pavement materials. *Toxicology & Environmental Chemistry*, 89(2), 191-203.
- Santhi, V., Sakai, N., Ahmad, E., & Mustafa, A. (2012). Occurrence of bisphenol A in surface water, drinking water and plasma from Malaysia with exposure assessment from consumption of drinking water. *Science of the Total Environment*, 427-428, 332-338.
- Selvaraj, K. K., Shanmugam, G., Sampath, S., Larsson, D. J., & Ramaswamy, B. R. (2014). GC-MS determination of bisphenol A and alkylphenol

ethoxylates in river water from India and their ecotoxicological risk assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 99, 13-20.

Silviyah, S., Widodo, C. S., & Masruroh. (2014). PENGGUNAAN METODE FT-IR (Fourier Transform Infra Red) UNTUK MENGIDENTIFIKASI GUGUS FUNGSI PADA PROSES PEMBALURAN PENDERITA MIOMA. *Brawijaya Physics Student Journal*, 2(1).

Uadia, P., Makinwa, T., & Akeshinro, A. (2019). LEACHING OF BISPHENOL A (BPA) FROM PLASTIC MATERIALS INCREASES WITH STORAGE TIME WHILE ITS DEGRADATION INCREASES WITH TEMPERATURE. *Salem University Journal of Environmental Sciences*, 1(1), 1-8.

Utami, I., & Agustina. (2022, Mei). Deteksi Pencemaran Mikroplastik pada Air Lindi di TPA Piyungan Yogyakarta Indonesia. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 9(1), 24-32.

Utami, I., & Liani, M. (2021). Identifikasi Mikroplastik pada Air Sumur Gali di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta. *Jurnal Riset Daerah*, 21(3), 4003-4014.

Wahyono, S. (2010, 05). Analisis Dampak Pengembalaan Sapi di TPA (Studi Kasus di TPA Piyungan - Yogyakarta). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 11(2), 293-300.

Wang, H., Jiang, L., Gu, S., & Wang, X. (2020, 10). Migration of bisphenol A from polyvinyl chloride plastics to solvents of different polarities and packaged food in China. *Packaging Technology and Science*, 34(2), 127-137.

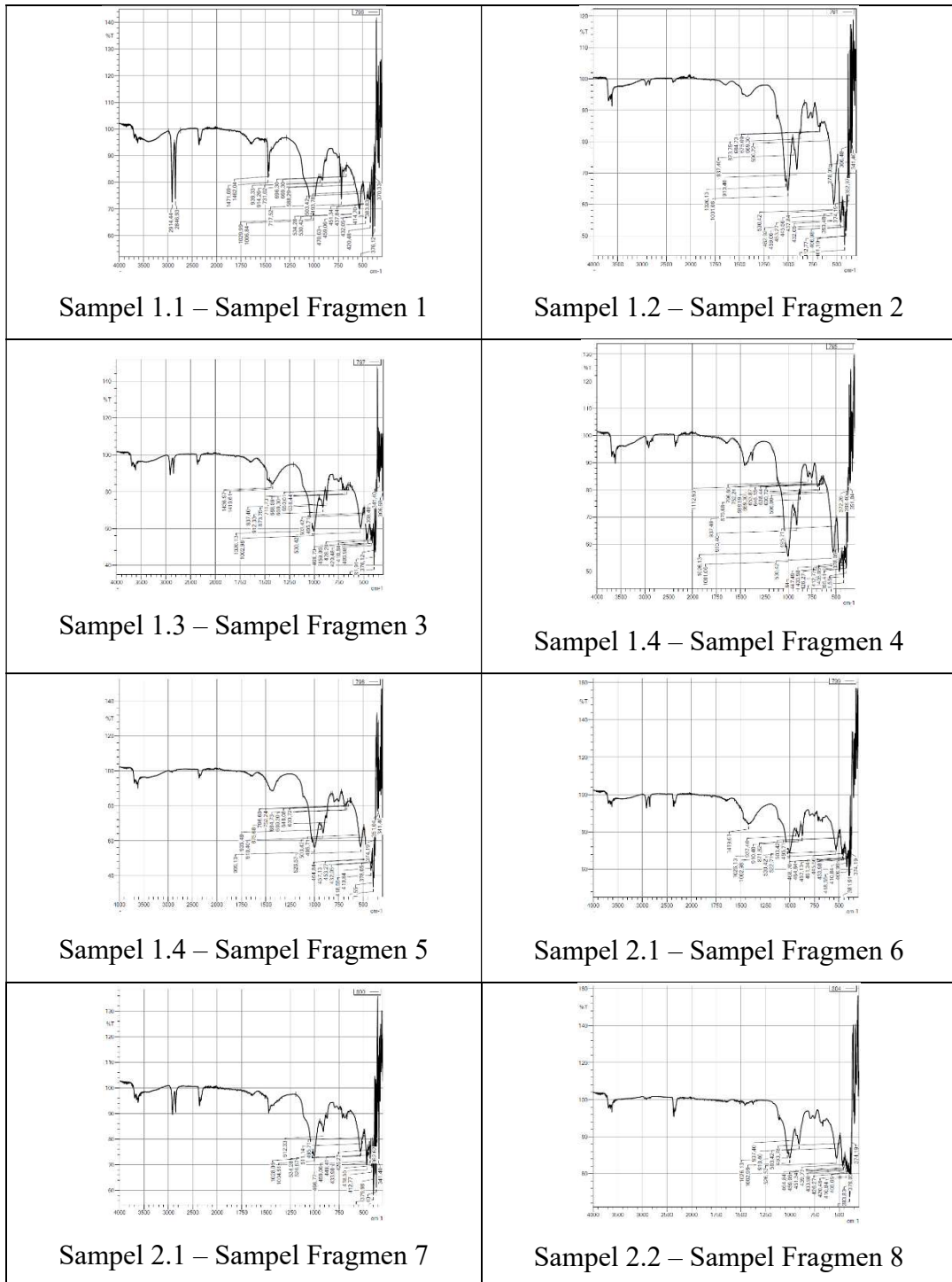
Welshons, W., Nagel, S., & S. vom Saal, F. (2006). Large Effects from Small Exposures. III. Endocrine Mechanisms Mediating Effects of Bisphenol A at Levels of Human Exposure. *Endocrinology*, 147(6), S56-S69.

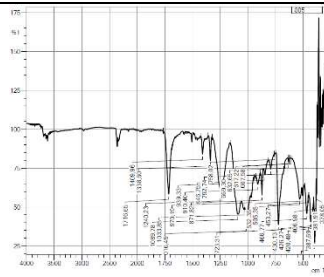
Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93-112.

- Xu, S.-Y., Zhang, H., He, P.-J., & Shao, L.-M. (2011, 8). Leaching behaviour of bisphenol A from municipal solid waste under landfill environment. *Environmental Technology*, 32(11), 1269-1277.
- Yin, H., Sun, T., Zhou, T., Liu, X., Pan, Y., Wang, Y., & Liu, D. (2023). Simultaneous determination of nine APs and BPA in water by solid-phase extraction and GC–MS analysis. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 51(7), 1-7.
- Yuniarti, H., Suudi, B. C., Utami, I. W., & Putri, L. R. (2022). *Studi Tentang Analisis Bibliometrik POTENSI AIR LINDI DI TPA SEBAGAI SUMBER LISTRIK ALTERNATIF MENGGUNAKAN VOS VIEWER*. Jakarta: Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.
- Zhang, Z., Ren, N., Gao, D., Qi, H., & Li, Y. (2009). Simultaneous Determination of Phenolic and Steroidal Estrogens in Water of Songhua River, Northeastern China. *2009 International Conference on Energy and Environment Technology*, 741-744.

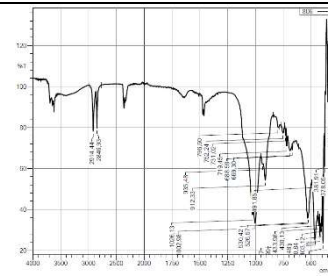
Lampiran 1

Hasil Grafik Pengujian FTIR

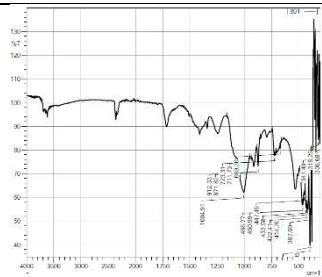




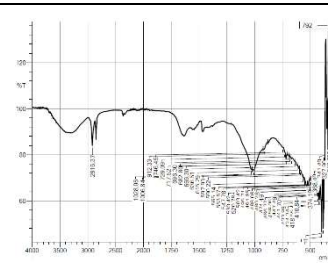
Sampel 2.2 – Sampel Fragmen 9



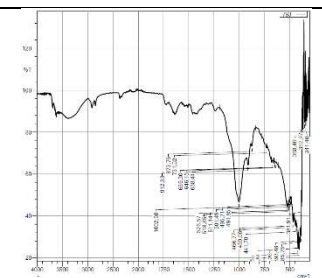
Sampel 2.2 – Sampel Fragmen 10



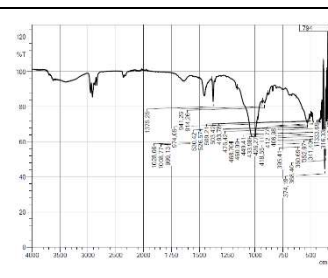
Sampel 2.3 – Sampel Fragmen 11



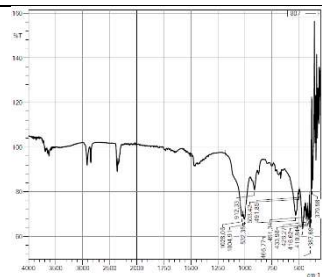
Sampel 2.4 – Sampel Fragmen 12



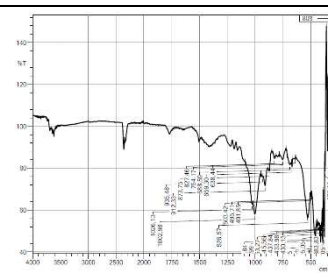
Sampel 2.4 – Sampel Fragmen 13



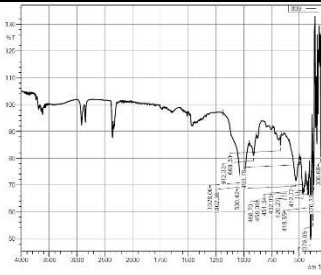
Sampel 2.4 – Sampel Fragmen 14



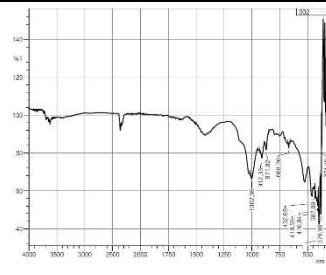
Sampel 3.1 – Sampel Fragmen 15



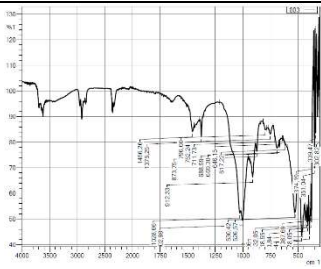
Sampel 3.1 – Sampel Fragmen 16



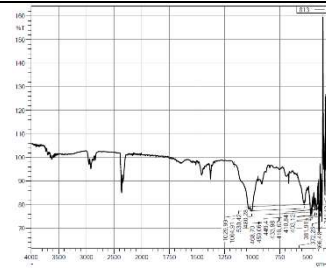
Sampel 3.1 – Sampel Fragmen 17



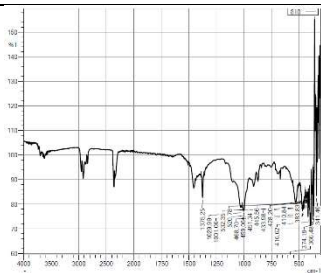
Sampel 3.2 – Sampel Fragmen 18



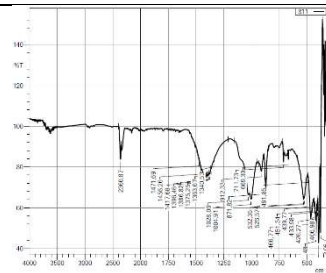
Sampel 3.2 – Sampel Fragmen 19



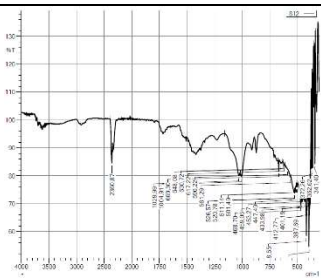
Sampel 3.3 – Sampel Fragmen 20



Sampel 3.4 – Sampel Fragmen 21



Sampel 3.4 – Sampel Fragmen 22



Sampel 3.4 – Sampel Fragmen 23