

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pencemaran plastik di lingkungan saat ini telah menyebabkan masalah di seluruh dunia. Plastik memiliki ketahanan polimer sintetis yang tinggi, kondisi inilah yang membuat plastik sulit untuk terurai, namun pada akhirnya plastik akan terdegradasi akibat paparan sinar Uv-B dari matahari (Andrady, 2011). Plastik yang terdegradasi ini memiliki ukuran sekitar 1 μm -5 mm dan dikenal sebagai mikroplastik.

Produksi plastik di seluruh dunia telah meningkat secara signifikan hingga 300 juta ton (Q. Yu et al., 2020) dan Indonesia menempati posisi kedua sebagai negara dengan jumlah sampah plastik terbesar di dunia setelah Cina (Tarigan, 2021). Sampah plastik sebagian besar dibuang di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Bahan plastik ini sering terurai menjadi mikroplastik yang berakhir di lindi, dan pada akhirnya partikel-partikel ini bisa mencemari air tanah (Mortula *et al.*, 2021). Plastik dengan cepat memasuki lingkungan perairan dan diperkirakan mencapai 10% dari keseluruhan produksi plastik (Gopinath *et al.*, 2020).

Fasilitas pengelolaan sampah merupakan penyumbang mikroplastik yang signifikan terhadap lingkungan akuatik dan terestrial. Praktik pengelolaan sampah plastik yang buruk menjadikan plastik sebagai komponen limbah padat yang paling dominan. Melimpahnya mikroplastik dikaitkan dengan volume

sampah plastik di TPA, pengelolaan lindi yang berasal dari TPA, penerapan lindi, dan umur dari TPA.

Tempat pembuangan akhir sampah sebagai tempat di mana berbagai jenis limbah dan sampah dibuang seperti plastik, kertas, kayu, makanan, dan bahan kimia. Pembuangan sampah di TPA tidak dapat dihindari karena pengoperasiannya yang relatif sederhana, meskipun ini bukan pilihan yang berkelanjutan (Rani *et al.*, 2020). Saat sampah di TPA mulai terdegradasi, maka akan dilepaskan gas beracun dan dihasilkan lindi. Air lindi dapat mempengaruhi muka air tanah, karena air hujan dapat merembes ke dalam tanah dan membawa air lindi ke dalam lapisan air tanah (Kalka, 2012).

TPA Jatibarang yang mulai beroperasi pada 1993 diperkirakan hanya mampu menampung sampah hingga 2001. Namun, hingga saat ini, TPA tersebut masih berfungsi dan diperkirakan dapat bertahan 5-10 tahun lagi. Saat ini, area yang digunakan mencapai 25 ha dengan sistem pengolahan dari *Controlled Landfill* menuju *Sanitary Landfill* (Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang, 2018). Mengingat umur pakai TPA yang telah mencapai kurang lebih 30 tahun, maka limpasan lindi telah menyebabkan terjadinya pencemaran dalam air tanah.

Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa air lindi di TPA Jatibarang telah mencemari sistem air tanah (Hendrayana *et al.*, 2010). Sebaran limbah di TPA Jatibarang mengalir menuju Sungai Kreo (sebelah selatan TPA) serta menuju pemukiman warga di Kelurahan Bambankerep yang terletak di sebelah barat dan timur TPA Jatibarang (Nilasari *et al.*, 2011; Supriyadi *et al.*,

2013). Menurut simulasi model sebelumnya, dalam sepuluh tahun ke depan, kadar kromium hexavalen dalam air tanah akan melampaui baku mutu, dan dalam lima puluh tahun ke depan, air tanah akan tercemar timbal (Purba & Kamil, 2015).

Mikroplastik kemungkinan akan menjadi bahan pencemar tambahan dalam air tanah sehingga manusia yang mengandalkan sumber air tanah ini akan berisiko terpapar. Salah satu jalan masuk mikroplastik ke dalam tubuh manusia dapat melalui konsumsi makanan laut (Mercogliano *et al.*, 2020). Efek mikroplastik pada manusia masih belum diketahui, ada bukti yang muncul bahwa efek toksik dari paparan mikroplastik antara lain peradangan (Brown *et al.*, 2001).

Keberadaan mikroplastik dalam air tanah memiliki keterkaitan dengan tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan yaitu produksi dan konsumsi plastik menjadi ancaman besar terhadap lingkungan dan kontaminasi pada air tanah (SDG's ke 12), mikroplastik di TPA mencemari kehidupan terestial dan air tanah (SDG's ke 15), air tanah yang tercemar mikroplastik akan berdampak pada kesehatan dan kesejahteraan manusia (SDG's ke 3), mikroplastik dalam air minum dan IPAL menghambat tercapainya tujuan air bersih dan sanitasi (SDG's ke 6), serta mikroplastik juga telah mencemari laut, ekosistem air tawar dan habitat air tanah (SDG's ke 14). Oleh karena itu penelitian tentang mikroplastik dalam air tanah ini perlu untuk dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis jumlah, sumber, pola sebaran serta transportasi mikroplastik di lingkungan sekitar TPA meliputi air

lindi, tanah dan air tanah. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan informasi bagi pengambil kebijakan, upaya strategi mitigasi dan remediasi mikroplastik dalam pengelolaan TPA yang berkelanjutan dan tidak menimbulkan risiko penyakit.

1.2. Perumusan Masalah

Kota Semarang hanya memiliki satu tempat pemrosesan akhir sampah yaitu TPA Jatibarang, dan menampung limbah dari 16 kecamatan. TPA ini telah beroperasi kurang lebih 30 tahun sehingga diduga telah terjadi fragmentasi plastik menjadi mikroplastik dan akan terbawa oleh pembuangan lindi. Migrasi mikroplastik dari tanah dan lindi TPA kemungkinan menjadi sumber dan penyebab utama pencemaran mikroplastik di air tanah.

Sistem pengolahan di TPA Jatibarang sejak tahun 1994 menggunakan *controlled landfill* menuju *sanitary landfill*, tetapi karena lahan telah habis saat ini sampah hanya ditumpuk secara *open dumping*. Kondisi ini menyebabkan lindi mengalir dan meresap ke bawah tanah, sehingga lindi yang berbahaya dapat mencemari air tanah.

Merujuk pada penjelasan di atas, rumusan pertanyaan yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana karakteristik dan kelimpahan mikroplastik pada tanah *landfill*, lindi dan air sumur di sekitar TPA Jatibarang Semarang?
- b) Bagaimana distribusi dan pola sebaran mikroplastik dalam air tanah di sekitar TPA Jatibarang Semarang?

- c) Bagaimana transport mikroplastik dalam tanah di TPA Jatibarang Semarang?
- d) Bagaimana tingkat pengetahuan, sikap dan praktik masyarakat di sekitar TPA Jatibarang Semarang tentang mikroplastik?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Menganalisis distribusi dan potensi risiko mikroplastik pada air tanah di sekitar TPA Jatibarang Semarang.

2. Tujuan Khusus

- a) Menganalisis karakteristik dan kelimpahan mikroplastik pada tanah *landfill*, lindi, dan air tanah di TPA Jatibarang Semarang dan dampaknya bagi lingkungan.
- b) Menganalisis distribusi dan pola sebaran mikroplastik dalam air tanah di sekitar TPA Jatibarang Semarang.
- c) Menganalisis pengaruh lama waktu infiltrasi dengan konsentrasi mikroplastik dalam tanah TPA Jatibarang Semarang.
- d) Menganalisis tingkat pengetahuan, sikap dan praktik tentang mikroplastik pada ibu rumah tangga di sekitar TPA Jatibarang Semarang

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan yaitu bagaimana transportasi dan

transformasi dari mikroplastik di TPA mulai dari tanah, kolam lindi sampai di air tanah. Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

- a) Informasi bagi masyarakat tentang mikroplastik dan risiko bahayanya dalam air tanah sebagai sumber air bersih dan air minum.
- b) Informasi bagi pengelolaan TPA dan pengolahan lindi yang berkelanjutan terkait pengurangan pelepasan mikroplastik ke lingkungan.
- c) Informasi tentang proses transport mikroplastik dalam air tanah guna melindungi sumber daya air tanah.

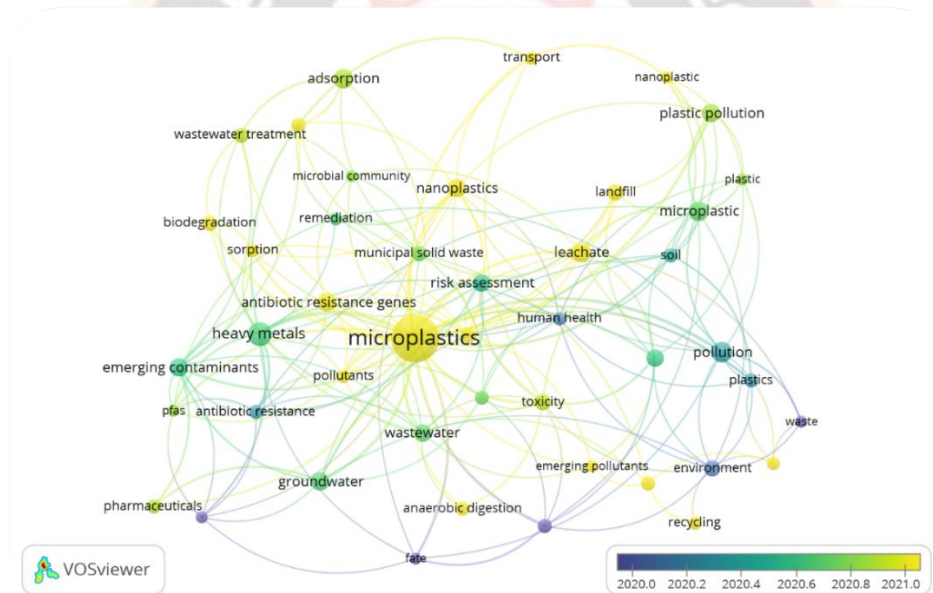
1.5. Orisinalitas Penelitian

Berdasarkan Tabel 1.1, kegiatan pengelolaan sampah di TPA Jatibarang telah menyebabkan terjadinya cemaran pada air tanah, hal ini dibuktikan bahwa lindi telah masuk ke sistem air tanah (Hendrayana *et al.*, 2010). Sebaran lindi bergerak menuju sungai Kreo (sebelah selatan TPA) dan ke sebelah barat dan timur TPA pemukiman warga di Kelurahan Bambankerep (Supriyadi *et al.*, 2013). Dalam air lindi ditemukan mengandung kromium hexavalen dan timbal (Purba & Kamil, 2015), berbagai plasticizer, bahan kimia, dan aditif; berdasarkan sifat dan proses air lindi ini keluar dari permukaan plastik atau mikroplastik (Hahladakis *et al.*, 2018).

Total publikasi yang diperoleh dalam database Dimensions antara 2017 sampai 2022 adalah sebanyak 644 artikel tentang topik mikroplastik di air tanah. Berdasarkan analisis bibliometrik dari kata kunci diperoleh 1.135 kata kunci, 47 telah memenuhi ambang batas. Kata kunci yang paling banyak muncul adalah “microplastics” (total link strength 79) sedangkan kata “groundwater” hanya

memiliki *occurrences* 12 dan total *link strength* 14. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian tentang mikroplastik dalam air tanah masih sedikit. Demikian pula dengan kata “*landfill*” (*occurrences* 9 dan total *link strength* 8) dan kata “*landfill leachate*” (*occurrences* 7 dan total *link strength* 7).

Pada gambar 1.1 menunjukkan penelitian pada tahun 2021 tentang mikroplastik berkaitan dengan kata kunci “*landfill*” dan “*leachate*” masih sedikit (warna kuning). Penelitian ini juga berkembang untuk proses “*transport*” ukuran “*nanoplastic*” di “*landfill*” dan “*leachate*”.



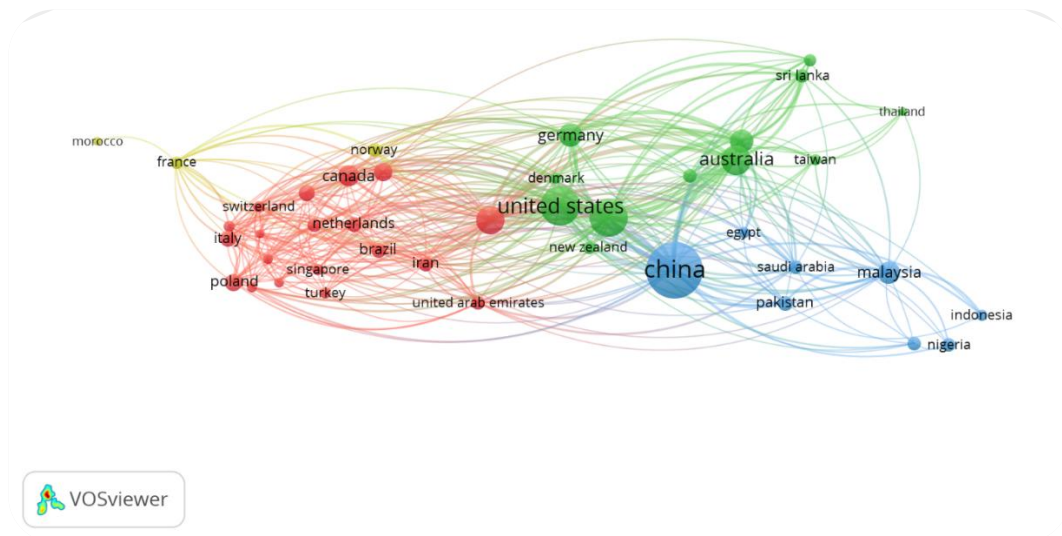
Gambar 1.1 Analisis Bibliometrik Kata Kunci

Keterkaitan analisis bibliometrik dengan rencana penelitian tentang mikroplastik dalam air tanah di sekitar *landfill* dan ditunjukkan dalam gambar 1.2, sebagai berikut:

Gambar 1.2 Keterkaitan Analisis Bibliometrik Kata Kunci untuk Penelitian Lanjutan

Publikasi tentang mikroplastik di Indonesia masih sedikit (Gambar 1.3), panjang pengetahuan peneliti terdapat tiga penelitian tentang mikroplastik dari tanah dengan lokasi di TPA Piyungan Yogyakarta, TPA Tamangapa Makassar dan TPA Air Dingin di Padang (Tabel 1.1). Penelitian tersebut mempertimbangkan jarak radial dari tempat pembuangan sampah, sedangkan kecepatan aliran air tanah yang merupakan faktor lebih penting untuk distribusi belum diteliti.

SEKOLAH PASCASARJANA



Gambar 1.3 Analisis Bibliometrik Negara dalam Publikasi Penelitian Mikroplastik

Kebaruan penelitian ini difokuskan pada kajian dan analisis mengenai transportasi mikroplastik dari tempat pembuangan sampah dan pencemaran mikroplastik dalam air tanah. Interpretasi aliran dan transportasi (distribusi) dilakukan dengan mempertimbangkan hidrogeologi wilayah studi.

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian

No	Judul, Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	<i>Jatibarang Landfill Of Semarang City: Is It Potential As The water Contamination Source?</i> (Hendrayana <i>et al.</i> , 2010).	Mengevaluasi potensi TPA sebagai pencemar sumber air tanah dan air permukaan, analisis kualitas lindi dan hidrogeologi.	Penelitian observasional dan pemodelan pergerakan kontaminan dalam air tanah.	Lindi mengandung konsentrasi klorida yang tinggi sekitar 2600 mg/L dan konsentrasi logam berat rendah. Studi hidrogeologi membuktikan bahwa lindi telah masuk ke sistem air tanah.
2	Pola Sebaran Limbah TPA-Studi Kasus Di Jatibarang Semarang (Supriyadi <i>et al.</i> , 2013).	Mengetahui sebaran limbah di bawah permukaan tanah menggunakan metode geolistrik.	Penelitian observasional.	Limbah TPA Jatibarang mengalir ke Sungai Kreo dan permukiman Kelurahan Bambankerep.
3	Analisis Pola Penyebaran Logam Berat Pada Air Tanah Dangkal Akibat Lindi Di Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jatibarang, Semarang (Purba & Kamil, 2015).	Mengetahui bagaimana kontaminan logam berat dalam lindi tersebar di air tanah dangkal.	Penelitian observasi dan pemodelan dengan air lindi TPA sebagai pencemar yang bergerak dan pengambilan air sumur sebagai validasi model.	Hasil pemodelan memprediksi bahwa kromium hexavalen dalam lindi terdeteksi hingga 300 meter, sementara timbal hingga 200 meter. Tanpa pengelolaan yang baik, dalam 10 tahun kadar kromium hexavalen diperkirakan melampaui baku mutu, dan air tanah akan tercemar timbal setelah 50 tahun.

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian (Lanjutan)

No	Judul, Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4	<i>Analysis on microplastics in dug wells around Tamangapa Landfills, Makassar City, Indonesia</i> (Fajaruddin Natsir <i>et al.</i> , 2021).	Mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik dalam air sumur di sekitar TPA Tamangapa Makassar.	Penelitian kuantitatif deskriptif. Jumlah sampel 8 sumur gali dengan kriteria 4 sumur gali yang berjarak <500 m dari landfill dan 4 sumur gali yang berjarak 500 m-1 km dari landfill.	Bentuk mikroplastik 72 % berupa serat dan 28% fragmen dengan ukuran berkisar antara 0,069-4,459 mm. Warna MP yang paling banyak adalah biru (53,6%). Kandungan mikroplastik terendah 0,25 partikel/L dan tertinggi 0,95 partikel/L. Tidak ada hubungan antara jarak TPA dengan sumur terhadap kelimpahan mikroplastiknya.
5	Identifikasi Mikroplastik pada Air Sumur Gali di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta (Utami & Liani, 2021).	Menganalisis jumlah dan jenis polimer mikroplastik pada air sumur di sekitar TPA Piyungan.	Desain penelitian kuantitatif deskriptif, membandingkan kelimpahan mikroplastik pada air sumur (kedalaman 10-15 meter) dengan jarak yang berbeda dari TPA Piyungan (0-1 km, 1-2 km, dan 2-3 km pada arah barat laut dan utara).	Kelimpahan mikroplastik tertinggi ditemukan pada sumur dengan jarak 0-1 km (146 ± 109 partikel/L), diikuti 1-2 km (116 ± 31 partikel/L), dan terendah pada sumur 2-3 km (77 ± 23 partikel/L). Jenis polimer mikroplastik yang teridentifikasi adalah PS dan PVC. Jarak sumur dari TPA Piyungan memengaruhi kelimpahan mikroplastik.

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian (Lanjutan)

No	Judul, Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
6	Analisis Kandungan Mikroplastik Di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Padang (Hajatul, 2021).	Menganalisis kelimpahan, ukuran, bentuk dan warna mikroplastik di TPA Air Dingin, pengaruh jumlah penduduk, timbunan sampah, curah hujan, umur TPA, parameter lingkungan terhadap kandungan mikroplastik dan kemampuan kolam pengolahan lindi dalam menyisihkan mikroplastik.	Metode observasional, pengamatan kelimpahan dan karakteristik dengan mikroskop.	Kadar mikroplastik pada sampel air lindi tercatat sebesar 1,7 item/L, sedimen pengolahan lindi 46,2 item/kg, tanah landfill 52,8 item/kg, dan sedimen anak sungai 19,9 item/kg. Mikroplastik berupa fragmen dengan ukuran 1-5 mm dan warna putih. Suhu menunjukkan korelasi lemah, pH memiliki korelasi cukup kuat, dan curah hujan berhubungan positif serta kuat dengan kelimpahan mikroplastik. Keberadaan mikroplastik di TPA dipengaruhi oleh usia degradasi sampah plastik.
7	<i>Spatial distribution of microplastic concentration around landfill sites and its potential risk on groundwater</i> (Bharath et al., 2021).	Mengidentifikasi mikroplastik dalam air tanah di sekitar TPA Perungudi dan Kodungaiyur di India Selatan.	Penelitian observasional dengan klasifikasi partikel mikroplastik menggunakan Mikroskop Stereo Zoom LB-340 dengan Iluminasi LED, ATR-FTIR yang dilengkapi SEM dengan EDX analyzer.	Sampel air tanah (n = 20) terkontaminasi partikel mikroplastik dengan kisaran 2-80 item/L dengan partikel berwarna, putih (38%), hitam (27%), hijau (8%), merah (18%), biru (6%), dan kuning (2%). Mikroplastik 90% berasal dari plastik yang tertimbun dan fragmentasi sampah dan didominasi oleh polypropylene (PP), polystyrene (PS).

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian (Lanjutan)

No	Judul, Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
8	<i>Existence of microplastics in soil and groundwater in Jiaodong Peninsula</i> (S. Su et al., 2021).	Menganalisis kontaminasi mikroplastik pada Daerah Aliran Sungai Huangshui di Teluk Laizhou dan Daerah Aliran Sungai Dagou di Teluk Jiaozhou Provinsi Shandong Cina.	Penelitian observasional dengan mengambil 12 sampel dari 4 lokasi.	Sampel tanah pertanian telah terkontaminasi mikroplastik, 92,9% adalah partikel, 6,1% serat, dan hanya 1% adalah film. Adanya film PE menunjukkan bahwa pencemaran mikroplastik di dalam tanah mungkin berasal dari film plastik. Poliamida ada di air tanah. Tingkat polusi berkorelasi dengan ukuran, dan ukuran mikroplastik berkorelasi negatif dengan kelimpahan.
9	<i>Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia</i> (Samandra et al., 2022).	Menganalisis kontaminasi mikroplastik di akuifer sedimen aluvial yang tertutup dari atmosfer.	Penelitian observasional, sampel air tanah yang tertutup diambil di tujuh tempat dengan masing-masing rangkap tiga (n=21) menggunakan sistem pencitraan Laser Direct Infra-Red (LDIR).	Mikroplastik PE, PP, PS dan PVC terdeteksi di semua sampel air tanah. Ukuran rata-rata mikroplastik adalah $89 \pm 55 \mu\text{m}$ (St.Dev.), berkisar antara 18 hingga $491 \mu\text{m}$. Jumlah rata-rata mikroplastik yang terdeteksi di semua lokasi adalah 38 ± 8 mikroplastik/L, berkisar antara 16 hingga 97 partikel/L.

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian (Lanjutan)

No	Judul, Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
10	<i>Informal landfill contributes to the pollution of microplastics in the surrounding environment</i> (Wan et al., 2022b).	Mempelajari karakteristik mikroplastik dan menunjukkan pelepasan mikroplastik dari TPA ke lingkungan sekitarnya.	Penelitian observasional dengan sampel limbah TPA, tanah dasar, lindi, dan air tanah di sekitar Tempat pembuangan sampah informal terletak di tenggara Provinsi Guangdong, Cina.	Mikroplastik di TPA terjadi karena pelapukan sampah plastik, menuju ke dalam lindi TPA dan bermigrasi secara vertikal ke air tanah. Kelimpahan mikroplastik pada lindi TPA dan air tanah tidak berbeda nyata. Jenis polimer mikroplastik yang teridentifikasi pada lindi TPA dan airtanah adalah PU, poliasetal (PAT), poliamida (PA), polietilen klorinasi (PEC), PP, PE, PS, PET, dan lain-lain. Jenis polimer lebih beragam di lindi TPA dan air tanah.