

Perencanaan *Sanitary Landfill* dan Lapisan Dasar *Landfill* pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sekoto-Kabupaten Kediri

Achmad Winardi, Noor Endah, dan Putu Tantri Kumala Sari
 Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: achmadwinadrhiy26@gmail.com

Abstrak—TPA Sekoto berada di Kecamatan Badas, Kabupaten Kediri, melayani pengangkutan sampah dari 13 Kecamatan. TPA Sekoto yang telah menerapkan sistem *controlled landfill*, pada kenyataannya masih memberikan dampak negatif pada lingkungan. Hal ini disebabkan oleh rusaknya saluran pembuangan air lindi dan kolam instalasi pengolahan air lindi (IPAL). Kondisi ini juga diperparah dengan *landfill* yang mengalami *overload* pada tahun 2020 dan ditemukan air yang berupa air rembesan lindi pada lokasi TPA. Oleh karena itu, TPA baru dibangun disamping lokasi TPA lama. Perencanaan TPA baru harus mempertimbangkan dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan TPA Sekoto Baru dengan sistem *sanitary landfill*. Perencanaan meliputi perencanaan tanggul, pekuatan tanah dasar *landfill* dengan cerucuk, kombinasi lapisan *liner* di bawah *landfill*, tinggi dan kapasitas *landfill*, struktur kolam IPAL, dan jaringan perpipaan air lindi.

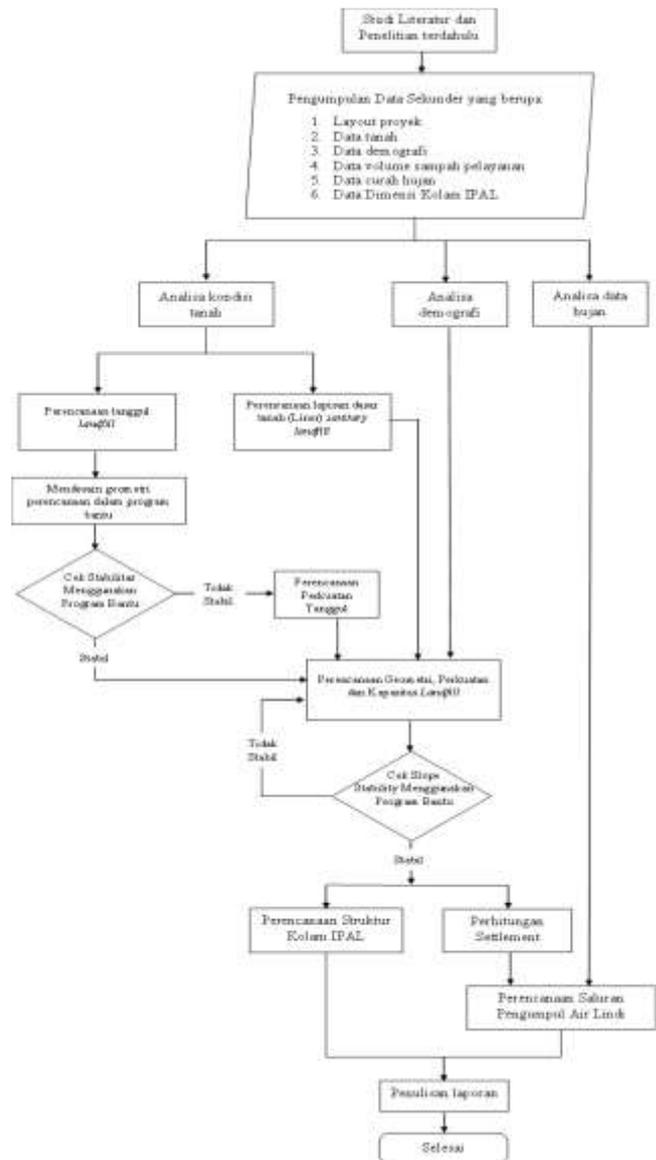
Kata Kunci—Geotekstil, Kolam IPAL, *Micropile*, Pipa Air Lindi, *Sanitary Landfill*.

I. PENDAHULUAN

TPA Sekoto, berada di Kecamatan Badas, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur, melayani pengangkutan sampah dari 13 kecamatan yang berada di Kabupaten Kediri. TPA Sekoto yang telah menerapkan sistem *controlled landfill*, pada kenyataannya masih memberikan dampak negatif pada lingkungan. Hal ini disebabkan oleh saluran pembuangan air lindi dan kolam instalasi pengolahan air lindi (IPAL), yang telah dibangun pada Tahun 2012, mengalami kerusakan yang parah. Hal ini menyebabkan air lindi yang seharusnya ditampung dalam kolam IPAL merembes dan mencemari air tanah. Lokasi TPA yang berada tidak jauh dari pemukiman penduduk yaitu kurang dari satu kilometer, dimana air tanah digunakan untuk keperluan sehari-hari dikhawatirkan dapat tercemar air lindi. Selain itu, lokasinya yang berada di tengah persawahan warga, dimana air tanah digunakan sebagai sumber irigasi sawah, hal ini juga dapat memberikan dampak buruk bagi tanaman.

Sebagai akibat dari banyaknya volume sampah yang harus ditampung setiap tahunnya dan lahan penimbunan sampah (*landfill*) yang semakin berkurang, TPA Sekoto – Kabupaten Kediri mengalami *overload* pada tahun 2020. Oleh sebab itu, pembangunan TPA baru harus segera dilaksanakan. Adapun pembangunan TPA Sekoto Baru yang direncanakan berada di samping lokasi TPA Sekoto lama, maka dalam perencanaannya harus mempertimbangkan dampak lingkungan yang akan terjadi.

Selain itu, berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lokasi pembangunan TPA Sekoto Baru, tanah dilokasi berupa tanah dominan lempung berlanau. Berdasarkan sondir di enam titik



Gambar 1. Diagram alir perencanaan.

pengujian, tanah keras ditemukan pada kedalaman mulai dari 4 hingga 6 meter. Sedangkan tanah kaku ditemukan pada kedalaman bervariasi mulai dari 2,4 hingga 6 meter. Berdasarkan hasil pengujian bor di tiga titik, ditemukan air yang berada pada kedalaman 1 hingga 4 meter yang berupa air rembesan. Dapat disimpulkan bahwa air lindi dari TPA lama telah merembes pada daerah sekitar TPA.

Berdasarkan permasalahan yang ada di TPA Sekoto – Kabupaten Kediri, yaitu permasalahan pencemaran air lindi pada tanah dan *landfill* yang sudah *overload*, perencanaan desain ini dilakukan untuk menentukan desain perencanaan TPA Sekoto baru dengan sistem *sanitary landfill* dengan

Tabel 1.
Rekapitulasi data tanah TPA Sekoto Baru

Depth	qu (kg/cm ²)	Konsistensi Tanah	Cu (KPa)	Cc	Cs
0 - 1	9.86	Very Soft	12.33	0.529	0.053
1 - 2	18.81	Very Soft	23.51	0.529	0.053
2 - 3	34.52	Soft	43.15	0.547	0.055
3 - 4	57.18	Medium	74.54	0.547	0.055
4 - 5	118.32	Very Stiff	157.76	0.536	0.054
5 - 6	205	Hard	200	0.536	0.054

Depth	Deskripsi Tanah	e	γ sat (ton/m ³)	γt (ton/m ³)	γd (ton/m ³)
0 - 1	Lempung Berlanau	1.319	1.6933	1.7161	1.1597
1 - 2	Lempung Berlanau	1.319	1.6933	1.7161	1.1597
2 - 3	Lempung Berlanau	1.315	1.8181	1.8199	1.2324
3 - 4	Lempung Berlanau	1.315	1.8181	1.8199	1.2324
4 - 5	Lempung Berlanau	1.241	1.8951	1.8950	1.2927
5 - 6	Lempung Berlanau	1.241	1.8951	1.8950	1.2927

Tabel 2.
Rekapitulasi curah hujan maksimum Stasiun Hujan Badas

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
2011	66
2012	65
2013	118
2014	75
2015	85
2016	102
2017	108
2018	75
2019	115
2020	103

lapisan dasar *landfill* yang dapat mencegah pencemaran air lindi.

II. METODOLOGI

Tahapan perencanaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1. Perencanaan dimulai dengan studi literatur, pengumpulan data proyek, dilanjutkan dengan analisa data yang ada dan perencanaan TPA Sekoto Baru. Perencanaan TPA dimulai dengan perencanaan tanggul dan perkuatannya, kapasitas, tinggi *landfill* dan perkuatan pada tanah dasar *landfill*, perhitungan *settlement*, saluran lindi dan struktur kolam IPAL.

III. ANALISA DATA

A. Data Tanah

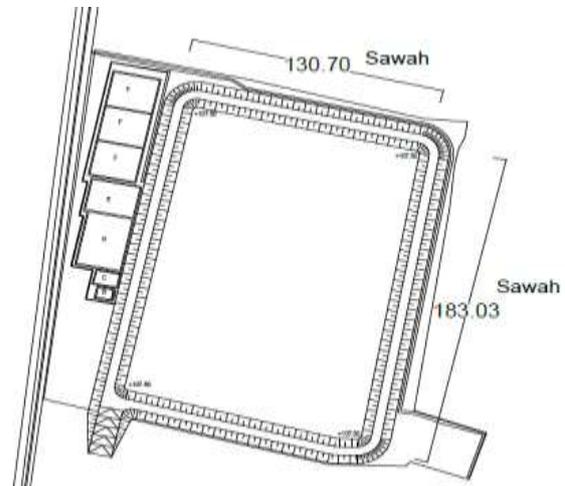
Data tanah yang digunakan dalam perencanaan ini merupakan data sekunder, berupa hasil sondir pada 6 titik dan hasil tes borlog di lokasi pembangunan TPA Sekoto Baru. Data ini kemudian dianalisa menggunakan statistik distribusi dengan confidence level 95% untuk memperoleh satu nilai yang dapat mewakili seluruh data. Beberapa parameter didapatkan melalui korelasi dari data yang ada seperti pada Tabel 1. Selain itu juga didapatkan 3 hasil tes permeabilitas tanah pada lokasi TPA Sekoto Baru. Nilai permeabilitas tersebut yaitu $4,546 \times 10^{-5}$ m/s, $9,659 \times 10^{-5}$ m/s dan $1,062 \times 10^{-4}$ m/s.

B. Data Curah Hujan

Data curah hujan dalam perencanaan merupakan data curah hujan pada stasiun hujan Badas Kabupaten Kediri dengan data selama 10 tahun. Rekapitulasi data curah hujan

Tabel 3.
Proyeksi penduduk dan produksi sampah

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Produksi Sampah (m ³ /hari)	Sampah terangkut ke TPA (m ³ /hari)	Sampah tertimbun di TPA (m ³ /hari)
2017	1550392	3934.67	364.00	183.56
2018	1569113	3982.18	368.40	185.78
2019	1576174	4000.10	370.05	186.61
2020	1583267	4018.10	371.72	187.45
2021	1590391	4036.18	373.39	188.30
2022	1597548	4054.34	375.07	189.14
2023	1604737	4072.59	376.76	189.99
2024	1611959	4090.91	378.45	190.85
2025	1619212	4109.32	380.16	191.71
2026	1626499	4127.81	381.87	192.57
2027	1633818	4146.39	383.59	193.44
2028	1641170	4165.05	385.31	194.31
2029	1648555	4183.79	387.05	195.18
2030	1655974	4202.62	388.79	196.06
2031	1663426	4221.53	390.54	196.94



Gambar 2. Tampak atas TPA Sekoto Baru.

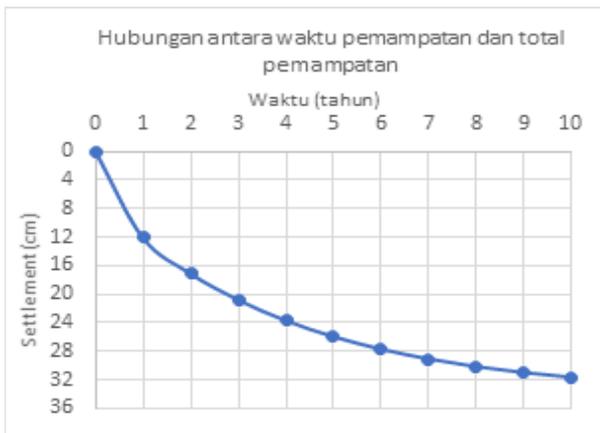
maksimum setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 2. Data curah hujan maksimum dianalisa menggunakan analisa frekuensi metode Gumbel, didapatkan curah hujan rencana (R_{24}) sebesar 128,71 mm kemudian dianalisa menggunakan rumusan Mononobe, didapatkan intensitas hujan sebesar 17,71 mm/jam. Nilai intensitas hujan ini kemudian akan digunakan dalam perencanaan jaringan perpipaan air lindi.

C. Data Parameter Sampah

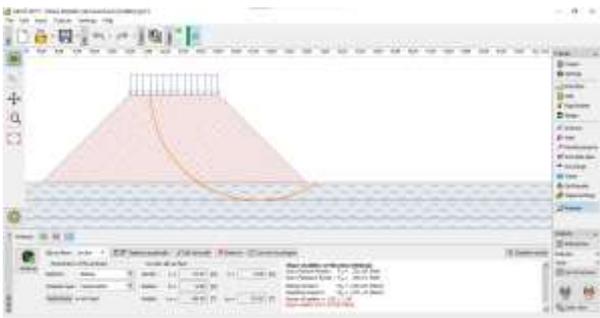
Data parameter sampah yang digunakan dalam perencanaan ini merupakan data sekunder yang berupa berat jenis sampah, konsistensi dan sudut geser sampah. Berat jenis sampah pada lokasi penurunan dari truk sampah sebesar $256,43 \text{ kg/m}^3$ dan pada zona penimbunan sebesar $508,5 \text{ kg/m}^3$ [1]. sedangkan berat jenis sampah yang sudah dipadatkan pada *landfill* sebesar $1,18 \text{ ton/m}^3$ [2]. Nilai sudut geser tanah diambil sebesar 10° dan konsistensi sampah sebesar 30 KPa [3].

D. Data Kependudukan dan Proyeksi Produksi Sampah

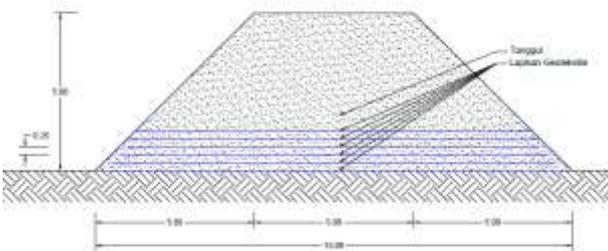
Berdasarkan proyeksi penduduk pada Tahun 2017 di Kabupaten Kediri terdapat 1.550.392 jiwa penduduk dengan tingkat pertumbuhan rata-rata sebesar 0,45% [4]. Pada Tahun 2017 produksi sampah di Kabupaten Kediri sebesar $3934,67 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan volume sampah yang terangkut ke TPA



Gambar 3. Hubungan antara waktu dan total *settlement* akibat beban tanggul.



Gambar 4. Hasil analisa stabilitas tanggul.



Gambar 5. Pemasangan geotekstil.

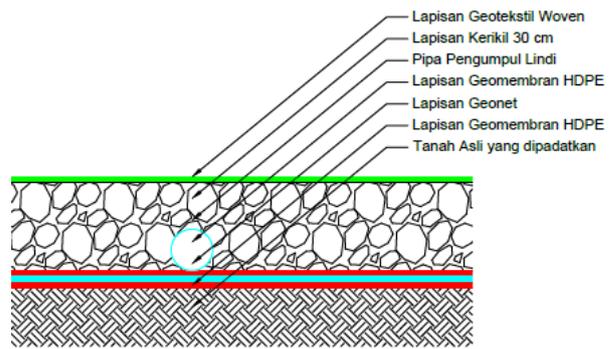
sebesar 364 m³/hari. Jumlah penduduk ini akan diproyeksikan hingga periode layan yang direncanakan yaitu 10 tahun (2022-2031), yang kemudian akan digunakan sebagai acuan perhitungan produksi sampah. Hasil proyeksi penduduk dan perhitungan produksi sampah dapat dilihat pada Tabel 3.

IV. PERENCANAAN TPA SEKOTO

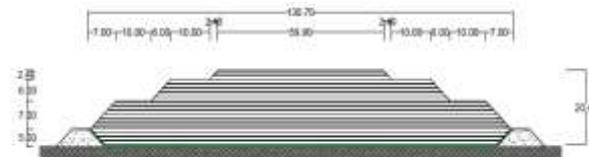
A. Perencanaan Tanggul dan Perkuatannya

Tanggul direncanakan setinggi 5 meter dengan kemiringan 1:1 ditimbun mengelilingi landfill yang tertera pada Gambar 2. Hal ini bertujuan untuk mencegah genangan air lindi saat hujan agar tidak meluber ke lahan sekitar TPA. Tanggul ini juga dapat mencegah kelongsoran. Tanggul direncanakan menggunakan material pasir dengan berat jenis 1,85 ton/m³, konsistensi 10 KPa dan sudut geser 30°.

Settlement perlu diperhitungkan agar pada saat proses penimbunan selesai tinggi timbunan tetap. Dari hasil perhitungan didapatkan *settlement* untuk waktu tidak terbatas sebesar 0,34 m dan berdasarkan Gambar 3, tinggi tanggul perlu ditambah 0,1 m untuk waktu penimbunan selama 1 tahun.



Gambar 6. Perencanaan lapisan *liner* TPA.



Gambar 7. Perencanaan geometri *landfill*.

Tabel 4.
Kebutuhan volume *landfill* setiap tahun

Tahun	Volume <i>landfill</i> yang diperlukan (m ³)
2022	35135.32
2023	35293.43
2024	35452.25
2025	35611.79
2026	35772.04
2027	35933.01
2028	36094.71
2029	36257.14
2030	36420.29
2031	36584.19
Total	358554.17

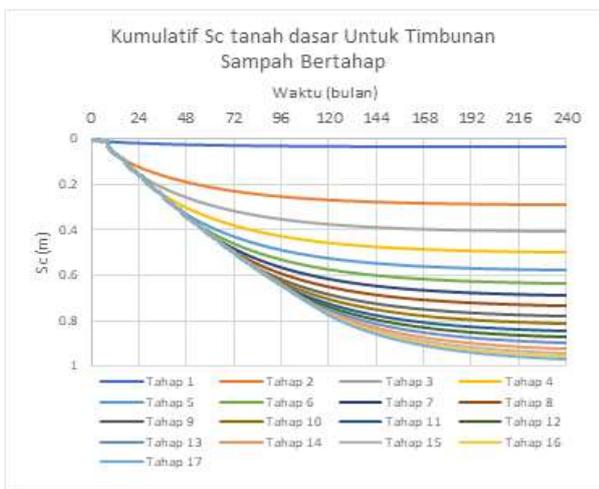
Hasil analisa stabilitas menggunakan program bantu menyatakan bahwa keadaan tanggul kritis dalam menahan kelongsoran, dimana didapatkan nilai angka keamanan sebesar 1,02 yang tertera pada Gambar 4. Oleh sebab itu tanggul memerlukan perkuatan. Perkuatan direncanakan menggunakan geotekstil dengan $T_{allow} = 25,615$ kNm. Didapatkan tanggul memerlukan 6 lapis geotekstil dengan jarak pemasangan 0,25 m untuk mencapai angka keamanan rencana 1,5 dengan kebutuhan total panjang geotekstil untuk setiap lebar tanggul 1 m sebesar 94,5 m. Perkuatan geotekstil ini akan dipasang sesuai dengan Gambar 5.

B. Perencanaan Lapisan Dasar (*Liner*)

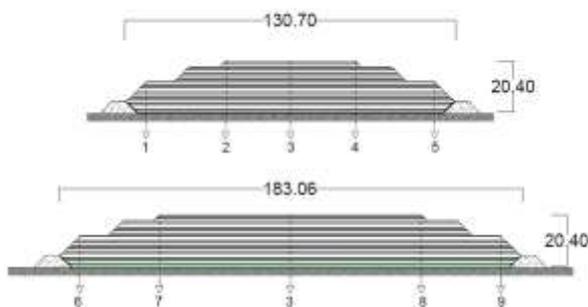
Dalam perencanaan lapisan *liner*, material yang digunakan harus kedap air sehingga lindi terhambat meresap kedalam tanah dan tidak mencemari air tanah. Material ini dapat berupa tanah lempung yang dipadatkan atau geomembran setebal 1,5-2 mm [5]. Sebagai akibat dari perencanaan lapisan *liner* TPA Sekoto Baru direncanakan seperti pada Gambar 6.

C. Perencanaan Kapasitas dan Geometri *Landfill*

Proses penimbunan sampah dilakukan setiap hari pada sel sampah yang telah ditentukan, dimulai dengan sel sampah terdekat dengan jalan akses dan kolam IPAL. Setiap harinya sampah ditimbun hingga setebal 0,58 m dan kemudian dipadatkan hingga ketebalannya menjadi 0,25 m atau sesuai dengan berat jenis sampah padat rencana sebesar 1,18 ton/m³



Gambar 8. Grafik hubungan besarnya settlement akibat beban bertahap sampah dengan waktu.



Gambar 9. Potongan melintang dan memanjang titik uji perhitungan pemampatan.

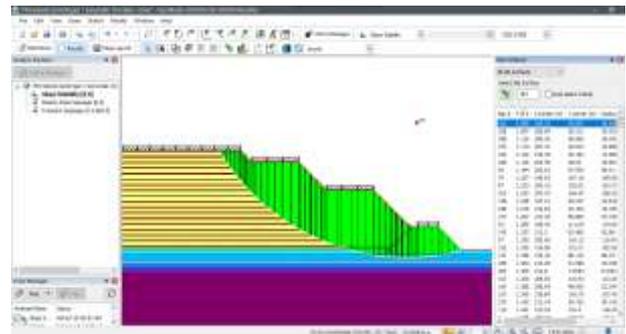
[3], hingga setebal 1 m. Sampah padat ini kemudian ditutup dengan pasir setebal 0,2 m. Berdasarkan Tabel 3, berat jenis sampah padat rencana 1,18 ton/m³ dan tebal tanah pentup 0,2 m, maka kebutuhan volume *landfill* setiap tahunnya seperti pada Tabel 4.

Direncanakan *landfill* akan berundak setiap 5 lapisan sel sampah dengan jarak undakan 10 meter dan memiliki kemiringan timbunan sampah 1:1 yang tertera pada Gambar 7. Berdasarkan perhitungan menggunakan program bantu, kebutuhan volume rencana akan dicapai saat ketinggian *landfill* 20,4 m atau 17 lapis sel sampah.

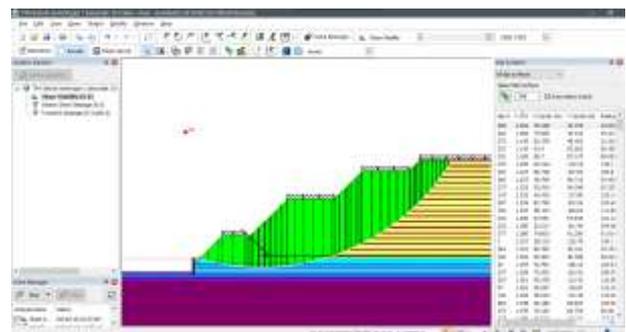
D. Settlement Akibat Beban Sampah

Pelaksanaan penimbunan sampah di *landfill* TPA dilakukan secara bertahap dengan kecepatan yang berbeda-beda tiap lapisan sel sampah dan juga tiap tahunnya. Oleh sebab itu, perhitungan settlement perlu dihitung secara bertahap pula. Dari hasil perhitungan didapatkan untuk waktu yang tidak terbatas pemampatan total akibat beban bertahap sampah sebesar 0,985 m, sedangkan besarnya *settlement* hingga 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 8.

Sebagai akibat dari timbunan berundak sampah, maka terjadi perbedaan besarnya beban sampah pada area tepi dan area tengah *landfill* akibat dari perbedaan beban sampah. Oleh karena itu dilakukan uji perhitungan *settlement* pada beberapa titik pada *landfill* seperti pada Gambar 9. Didapatkan perbedaan nilai *settlement* terbesar sebesar 0,18 m. Perbedaan nilai *settlement* ini akan digunakan sebagai pertimbangan dalam perencanaan jaringan pipa air lindi, dimana air lindi akan dialirkan berdasarkan aliran gravitasi [5].



Gambar 10. Hasil analisa stabilitas overall timbunan sampah menghadap sawah.



Gambar 11. Hasil analisa stabilitas overall timbunan sampah menghadap Kolam IPAL.



Gambar 12. Grafik hubungan antara tinggi timbunan dan angka keamanan terhadap daya dukung tanah.

E. Stabilitas Timbunan Sampah dan Tanggulnya

Hasil perhitungan stabilitas menggunakan program bantu didapatkan nilai angka keamanan terhadap stabilitas internal timbunan sampah setinggi 20,4 m sebesar 1,327. Hal ini sudah memenuhi persyaratan stabilitas minimum timbunan sampah sebesar 1,3 [5]. Sedangkan untuk stabilitas timbunan sampah secara overall dengan tanggulnya, angka keamanan bernilai 0,999 untuk lereng sampah menghadap sawah dan 1,004 untuk lereng sampah menghadap kolam IPAL tertera pada Gambar 10 dan Gambar 11. Hal ini masih belum memenuhi persyaratan angka keamanan minimum sebesar 1,3 [5], oleh sebab itu perlu direncanakan perkuatan pada tanah dasar.

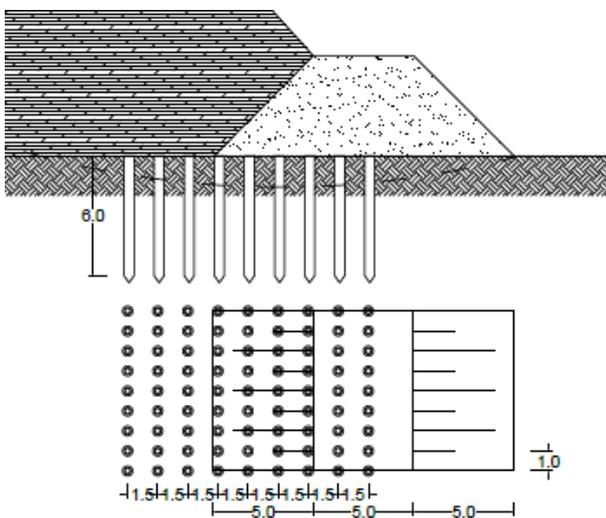
Timbunan sampah juga harus stabil terhadap ambles. Nilai angka keamanan terhadap daya dukung tanah didasarkan pada daya dukung pondasi dangkal berdasarkan perumusan. Hasil perhitungan angka keamanan terhadap daya dukung tanah dapat dilihat pada Gambar 12. Dari hasil perhitungan, nilai angka keamanan terhadap daya dukung tanah untuk timbunan sampah setinggi 20,4 m bernilai 0,566.

Tabel 5.
Hasil perhitungan peningkatan nilai Cu

Depth	Cu lama (KPa)	Cu baru (KPa)
0 – 1	12.33	23.65
1 – 2	23.51	25.25
2 – 3	43.15	26.82
3 – 4	74.54	28.43

Tabel 6.
Hasil perhitungan debit lindi

Saluran	Luas DAS (km ²)	C	Qlindi (l/detik)
Teriser	T	0.00030	0.08815
Sekunder	S1	0.00030	0.08815
	S2	0.00060	0.17629
	P1	0.00119	0.35258
Primer	P2	0.00239	0.70517
	P3	0.00119	0.35258
	P4	0.00239	0.70517
	P5	0.00119	0.35258
	P6	0.00239	0.70517



Gambar 13. Perkuatan cerucuk untuk timbunan sampah menghadap sawah.

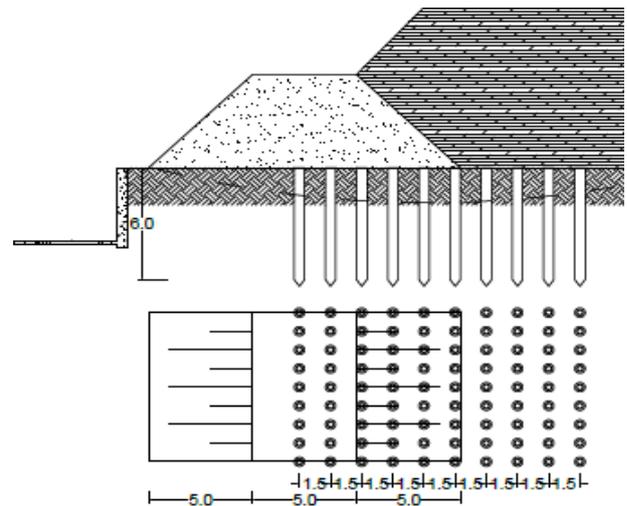
Berdasarkan angka keamanan ini maka tanah tidak kuat menahan beban timbunan sampah agar tidak ambles.

F. Peningkatan Daya Dukung Tanah dan Peningkatan Stabilitas Timbunan Sampah dan Tanggulnya

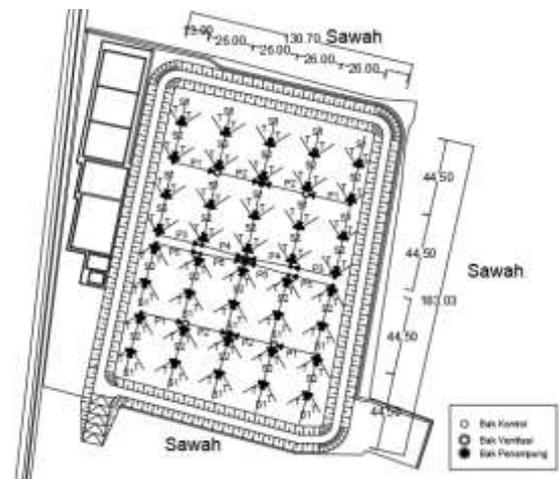
Dengan adanya timbunan sampah maka akan terjadi pemampatan pada tanah dasar TPA. Pemampatan akibat timbunan sampah akan mengakibatkan angka pori tanah dasar mengecil, berat volume tanah dasar membesar dan penurunan kadar air. Perubahan-perubahan nilai tersebut akan mengakibatkan peningkatan daya dukung tanah.

Perhitungan peningkatan daya dukung tanah akan didasarkan pada ketinggian timbunan sampah kritis (H_{Kritis}). Berdasarkan Gambar 12 diperoleh $H_{Kritis} = 10,8$ m, dimana angka keamanan terhadap daya dukung tanah sebesar 1,035. Perhitungan kenaikan daya dukung tanah akan didasarkan pada perumusan. Dalam perhitungan, perubahan tegangan yang diperhitungkan hanya sampai H_{Kritis} dengan waktu penimbunan hingga H_{Kritis} yaitu selama 80 bulan. Hasil perhitungan peningkatan parameter konsistensi tanah dapat dilihat pada Tabel 5.

Setelah adanya peningkatan nilai Cu, maka daya dukung tanah juga akan meningkat, sehingga stabilitas timbunan terhadap daya dukung tanah meningkat pula. Perhitungan



Gambar 14. Perkuatan cerucuk untuk timbunan sampah menghadap Kolam IPAL.



Gambar 15. Perencanaan jaringan pipa air lindi.

peningkatan stabilitas terhadap daya dukung menggunakan perumusan. Didapatkan dari hasil perhitungan, setelah nilai cu mengalami peningkatan nilai angka keamanan terhadap daya dukung tanah untuk ketinggian sampah 20,4 m menjadi 1,668. Nilai angka keamanan ini sudah kuat untuk menahan beban timbunan sampah agar tidak ambles dan sudah memenuhi persyaratan minimum angka keamanan 1,3 [5].

G. Perkuatan Tanah Dasar untuk Stabilitas Overall Timbunan Sampah dan Tanggulnya

Perkuatan tanah dasar dibawah timbunan sampah direncanakan untuk menjaga kestabilan terhadap overall timbunan sampah dan tanggul agar tidak terjadi kelongsoran. Perkuatan tanah direncanakan menggunakan cerucuk/micropile dengan faktor keamanan yang direncanakan sebesar 1,3. Perkuatan tanah dihitung berdasarkan hasil analisa stabilitas overall pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Micropile yang digunakan dalam perencanaan memiliki ukuran diameter 500 mm dengan ketebalan 90 mm dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Momen Inersia = 255324,30 cm⁴
2. Bending Moment Crack = 17 ton.m = 17000 kgm
3. Panjang = 6 – 12 m
4. $f'c$ = 52 MPa
5. $E = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{52} = 33892,18$ MPa

Tabel 7.
Hasil perhitungan kapasitas pipa

Saluran	d/D	S	n	r (dm)	R (dm)	A (dm ²)	Q (l/detik)
T	0.4	0.00031	0.017	0.0292	0.0250	0.0010	0.0883
S1	0.4	0.00021	0.017	0.0385	0.0330	0.0017	0.0883
S2	0.4	0.00021	0.017	0.1087	0.0932	0.0139	0.1765
P1	0.8	0.00031	0.017	0.1639	0.1994	0.0724	0.3527
P2	0.8	0.00031	0.017	0.4634	0.5640	0.5791	0.7054
P3	0.8	0.00031	0.017	0.1639	0.1994	0.0724	0.3527
P4	0.8	0.00031	0.017	0.4634	0.5640	0.5791	0.7054
P5	0.8	0.00031	0.017	0.1639	0.1994	0.0724	0.3527
P6	0.8	0.00031	0.017	0.4634	0.5640	0.5791	0.7054

Tabel 8.
Hasil perencanaan ukuran pipa lindi

Saluran		Diameter hasil perhitungan (mm)	Diameter minimum (mm)	Diameter pakai (mm)
Tersier	T	5.831	30	32
	S1	7.700	30	32
Sekunder	S2	21.742	30	32
	P1	32.770	30	42
	P2	92.682	30	114
Primer	P3	32.770	30	42
	P4	92.682	30	114
	P5	32.770	30	42
	P6	92.682	30	114

Tabel 9.
Dimensi kolam IPAL

Nama Kolam	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
Unit Screen	7.5	1.5	1.5
Unit Equalisasi	9	7.5	3.2
Unit ABR	13.5	9	3.2
Unit Fakultatif	31.2	24	3.9
Unit Maturasi	26	20	2.8
Unit Wetland 1, 2 & 3	20	25	1.6

Untuk timbunan sampah menghadap sawah terlihat pada Gambar 10, dari program bantu didapatkan data bidang longsor sebagai berikut:

SF = 0,99
 Jari-jari kelongsoran = 46,66
 Momen penahan = 97995,015 kNm
 Momen dorong = 98128,875 kNm

Dari hasil perhitungan untuk angka keamanan rencana 1,3, diperlukan 9 buah cerucuk untuk setiap lebar timbunan 1 meter. Jarak pemasangan cerucuk direncanakan sebesar 1,5 m seperti pada Gambar 13.

Untuk timbunan sampah menghadap kolam IPAL tertera pada Gambar 14, dari program bantu didapatkan data bidang longsor sebagai berikut:

SF = 1,004
 Jari-jari kelongsoran = 47,66
 Momen penahan = 108325,47 kNm
 Momen dorong = 107908,73 kNm

Dari hasil perhitungan untuk angka keamanan rencana 1,3, diperlukan 10 buah cerucuk untuk setiap lebar timbunan 1 meter. Jarak pemasangan cerucuk direncanakan sebesar 1,5 m seperti pada Gambar 13.

H. Perencanaan Jaringan dan Dimensi Pipa Air Lindi

Berdasarkan perhitungan sebelumnya terdapat perbedaan *settlement* sebesar 0,18 m antara area tepi *landfill* dan area tengah *landfill* akibat dari beban berundak sampah. Area tengah *landfill* mengalami *settlement* yang paling besar sehingga aliran air lindi akan menuju dan menggenang ditengah *landfill*. Cara pengaliran air lindi didasarkan pada aliran gravitasi [5], maka perencanaan jaringan perpipaan

akan dikumpulkan ke tengah *landfill* yang tertera pada Gambar 15, dimana nantinya air lindi akan disedot menggunakan pompa air.

Dalam perhitungan debit rencana air lindi yang akan mengalir pada pipa tidak mempertimbangkan koefisien rembesan sampah dan jenis sampah terhadap jumlah produksi lindi dan lamanya proses rembesan air lindi ke dasar *landfill*. Perhitungan didasarkan pada debit *surface run-off* pada area *landfill* dengan asumsi hujan terpusat pada 4 jam dan maksimum hujan yang jatuh 20-30% diantaranya menjadi lindi [5]. Hasil perhitungan debit rencana dapat dilihat pada Tabel 6.

Sedangkan untuk perhitungan kapasitas pipa digunakan perumusan Manning dengan bantuan program bantu untuk trial nilai diameter pipa. Hasil perhitungan kapasitas pipa dapat dilihat pada Tabel 7 Adapun ukuran pipa hasil perhitungan tidak sesuai dengan yang tersedia dipasaran. Maka dari itu ukuran pipa yang dipakai akan disesuaikan dengan yang ada dipasaran pada Tabel 8.

I. Perencanaan Struktur Kolam IPAL

TPA Sekoto direncanakan memiliki 6 jenis kolam IPAL yaitu kolam unit screen, unit equalisasi, unit ABR, unit fakultatif, unit maturase dan 3 kolam unit wetland. Dalam perencanaan ini tidak diperhitungkan jumlah produksi lindi terhadap kapasitas kolam yang ada. Dimensi kolam mengacu pada perencanaan yang sudah ada sebelumnya. Ukuran dan kedalaman setiap kolam dapat dilihat pada Tabel 9. Perencanaan struktur kolam IPAL ini meliputi struktur pelat lantai, balok sloof dan dinding kolam. Perencanaan didasarkan pada SNI 2847 Tahun 2019 tentang Persyaratan

Tabel 10.
Hasil perencanaan struktur pelat lantai

Nama Kolam	Ukuran pelat		Tebal pelat (mm)	Deck beton (mm)	Tulangan Utama
	P (m)	L (m)			
Unit Screen	3.75	1.5	150	30	D13 – 250
Unit Equalisasi	4.5	3.75	250	30	D13 – 160
Unit ABR	4.5	2.7	250	30	D13 – 160
Unit Fakultatif	8	5.2	300	30	D13 – 140
Unit Maturasi	6.5	5	250	30	D13 – 140
Unit Wetland 1, 2 & 3	6.25	5	250	30	D13 – 140

Tabel 11.
Hasil perencanaan struktur balok sloof memanjang

Nama Kolam	Ukuran balok		Panjang balok (m)	Deck beton (mm)	Tulangan Utama	Tulangan geser
	h (mm)	b (mm)				
Unit Screen	250	150	3.75	30	2 D13	2 D10 - 100
Unit Equalisasi	250	150	4.5	30	2 D13	2 D10 - 100
Unit ABR	250	150	4.5	30	2 D13	2 D10 - 100
Unit Fakultatif	400	250	8	30	3 D13	2 D10 - 140
Unit Maturasi	350	250	6.5	30	3 D13	2 D10 - 140
Unit Wetland 1, 2 & 3	350	250	6.25	30	3 D13	2 D10 - 140

Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan SNI 1726 Tahun 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

Dalam perencanaan ini kondisi yang direncanakan yaitu pada saat kolam IPAL dalam keadaan kosong. Kondisi ini merupakan kondisi kritis dimana tekanan tanah horizontal, tekanan air tanah dan gaya uplift air tanah yang bekerja pada struktur kolam tidak tereduksi akibat tekanan air dalam kolam.

Adapun material yang digunakan dalam perencanaan struktur kolam ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Mutu beton ($f'c$) = 25 MPa

Mutu baja (f_y) = 390 MPa

Pelat lantai kolam IPAL dibagi menjadi beberapa ukuran pelat yang lebih kecil untuk mengurangi besarnya momen yang terjadi pada pelat. Pelat ini akan dihubungkan dengan balok sloof. Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur pelat lantai ini hanya berupa gaya uplift akibat tekanan air hingga ke permukaan tanah. Ukuran pembagian pelat dan hasil perencanaan struktur pelat dapat dilihat pada Tabel 10.

Seperti halnya pada struktur pelat lantai, pada perencanaan balok sloof kolam IPAL beban yang diperhitungkan hanya berupa gaya uplift dari tekanan air hingga ke permukaan tanah. Selain itu, dipakai tulangan geser minimum dalam perencanaan balok sloof. Hasil perencanaan struktur balok sloof dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur dinding kolam berupa tekanan aktif tanah dan tekanan air tanah hingga ke permukaan tanah yang telah dipengaruhi oleh gempa. Perhitungan kebutuhan tulangan geser didasarkan

Tabel 12
Hasil perencanaan struktur balok melintang

Nama Kolam	Ukuran balok		Panjang balok (m)	Deck beton (mm)	Tulangan Utama	Tulangan geser
	b (mm)	h (mm)				
Unit Screen	150	250	1.5	30	2 D13	2 D10 - 100
Unit Equalisasi	150	250	3.75	30	2 D13	2 D10 - 100
Unit ABR	150	250	2.7	30	2 D13	2 D10 - 100
Unit Fakultatif	200	300	5.2	30	2 D13	2 D10 - 130
Unit Maturasi	150	250	5	30	2 D13	2 D10 - 100
Unit Wetland 1, 2 & 3	200	300	5	30	2 D13	2 D10 - 130

Tabel 13.
Hasil perhitungan struktur dinding kolam

Nama Kolam	Panjang (m)	Tebal dinding (mm)	Decking beton (mm)	Tulangan utama	Tulangan geser
Unit Screen	1.5	150	30	D13 - 300	D10 - 90
Unit Equalisasi	3.2	300	40	D16 - 140	D10 - 125
Unit ABR	3.2	300	40	D16 - 140	D10 - 140
Unit Fakultatif	3.9	350	40	D19 - 100	D13 - 150
Unit Maturasi	2.8	250	40	D13 - 100	D10 - 160
Unit Wetland 1, 2 & 3	1.6	200	30	D13 - 200	D10 - 90

tekanan aktif tanah dan tekanan air yang bekerja pada dasar kolam sedangkan kebutuhan tulangan utama didasarkan pada momen yang diakibatkan oleh gaya akibat tekanan aktif tanah dan tekanan air sesuai dengan lengan gaya tersebut. Hasil perhitungan struktur dinding kolam dapat dilihat pada Tabel 13.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perencanaan tersebut didapatkan, Tinggi tanggul 5 meter yang mengelilingi landfill dan diperlukan perkuatan geotekstile sebanyak 6 lapis; 9 buah cerucuk untuk perkuatan timbunan sampah yang menghadap ke sawah dan 10 cerucuk untuk timbunan sampah yang menghadap ke kolam IPAL; Kombinasi lapisan liner terdiri atas geotekstil non-woven, lapisan kerikil, geomembran HDPE 2 mm dan geogrid; Tinggi timbunan sampah dalam periode layan rencana 10 tahun yaitu 20,4 meter dengan kapasitas landfill sebesar 358554,17 m³; Struktur kolam IPAL bervariasi sesuai jenis dan dimensi kolam IPAL; kolam yang memiliki ukuran struktur dan kombinasi tulangan terbesar adalah kolam unit fakultatif; Diameter pipa pengalir air lindi bervariasi sesuai dengan luasan daerah aliran dimana ukuran pipa terbesar berdiameter 114 mm.

B. Saran

Dalam Tugas Akhir ini terdapat beberapa hal yang perlu direncanakan lebih lanjut. Hal itu berupa operasional pembuangan sampah pada TPA Sekoto Baru. Hal yang perlu

direncanakan lebih lanjut mengenai operasional pembuangan sampah berupa rute truk pembuangan sampah, lokasi dumping truk, jalan keluar masuk truk pembuang sampah serta perencanaan pelat beton jalan keluar masuk truk pembuang sampah apabila timbunan sampah mulai meninggi.

Dari Tugas Akhir ini diharapkan untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat bekerja sama dengan sarjana Teknik Lingkungan untuk mengetahui lebih lanjut tentang produksi lindi pada *landfill*, rembesan pada sampah dan dekomposisi sampah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. A. Widyasari, I. Warmadewanthi, and P. T. K. Sari, "Land stability

- at the final closing of waste final disposal supit urang in Malang City," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 2, pp. C35--C40, 2019.
- [2] K. R. Reddy, H. Hettiarachchi, N. Parakalla, J. Gangathulasi, J. Bogner, and T. Lagier, "Hydraulic conductivity of MSW in landfills," *J. Environ. Eng.*, vol. 135, no. 8, pp. 677--683, 2009.
- [3] F. Colomer Mendoza, J. Esteban Altabella, F. García Darás, and A. Gallardo Izquierdo, "Influence of the design on slope stability in solid waste landfills," *Earth Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 31--39, 2013.
- [4] BPS, *Kabupaten Kediri dalam Angka 2019*. Kediri: Badan Pusat Statistik Kabupaten Kediri, 2019.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2013.