

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya sejak mulai timbul di sumber, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, pengolahan dan pembuangan. TPA merupakan tempat sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya. Di TPA, sampah masih mengalami proses penguraian secara alamiah dengan jangka waktu panjang. Beberapa jenis sampah dapat terurai secara cepat, sementara yang lain lebih lambat, bahkan ada beberapa jenis sampah yang tidak berubah sampai puluhan tahun, misalnya plastik. Hal ini memberikan gambaran bahwa setelah TPA selesai digunakan pun masih ada proses yang berlangsung dan menghasilkan beberapa zat yang dapat mengganggu lingkungan. Karenanya masih diperlukan pengawasan terhadap TPA yang telah ditutup (Royadi, 2006).

Purwokerto memiliki beberapa tempat pemrosesan akhir sampah, salah satunya adalah TPA Gunung Tugel. Sampah yang dibuang di TPA Gunung Tugel berasal dari limbah rumah tangga, industri, dan pasar. Sampah tersebut terdiri dari berbagai jenis, diantaranya kertas, plastik, kain, boneka, karet, makanan basi, alat elektronik bekas, lampu, dan batu baterai. Sampah yang masih bisa dipakai atau didaur ulang dikumpulkan oleh masyarakat setempat, sedangkan yang lainnya ditimbun. Sampah yang ditimbun di TPA akan mengalami proses dekomposisi alamiah. Proses dekomposisi tersebut akan mengubah sampah menjadi pupuk organik dan menimbulkan hasil samping yaitu leachate atau air lindi (Anam et al., 2013).

Berdasarkan data SLHI tahun 2007 tentang kondisi TPA di Indonesia, sebagian besar merupakan tempat penimbunan sampah terbuka (*open dumping*) sehingga menimbulkan masalah pencemaran pada lingkungan. Data menyatakan bahwa 90% TPA dioperasikan dengan *open dumping* dan hanya 9% yang

dioperasikan dengan *controlled landfill* dan *sanitary landfill*. TPA Gunung Tugel sendiri termasuk TPA yang dioperasikan menggunakan metode *open dumping*.

Metode *open dumping* adalah cara pemrosesan akhir dengan hanya menumpuk sampah begitu saja tanpa ada perlakuan khusus, sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap lingkungan (Royadi, 2006). Metode ini memungkinkan adanya perembesan air lindi (cairan yang timbul akibat pembusukan sampah) melalui kapiler-kapiler air dalam tanah hingga mencemari sumber air tanah, terlebih di musim hujan. Efek pencemaran bisa berakumulasi jangka panjang dan pemulihannya bisa membutuhkan puluhan tahun. Metode ini sudah tidak populer karena selain sudah tidak akan diperbolehkan lagi juga berpotensi pada pencemaran lingkungan (Agung,2013).

2.2 Air Lindi (*Leachate*)

Sampah yang dibuang ke *landfill* mengalami beberapa perubahan fisik, kimia dan biologis secara simultan yang diantaranya menghasilkan cairan yang disebut *leachate*. *Leachate* bisa didefinisikan sebagai cairan yang telah melewati sampah yang telah mengekstraksi material terlarut/tersuspensi dari sampah tersebut (Tchobanoglous,1993) .

Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik yang tinggi. Selayaknya benda cair, air lindi akan mengalir ke tempat yang lebih rendah. Air lindi ini dapat merembes masuk ke dalam tanah dan bercampur dengan air tanah sampai pada jarak 200 meter, ataupun mengalir di permukaan tanah dan bermuara pada aliran air sungai. Secara langsung air tanah atau air sungai tersebut akan tercemar. Air lindi juga dapat mencemari sumber air minum pada jarak 100 dari sumber pencemaran (Mahardika 2010).

Potensi gravitasi sangat penting dalam tanah-tanah yang jenuh air. Hal ini diperhitungkan terutama untuk gerakan air lindi yang menembus tanah yang pada umumnya bergerak dari elevasi tinggi ke elevasi rendah. Gerakan air lindi ke dalam tanah mengikuti gerakan air tanah, yang merupakan gerakan air dari tanah melalui evaporasi dan atau drainase (dari tanah basah ke tanah kering) dan dari tanah ke dalam akar-akar tanaman (Mahardika, 2010).

2.3 Logam Berat

2.3.1 Logam Berat dalam Lingkungan Pertanian

Menurut Connel dan Miller (1995), logam berat adalah suatu logam dengan berat jenis lebih besar. Logam ini memiliki karakter seperti berkilau, lunak atau dapat ditempa, mempunyai daya hantar panas dan listrik yang tinggi serta bersifat kimiawi, yaitu sebagai dasar pembentukan reaksi dengan asam. Selain itu, logam berat adalah unsur yang mempunyai nomor atom lebih besar dari 21 dan terdapat di bagian tengah daftar periodik.

Logam berat dapat masuk ke lingkungan karena beberapa sebab, diantaranya : timbunan alami di dalam bumi yang tersingkap sehingga berada di permukaan bumi, pelapukan bahan yang mengandung logam berat yang tertimbun secara residual di dalam saprolit dan selanjutnya berada dalam tanah, penggunaan bahan alami untuk pupuk atau *soil conditioner*, dan atau pembuangan sisa dan limbah pabrik serta sampah. (Tejoyuwono, 2006)

Logam adalah mikronutrien yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, seperti Zn, Cu, Mn, Ni, dan Co, sementara yang lainnya tidak diketahui fungsi biologisnya, seperti Cd, Pb, dan Hg (Gaur, 2004).

Dalam pertanian, logam berat dapat memunculkan 4 persoalan yang saling berkaitan berupa akibat atas (1) Edafon, yaitu keseluruhan kehidupan di dalam tanah yang merupakan salah satu faktor pokok penentu produktifitas tanah, (2) hasil panen pertanaman, baik jumlah maupun mutunya, (3) kesehatan ternak ; dan (4) kesehatan manusia. Keempat persoalan tersebut dapat dikembalikan pada persoalan dasar yaitu perilaku logam berat dalam tanah. Perilaku ini yang akan menentukan seberapa kuat dayanya mempengaruhi edafon, dan seberapa banyak jumlahnya yang terserap oleh tanaman. (Tejoyuwono, 2006)

Sumber utama logam berat pada tanaman adalah media pertumbuhan. Penyerapan logam berat oleh tanaman tergantung pada ketersediaannya dalam tanah dan sumber lain termasuk pupuk, pestisida dan herbisida (Ansari dkk., 2009).

Tabel 2.1. Kandungan Logam Berat dalam Pupuk fosfat (TSP)

Unsur	Kisaran (ppm)
As	2,08 - 2,26
Cd	2,52 - 14,22
Co	2,50 - 5,69
Cr	140,00 - 270,00
Cu	4,72 - 15,722
Fe	2,28 - 3,82
Hg	0,06 - 0,12
Mn	5,19 - 14,31
Ni	7,57 - 23,33
Pb	3,20 - 6,10
Sb	0,36 - 1,02
U	8,73 - 39,17
Zn	90,00 - 400,00

(Sumber : Surtipanti et al., 1992)

2.3.2 Mekanisme Uptake Logam Berat ke Dalam Tanaman

Tanaman bertindak sebagai "akumulator" dan "*excluder*". Akumulator akan bertahan meskipun terkonsentrasi dengan kontaminan di jaringan udara mereka. Mereka mengurai atau mengubah kontaminan menjadi bentuk inert di jaringan mereka. *Excluder* membatasi kontaminan uptake menjadi biomassa mereka. Tanaman telah mengembangkan mekanisme yang sangat spesifik dan sangat efisien untuk mendapatkan mikronutrien esensial dari lingkungan, bahkan pada tingkat ppm rendah. Akar tanaman, dibantu oleh agen pengupas yang diproduksi tanaman dan perubahan pH yang disebabkan oleh tanaman dan juga reaksi redoks, mampu melarutkan dan mengambil mikronutrien dari tingkat yang sangat rendah di dalam tanah, bahkan tidak ada presipitat yang tidak dapat larut. Tanaman juga telah mengembangkan mekanisme yang sangat spesifik untuk mentranslokasi dan menyimpan zat gizi mikro. Mekanisme yang sama juga terlibat dalam penyerapan, translokasi, dan penyimpanan unsur-unsur beracun (Sinha dkk, 2004)

Tanaman memiliki kemampuan yang berbeda untuk menyerap dan mengakumulasi logam disetiap bagiannya, dan memiliki banyak variasi dalam pengambilan dan translokasi logam antara spesies tanaman dan bahkan antara kultivar spesies yang sama (Carolyn, 2015).

Sejumlah tanaman dari banyak famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan daunnya sehingga bersifat hiperakumulator. Logam terserap oleh tanaman melalui akar kemudian ditransfer ke bagian tanaman seperti batang dan daun melalui jaringan pengangkut floem dan xilem (Ghosh & Singh, 2005).

Secara umum mekanisme penyerapan logam berat oleh tanaman berlangsung secara aktif (active uptake) dan penyerapan secara pasif (passive uptake).

a) Penyerapan logam berat secara aktif (active uptake) oleh tanaman meliputi tiga proses penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman yang saling berkesinambungan, yaitu sebagai berikut (Hardiani, 2009) :

- Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa faktor bergantung pada spesies tanaman. Diantaranya :
 1. Faktor pH Pada tanaman *Thlaspi caerulescens*, mobilisasi logam Zn dipacu oleh terjadinya penurunan pH pada daerah perakaran sebesar 0,2–0,4 unit (Mc. Grath, 1999).
 2. Pembentukan reduktase spesifik logam Untuk meningkatkan penyerapan logam berat, tanaman membentuk suatu molekul reduktase di membran akarnya dan reduktase ini berfungsi untuk mereduksi logam berat dan selanjutnya diangkut melalui kanal khusus didalam membran akar (Marschner and Romheld, 1994).
 3. Ekskresi zat khelat (zat pengikat) Pada jenis rumput-rumputan dalam proses penyerapan logam berat dapat ditingkatkan dengan pembentukan zat khelat (pengikat) yang dinamakan phytosiderator. Molekul phytosiderator akan mengikat logam

berat dan membawanya ke dalam sel akar melalui transport aktif. Beberapa logam berat yang dapat diikat oleh molekul phytosiderator seperti Cu, Zn dan Mn (Gwozdz et.al, 1997).

Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.

- Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya. Kemampuan pengangkutan dalam tanaman dapat ditingkatkan dengan bantuan zat khelat. Beberapa zat khelat yang dapat mengikat logam berat adalah phytochelatin yang mengikat logam Se, histidin mengikat logam Ni dan glutanon mengikat Cd (Mc. Grath, 1999).
 - Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.
- b) Penyerapan logam berat secara pasif (passive uptake) atau biosorpsi
- Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dan proses pengikatan ini dapat dilakukan dengan dua cara :
- Pertukaran ion, dimana ion monovalen dan divalen seperti ion Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan dengan ion logam berat.
 - Formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti korboksil, thiol, fosfat, hidroksi yang berada di dinding sel. Proses biosorpsi dapat berjalan lebih efektif pada pH tertentu dan kehadiran ion-ion lainnya di media, dimana logam berat dapat diendapkan sebagai garam yang tidak terlarut (Suhendrayatna, 2001).

Tanaman menyerap logam berat yaitu 25 cm dari zona bawah permukaan kedalaman tanah dimana akar dari sebagian besar tanaman sereal berada (Carolyn, 2015). Setelah adsorpsi logam berat di dalam tanah jenuh, logam berat lebih banyak akan terdistribusi dalam fasa berair dan ketersediaan hayati dari logam berat akan ditingkatkan (Sridhara et al., 2008). Logam berat yang terserap dari tanah, air, dan udara kemudian akan diangkut ke jaringan tanaman dan terakumulasi pada sumber pangan, sehingga mencapai ke pangan manusia melalui rantai makanan dan membahayakan kesehatan manusia (Drazic dan Mihailovic, 2005).

2.3.3 Logam Berat dalam Tanaman Padi

Tanaman padi merupakan tanaman semusim, termasuk golongan rumput-rumputan dengan klasifikasi sebagai berikut genusnya adalah *Oryza Linn*, family *Gramineae* dengan jumlah spesies ada 25 spesies, dua diantaranya adalah *Oryza sativa L.* dan *Oryza glaberima S.* Tanaman padi mempunyai nama botani *Oryza sativa* dengan nama lokal padi, dapat dibedakan dalam dua tipe yaitu padi kering yang tumbuh di dataran tinggi dan padi sawah yang memerlukan air menggenang (Sarkar et al., 2006)

Di Asia, padi merupakan tanaman yang paling umum ditanam di lahan pertanian (Saadia dan Rashid, 2012). Luas lahan sawah diperkirakan lebih dari 1 juta hektar dan sampai 50% di antaranya berbudaya dengan produksi padi yang tinggi (Sharma et al., 2009). Menurut Kitagishi dan Yamane (1981), asupan sereal diet, terutama beras oleh orang Asia adalah 574 g / hari, yaitu sekitar setengah dari total asupan makanan. Dengan demikian, keberadaan logam berat pada padi mungkin memiliki pengaruh besar pada asupan logam oleh populasi manusia. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana serapan logam berat (Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dan Pb) oleh tanaman padi (*Oryza sativa*) dipengaruhi oleh lahan pertanian.

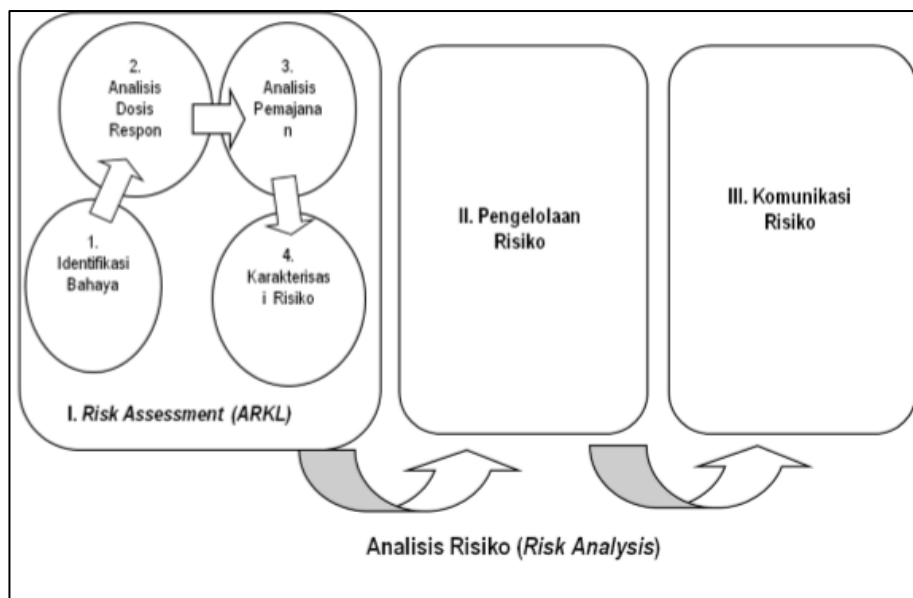
Daerah studi dipilih karena dekat dengan TPA Gunung Tugel yang sudah tidak beroperasi lagi yang berpotensi menjadi faktor pencemaran logam berat dalam tanaman padi. Kegiatan TPA yang berkontribusi terhadap pelepasan logam berat yang dapat menyebar ke daerah sekitar melalui air, tanah dan udara yang

berakhir di tanaman padi. Selain itu, petani di daerah studi juga menggunakan pupuk dan pestisida untuk tanaman mereka dan ini bisa menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap pencemaran logam berat di wilayah tersebut yang kemudian diserap tanaman padi melalui akarnya (Khaer et al., 2010).

2.4 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan sebuah pendekatan untuk menghitung atau memprakirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran pada pajanan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari sasaran yang spesifik (Direktorat Jenderal PP dan PL, 2012).

Asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL dilakukan dengan maksud untuk mengidentifikasi bahaya apa saja yang membahayakan, memahami hubungan antara dosis agen risiko dan respon tubuh yang diketahui dari berbagai penelitian, mengukur seberapa besar pajanan agen risiko tersebut, dan menetapkan tingkat risiko dan efeknya pada populasi (Direktorat Jenderal PP dan PL, 2012).



Gambar 2.1. Bagan Alir Penerapan ARKL
(Sumber : Direktorat Jenderal PP dan PL, 2012)

Pada gambar 2.1 di atas dijelaskan bahwa ARKL merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan di lingkungan dengan output adalah karakterisasi risiko (dinyatakan sebagai tingkat risiko) yang menjelaskan apakah agen risiko/parameter lingkungan berisiko terhadap kesehatan masyarakat atau tidak. Selanjutnya hasil ARKL akan dikelola dan dikomunikasikan kepada masyarakat sebagai tindak lanjutnya (Direktorat Jenderal PP dan PL, 2012).

Pada dasarnya, ARKL hanya mengenal empat langkah, yaitu : 1). Identifikasi bahaya, 2) Analisis dosis respon (dalam literatur lainnya disebut juga Karakterisasi bahaya), 3) Analisis pajanan, dan 4) Karakterisasi risiko (Direktorat Jenderal PP dan PL, 2012).

Adapun ARKL pada penelitian ini hanya mengidentifikasi bahaya, menganalisis dosis respon atau karakterisasi bahaya dan analisis pajanan.