MODEL PENGELOLAAN LINDI DENGAN INTERVENSI LAND TREATMENT PADA TPA LAHAN PASANG SURUT STUDI KASUS DI TPA BASIRIH, BANJARMASIN, INDONESIA

M. Irfa'i
Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Banjarmasin, Jln. Sanggiringan 2 No 26 Komplek Cahaya Ratu Elok Banjarbaru Kalimantan Selatan.
E-mail: m_irfaimt@yahoo.co.id

ABSTRAK

Persoalan utama dalam ekspektasi perspektif pada TPA pasang surut adalah mempunyai potensi yang besar dalam mencemari lingkungan. Volume limbah tumbuh lebih cepat dari pada populasi dunia, dan pengelolaan limbah adalah masalah yang sangat penting bagi manusia [1, 2]. Salah satu pencemar yang ditimbulkan oleh TPA adalah terbentuknya lindi. Pengelolaan lindi dapat dilakukan dengan jalan pengolahan land treatment sebelum lindi diolah ke IPL. Pemodelan pengelolaan lindi tanpa intervensi didapatkan effluen lindi hasil olahan Instalasi Pengolahan Lindi yang dibuang ke lingkungan sekitar TPA Basirih tidak memenuhi persyaratan baku mutu. Pemodelan pengelolaan lindi tanpa intervensi didapatkan hasil bahwa Konsentrasi COD effluen Instalasi Pengolahan Lindi mulai tahun 2015 seterusnya melebihi baku mutu kualitas limbah. Hasil simulasi model dengan intervensi pengolahan land treatment dengan HRT 75 jam menghasilkan kadar COD efluen yang memenuhi persyaratan baku mutu sampai tahun 2017. Untuk simulasi pengolahan land treatment dengan HRT 100 jam, 125 jam dan 150 jam menghasilkan kadar COD efluen yang memenuhi persyaratan baku mutu sampai tahun akhir pemodelan (2025).

Kata kunci: Land Treatment, Model, Pengelolaan Lindi, TPA.

ABSTRACT

The main issue in the perspective expectation of tidal landfill is that it has great potential in polluting the environment. The volume of waste grows faster than the world population, and waste management is a very important issue for humans [1, 2]. One of the pollutants caused by TPA is the formation of leachate. Leachate management can be done by land treatment treatment before leachate processed to IPL. Leachate management of leach without intervention obtained effluen leachate processed processing Lindi Processing discharged into the environment around TPA Basirih not meet the quality standards. Modeling of leachate management without intervention resulted that the COD concentration effluent of Lindi Processing Installation from 2015 onwards exceeded quality standard of waste. The result of simulation of model with intervention of land treatment treatment with HRT 75 hours resulted in effluent COD level that fulfill the quality standard requirement until 2017. For simulation of land treatment treatment with HRT 100 hours, 125 hours and 150 hours resulted in effluent COD level which fulfilled the standard quality requirement until final year of modeling (2025).

Keywords: Land Treatment, Model, Management Lindi, TPA.

1. PENDAHULUAN

Lindi yang dihasilkan dari TPA, merupakan sumber penting dari pencemaran lingkungan sekitar TPA. Peningkatan sampah kota Banjarmasin mencapai 1.019 m3 per hari dan cenderung meningkat dari tahun ke tahun akan meningkatkan produksi lindi dan lebih berpotensi mencemari lingkungan. Kehadiran lindi dari TPA memiliki risiko tinggi mencemari air dan tanah di sekitar TPA [3]. Lindi berisi dibubarkan bahan organik, senyawa anorganik dan logam [4]. Keberadaan lindi telah diidentifikasi sebagai salah satu ancaman utama untuk sumber daya air dan tanah [5].

Kuantitas lindi di TPA ditentukan oleh intensitas hujan, luas efektif dari Landfill, penguapan, infiltrasi / porositas tanah dan kadar air dari sampah. Adapun kualitas komposisi lindi ditentukan oleh jenis limbah, jumlah sampah, jumlah air yang larut timbunan sampah dan sistem operasional. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui model pengelolaan lindi terhadap lingkungan sekitarnya. Model pendekatan pengelolaan lindi dilakukan dengan mengurangi bahan organic sampah pada tahap pengumpulan. Model pengelolaan lindi diperlukan dalam rangka upaya manajemen lindi, termasuk pengumpulan, penyaluran, pengolahan dan pembuangan lindi ke lingkungan.

Produksi lindi yang berasal dari cairan di tempat sampah karena proses dekomposisi, juga air hujan terlibat ke dalam sampah dan hasil dekomposisi sampah yang terakumulasi di bagian dasar landfill dan merembes melalui tanah [6]. Kontaminasi terjadi karena lindi terus menerus merembes ke lingkungan dari waktu ke waktu tanpa konsekuensi lingkungan [7]. Jumlah dan karakteristik lindi yang terbentuk juga dipengaruhi oleh jumlah bahan organic sampah. Beberapa penulis melaporkan bahwa lebih dari 190 zat diidentifikasi dalam lindi, sehingga hampir 1% bahan dihitung dari total konsentrasi karbon organik [8]. Sekitar landfill di daerah pasang surut lebih meningkatkan potensi kontaminasi lindi dari lingkungan. Keberadaan lindi landfill harus dikelola dan diolah sehingga tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Untuk melakukan pengolahan diperlukan data yang akurat, pola kontaminasi, jumlah dan kualitas lindi landfill di lahan pasang surut.

Model pengelolaan lindi di TPA dipengaruhi oleh jumlah sampah yang masuk terurama sampah organik, luas tempat pengumpulan lindi, lama penyimpanan lindi, penyaluran lindi dan kemampuan Instalasi pengolah lindi. Pengolah lindi juga dipengaruhi oleh kuantitas dan kualitas lindi, jenis dan tahapan pengolahan yang dipakai dalam pengolahan lindi. Effluen pengolahan lindi harus sesuai dengan standart mutu kualitas limbah cair yang diperbolehkan untuk dibuang di lingkungan.

Keberadaan lindi di daerah landfill dipengaruhi oleh arah aliran air tanah, kecepatan air tanah, porositas tanah serta kualitas dan kuantitas lindi polutan [9]. Aliran air permukaan juga memiliki peran di TPA lindi penyebaran. Penyebaran melalui aliran air permukaan dipengaruhi oleh infrasctruture TPA yang tidak cukup memadai. Kebocoran tanggul pelindung lindi mengakibatkan penyebaran lindi ke. Rembesan lindi ke lingkungan tidak terkirakan yang disebabkan adanya limpasan air akibat intensitas hujan yang tinggi yang tidak dapat ditampung oleh Instalasi pengolahan lindi. Kondisi ini menyebabkan lindi menyebar ke lingkungan. Kondisi wilayah pasang surut juga mempengaruhi pola penyebaran polutan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Survei ini dilakukan untuk meneliti aspek fisik TPA sebagai tempat penampungan sampah dan lindi, kuantitas dan kualitas

sampah, kuantitas dan kualitas lindi, serta kemampuan instalasi pengolahan lindi dalam mengolah lindi. Asumsi asumsi pemodelan dilakukan dengan pendekatan data sebagai berikut (Tabel 1) :

Tabel 1. Formula/asumsi dalam Model Pengelolaan Lindi dengan Intervensi Land Treatment.

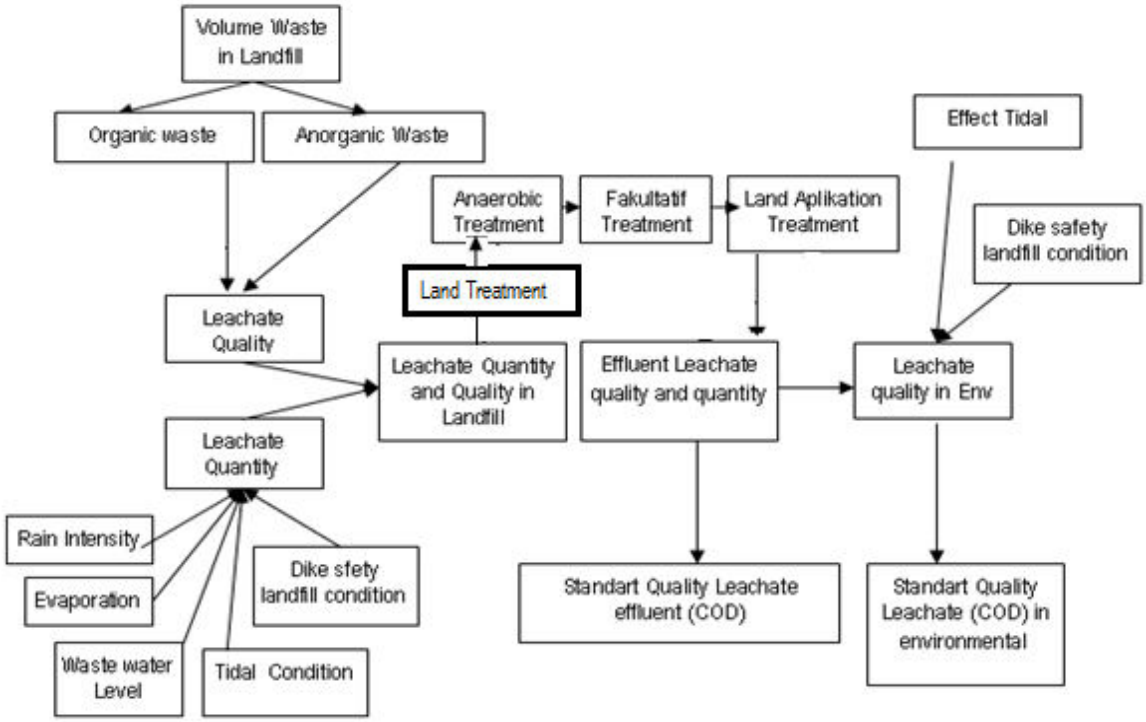
No	Variabel	Formula/ /Asumtion	Value	Unit
1	*An Organic Waste*	*(34,2%)*total waste*	176.979	Kg/day
2	*Organic Waste*	*(65,8%)*total waste*	340.502	Kg/day
3	*Waste Volume*	*Anorganic waste + Organic waste*	517.481	Kg/day
4	*Leachate Quality*	*COD Concentration (Check up result)*	17.891	mg/liter
5	*Waste Water Level*	*(60%)* Tital organic waste*	204.301	Liter/day
6	*Rain Intensity*	*(55 liter/second) * 2 hour/day*	396.000	Liter/day
7	*Evaporation*	*4,1 mm/day * Area landfill/1000*	820	liter/day
8	*Tidal Kondition*	*Infiltration rate*	0	Liter/day
9	*Dike Safety Landfiil Condition*	*Leakage*	0	Liter/day
10	*Leachate Quality*	*Rain Intensity + tidal – evaporation – leakage*	395.180	liter/day
11	*Leachate Quality and Quantity*	*(waste water * leachate quality) + (Rain water *rain water quality) / (waste water + rain water)*	6.182 599.481	mg/liter liter/day
12	*Anaerobic Treatment*	*Treatment Effisiensi 50-85 % (0,60*(leachate quality –wetland treatment)*	60	%
13	*Fakultative Treatment*	*Treatment Effisiensi 70-85% (0,75*(leachate quality -wetland treatment – anaerobik treatment)*	75	%
14	*Land aplication (wetland) Treatment*	*Treatment Efficiency 75% (0,75*(leachate quality - wetland treatmen – anaerobic treatment – facultatif treatment)*	75	%
15	*Effluent Leachate Quality and Quantity*	*(leachate quality - land treatment – anaerobic treatment –facultatif treatment – wetland treatment)*	-	mg/liter liter/day
16	*Efluent Leacate status*	*Concentration COD < 100 mg/liter (Permen PU03 th 2013)*	<100 >100	Qualified Unqualified
17	*Environmental Leahate Quality*	*Concentration COD < 300 mg/liter, (PP No 82 Th 2001)*	<300 >300	Quqlified Unqualified
18	*Pengolahan Land Treatment*	*Efficiency (0%-75%)* Leachate Quality*	75	%
	Hidrolic	*(25 hour, 50 hour, 75 hour, 100 hour, 125*	-	hour

No	Variabel	Formula/ /Asumtion	Value	Unit
19	*Retention Time (HRT)*	*hour and 150 hour)*		

Perolehan data primer berupa: Pengukuran volume sampah, komposisi sampah, densitas dan kepadatan sampah serta kualitas lindi TPA dilakukan dengan pengambilan sampel dan pemeriksaan lindi. Pengukuran kualitas lindi didahului dengan pengambilan dan pemeriksaan lindi yang baru terbentuk, lindi yang berada pada unit pengolahan anaerobic, lindi yang berada di unit pengolahan fakultatif, serta lindi yang berada pada unit pengolahan land treatment (effluent IPAL). Jumlah sampel yang diambil sebanyak 72 sampel. Sampling kualitas lindi didahului dengan pembuatan sumur untuk pengambilan sampel air. Penentuan titik sampel dilakukan secara linier dari sumber (TPA) dengan jarak 0 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter dan 200 meter kearah pasang dan kearah surut. Sedangkan pengambilan sampel air sungai dilakukan pada titik aliran bagian hulu dan pada titik bagian hilir pada sungai di sekitar TPA. Parameter pencemar lindi yang dianalisis pada air dalam penelitian ini adalah Biological Oksigen Demand (BOD_5), Chemical Oksigen demand (COD), Total Disolved Solid (TDS), Besi (Fe) dan NH_3N. Sedangkan parameter pencemar lindi yang dianalisis pada tanah dalam penelitian ini adalah P_2O_5, SO_4, Besi (Fe) larut dan $N\text{-}HN_4$. Pengamatan terhadap sebaran pencemar lindi dilakukan selama setahun. Data primer maupun sekunder dianalisa dan dirumuskan untuk menyatakan kualitas lindi di lingkungan sekitar TPA.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software powersim* (power simulasi). Powersim merupakan salah satu model yang digunakan untuk membuat dan melakukan simulasi model *system dynamic* dan simulasi rancangan bisnis. Simulasi didefinisikan sebagai tiruan perilaku suatu fenomena gejala atau proses dalam sistem. Simulasi bertujuan untuk menjelaskan gejala atau proses dan menghasilkan analisis serta peramalan gejala inter aksi perilaku elemen atau proses tersebut di masa yang akan datang [10].

Sebelum mensimulasikan model, terlebih dahulu dilakukan penghubungan antara variable satu dengan yang lainnya, sehingga membentuk system yang dapat menirukan kondisi/system sebenarnya [10]. Variabel variabel tersebut akan digambarkan dengan beberapa simbul, yang utama adalah "*flow symbol*" yang selalu dihubungkan dengan "*level symbol*" . Program powersim bekerja membangun diagram alir, diagram sebab akibat, pembuatan "*time graph*" dan "*time table*", dimana menggambarkan perilaku model yang dibuat.



Gambar 1. Diagram Lingkar Sebab Akibat Model Pengelolaan Lindi dengan Intervensi *Land Treatment.*

Pada Gambar 1, Sampah terdiri dari sampah organik maupun anorganik. Jenis dan jumlah sampah akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas lindi. Peningkatan timbulan sampah akan meningkatkan jumlah sampah yang ada di TPA. Peningkatan sampah pada TPA akan meningkatkan kadar polutan yang berada di TPA termasuk peningkatan COD pada lindi. Peningkatan kepekatan polutan pada lindi akan menyulitkan dalam pengolahan lindi pada Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) di TPA. Kemampuan pengolahan IPL mempunyai batas pengolahan dan jumlah sampah selalu meningkat maka IPL tidak mampu mengolah lindi secara optimal, sehingga effluen IPL tidak memenuhi baku mutu effluen limbah. Dengan mengolah lindi pada land treatment maka akan mengurangi kepekatan/kadar polutan (COD) pada lindi, sehingga beban IPL menjadi ringan dan kemampuan IPL dalam mengolah lindi mempunyai efluen lindi sesuai dengan baku mutu.

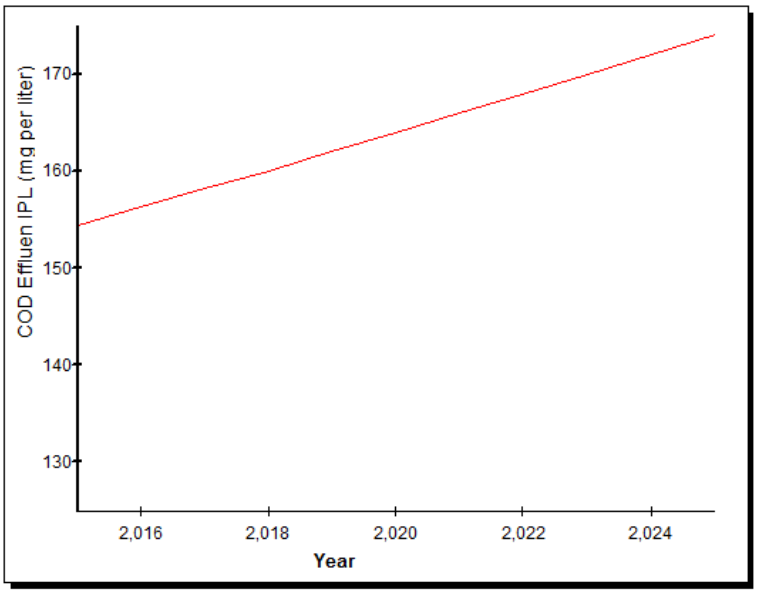
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Model Pengelolaan Lindi Tanpa Intervensi.

Peningkatan timbulan sampah di Kota Banjarmasin akan meningkatkan jumlah sampah yang ada di TPA Basirih. Peningkatan sampah pada TPA akan meningkatkan kadar polutan yang berada di TPA termasuk peningkatan COD pada lindi. Peningkatan kepekatan polutan pada lindi akan menyulitkan dalam pengolahan lindi pada Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) di TPA. Kemampuan pengolahan lPL mempunyai batas dalam mengolah, demikian juga mempunyai keterbatasan dalam mengolah jumlah sampah. Jumlah sampah selalu meningkat maka IPL tidak mampu mengolah lindi secara optimal dan effluen IPL tidak sesuai dengan baku mutu effluen. Inter aksi antara komponen dalam suatu sistem merupakan diagram lingkar sebab akibat suatu kejadian atau proses. Antara komponen satu dengan yang lain saling berinteraksi dan mempengaruhi kinerja sistem yang dibuat [11]. Model

pengelolaan lindi tanpa intervensi disajikan dalam Gambar 1. Model pengelolaan lindi tanpa intervensi dimaksudkan tidak ada upaya penanganan lindi dalam pengolahan selain yang dilakukan pengolahan menggunakan IPL yang ada. Pengelolaan lindi berjalan alami tanpa intervensi apapun di luar kecuali pengolahan IPL dengan urutan proses Anaerobik-Fakultatif-Wetland pada IPL yang saat ini beroperasi.

Berdasar hasil simulasi model pengelolaan lindi tanpa intervensi pada kondisi awal (tahun 2015) yaitu pertumbuhan penduduk 1,2% pertahun pada jumlah penduduk sebesar 674.440 orang. Angka timbulan sampah di TPA Basirih sebesar 517.481 kg perhari. Komposisi sampah organik sebesar 340.502 kg/hari (65,8%). Berdasarkan hasil laboratorium didapatkan kadar COD pada lindi sebesar 17.891 mg/liter. Pada model pengolahan lindi tanpa intervensi, lindi bercampur dengan air hujan maka konsentrasi COD pada lindi sebesar 6.182 mg/liter. Selanjutnya lindi dilakukan pengelolaan dengan jalan mengolah lindi di IPL. Effluen yang dikeluarkan IPL TPA Basirih melebihi baku mutu yang ditetapkan, yaitu COD <100 mg per liter [12]. Penilaian juga dilakukan pada kualitas lindi di lingkungan sekitar TPA dengan baku mutu untuk COD sebesar <300 mg per gram [13]. Berikut ini adalah hasil simuasi pemodelan lindi tanpa intevensi.



Gambar 2. Grafik Kadar COD pada Model Pengelolaan Lindi Tanpa Intervensi.

Berdasarkan hasil simulasi, pemodelan pengelolaan lindi tanpa intervensi (gambar 2) didapatkan effluent lindi hasil pengolahan IPL yang dibuang ke lingkungan sekitar TPA Basirih dalam kondisi tidak memenuhi persyaratan standart (standart100 mg/l). Pada grafik diatas, konsentrasi COD pada tahun 2015 sebesar 154,57 mg/liter. Berdasarkan baku mutu kualias air dilingkungan, konsentrasi COD masih memenuhi persyaratan baku mutu lingkungan (standart 300 mg/l). Proyeksi konsentrasi COD effluen IPL pada tahun berikutnya semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan timbulan sampah di TPA Basirih. Untuk melihat hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Kadar COD pada Model Pengelolaan Lindi Tanpa Intervensi.

Time (year)	People	Waste Production (kg/year)	Organic Waste (kg/year)	Leachate Quality (mg/l)	Effluen Quality (mg/l)
2015	674.440	192.013.086	124.808.494	6.182	154
2016	682.533	194.317.224	126.306.196	6.256	156
2017	690.723	196.649.031	127.821.870	6.331	158
2018	699.012	199.008.819	129.355.732	6.407	160
2018	707.400	201.396.925	130.908.001	6.484	162
2020	715.889	203.813.688	132.478.897	6.562	164
2021	724.479	206.259.453	134.068.644	6.641	166
2022	733.173	208.734.566	135.677.468	6.720	168
2023	741.971	211.239.381	137.305.297	6.801	170
2024	750.875	213.774.253	138.953.265	6.882	172
2025	759.886	716.339.544	140.620.704	6.965	174

Berdasarkan tabel 2 diatas, proyeksi pemodelan pengelolaan lindi tanpa intervensi didapatkan hasil sebagai berikut: Konsentrasi COD effluen IPL mulai tahun 2015 sampai dengan tahun 2025 melebihi baku mutu kualitas limbah. Pada table tersebut ditandai dengan hasil >100 mg/l pada kolom Effluent Quality, namun untuk standar kualitas lingkungan lingkungan masih memenuhi baku mutu lingkungan yang ditandai dengan hasil <300 mg/l

Model pengelolaan lindi tanpa intervensi pada TPA dapat dijelaskan dalam persamaan matematik sebagai berikut :

$$KKL_{(t+dt)} = KKL_{(t)} + \int_t^{(t+dt)} KCOD_{TPA} - RCOD_{IPL} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$KCOD_{TPA} = (JA_S \,.\, KCOD_S) + (JA_P \,.\, KCOD_{AP}) \,/\, (JA_S + JA_P) \ldots \quad (2)$$

$$JA_S = KAs \,.\, JSO \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$JA_p = Ah + Aps - P - Kb \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

$$RCOD_{IPL} = KCOD_{LC} \,.\, (1- efAn) \,.\, (1- efFak) \,.\, (1- efWL) \ldots\ldots \quad (5)$$

Keterangan :

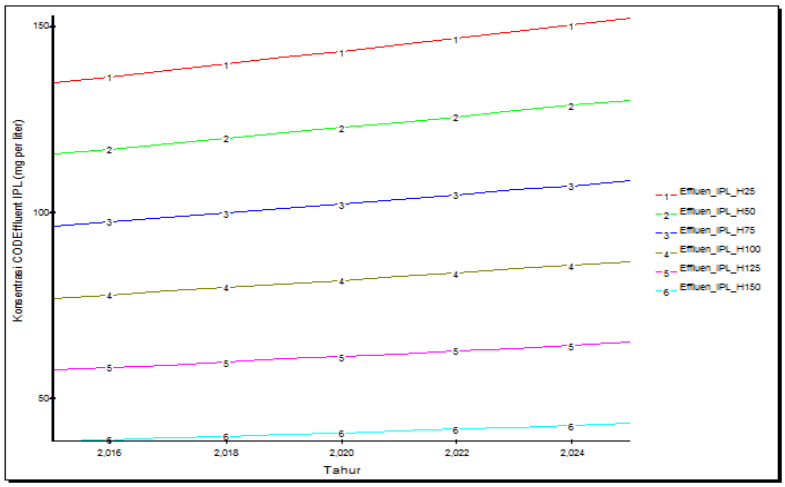
$KKL_{(t+dt)}$: Perubahan Kesehatan Lingkungan persatuan waktu (kadar COD mg/liter).
$KKL_{(t)}$: Perubahan Kesehatan Lingkungan pada t (kadar COD mg/liter).
$KCOD_{TPA}$: Kadar COD lindi campuran di TPA (mg/liter)
JA_S : Jumlah air lindi sampah (liter).
$KCOD_S$: Kadar COD pada lindi sampah (mg/liter).
JA_P : Jumlah air pencampur (liter).
$KCOD_{AP}$: Kadar COD air pencampur (mg/liter).

KAs : Kadar air sampah (%).
JSO : Jumlah sampah organic (kg).
Ah : Debit air hujan (lliter/detik).
Aps : Jumlah air yang masuk TPA akibat pasang surut (liter).
P : Penguapan (mm/hari) . luas TPA/1000 (liter/hari).
Kb : Jumlah air akibat kebocoran tanggul (liter).
$RCOD_{IPL}$: Removal Jumlah COD IPL (mg/liter).
$KCOD_{LC}$: Kandungan COD lindi campuran. (mg/liter).
efAn : Effesiensi pengolahan anaerobik (%).
efFak : Effesiensi pengolahan fakultatif (%).
efWL : Effisiensi pengolahan *wetland* (%).

Hasil simulasi ini menggambarkan bahwa kemampuan IPL TPA Basirih masih belum mampu mengolah lindi dengan baik. Pengelolaan lindi belum dilakukan secara kontinu pada aspek proses sampah mulai awal sampai akhir proses. Kondisi lindi yang diolah oleh IPL mempunyai kadar COD dan bahan pencemar lain yang sangat tinggi /pekat. Belum dilakukan pengolahan land treatment menyebabkan hasil limbah effluent IPL tidak sesuai standart.

3.2. Model Pengelolaan Lindi dengan Intervensi Land Treatment.

Pengolahan lindi dengan penambahan unit land treatment, tidak serta merta dapat menurunkan kadar efluen COD pada saat itu juga. Penurunan efluen COD dapat terjadi setelah penambahan pengolahan land treatment pada waktu tinggal (HRT) sesuai dengan persyaratan pengolahan. Terbentuknya lindi dengan kandungan bahan pencemar merupakan akumulasi proses dekomposisi sampah dari waktu ke waktu di TPA. Pengolahan dengan penambahan unit land treatmen akan membantu mengurangi beban pencemaran pada lindi sebelum diolah pada IPL. Daur ulang dan pemulihan bahan dan energi didorong untuk melindungi sumber daya alam dan menghindari penggunaan lahan yang sia-sia [8]. Untuk meningkatkan effisiensi pengolahan lindi, dapat menambahkan unit pengolahan land aplication pada akhir proses pengolahan[14].



Gambar 3. Grafik Kadar COD pada Model Pengelolaan Lindi dengan Intervensi Pengolahan *Land Treatment*.

Berdasarkan hasil simulasi, pemodelan pengelolaan lindi dengan intervensi (gambar 3) didapatkan effluent lindi hasil pengolahan IPL yang dibuang ke lingkungan sekitar TPA Basirih dalam kondisi tidak memenuhi persyaratan standart (standart100 mg/l) pada land treatment dengan HRT 25 jam dan HRT 50 jam. Pada grafik diatas, penambahan unit land treatment pada HRT 75 jam menghasilkan effluen IPL memenuhi standart hanya sampai pada tahun 2018. Proyeksi pada simulasi dengan intervensi land treatment pada HRT 100 jam, 125 jam dan 150 jam, effluent IPL menghasilkan konsentrasi COD memenuhi standart sampai pada tahun 2024 dan tahun selanjutnya. Untuk melihat hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Kadar COD pada Model Pengelolaan Lindi dengan Intervensi Pengolahan *Land Treatment*.

Time (year)	Kadar Effluen COD Dengan HRT (mg/l)					
	25 hour	50 hour	75 hour	100 hour	125 hour	150 hour
2015	135.25	115.93	96.01	77.29	57.96	38.64
2016	136.87	117.32	97.76	78.21	58.66	39.11
2017	138.51	118.72	98.94	79.15	59.36	39.57
2018	140.17	120.15	100.12	80.10	60.07	40.05
2019	141.85	121.59	101.32	81.06	60.79	40.53
2020	143.55	123.04	102.54	82.03	61.52	41.01
2021	145.27	124.52	103.77	83.01	62.26	41.51
2022	147.01	126.01	105.01	84.01	63.01	42.00
2023	148.78	127.52	106.27	85.02	63.76	42.51
2024	150.56	129.05	107.54	86.03	64.53	43.02
2025	152.37	130.60	108.83	87.07	65.30	43.53

Hasil simulasi pemodelan pengelolaan lindi dengan intervensi pengolahan *land treatmen*t dengan variasi HRT dapat dijelaskan sebagai berikut: Pengolahan *Land Treatment* dengan HRT 25 jam menghasilkan kadar COD effluen IPL sebesar 135,25 mg/l pada tahun 2015 sampai 152,37 mg/l pada tahun 2025. Simulasi HRT 50 jam menghasilkan kadar COD effluen IPL sebesar 115,93 mg/l pada tahun 2015 sampai 130,6 mg/l pada tahun 2025. Simulasi HRT 75 jam menghasilkan kadar COD effluen IPL sebesar 96,61 mg/l pada tahun 2015 sampai 108,83 mg/l pada tahun 2025. Simulasi HRT 100 jam menghasilkan kadar COD effluen IPL sebesar 77,09 mg/l pada tahun 2015 sampai 87,07 mg/l pada tahun 2025. Simulasi HRT 125 jam menghasilkan kadar COD effluen IPL sebesar 57,96 mg/l pada tahun 2015 sampai 65,30 mg/l pada tahun 2025. Simulasi HRT 150 jam menghasilkan kadar COD effluen IPL sebesar 38,64 mg/l pada tahun 2015 sampai 43,53 mg/l pada tahun 2025.

Model pengelolaan lindi dengan intervensi pengolahan *land treatment* pada TPA Banjarmasin dapat dijelaskan dalam persamaan matematik sebagai berikut :

$$KKL_{(t+dt)} = KKL_{(t)} + \int_{t}^{(t+dt)} KCOD_{TPA} - RCOD_{IPL...} \quad (6)$$

$$KCOD_{TPA} = (JA_S \cdot KCOD_S) + (JA_P \cdot KCOD_{AP}) / (JA_S + JA_P) \quad (7)$$

$$JA_S = KAs \cdot JSO \quad (8)$$

$$JA_p = Ah + Aps - P - Kb \quad (9)$$

$$RCOD_{IPLLT} = KCOD_{TPA} .(1\text{-}EfLT).(1\text{-} efAn).(1\text{-} efFak).(1\text{-} efWL) \quad (10)$$

Keterangan :

$KKL_{(t+dt)}$	:	Kesehatan Lingkungan persatuan waktu (kadar COD mg/liter).
$KKL_{(t)}$	:	Kesehatan Lingkungan pada t (kadar COD mg/liter).
$KCOD_{TPA}$	:	Kadar COD lindi campuran di TPA (mg/liter)
JA_S	:	Jumlah air lindi sampah (liter).
$KCOD_S$	:	Kadar COD pada lindi sampah (mg/liter).
JA_P	:	Jumlah air pencampur (liter).
$KCOD_{AP}$	:	Kadar COD air pencampur (mg/liter).
KAs	:	Kadar air sampah (%).
JSO	:	Jumlah sampah organic (kg).
Ah	:	Debit air hujan (lliter/detik).
Aps	:	Jumlah air yang masuk TPA akibat pasang surut (liter).
P	:	Penguapan (mm/hari) . luas TPA/1000 (liter/hari).
Kb	:	Jumlah air akibat kebocoran tanggul (liter).
$RCOD_{IPL}$	:	Removal Jumlah COD IPLT dengan intervensi Land Treatment (mg/liter).
efAn	:	Effesiensi pengolahan anaerobik (%).
efFak	:	Effesiensi pengolahan fakultatif (%).
efWL	:	Effisiensi pengolahan wetland (%).

Pada hasil simulasi ini, intervensi pengolahan *land treatment* dengan HRT 75 jam menghasilkan kadar COD efluen yang memenuhi persyaratan baku mutu sampai tahun 2017. Untuk simulasi pengolahan *land treatment* dengan HRT 100 jam, 125 jam dan 150 jam menghasilkan kadar COD efluen yang memenuhi persyaratan baku mutu sampai tahun akhir pemodelan (2025). Sedangkan untuk kualitas lingkungan, intervensi pengolahan *land treatment* mempunyai hasil kadar COD Effluen IPL memenuhi persyaratan baku mutu lingkungan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan pengelolaan lindi tanpa intervensi didapatkan effluen lindi hasil olahan IPL yang dibuang ke lingkungan sekitar TPA Basirih tidak memenuhi persyaratan standart (standart100 mg/l). Seperti yang terlihat pada grafik diatas, konsentrasi COD pada tahun 2015 sebesar 154,57 mg/liter. Berdasarkan hasil simulasi pemodelan pengelolaan lindi dengan intervensi pengurangan sampah organik 10%, 20% dan 30% (gambar 3) didapatkan effluen lindi hasil olahan IPL yang dibuang ke lingkungan sekitar TPA tidak memenuhi persyaratan standart (standart100 mg/l). Hasil simulasi pemodelan pengelolaan lindi dengan Intervensi pengurangan sampah organik 40% dan 50% didapatkan efluen lindi IPL yang dibuang ke lingkungan memenuhi persyaratan standar (standart 100 mg/l) sampai tahun 2025. Berdasarkan baku mutu kualias air dilingkungan sekitar

TPA Basirih, konsentrasi COD masih memenuhi persyaratan baku mutu lingkungan (standart 300 mg/l).

Pengolahan lindi Land Treatment pada landfill TPA dengan lokasi daerah pasang surut perlu dilakukan. Usaha ini dilakukan untuk mengurangi beban polutan yang ada pada lindi sehingga dapat mengurangi beban pengolahan yang dilakukan IPLdi TPA. Untuk penelitian selanjutnya perlu diteliti efektifitas land Treatmen dengan berbagai cara sehingga dapat ditemukan formula pengurangan bahan pencemar dalam lindi secara optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Prof Suyadi dan Bapak DR Bagyo Yanuwiadi selaku Promotor dan Ko-promotor. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan pada Direktur Poltekkes Kementerian Kesehatan Banjarmasin atas dukungan pendanaan dalam pelaksanaan tugas belajar serta pada seluruh fihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

Christensen, T.H.P., Kjeldsen, P.L., Bjerg, D.L.J., and Christensen, J.B. (2001). Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochem*.16: 659-718.

Damanhuri, E., Sian, P.P.T. (2010). *Pengelolaan Sampah: Diktat Kuliah TL-3104*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Bandung.

EEC. (1999). *Council Directive on the landfill of waste*. 99/31/EEC.

Forrester, J. W. (2007). System Dynamics - The Next Fifty Years. *System Dynamics Review* 23 (2-3) : 359-370.

Ikem A., Osibanjo, M.K.C., Sridhar. and Sobande, A. (2002). Evaluation of Groundwater Quality Characteristics near Two waste Sites in Ibadan and Lagos. *Nigeria Journal Water, Air, and Soil Poll.* Kluwer Academic Publishers. Netherlands. (pp: 307–333).

Longe, E.O. and Balogun, M.R. (2010). Groundwater quality assessment near a municipal landfill, Lagos, Nigeria. *Res. J. Applied Sci. Eng. Technol*. 2: 39-44.

Mor, S. K., Ravindra, R.P.D., and Chandra, A. (2006). Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. *Environ*. Monit. Assess., 118: 435-456.

Muhammadi, E., Aminullah dan Soesilo, B. (2001). *Analisis Sistem Dinamis : Lingkungan Hidup, Sosial Ekonomi, Manajemen.* Jakarta : UMP Press,.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Kualitas Limbah Cair TPA.2013. Jakarta.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air. 2001. Jakarta.

Renou, S., Givaudan, JG., Poulain, S., Dirassouyan, F., Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials.150(3)*:468–493.

Salem, Z., Hamouri, K., Djemaa, R., Allia, K. (2008). Evaluation of landfill leachate pollution and treatment. *Desalination. 220(1–3)*:108–114.

Tchobanoglous. G., Theisen, H., dan Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues*. New York : McGraw-Hill. (pp. 381-417).

USEPA. (1984). *A ground water protection strategy for the environmental protection agency. United States Environmental Protection Agency (USEPA), Office of Ground-Water Protection*. USA : Washington, DC.,.

Hermana. J., (2007). *Potensi Alternatif Pengolahan Leachate Secara Kimiawi. Workshop Inovase Teknologi Pengolahan Sampah Direktorat Pengembangan PLP*. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen PU.