

JURNAL TEKNIK

Reinforcement Position For Improving The Early Life Strength Of Cold Bituminous Emulsion Mixture (CBEM)

I.N.A. Thanaya

Penelitian Potensi Pemanfaatan Kolong Sebagai Sumber Air Bersih

R. Jayadi

Kontaminasi Timbal (Pb) Pada Tanah Di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Sumompo Kota Manado

Z.E. Tamod, Soemarno, Syekfani, K. Hidayat

Penerapan Model Sinus - Perkalian Pada Rumusan Fungsi Kinerja Irigasi Untuk Optimasi Dengan Program Dinamik

W. Soetopo

Deteksi Dan Identifikasi Huruf Dengan Menggunakan Jaringan Neural Untuk Monitoring Kendaraan Bermotor

T.S. Widodo

Implementation Of Wilkinson Power Divider In Narrow Band Monostatic Microwave Radar (MMR)

R.Yuwono

The Effect Of Sensitization Temperature On Stress Corrosion Cracking Of Stainless Steel AISI 304 In Sulphate Acid Environment

I. Sukmana, Y. Burhanuddin

Pengaruh Tegangan Maksimum Terhadap Derajat Belokan Jalur Perambatan Retak - Lelah Unik Mode - Campuran I + II Pada Pelat Aluminium Murni Komersial

Y.S. Irawan

Analisis Dan Perancangan *Integrated Circuit* (IC) Nand Empat Gerbang Berteknologi HCMOS (*High Speed Complementary Metal Oxide Silicon*)

A.Darmawansyah, A.Susanto, T.S. Widodo, K. Abraha

JURNAL TEKNIK

Volume 14

Nomor. 2

Hal. 70 - 144

Malang,
Agustus 2007

ISSN
0854-2139

KONTAMINASI TIMBAL (Pb) PADA TANAH DI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH SUMOMPO KOTA MANADO

Z.E. Tamod, Soemarno, Syekfani, K. Hidayat.

Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi Manado
d/a Kampus Unsrat Bahu Manado 95115 Sulawesi Utara
Email: Zetly1809@yahoo.com

ABSTRAK

Sampai sekarang di sebagian besar kota di Indonesia termasuk Kota Manado, tergolong pembuangan sampah yang tidak memenuhi syarat (*illegal dumping*), hanya ditimbun pada suatu tempat di lahan terbuka dan dibiarkan demikian saja menunggu pembusukan secara alamiah dan saat musim penghujan tiba, air lindi (*leachate*) yang mengandung bermacam-macam zat pencemar, meresap ke dalam tanah dan terbawa sampai ke air permukaan (sungai). Salah satu zat pencemar yaitu Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sangat beracun. Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi kontaminasi zat berbahaya Pb di lokasi TPA Sampah (*disposal waste*) Sumompo Kota Manado. Hasil penelitian menunjukkan kandungan Pb pada tanah kisaran 13,77 – 34,61 ppm menyebar di atas permukaan tanah (sampah yang telah terdekomposisi). Penyebaran Pb telah mengkontaminasi tanah di bawahnya (kisaran Pb 5,86 – 12,9 ppm pada profil tanah). Faktor yang mempengaruhinya antara lain kandungan bahan organik, tekstur dan pH tanah. Upaya preventif dalam meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan perlu dilakukan.

Kata kunci: Kontaminasi, Timbal, TPA Sampah.

ABSTRACT

Until now, most of urban in Indonesia including Manado Town can be categorized into illegal dumping. The waste is only storage at open-land and without any treatment until it would be decomposing naturally and when the rainfall arriving, leachate water which contains much contaminant is absorbing into soil and bringing into surface water (river). One of contaminant substance is the lead (Pb). It is heavy metal to be very toxic. When the hazardous substance has contaminated soil surface, it can vaporize, sweeping by rain water and/or entering into soil. The contaminant entering into the soil is sludge as a toxic chemical substance in soil. The contaminant into soil can give direct effect for people when contact wit it or it can contaminate soil water and air above it. The research is aimed to identify potential of hazardous contaminant of lead (Pb) at disposal waste, Sumompo Manado Town. The result research showed that potential of lead (Pb) soil content on range of 13,77 – 34,61 ppm distributing on soil surface (decomposed waste). Spreading of lead has contaminated soil below it (range of Pb 5,86 – 12,9 ppm on profile soil). The factor effecting soil is: organic material content, texture and pH of soil. The preventive effort in minimizing of negative impact toward environment is important to be conducted.

Keywords: Contamination, lead, disposal waste.

PENDAHULUAN

Timbal (*Lead*) adalah salah satu logam tertua yang dikenal manusia. Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sangat beracun, dapat dideteksi secara praktis pada seluruh benda mati di lingkungan dan seluruh sistem biologis. Sejak jaman pertengahan, telah digunakan dalam perhiasan, bahan bangunan, solder, cat, logam

alkyl timbal yang digunakan sebagai bahan additive bensin. Keberadaan Pb dihasilkan pula dari proses industri yang menggunakan bahan baku atau hasil samping yang mengandung logam Pb antara lain baterai penyimpan (*accu*) yaitu sebagai grid, cat karena dapat memberikan warna yang berbeda misalnya warna kuning ($PbCrO_4$) dan warna merah (Pb_3O_4), industri kertas, tekstil, pelapisan logam

suatu organisme akan kronis apabila produk yang dikonsumsi mengandung logam berat. Secara umum diketahui bahwa logam berat merupakan elemen yang berbahaya di permukaan bumi. Sumber utama timbal yang ditemukan di lingkungan, yaitu Galena (PbS) (Novotni, 1995), bahan induk pembentuk tanah dari batuan granite (Alloway, 1990), kadar Pb mencapai 24 ppm (berat). Menurut Ngriagu (1983) kadar Pb dalam batuan induk bervariasi tergantung jenis batuan induk seperti gabro 1.9 mg Pb/kg, andesit 8.3 mg Pb/kg, dan granite 22.7 mg Pb/kg.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh besarnya tekanan yang diterima oleh tanah akibat timbunan sampah dari kegiatan domestik. Tekanan tersebut menghasilkan pencemaran tanah. Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Todd (1980) menilai, air lindi berupa cairan kimiawi berkadar tinggi, mengandung unsur-unsur Fe, Pb, Cu, Na, Cl, Nitrogen dan berbagai senyawa organik. Unsur-unsur ini berasal dari dekomposisi kimia sampah. Menurut Freeze & Cherry (1979) selain Fe, Pb, Cu, Na, Cl, N, dan senyawa organik, air lindi sampah mengandung juga zat-zat berbahaya Cd, Zn, Cr, Hg dan Ni. Pencemaran zat berbahaya terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia (Darmono, 1995). Walaupun pada konsentrasi rendah, efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan. Logam berat dapat ditransfer dalam jangkauan yang sangat jauh di lingkungan, berpotensi mengganggu kehidupan biota dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia walaupun dalam jangka waktu yang lama dan jauh dari sumber polusi utamanya. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi dan peluang kontaminasi zat berbahaya Pb di lokasi TPA Sampah Sumompo Kota Manado.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di wilayah TPA sampah domestik Sumompo Kota Manado. Berdasarkan peta administrasi Kota Manado (Gambar 1) Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Tuminting.

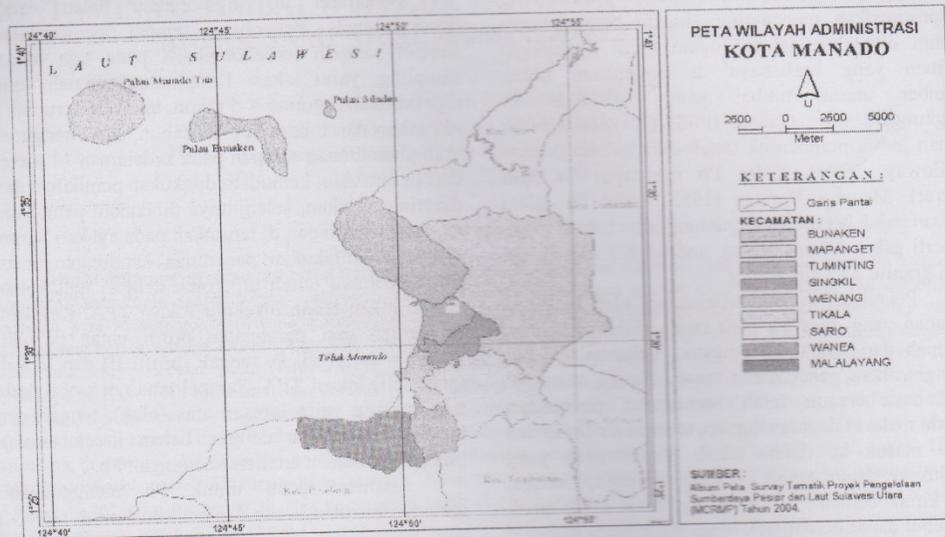
Penelitian ini digolongkan dalam studi observasional. Penentuan tempat pengambilan sampel sampah terdekomposisi pada tiga lokasi sampling, yaitu lokasi I timbunan sampah yang diperkirakan berumur < 5 tahun, lokasi II berumur 5 -10 tahun dan lokasi III > 10 tahun, dan mengikuti arah penimbunan sampah pada kedalaman >1 meter dari permukaan, kemudian dilakukan pemilahan dan dikeringanginkan, selanjutnya dilakukan pengayakan pada 10 mm dan di lanjutkan pada ayakan 5 mm. Kemudian dilakukan penentuan kandungan unsur Pb. Sementara tanah diperoleh dengan melakukan penyelidikan tanah disekitar lokasi TPA. Kegiatan ini terdiri dari pembuatan profil tanah perwakilan bagian atas (profil I), tengah (profil II) dan bawah (profil III) lokasi TPA. Sampel tanah di ambil pada tiga lapisan, yaitu lapisan atas (olah), tengah dan bawah (berbatasan dengan bahan induk tanah). Sampel dilakukan analisis kandungan Pb.

Analisis tanah untuk Pb menggunakan metode destruksi basah dengan asam nitrat (HNO₃) dan pengukuran Pb dilakukan dengan AAS di Laboratorium Kualitas Air Jasa Tirta I Malang (SNI 06-2511-1991), analisis tekstur dilakukan dengan metode pipet, melalui 3 tahap, yaitu fraksionisasi, pendispersian dan pemipetan, PH tanah (PH-H₂O dan PH-KCl) dilakukan dengan pH meter, analisis bahan organik menggunakan metode Walkley & Black, di Lab. Kimia dan Kesuburan Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Unibraw Malang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mobilitas timbal di tanah dan tumbuhan cenderung lambat dengan kadar normalnya pada tumbuhan berkisar 0.5-3 ppm (Barchan *et al.* 1998). Sementara Menurut Sharma & Reddy (2000) mengutip 40 CFR 261(Code of Federal Regulations) konsentrasi maximum Pb (5 mg/l) untuk sampah dengan batas konsentrasi *leachate* 25,9 ppm berdasar *toxicity characteristic leaching procedure* (TCLP). Sementara konsentrasi Pb di tanah alami berada pada kisaran 2 – 200ppm.

Hasil penelitian Kandungan Pb di lokasi TPA sampah Sumompo Kota Manado telah menyebar secara horizontal dan vertikal. Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan Pb pada sampah yang telah terdekomposisi dan menyebar secara horisontal di atas permukaan tanah, yaitu diperkirakan berumur < 5 tahun kisaran 29,84 – 34,61ppm, lokasi II berumur 5 -10 tahun kisaran 23,84 – 27,74 ppm dan lokasi III > 10 tahun kisaran 13,77 – 25,90 ppm dengan kandungan bahan organik kisaran 9,74 – 12,09 %.



Gambar 1. Peta Wilayah Administrasi Kota Manado

Tabel 1. Potensi Timbal (Pb) dan Bahan Organik (BO) Yang Ada di atas Permukaan Tanah (sampah Terdekomposisi di TPA Sampah Kota Manado)

Jenis Pengamatan	Lama Terdekomposisi					
	< 5 Tahun		5 - 10 Tahun		>10 Tahun	
	1	2	1	2	1	2
Pb (ppm)	29.84	34.61	27.74	23.84	25.90	13.77
BO (%)	12.09	13.76	10.99	12.08	9.79	9.74

Korelasi antara kandungan Pb dan BO sangat kuat, yaitu 0,758 yang berarti kadar bahan organik pada sampah terdekomposisi berpengaruh pada pengikatan Pb di atas permukaan tanah. Bertambahnya sampah yang mengandung Pb dan tercampur dengan BO dapat meningkatkan potensi Pb di atas permukaan tanah. Hasil pengamatan, sampah yang dibuang ke TPA Sumompo mengandung bahan organik yang tinggi, karena kebanyakan bersumber dari sampah rumah tangga, di samping beberapa bagian sampah teridentifikasi bersumber dari baterai penyimpan (accu), kaleng bekas cat dan lain sebagainya yang diduga mengandung Pb. Jika diperhatikan Kandungan Pb, di atas permukaan tanah (sampah yang terdekomposisi), menunjukkan masih terakumulasi tinggi kandungan logam berat dan jika terjadi curah hujan yang tinggi dan terus menerus dapat berakibat perembesan ke bagian bawah lokasi TPA banyak terdapat sumur gali dari masyarakat di sekitarnya.

Sumompo, Mahawu dan Tuminting, di samping air rembesan yang bermuara ke sungai akan mempengaruhi kualitas lingkungan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Tuminting tempat air sungai tersebut bermuara. Sementara kemungkinan berbagai reaksi dapat terjadi pada logam berat setelah bahan tersebut mencapai tanah atau lingkungan lainnya. Reaksi tersebut dapat terjadi dengan senyawa anorganik atau senyawa organik.

Bahan organik pada sampah mempengaruhi proses dekomposisi keseluruhan sampah di TPA. Proses dekomposisi di TPA yang terjadi didominasi oleh proses dekomposisi aerobik. Proses ini biasanya sangat pendek karena terbatas pada jumlah oksigen dan nilai BOD yang tinggi dari sampah padat. Setelah oksigen menurun, dekomposisi oleh organisme fakultatif anaerobik yang mendominasi. Selama tahap ini *volatile fatty acid* dalam jumlah besar diproduksi. Asam ini menurunkan pH hingga ke level 5, pH yang membentuk bahan anorganik

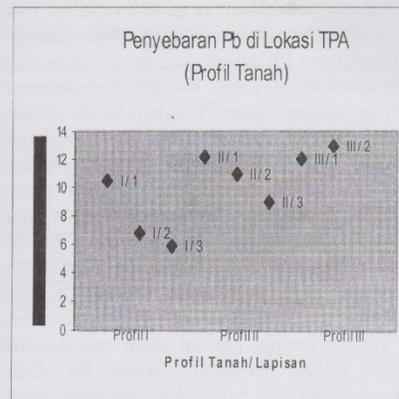
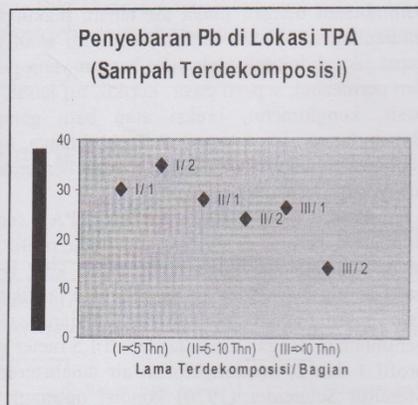
melarut, bersamaan dengan konsentrasi volatil acid yang meningkat, menghasilkan kekuatan ion yang tinggi. Proses anaerobik terjadi ketika jumlah bakteri methanogenesis meningkat. Volatil acid yang diproduksi oleh bakteri fakultatif anaerobik dan bahan organik lain dirubah menjadi metana dan karbondioksida. Dekomposisi sampah, khususnya zat organik dalam kondisi anaerobik dapat mengakibatkan produksi gas bio. Dekomposisi sampah organik secara alami memerlukan waktu 3 – 4 bulan, sehingga tidak akan dapat mengatasi laju pembuangan sampah ke TPA, berakibat timbunan sampah di TPA semakin hari semakin banyak. Saat musim penghujan tiba, air lindi (leachate) yang mengandung bermacam-macam zat pencemar termasuk Pb meresap ke dalam tanah. Pb yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Meresapnya air

lindi ke dalam tanah yang mengandung Pb dapat diamati melalui profil tanah di sekitar TPA seperti pada Tabel 2

Secara vertikal, potensi Pb telah menyebar (Tabel 2), yaitu pada profil I kisaran 5,86 – 10,45 ppm dengan penyebaran vertikal (lapisan 1 – 3) semakin dalam semakin berkurang kandungan Pb, yaitu 10,45 ppm menurun sampai 5,86 ppm begitu juga pada profil II yaitu 12,21 ppm menurun sampai 8,92 ppm pada lapisan 3. Sementara pada profil III justru terjadi sebaliknya dari lapisan atas ke lapisan bawahnya diperoleh kisaran Pb yang tinggi (kisaran 11,97 meningkat 12,9 ppm). Secara umum penyebaran Pb di lokasi bagian atas TPA (profil III) sampai bagian tengah lokasi TPA (profil II) dan di bagian bawah lokasi TPA (Profil I), menyebar dalam kisaran yang hampir merata. Penyebaran Pb disajikan pada Gambar 2

Tabel 2. Potensi Timbal (Pb) dan Faktor yang Berpengaruh Pada Kontaminasi di Dalam Tanah di TPA Sumompo Kota Manado

Jenis Pengamatan	Profil Tanah / Lapisan							
	I			II			III	
	1	2	3	1	2	3	1	2
Pb (ppm)	10.45	6.80	5.86	12.21	10.91	8.92	11.97	12.9
pH Tanah (KCl)	5.8	5.5	5.4	5.9	5.4	5.4	5.7	5.8
pH Tanah (H ₂ O)	6.6	6.4	6.0	6.6	6.3	6.1	6.3	6.6
BO (%)	1.71	1.59	1.05	3.64	0.38	0.38	0.60	1.98
Fraksi Pasir (%)	48.0	60.0	54.0	37.0	36.0	40.0	40.0	8.0
Fraksi Debu (%)	39.0	28.0	43.0	31.0	32.0	27.0	36.0	38.0
Fraksi Liat (%)	13.0	12.0	3.0	32.0	32.0	33.0	24.0	54.0



Gambar 2. Sebaran kandungan Pb secara horizontal (permukaan tanah) dan secara vertikal (Profil Tanah) di TPA sampah Kota Manado.

Berbagai kemungkinan reaksi yang terjadi terhadap logam berat di dalam tanah oleh Babich & Stotzky (1978), yaitu (1) Membentuk senyawa larut, kompleks dari berbagai macam molekul; (2) Presipitasi atau kopresipitasi; (3). Terinkorporasi kedalam struktur mineral; (4) Terakumulasi atau terfiksasi ke dalam bahan biologi; (5) Dikompleks dengan agen pengkhelat; dan (6) Diadsorpsi dalam mineral liat atau koloid organik. Berbagai faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap logam berat tersebut antara lain: kemasaman tanah, bahan organik, suhu, tekstur, mineral liat, dan kadar unsur lain. Pada penelitian ini faktor yang diamati, yaitu bahan organik, tekstur dan pH tanah.

Bahan organik merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari perembesan leachet dan sisa tanaman atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia. Kandungan bahan organik di dalam tanah pada kisaran 0,38 – 3,64%. Korelasi BO dengan Pb di dalam tanah rendah, yaitu 0,315. Dengan demikian kadar bahan organik pada tanah ini kurang berpengaruh pada pengikatan Pb. Namun bertambahnya kandungan bahan organik dapat meningkatkan pengikatan Pb dalam tanah. Mekanisme serapan Pb oleh bahan organik melalui gugus karboksil yang bermuatan negatif akan mengikat Pb membentuk khelat. Bahan organik ini meningkatkan daya ikat partikel tanah terhadap ion-ion logam Pb sehingga Pb tertahan dan terakumulasi pada tanah. Sementara fraksi pasir dengan Pb di dalam tanah berkorelasi negatif (-0,767), fraksi debu dan Pb korelasinya rendah (0,099), sedangkan fraksi liat dengan Pb berkorelasi positif yang tinggi (0,767). Kandungan fraksi liat ini, mempengaruhi penyerapan ion-ion logam Pb dalam tanah sehingga akumulasi yang dihasilkan relatif besar, walaupun kandungan bahan organiknya rendah. Artinya, kenaikan kadar liat dalam tanah senilai dengan kenaikan kadar Pb yang terakumulasi pada tanah. Nilai koefisien korelasi yang tinggi memberi petunjuk bahwa kandungan liat dalam tanah sangat besar pengaruhnya dalam penyerapan Pb dalam tanah. Pada fraksi liat ini memiliki ukuran partikel paling kecil sehingga hal ini akan meningkatkan daya ikat (KPK) terhadap ion-ion Pb. Untuk hubungan antara % pasir dan lempung sangat berkebalikan dalam penyerapan dan akumulasi Pb yang bernilai negatif. Untuk korelasi antara pH KCL dan H₂O terhadap penyerapan dan akumulasi Pb dalam tanah relatif sama, yaitu 0,714 dan 0,667

memiliki hubungan positif. Kedua sifat ini memiliki pengaruh yang hampir sama terhadap proses penyerapan dan akumulasi ion-ion logam Pb pada tanah.

Menurut Murck (2005), ketika air hujan memercik melalui gundukan sampah, menghasilkan larutan yang terkontaminasi (*leachate*) beracun, atau mengandung agen infeksi, tergantung jenis sampah yang dibuang. Artinya *leachate* yang dihasilkan dari sampah perlu dikelola sebelum keluar dan berhubungan dengan air permukaan, air tanah, atau bagian biosfer. Karena itu, penting menempatkan lahan sampah pada sebuah unit *aquitard* atau *aquiclude* (batu cadas atau lapisan sedimen yang menghambat atau menghentikan migrasi cairan). Lapisan tanah liat sangat efektif bagi tujuan ini karena memiliki ruang pori tipis dan tidak saling berhubungan, sehingga tidak mengeluarkan cairan dengan mudah. Tanah liat dapat mengikat dengan mudah logam dan beberapa kontaminan lain, selanjutnya memperlambat migrasi bahan beracun dari situs tersebut. Situs yang tidak sesuai untuk tempat sampah adalah di lingkungan basah.

Bila sampah dibuang atau ditimbun pada suatu daerah yang kondisi geologi, geomorfologi, dan hidrogeologinya rawan, serta menggunakan cara pembuangan/penimbunan yang keliru, maka kontaminasi atau pengotoran air tanah di daerah tersebut dapat terjadi. Pergerakan lindian dari tempat penimbunan hingga mencapai muka air tanah tergantung pada kedalaman muka air tanah dan sifat fisik batuan. Makin dekat jarak wadah penimbunan dengan muka air tanah, makin cepat lindian mencapai air tanah. Proses itu akan lebih cepat jika didukung oleh sifat batuan yang porous dan permeabel, seperti pasir, kerikil, tuf kasar, batu pasir, konglomerat, breksi atau batu gamping. Batuan-batuan seperti ini permeabilitasnya tinggi, sehingga lindian dapat dengan mudah bergerak dan menyebar (Schneider 1970).

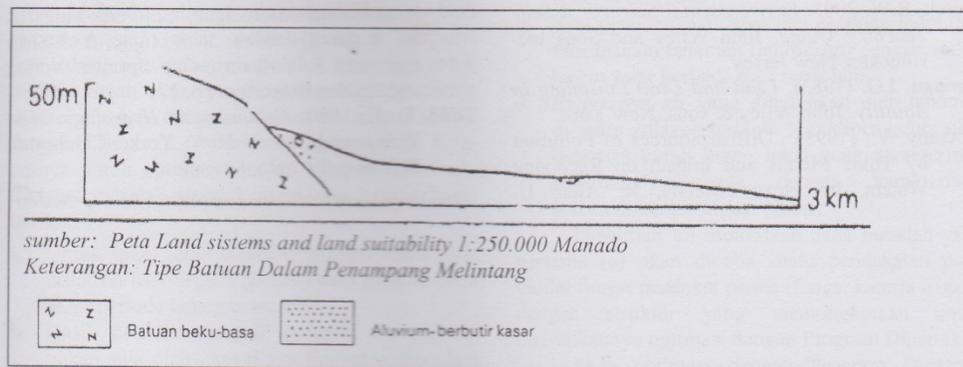
Hasil pengamatan lokasi TPA sampah Sumompo berada di perbukitan. Pada profil ke-3 terletak di puncak bukit, profil tanah ke-2 berada pada lereng bukit (bagian tengah) dan profil tanah ke-1 pada bagian lembah dengan jarak wadah penimbunan dengan muka air tanah 1,5 meter untuk profil 1 dan 2, memungkinkan air tanah tercemar. Menurut Schneider (1970) kondisi optimum bagi kontaminasi air tanah akan terjadi bila muka air tanah berada dekat permukaan tanah, sehingga sampah secara terus menerus berhubungan dengan air tanah. Akibatnya pembentukan air lind/air

sampah berlangsung terus, begitu pula dengan kontaminasinya. Meresapnya lindian ke dalam batuan yang permeabilitasnya tinggi dan gradien hidroliknya curam, maka dengan cepat lindian bergerak menembus sistem aliran air tanah dan mengkontaminasinya dengan daerah yang ekstensif. Seperti diketahui, konfigurasi muka air tanah bebas pada umumnya merupakan refleksi geomorfologi. Di daerah perbukitan muka air tanah bebas miring mengikuti kemiringan lereng, sedangkan di daerah dataran relatif lebih landai. Bila air tanah bebas di kedua daerah tersebut berada pada lapisan batuan permeabel yang sama dan relatif datar (tidak dikontrol struktur), maka pergerakan aliran air tanah di daerah perbukitan akan lebih cepat meluas ke tempat yang lebih rendah dibanding dengan di daerah dataran.

Berdasar peta land systems dan land suitability Manado (Gambar 3), menunjukkan di sekitar lokasi, tipe batuan penampang melintang aluvium berbutir kasar memiliki aquifer dangkal yang berjenis tak tertekan, dan pada beberapa bagian/tempat telah terpotong oleh topografi sehingga air tanahnya muncul sebagai mata air. Pengamatan ciri-ciri di lapangan, yaitu munculnya mata air disepanjang lereng lembah, dapat dikategorikan sebagai mata air lembah. Todd (1980) menilai bahwa bentuk dan luas penyebaran kontaminasi tergantung pada kondisi geologi lokal, kecepatan aliran air tanah, tipe dan konsentrasi pencemar, kontinuitas penimbunan sampah, dan modifikasi oleh manusia terhadap sistem aliran air tanah, seperti adanya sumur gali, atau sumur pompa. Bila aliran air tanah bergerak relatif cepat maka penyebarannya berbentuk lonjong memanjang

sempit, tetapi jika aliran air tanah bergerak lambat maka bentuk penyebarannya akan melebar.

Kondisi geologi disebut rawan bila batuan dasar tempat menimbun sampah bersifat porous dan atau banyak mengandung retakan. Keadaan ini akan memudahkan besarnya lindian, yang selanjutnya akan mencapai muka air tanah. (air tanah tidak statis tetapi bergerak karena adanya perbedaan gradien hidrolika menyebabkan air tanah yang terkontaminasi bergerak mengikuti sistem aliran air tanah). Menurut Schneider (1970), Sampah tertimbun pada daerah batuan permeabel (pasir dan kerikil) dan selalu berhubungan dengan muka air tanah pada batuan permeabel, kontaminasi air tanah menjadi tinggi dan seluruh air tanah akan terkontaminasi. Sementara, tempat penimbunan pada batuan impermeabel dan muka air tanah berada jauh di bawah batuan impermeabel, kontaminasi hanya terjadi di sekitar wadah timbunan. Apabila curah hujan tinggi menyiraminya, akan terbentuk mata air lindian di sepanjang pinggiran tempat timbunan dan dapat mengkontaminasi aliran permukaan. Untuk wadah penimbunan sampah berada pada lapisan pasir dan kerikil (permeabel) yang menutup secara tidak selaras lapisan batuan miring (contoh batu gamping/kapur), sehingga terkontaminasi. Berbeda pada lapisan serpih (batuan dari endapan tanah liat) yang impermeabel sedikit kontaminasi. Daerah penimbunan pada pasir dan lanau menutup suatu akifer yang batumannya retak-retak. (potensi kontaminasi tidak begitu tinggi karena ada jarak vertikal yang membatasi pergerakan lindian). Bila capai batuan retak, pergerakan ikut aliran air tanah dengan penyebarannya pada daerah retak-retak.



Gambar 3. Tipe batuan penampang melintang lokasi TPA Sampah Sumompo

KESIMPULAN

1. Potensi kandungan Pb pada kisaran 13,77 – 34,61 ppm menyebar di atas permukaan tanah (Secara horizontal di atas permukaan tanah pada sampah yang telah terdekomposisi < 5 tahun; 5 – 10 tahun dan > 10 tahun). Sementara penyebaran Pb telah mengkontaminasi tanah di bawahnya kisaran Pb 5,86 – 12,9 ppm (Secara vertikal dari lapisan atas/olah, tengah dan bawah/berbatasan dengan bahan induk tanah), walaupun konsentrasinya Pb di tanah alami berada pada kisaran 2 – 200 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1990. The Origin of Heavy Metal in Soil. p 29-39. In Alloway (Eds). *Heavy Metal in Soil*. Blackie Glasgow and London Halsted Pres. Thon Wiley & Sons, Inc, New York.
- Babich, H. & Stotzky G.. 1978. Effects of Cadmium on the Biota : Influence of Environmental Factors. *Edv. Appl. Microbiol.* 23 : 55 – 117
- Barchan, V. S.H.,E., Kovnatsky F. & M. S. Smetannikova. 1998. *Water, Air, and Soil Pollution*, 103, 173-195
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. UI Press.Jakarta.
- Freeze, R.A. & J. Cherry, A.. 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Moore, J.W & Ramamoorthy S. 1985. *Heavy Metals in Natural Waters: Applied Monitoring and Impact Assessment*. Springer-Verlag, New York Berlin Heidelberg Tokyo.
- Murck, B.W. 2005. *Environmental Science: A Self-Teaching Guide*. John Wiley and Sons Inc. Hoboken, New Jersey.
- Ngriagu, J.O. (1983). *Lead and Lead Poisoning in Aquitity*. John Wiley & sons, New York.
- Novotny, V., (1995). Diffuse Sources of Pollution by Toxic Metals and Impact on Receiving Waters, In: *Heavy Metals*, R. Allan U. Forstner and W. Salmons (eds.), Springer, pp. 34-64
- Sharma, H.D & Reddy K. R. 2004. *Geoenvironmental Engineering: Site Remediation, Waste Containment, and Emerging Waste Management Technologies*. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
- Schneider, W J. 1970. Hydrologic Implications of Solid-Waste Disposal. Dalam Frederick Betz Jr. (editor) 1975, *Environmental Geology*. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. Stroudsburg, Pennsylvania.
- Stokinger, H.E. 1981. *The Metal in Clayton G.D., Clayton E.F. (Eds), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Third Revised Edition*, A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons New York.
- Tam, Nora F. Y, Yuk-Shan W., & Simpson C.G., 1998. Removal of Copper by Free and Immobilized Microalgae, *Chlorella vulgaris*, In: *Water Treatment with Algae*, Yuk-Shan and Nora F. Y. Tam (eds.), Springer-Verlag and Landes Bioscience, p. 17
- Todd, D. K. 1980. *Groundwater Hydrology*. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.

(Artikel diterima tgl 14/2/2007 ; disetujui tgl 5/3/20067, direvisi tgl 10/5/2007)