

**EFEKTIVITAS ALUMINIUM SULFAT ($AL_2(SO_4)_3$) DAN KAPUR ($CaCO_3$) DALAM
MENURUNKAN BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD) DAN TOTAL
SUSPENDED SOLIDS (TSS) PADA LEACHATE**

***THE EFFECTIVITY OF ALUMINIUM SULFAT ($AL_2(SO_4)_3$) AND CALCIUM ($CaCO_3$)
IN DECREASING BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD) AND TOTAL
SUSPENDED SOLIDS IN LEACHATE***

Saudin Yuniarno dan Kuswanto

**Jurusan Kesehatan Masyarakat, Fak. Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan, Unsoed,
Purwokerto**

ABSTRACT

Rubbish or refuse is a part of something that cannot be used, unfavorable or something that must be thrown and commonly produced from the activities done by human. The rubbish in the landfill will be decomposed, and it will result leachate. If the leachate is not well managed, it will contaminate the ground water and surface water in Gunungtugel landfill, Purwokerto. The method of research used was experimental research and the type of the research was explanatory. The research aims to study the effectivity of Alluminium Sulphate and Calcium in decreasing Biological Oxygen Deman (BOD) and Total Suspended Solid with quasi experimental research design and the research design used was pre test post test control group design. The statistic test used was paired t test, anova with meaning level was 95 %. From the pre treatment research, the BOD average resulted was 283,30 mg/lit and TSS 325,88 mg/lit, with BOD content after treatment : dosage 4 g/lit=87,16 mg/lit; dosage 5 gr/l = 75,37 mg/lit; dosage 6 gr/lit= 91,88 mg/lit; dosage 7 gr/lit = 117,22 mg/lit. Meanwhile the average of TSS content after treatment was; dosage 4 gr/lit = 64,99 mg/lit; dosage 5 gr/lit = 44,51 mg/lit; dosage 6 gr/lit = 73,68 mg/lit; dosage 7 gr/lit=112,27 mg/lit. The effective dosage resulted was 5 gr/lit. But if it is compared to SK MenKLH No. Kep. 03/MenKLH/II/1991, this dosage has just fulfilled the type III of basic quality standard. The researcher suggests that for the better result, the use of Aluminium Sulphate and Calcium are separated, so the ability of each coagulant in bonding organic can be more maximized. The use of Calcium will be more effective if all the flocks of the coagulation process used Alluminium Sulphate have settled.

PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk dengan keanekaragaman kegiatannya, akan meningkatkan jumlah timbulan sampah. Secara umum pembuangan sampah yang tidak memenuhi syarat kesehatan lingkungan dapat menjadi sumber pengotoran tanah, sumber air permukaan, air dalam tanah dan dapat menjadi sumber dan tempat hidup dari kuman-kuman yang membahayakan kesehatan (Kusnoputranto, 1986). Cara pembuangan sampah yang banyak digunakan di negara-negara yang sudah maju adalah pembuangan sampah dengan cara "Sanitary Landfill", yang merupakan pengembangan dari *open dumping*. *Sanitary landfill* merupakan sistem pembuangan sampah yang paling baik, karena dapat mencegah adanya

tempat berkembang biaknya serangga ataupun pinjal dan tikus yang dikenal sebagai vektor penyakit, mencegah atau mengurangi pencemaran udara, tanah dan air (Damanhuri, 1991). Akan tetapi metode pembuangan sampah ini ternyata masih memiliki kelemahan, yaitu apabila tidak dirancang dan dibangun secara baik, dan tidak mengikuti syarat-syarat yang sudah ditentukan dalam merancang, air permukaan oleh hasil penguraian sampah yang dapat larut di dalam air yang disebut "leachate". Masuknya *leachate* ke sungai menjadikan banyak zat pencemar yang akan mencemari sungai maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terdapat pada air sungai yang dapat mengganggu kehidupan biota air dan manusia yang memanfaatkan air sungai tersebut.

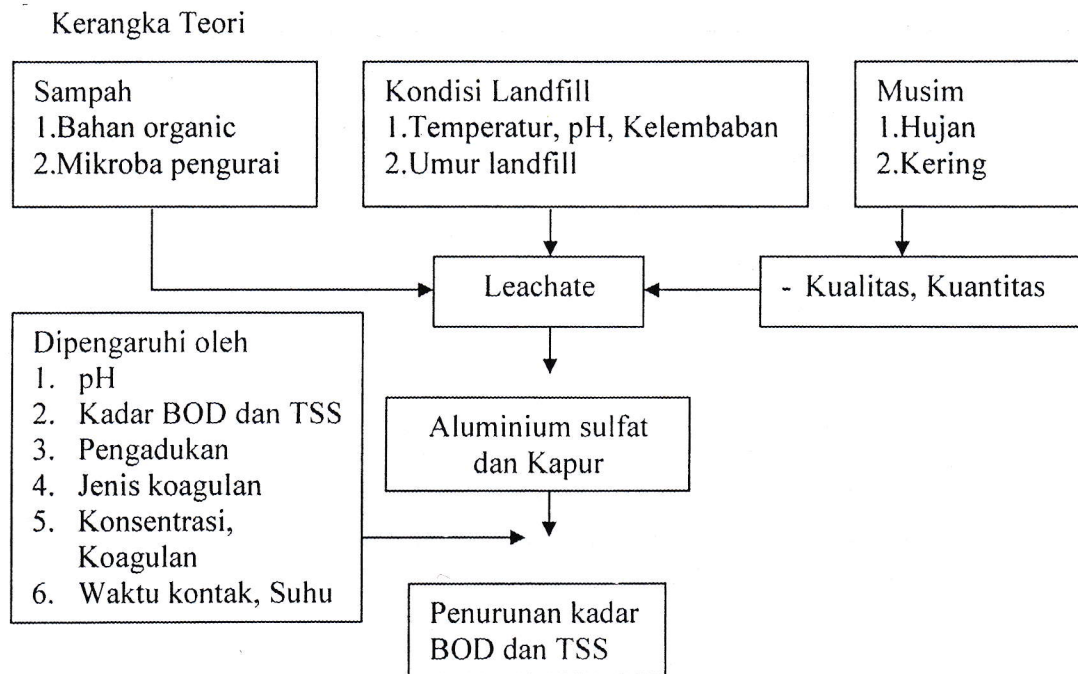
Dengan melihat permasalahan di atas peneliti berusaha untuk mengolah *leachate* agar aman untuk dibuang ke sungai atau ke tanah terbuka. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi *leachate* agar tidak mencemari air tanah maupun air permukaan, yaitu dengan membuat bak penampungan dan diolah dengan menggunakan Aluminium sulfat dan kapur untuk menurunkan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solids* (TSS).

TINJAUAN PUSTAKA

Tujuan dari pembuangan akhir sampah adalah untuk memusnahkan sampah domestik, atau yang diklasifikasikan sejenis sehingga tidak atau seminimal mungkin menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitar baik Sesudah dilakukan pengolahan sementara maupun tanpa diolah terlebih dahulu. Hasil proses dekomposisi menghasilkan cairan yang mengandung berbagai macam zat yang disebut *leachate*. *Leachate* ini terbentuk pada saat air menembus melalui timbunan sampah yang mengalami dekomposisi.

Aluminium sulfat atau tawas $Al_2(SO_4)_3$ merupakan jenis koagulan yang sangat populer dan paling banyak digunakan karena bahan ini ekonomis (murah), mudah didapat dipasaran dan mudah penyimpanannya (Agustjik, 1999).

Kapur (*lime*) secara umum terdapat dalam dua bentuk yaitu CaO (*Calcium Oxide Quick Lime*) dan $Ca(OH)_2$ (*Calcium Hidrated Lime*). Kedua bentuk kapur tersebut adalah bentuk umum yang banyak terdapat sebagai hasil *Calcination* dari batuan kapur yang terdapat di alam (ILO, 1982). *Quick Lime* atau gamping aktif dihasilkan dari limestone yang dipanaskan sampai suhu $900\text{ }^\circ\text{C}$ melalui proses *kalsinasi*, sehingga komponennya terdiri dari *Calcium Oxide* (CaO). Selain CaO juga MgO serta molekul-molekul lainnya tergantung pada unsur yang terdapat pada bahan kapur yang asli dari alam.



Gambar 1. Kerangka Teori

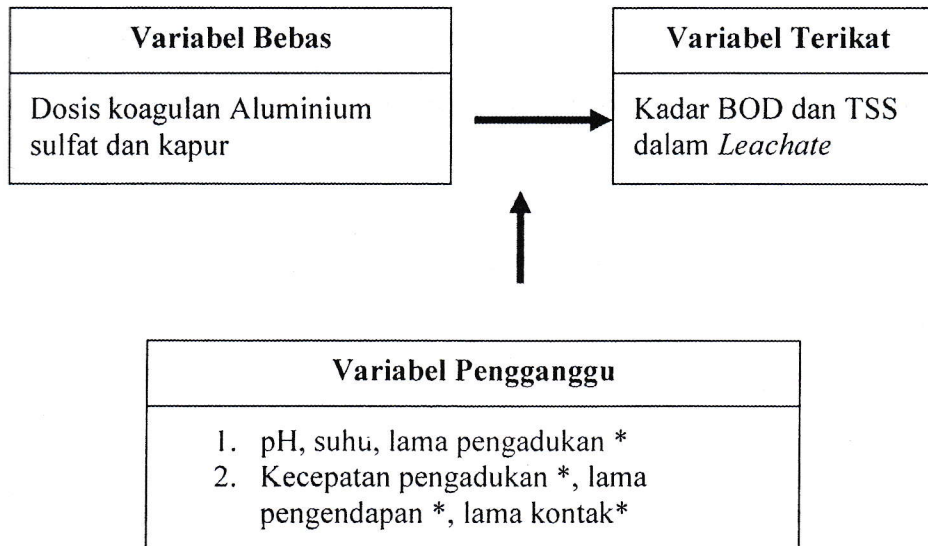
TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

- a. Mengetahui kadar BOD dan TSS pada *leachate* sebelum diberi Aluminium sulfat dan kapur.
- b. Mengetahui kadar BOD dan TSS pada *leachate* Sesudah diberi Aluminium sulfat dan kapur.
- c. Mengetahui persentase penurunan kadar BOD dan TSS pada *leachate* Sesudah diberi Aluminium sulfat dan kapur.
- d. Mengetahui dosis efektif koagulan Aluminium sulfat dan kapur untuk menurunkan kadar BOD dan TSS pada *leachate*.

METODE PENELITIAN

- a. Kerangka konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Keterangan : *) dikendalikan

Gambar 2. Kerangka Konsep

b. Jenis dan rancangan penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *eksplanatory* atau *confirmatory research*, yakni penelitian yang menjelaskan hubungan kausal antar variabel-variabel melalui pengujian hipotesis (Singarimbun, 1996).

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimen semu (quasi *experimental*) dengan model rancangan eksperimental ulang atau *pretest post test control group design* (Pratiknya, 2004). Sedangkan rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap, dengan asumsi sampel, kondisi lingkungan, alat, bahan relatif homogen (Hanifah, 2000).

c. Populasi dan sampel penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah *leachate* dari TPA Gunung Tugel Purwokerto. Sedangkan sampelnya adalah sebagian *leachate* yang diambil dari TPA Gunung Tugel Purwokerto. Guna menghindari kesalahan sekecil mungkin maka dalam percobaan dilakukan replikasi sebanyak 6 kali yang dihitung dengan rumus replikasi (pengulangan) :

$$R = (t - 1) (r - 1) \geq 15$$

r : jumlah ulangan sebanyak 6 kali

t : jumlah perlakuan sebanyak 4 perlakuan.

d. Jenis data dan cara mendapatkannya

- 1) Kadar BOD diperoleh berdasarkan pemeriksaan di laboratorium.
- 2) Kadar TSS diperoleh berdasarkan pemeriksaan di laboratorium.
- 3) pH *leachate* diukur dengan menggunakan alat pH meter.
- 4) Suhu *leachate* diukur dengan menggunakan termometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Penelitian

Hasil pengukuran kandungan total suspended solids (TSS) dan Biological Oksigen Demand (BOD) sebelum perlakuan pemberian aluminium sulfat dan kapur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar TSS dan BOD Sebelum Perlakuan Pemberian Aluminium Sulfat dan Kapur pada Leachate tahun 2007

Replikasi	Kadar Sebelum Perlakuan (mg/l)	
	TSS	BOD
I	325,36	284.20
II	328,50	284.20
III	325,36	282.65
IV	325,36	284.20
V	325,36	284.20
VI	325,36	283.35
Rerata	325,88	283.80

Berdasarkan Tabel 1. diperoleh gambaran bahwa rerata kadar total suspended solids sebelum perlakuan reratanya 325,88 mg/l. Sedangkan kadar biological oxygen demand sebelum perlakuan reratanya 283,80 mg/l.

Hasil pemeriksaan kandungan total suspended solids leachate sesudah dilakukan perlakuan dengan menggunakan aluminium sulfat dan kapur tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kadar TSS Sesudah Perlakuan Pemberian Aluminium Sulfat dan Kapur pada Leachate tahun 2007

Replikasi	Kadar TSS Sesudah Perlakuan (mg/l)				
	Kontrol	4 gr/l	5 gr/l	6 gr/l	7gr/l
I	320.45	65.40	45.68	75.52	115.43
II	317.00	66.35	46.50	74.20	112.50
III	322.45	64.28	44.44	74.00	110.36
IV	325.50	65.40	43.68	75.52	112.50
V	322.00	66.35	42.32	70.50	112.50
VI	324.45	62.20	44.44	72.35	110.36
Rerata	321.97	64.99	44.51	73.68	112.27

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh gambaran bahwa rerata kadar total suspended solids sesudah perlakuan berkisar antara 44,51 mg/l sampai dengan 112,27 mg/l.

Untuk memudahkan gambaran penurunan kandungan Total Suspended solids, maka dapat dilihat dari persentase penurunan yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Penurunan Kadar TSS Sesudah Perlakuan pada Leachate tahun 2007

Replikasi	Persentase Penurunan Kadar TSS menurut dosis (mg/l)			
	4 gr/l	5 gr/l	6 gr/l	7gr/l
I	78.05	84.21	74.90	62.44
II	75.44	81.70	72.96	60.88
III	79.16	85.31	76.14	64.87
IV	79.92	86.62	76.84	65.48
V	78.35	85.81	77.06	64.01
VI	80.54	86.02	77.42	65.70
Rerata	78.58	84.95	75.89	63.90

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa pemberian dosis aluminium sulfat dan kapur dapat menurunkan kandungan TSS rerata 63.90 % s.d 84.95 %.

Hasil pemeriksaan kandungan *Biological oxygen demand*, leachate sesudah dilakukan perlakuan dengan menggunakan aluminium sulfat dan kapur tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kadar BOD Sesudah Perlakuan Pemberian Aluminium Sulfat dan Kapur pada Leachate tahun 2007

Replikasi	Kadar BOD Sesudah Perlakuan (mg/l)				
	Kontrol	4 gr/l	5 gr/l	6 gr/l	7gr/l
I	280.33	89.60	72.50	92.50	119.50
II	279.57	87.66	74.40	91.32	117.35
III	280.33	85.42	73.32	90.66	115.24
IV	284.00	87.33	75.20	94.70	118.50
V	278.63	87.66	72.85	92.50	117.35
VI	281.52	85.33	73.20	90.20	115.40
Rearata	280.73	87.17	73.58	91.98	117.22

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh gambaran bahwa rerata kadar biological oxygen demand sesudah perlakuan berkisar antara 73,58 mg/l sampai dengan 117,22 mg/l.

Untuk memudahkan gambaran penurunan kandungan *Biological oxygen demand*, maka dapat dilihat dari persentase penurunan seperti Tabel 5

Tabel 5. Persentase Penurunan Kadar BOD Sesudah Perlakuan terhadap Kelompok Kontrol pada Leachate tahun 2007

Replikasi	Persentase Penurunan Kadar BOD menurut dosis (mg/l)			
	4 gr/l	5 gr/l	6 gr/l	7gr/l
I	66.65	72.75	65.62	55.99
II	66.99	71.73	65.67	56.36
III	68.70	73.01	66.83	58.06
IV	69.17	73.45	66.58	58.20
V	66.53	71.85	65.80	55.88
VI	69.03	73.34	67.30	58.35
Rerata	67.85	72.69	66.30	57.14

Berdasarkan Tabel 5 rerata persentase penurunan kandungan biological oxygen demand 57.14 % s.d 72.69 %.

b. Pembahasan

Menurunnya kadar TSS dalam *leachate* diakibatkan destabilisasi partikel-partikel koloid dan material yang lain oleh aluminium sulfat, karena fungsi dari koagulan ini menghilangkan sebagian zat organik terlarut, mikroorganisme seperti bakteri. Prinsip dari koagulan aluminium sulfat ini bermuatan positif sedangkan koloid-koloid yang ada dalam *leachate* bermuatan negatif (Alaert, et.al, 1994). Dengan bantuan pengadukan

cepat ion yang bermuatan positif akan saling bergabung dengan yang bermuatan negatif, lama kelamaan menjadi gumpalan yang lebih besar, karena adanya gaya gravitasi gumpalan-gumpalan tersebut akan mengendap. Kecepatan pengendapan partikel-partikel yang terdapat di dalam leachate tergantung dari jenis, bentuk, dan ukuran partikel. Partikel yang lebih berat dan lonjong akan lebih cepat mengendap daripada partikel yang lebih ringan dan bulat.

Persentase penurunan kadar TSS terbesar adalah pemberian dosis 5 gr/lit, yaitu 84,94 persen dan yang terkecil adalah dosis 7 gr/lit yaitu 63,89 persen. Berdasarkan analisis kecenderungan, maka penurunan kadar TSS sesudah perlakuan pemberian aluminium sulfat dan kapur menunjukkan tren semakin besar hingga ke titik optimal kemudian mengecil. Hal ini disebabkan kemampuan aluminium sulfat yang bertindak sebagai koagulan dapat mengikat partikel koloid atau zat yang tersuspensi, sehingga terbentuk flok-flok yang saling bergabung dan bertambah besar yang karena adanya gaya gravitasi sehingga dapat diendapkan, sedangkan kapur dapat bertindak sebagai koagulan tapi kemampuannya lebih kecil dari aluminium sulfat dan kapur mempunyai kecenderungan menaikkan pH air dan pengotor (Riyanto, 1993).

Hasil uji t berpasangan (*paired t test*) pada derajat kemaknaan 95 % dapat diketahui bahwa pada kelompok kontrol tidak terdapat perbedaan rerata kadar TSS sebelum dengan sesudah perlakuan dengan nilai signifikansi 0,068. Sedangkan pada kelompok eksperimen terdapat perbedaan rerata kadar TSS sebelum dengan sesudah perlakuan dengan nilai signifikansi 0,0001.

Hasil *analisis of varian* dengan tingkat kemaknaan 95 % diperoleh hasil penurunan kadar TSS sesudah pemberian aluminium sulfat dan kapur dalam berbagai variasi dosis memberikan pengaruh yang berbeda dalam menurunkan kadar TSS dengan nilai signifikansi 0,0001.

Untuk mengetahui dosis yang paling efektif dari berbagai dosis digunakan uji *Least Significant Different* yang ditunjukkan dengan nilai mean differennya diperoleh bahwa dosis 5 gr/lit adalah merupakan dosis yang paling efektif dengan nilai mean different 277,46 mg/lit.

Berdasarkan Kep.MenKLH No. Kep. 03/MenKLH/II/1991, baku mutu air limbah golongan I untuk TSS adalah 100 mg/lit. Hasil setelah perlakuan penurunan kadar TSS yang memenuhi syarat adalah 4 gr/lit, 5 gr/lit, dan 6 gr/lit. Sedangkan dosis 7 gr/lit hasil

penurunan kadar TSSnya masih di atas standar. Berdasarkan hasil tersebut perlakuan yang efektif adalah dosis 5 gr/lit.

Adanya kecenderungan penurunan kadar BOD dalam leachate pada kelompok perlakuan disebabkan oleh kemampuan koagulan aluminium sulfat yang dapat mengikat bahan-bahan organik termasuk bakteri yang ada di dalam leachate. Kehadiran aluminium sulfat akan menurunkan pH, namun demikian akan menaikkan pH kembali oleh kemampuan kapur yang bersifat basa. Pada dosis 6 gr/lit dan 7 gr/lit BOD cenderung naik bila dibandingkan dengan dosis yang lebih kecil. Hal ini terjadi karena dosis kapur telah melewati dosis optimal sehingga kelebihan kapur akan cenderung menaikkan zat organik, karena kapur terjadinya dapat secara organis, mekanis, atau secara kimia. BOD maksimum yang diperbolehkan untuk golongan I pada SK. Men KLH No. Kep. 03/MenKLH/II/1991 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan yang telah beroperasi. adalah 20 mg/lit, untuk golongan II adalah 50 mg/lit.

Hasil uji t berpasangan (*paired t test*) pada derajat kemaknaan 95 % dapat diketahui bahwa pada kelompok kontrol tidak terdapat perbedaan rerata kadar BOD sebelum dengan sesudah perlakuan dengan nilai signifikansi 0,053. Sedangkan pada kelompok eksperimen terdapat perbedaan rerata kadar BOD sebelum dengan sesudah perlakuan dengan nilai signifikansi 0,0001.

Hasil *analysis of variant* dengan tingkat kemaknaan 95 % diperoleh hasil penurunan kadar BOD sesudah pemberian aluminium sulfat dan kapur dalam berbagai variasi dosis memberikan pengaruh yang berbeda dalam menurunkan kadar BOD dengan nilai signifikansi 0,0001.

Berdasarkan Kep.MenKLH No. Kep. 03/MenKLH/II/1991, baku mutu air limbah golongan I untuk BOD adalah 20 mg/lit, untuk golongan II: 50 mg/lit dan golongan III: 150 mg/lit. Dosis 5 gr/lit mampu menurunkan kadar BOD menjadi 73,57 mg/lit, sehingga hanya layak dibuang ke perairan golongan III.

c. Dampak Penurunan TSS dan BOD

Turunnya nilai TSS dan BOD pada leachate sesudah pemberian aluminium sulfat dan kapur akan meningkatkan kualitas air limbah yang akan dibuang ke perairan. Secara fisik kondisi leachate menjadi lebih jernih dan kandungan bahan organik tersuspensi menjadi sedikit. Kondisi tersebut sangat baik dalam upaya pelestarian lingkungan dan pengendalian dampak pencemaran air limbah. Rendahnya kadar TSS dan BOD

leachate, yang apabila dibuang ke perairan akan menjadikan aktifitas fotosintesis dalam badan air menjadi berlangsung dengan baik, dengan demikian kelangsungan biota air seperti ikan, tumbuhan air, *Crustaceae*, *Algae* dan mikroorganisme dalam air akan berlangsung normal. Adanya aktifitas fotosintesis dalam air dapat pula meningkatkan suplai oksigen yang berasal dari tumbuhan air maupun dari mikroorganisme fotosintesis.

Penurunan kadar TSS dan BOD dalam leachate disamping menjamin kelangsungan hidup biota dalam air, juga akan dapat mencegah masyarakat dari risiko terkena penyakit kulit atau penyakit saluran pencernaan.

SIMPULAN DAN SARAN

a. Simpulan

1. Rerata *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada bahan baku leachate TPA Gunungtugel Purwokerto 283,80 mg/lit dan kadar *Total Suspended Solids* (TSS) 325,88 mg/lit.
2. Rerata kadar BOD sesudah perlakuan adalah : dosis 4 gr/lit = 87,16 mg/lit; dosis 5 gr/lit = 75,37 mg/lit; dosis 6 gr/lit = 91,98 mg/lit; dosis 7 gr/lit = 117,22 mg/lit. Sedangkan rerata kadar TSS sesudah perlakuan adalah : dosis 4 gr/lit = 64,99 mg/lit; dosis 5 gr/lit = 44,51 mg/lit; dosis 6 gr/lit = 73,68 mg/lit; dosis 7 gr/lit = 112,27 mg/lit.
3. Rerata angka penurunan kadar BOD sesudah perlakuan adalah : dosis 4 gr/lit = 190,49 mg/lit; dosis 5 gr/lit = 204,08 mg/lit; dosis 6 gr/lit = 185,68 mg/lit; dosis 7 gr/lit = 160,43 mg/lit. Sedangkan rerata kadar TSS sesudah perlakuan adalah : dosis 4 gr/lit = 253,05 mg/lit; dosis 5 gr/lit = 273,55 mg/lit; dosis 6 gr/lit = 244,38 mg/lit; dosis 7 gr/lit = 205,79 mg/lit.
4. Rerata persentase penurunan kadar BOD sesudah perlakuan adalah : dosis 4 gr/lit = 67,84 %; dosis 5 gr/lit = 72,77 %; dosis 6 gr/lit = 66,13 %; dosis 7 gr/lit = 57,14 %. Sedangkan rerata kadar TSS sesudah perlakuan adalah : dosis 4 gr/lit = 78,57 %; dosis 5 gr/lit = 84,94 %; dosis 6 gr/lit = 75,89 %; dosis 7 gr/lit = 63,89 %.
5. Ada perbedaan *Total Suspended Solids* dan *Biological Oxygen Demand* antara sebelum dan sesudah perlakuan dengan aluminium sulfat dan kapur.

6. Dosis efektif pemberian aluminium sulfat dan kapur dalam menurunkan kadar *Total Suspended Solids* dan *Biological Oxygen Demand* adalah 5 gr/lit.

b. Saran

1. Dosis efektif untuk menurunkan kadar *Total Suspended Solids* dan *Biological Oxygen Demand* pada leachate adalah 5 gr/lit, tetapi dosis ini hanya mampu menurunkan kadar yang ditetapkan Kep.MenKLH No. Kep. 03/MenKLH/II/1991 untuk baku mutu air limbah golongan III, sehingga diperlukan upaya penelitian lanjut untuk dapat dibuang ke perairan golongan I dan II.
2. Agar memperoleh hasil yang lebih sempurna, penggunaan dosis aluminium sulfat dan kapur dipisahkan, sehingga kemampuan masing-masing koagulan dalam mengikat zat-zat organik dapat lebih dimaksimalkan. Penggunaan kapur akan lebih efektif bila proses koagulasi dengan menggunakan aluminium sulfat pengendapan flok-floknya telah mengendap semua.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaert, G & S.S., 1994. *Metode Penelitian Air*, Surabaya, Usaha Nasional, Surabaya.
- Damanhuri, E., 1991. *Peranan Kompos Sampah Kota dalam Mengurangi Kadar Karbon Organik dari Lindi (Leachate)*. Lembaga Penelitian Institut Teknologi. Bandung.
- KEP-03/MENNEGKLH/II/1991, 1991, Surat Keputusan Menteri Negara KLH tentang *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Yang Telah Beroperasi*, Jakarta.
- Kusnoputranto, H. 1986. *Kesehatan Lingkungan*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Indonesia. Jakarta.
- Riyadi, S. 1994. *Pencemaran Air, Dasar-dasar dan Pokok-pokok Penanggulangannya*, Karya Anda Surabaya.
- Riyanto, A. 1993. *Bahan Galian Industri Batu Gamping*, Dirjen Pertambangan Umum, Jakarta.
- Sindu N., 2001. *Koagulasi dan Flokulasi dalam Proses Pengolahan Air Minum dengan menggunakan Air Baku dari Kali Progo Yogyakarta. Laporan Penelitian* Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.

Sumirat, SJ, 2001, *Kesehatan Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Soebroto, SR, 1989, *Pembuangan Air Kotor*, APK TS, Jakarta.

Syamsiah, 1998, Siti, *Kursus Dasar-dasar Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*, PPLH
UGM, Yogyakarta.

Wardhana, WA., 1999. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset Yogyakarta.