



TUGAS AKHIR - RE 184804

KAJIAN KEBERLANJUTAN OPERASI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH GEDANGKERET KABUPATEN JOMBANG

GOVINDA RAHMAT AMIN MUJADDID
0321154000061

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN KEBERLANJUTAN OPERASI TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR SAMPAH GEDANGKERET
KABUPATEN JOMBANG**

GOVINDA RAHMAT AMIN MUJADDID
0321154000061

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**OPERATIONAL SUSTAINABILITY STUDY OF
GEDANGKERET LANDFILL IN JOMBANG
REGION**

GOVINDA RAHMAT AMIN MUJADDID
0321154000061

SUPERVISOR
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.

DEPARTEMEN OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN KEBERLANJUTAN OPERASI TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR SAMPAH GEDANGKERET
KABUPATEN JOMBANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

GOVINDA RAHMAT AMIN MUJADDID
NRP. 0321154000061

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
NIP. 19560204 199203 2 001



**KAJIAN KEBERLANJUTAN OPERASI TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR SAMPAH GEDANGKERET
KABUPATEN JOMBANG**

Nama Mahasiswa : Govinda Rahmat Amin Mujaddid
NRP : 03211540000006
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie, M.T.

ABSTRAK

Kabupaten Jombang memiliki 36 Tempat Penampungan Sementara (TPS) yang menghasilkan sejumlah \pm 62 Ton/hari. TPA Gedangkeret telah beroperasi sejak tahun 1994. TPA Gedangkeret sempat memiliki lokasi yang dekat permukiman sekitar dan berpotensi untuk menimbulkan masalah kepada lingkungan. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013, TPA yang mendapati kriteria tertentu seperti menimbulkan masalah kepada lingkungan perlu dilakukan rehabilitasi. Tugas akhir ini menentukan penindakan TPA akan ditutup atau direhabilitasi didasarkan atas hasil penilaian indeks risiko. Penilaian indeks risiko dilakukan dengan meliputi aspek kriteria lokasi TPA, karakteristik sampah, dan karakteristik lindi.

Kondisi eksisting TPA Gedangkeret adalah dioperasikan menggunakan metode controlled landfill, dimana dilakukan pengurugan pada saat sel telah penuh atau tanah urug telah tersedia. Komposisi sampah pada TPA Gedangkeret rata-rata didominasi oleh sampah makanan dengan nilai sebesar 57,24%. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik sampah TPA Gedangkeret sangat cocok jika dilakukan reduksi berupa pengomposan *sampah biodegradable*. Gas dikelola dengan metode *flaring*. Hasil analisis metana pada udara ambien TPA menunjukkan tidak terdeteksinya gas metana. Pengelolaan lindi dilakukan dengan pengaliran lindi menuju kolam-kolam stabilisasi di dalam TPA. Namun analisis lindi menunjukkan bahwa kualitas efluen instalasi pengolah lindi tidak memenuhi baku mutu air lindi. Analisis air tanah menunjukkan bahwa air tanah disekitar TPA tidak bisa digunakan untuk air minum karena mengandung parameter E Coli sebesar 900 mg/L air. Keseluruhan penilaian

indeks risiko menunjukkan hasil nilai indeks risiko TPA adalah sebesar 538,48.

Nilai indeks risiko dari TPA menunjukkan nilai 538,48 dimana menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 3 tahun 2013 disarankan untuk melakukan rehabilitasi. Beberapa parameter yang disoroti adalah pencemaran air tanah, penggunaan masa mendatang, timbunan sampah eksisting, pencemaran udara, dan produksi air lindi. Sehingga perencanaan rehabilitasi yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah stabilisasi tumpukan sampah, perencanana zona penimbunan sementara, perencanana zona penimbunan baru, konstruksi drainase, pengelolaan gas, kontruksi pipa lindi, perencanaan instalasi pengolah lindi, dan perencanaan *greenbelt*.

Kata Kunci : Kabupaten Jombang, penilaian indeks risiko, penutupan TPA, rehabilitasi TPA, tempat pemrosesan akhir sampah

OPERATIONAL SUSTAINABILITY STUDY OF GEDANGKERET LANDFILL IN JOMBANG REGION

Student Name : Govinda Rahmat Amin Mujaddid
Student ID : 03211540000006
Department : Teknik Lingkungan
Supervisor : Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie, M.T.

ABSTRACT

Jombang Region has 36 transfer stations that produced ± 62 Ton/day of solid wastes. Gedangkeret landfill has been operated since 1994. Gedangkeret landfill was located near settlement and has the potential to contaminate its surrounding environment. According to Policy of Ministry of Public Works number 3 on 2013, landfills that has a certain criteria like has the potential to contaminate environment is needed to rehabilitated. This final project is determining the action to the landfill, wether being closed or being rehabilitated according to the result of the risk index scoring. Risk index scoring is based on aspects of landfill's location criteria, solid waste characteristic, and leachate characteristic.

In the existing condition, Gedangkeret landfill is operated by the method of controlled landfill, that is dumped by the cover soil if one cell is fulfilled or the cover soil is available. The solid waste composition in Gedangkeret landfill is dominated by food wastes which has the percentage of 57,24%. It shows that Gedangkeret landfill's solid waste characteristic is suitable for being reduced by biodegradable solid waste composting. Gasses is managed by the method of flaring. The result of methane analysis shows no concentration of methane in the landfill. The leachate management is done by channel the leachate into stabilization ponds in the landfill. But the result of leachate analysis shows that the effluent of the stabilization ponds is not meet the quality standard of leachate. The result of groundwater analysis shows that groundwater around the landfill cannot be used as drinkwater because it has E Coli parameter with the concentration of 900 mg/L. The whole result of risk index scoring shows the score of Gedangkeret landfill is 538,48.

According to the Policy of Ministry of Public Works number 3 on 2013, landfill with the risk index score of 538,48 is needed to be rehabilitated. The highlighted parameters is ground water pollution, future use of the landfill, existing dumping zone, air pollution, and leachate production. So in this final project, rehabilitation that are being planned are solid waste stabilization, temporary dumping zone plan, new dumping zone plan, drainage construction, gasses management, leachate pipe construction, leachate processing installation construction, and greenbelt plan.

Kata Kunci : Jombang Region, risk index scoring, landfill closing, landfill rehabilitation, landfill

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, petunjuk, hidayah, serta karunia-Nya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menuntaskan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Lingkungan ITS. Tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar tentunya dengan peran dari berbagai pihak yang telah membantu penulis. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T. sebagai dosen pembimbing, Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T., Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, M.T., dan Bapak Adhi Yuniarto S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pengarah yang telah memberikan bimbingan dan arahnya terkait tugas akhir.
2. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan penuh terhadap pendidikan penulis.
3. Dita Yeni Rahmawati serta teman-teman dekat lainnya yang telah memberikan semangat dan motivasi.
4. Teman-teman mahasiswa yang telah menemani perjuangan selama menempuh pendidikan S1 hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini tentunya masih memiliki banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Saran, kritik, dan pendapat yang membangun sangat diperlukan penulis untuk dapat mengembangkan penelitian dan perencanaan ini.

Surabaya, Juni 2019

Penulis

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengelolaan Persampahan	5
2.2 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah	5
2.3 TPA Ideal dengan Metode Lahan Urug Saniter (<i>Sanitary Landfill</i>)	6
2.4.1. Metode Trench	6
2.4.2. Metode Canyon	7
2.4.3. Metode Area	7
2.5 Sistem Lapisan Dasar	7
2.4 Produksi Lindi	8
2.5 Produksi Gas	9
2.6 <i>Greenbelt</i> dan Emisi Karbon	11
2.7 Metode Penilaian Indeks Risiko	12
2.7 Penutupan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah	23

2.8 Perencanaan Rehabilitasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.....	47
2.9 Gambaran Umum Wilayah Studi	48
2.9.1 Kabupaten Jombang	48
2.9.2 Pengelolaan Persampahan Kabupaten Jombang.....	50
BAB III METODE PENELITIAN	53
3.1 Kerangka Perencanaan	53
3.2 Ide Awal Perencanaan	55
3.3 Studi Pendahuluan.....	55
3.4 Pengumpulan Data	55
3.4.1 Pengumpulan Data Primer	55
3.4.2 Pengumpulan Data Sekunder	58
3.5 Analisis Data dan Pembahasan	58
3.5.1 Perencanaan Penutupan TPA.....	59
3.5.2 Perencanaan Rehabilitasi TPA	59
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Penilaian Indeks Risiko TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang	61
4.1.1 Perhitungan Nilai Indeks Risiko.....	61
4.2 Kategori Kriteria Tempat Pemrosesan Akhir	61
4.2.1 Jarak terhadap sumber air terdekat	61
4.2.2 Kedalaman pengisian sampah	62
4.2.3 Luas TPA.....	62
4.2.4 Kedalaman air tanah	63
4.2.5 Permeabilitas tanah (1×10^{-6} cm/s).....	63
4.2.6 Kualitas air tanah.....	64
4.2.7 Jarak terhadap habitat (wetland/hutan konservasi)	65

4.2.8 Jarak terhadap bandara terdekat	65
4.2.9 Jarak terhadap air permukaan	66
4.2.10 Jenis lapisan tanah dasar (% tanah liat)	66
4.2.11 Umur lokasi penggunaan masa mendatang (tahun)	67
4.2.12 Jenis sampah (sampah perkotaan/pemukiman)	67
4.2.13 Jumlah sampah yang dibuang total (ton)	68
4.2.14 Jumlah sampah dibuang perhari (ton/hari)	69
4.2.15 Jarak terhadap pemukiman terdekat pada arah angin dominan (m)	69
4.2.16 Periode ulang banjir (tahun)	71
4.2.17 Curah hujan tahunan (cm/tahun)	71
4.2.18 Jarak terhadap kota (km)	72
4.2.19 Penerimaan masyarakat	72
4.2.20 Kualitas udara ambien CH ₄ (%).....	73
4.3 Kategori Karakteristik Sampah TPA	74
4.3.1 Kandungan B3 dalam sampah	74
4.3.2 Fraksi sampah biodegradasi (%)	74
4.3.3 Umur pengisian sampah (tahun)	75
4.3.3 Kelembaban sampah di TPA (%).....	75
4.4 Kategori Karakteristik Lindi	76
4.4.1 BOD lindi (mg/L)	76
4.4.2 COD lindi (mg/L).....	77
4.4.3 TDS lindi (mg/L)	77
4.3 Hasil Penilaian Indeks Risiko.....	78
BAB V PERENCANAAN REHABILITASI TPA	82
5.1 Rekomendasi Hasil Penilaian Indeks Risiko	83
5.2 Stabilisasi Tumpukan Sampah	83

5.1.1 Zona Pasif Eksisting	86
5.1.2 Perencanaan Lereng Zona Pasif.....	86
5.1.3 Perencanaan Tanggul Zona Pasif.....	86
5.1.4 Zona Aktif Eksisting	87
5.2 Zona Penimbunan Sementara	88
5.3 Zona Penimbunan Baru	90
5.3.1 Proyeksi Penduduk	90
5.3.2 Proyeksi Timbulan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.....	93
5.3.3 Proyeksi Timbulan Sampah Rumah Tangga	94
5.3.4 Jumlah dan Volume Sampah Total	96
5.3.5 Reduksi Sampah	101
5.4 Konstruksi Drainase	102
5.4.1 Analisis Curah Hujan Maksimum	102
5.4.2 Analisis Distribusi Hujan.....	106
5.4.3 Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan	111
5.4.4 Perhitungan Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase Baru	113
5.5 Konstruksi Perpipaian Lindi	117
5.6 Pengelolaan Gas.....	118
5.6.1 Reaksi Gas	119
5.6.2 Jumlah Produksi Gas	122
5.6.3 Timbulan Gas	122
5.6.4 Perpipaian Gas.....	125
5.6.5 Metode <i>Flaring</i> sebagai Alternatif Pengelolaan Gas	125
5.7 Instalasi Pengolah Lindi	127
5.7.1 Debit Air Lindi	127

5.7.2 Dimensi Pipa Air Lindi Zona Baru	130
5.7.3 Kolam Stabilisasi Eksisting	133
5.7.4 Instalasi Pengolah Lindi Baru.....	136
5.8 Perencanaan <i>Greenbelt</i>	139
BAB VI <i>BILL OF QUANTITY</i> DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA	142
6.1 Pekerjaan Persiapan.....	143
6.2 Pekerjaan Galian Zona Penimbunan Baru	145
6.3 Pekerjaan Perpipaan Lindi dan Gas	157
6.4 Pekerjaan Saluran Drainase	165
6.5 Pekerjaan Konstruksi Jalan	166
6.6 Pekerjaan Konstruksi Instalasi Pengolah Lindi.....	166
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	173
7.1 Kesimpulan	173
7.2 Saran	174
DAFTAR PUSTAKA	175
LAMPIRAN A.....	179
LAMPIRAN B.....	181
LAMPIRAN C.....	183
LAMPIRAN D.....	184
LAMPIRAN E.....	185
LAMPIRAN E.....	186
LAMPIRAN F	187
LAMPIRAN G	188
LAMPIRAN H.....	189
LAMPIRAN I	190
LAMPIRAN J	191
LAMPIRAN K.....	193

LAMPIRAN L	195
LAMPIRAN M	196
LAMPIRAN N	199
LAMPIRAN O	204
LAMPIRAN P	209
LAMPIRAN Q	221
LAMPIRAN R	222
LAMPIRAN S	225
LAMPIRAN T	226
LAMPIRAN U	227
BIOGRAFI PENULIS	231

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perangkat Penilaian Indeks Risiko Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)	14
Tabel 2.2 Kriteria Evaluasi Tingkat Bahaya Berdasarkan Nilai Indeks Risiko	20
Tabel 2.3 Parameter dan Sumber Data yang Dibutuhkan untuk Penilaian Indeks Risiko.....	21
Tabel 2.4 Parameter dan Baku Mutu Air Lindi (Outlet IPL)	34
Tabel 4.1 Hasil Penilaian Indeks Risiko TPA Gedangeret Kabupaten Jombang.....	79
Tabel 5.1 Kapasitas Tampung Zona Aktif Eksisting	88
Tabel 5.2 Volume Sampah Timbunan Akumulasi Tahun 2022	89
Tabel 5.3 Perhitungan Nilai Rata-rata Persentase R Penduduk Kabupaten Jombang	91
Tabel 5.4 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kabupaten Jombang sampai dengan Tahun 2033	92
Tabel 5.5 Jumlah Fasilitas Umum Terlayani Pengangkutan Persampahan Tahun 2018	93
Tabel 5.6 Perhitungan Proyeksi Timbulan Sampah Fasilitas Umum Kabupaten Jombang.....	94
Tabel 5.7 Perhitungan Proyeksi Timbulan Sampah Rumah Tangga Kabupaten Jombang	96
Tabel 5.8 Perhitungan Proyeksi Volume Sampah Total Kabupaten Jombang.....	97
Tabel 5.9 Perhitungan Akumulasi Volume Sampah dan Tanah Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2033.....	98
Tabel 5.10 Perhitungan Zona Buang Baru 1	100
Tabel 5.11 Perhitungan Zona Buang Baru 2	101
Tabel 5.12 Standar Deviasi Curah Hujan	103
Tabel 5.13 Nilai <i>Reduced Mean</i>	105

Tabel 5.14 Intensitas Hujan Kabupaten Jombang Metode Van Breen	106
Tabel 5.15 Intensitas Hujan Kota Jakarta	107
Tabel 5.16 Distribusi Hujan Menurut Tanimoto	109
Tabel 5.17 Distribusi HHM per Jam menurut Ranking	110
Tabel 5.18 Distribusi HHM per Jam menurut Ranking	111
Tabel 5.19 Tipikal Analisis Ultimate Sampah Dapat Terbakar di Pemukiman	119
Tabel 5.20 Analisis Ultimate Sampah Jenis RBW dapat Terbakar TPA Gedangkeret	120
Tabel 5.21 Analisis Ultimate Sampah Jenis SBW dapat Terbakar TPA Gedangkeret	120
Tabel 5.22 Jumlah Mol dan Rumus Kimia Sampah TPA Gedangkeret	121
Tabel 5.23 Volume Produksi Gas per Kilogram Sampah	122
Tabel 5.24 Laju dan Produksi Gas Tahunan Sampah Jenis RBW	123
Tabel 5.25 Laju dan Produksi Gas Tahunan Sampah Jenis SBW	123
Tabel 5.26 Kualitas influen kolam stabilisasi eksisting TPA	133
Tabel 5.27 Kualitas efluen kolam stabilisasi eksisting TPA	133
Tabel 5.28 Karakteristik lindi dengan umur zona <2 tahun	137
Tabel 6.1 BOQ dan RAB Pekerjaan Persiapan	144
Tabel 6.2 Rincian Kebutuhan Geomembran Zona 1	146
Tabel 6.3 Rincian Kebutuhan Geomembran Zona 2	151
Tabel 6.4 RAB Kebutuhan Geomembran	156
Tabel 6.5 RAB Pekerjaan Galian Zona Buang Baru	156

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Pilihan Penilaian Indeks Risiko	23
Gambar 2.2	Kemiringan Lereng dan Rasio Vertikal-Horisontal	24
Gambar 2.3	Contoh rencana rekonturing	25
Gambar 2.4	Contoh Denah Tanggul Sampah	26
Gambar 2.5	Contoh Potongan Tanggul Sampah	27
Gambar 2.6	Model Tanah Penutup Lapisan Akhir	29
Gambar 2.7	Model Tanah Penutup Lapisan Akhir	31
Gambar 2.8	Lokasi Sumur Pantau	40
Gambar 2.9	Desain Tampak Atas Sumur Pantau	41
Gambar 2.10	Peta Kabupaten Jombang	49
Gambar 2.11	Peta Tapat TPA Gedangkeret dan lingkaran radius 1 km	51
Gambar 2.12	Foto Permukiman dalam Radius 1 km dari TPA Gedangkeret	51
Gambar 2.13	Foto Industri dalam Radius 1 km dari TPA Gedangkeret	52
Gambar 3.2	Peta Titik Sampling Udara TPA Gedangkeret	57
Gambar 4.1	Windrose Kabupaten Jombang	70
Gambar 5.1	Ilustrasi lereng sel dan jalan operasi	84
Gambar 5.2	Dokumentasi timbunan sampah yang tidak tertutup oleh <i>cover soil</i>	85
Gambar 5.3	Dokumentasi timbunan sampah yang tertutup oleh <i>cover soil</i>	85
Gambar 5.4	Ilustrasi bentuk saluran drainase rencana tipe	115
Gambar 5.4	Grafik Laju Gas Sampah Jenis RBW	124
Gambar 5.5	Grafik Laju Gas Sampah Jenis SBW	124
Gambar 5.7	Ilustrasi penampang pipa tidak penuh	131
Gambar 6.1	Ilustrasi konstruksi kerikil pelindung pipa lindi	157

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan lingkungan yang dihadapi oleh negara berkembang tidak pernah terlepas dari masalah persampahan. Sampah yang dihasilkan oleh penduduk kota harus dikelola untuk mencegah terjadinya sebaran penyakit karena pembuangan sampah secara sembarangan. Menurut Tchobanoglous (1993), Pengelolaan persampahan harus dikaitkan dengan prinsip-prinsip terbaik untuk menunjang kesehatan masyarakat. Oleh karena itu pengelolaan persampahan dalam suatu kota harus berakhir pada *disposal* atau pembuangan pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah. Negara Indonesia dalam Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012, menyebutkan bahwa dalam melakukan pemrosesan akhir sampah, pemerintah kabupaten/kota wajib menyediakan dan mengoperasikan TPA.

Perencanaan TPA yang baik adalah dengan menggunakan sistem *controlled landfill* atau *sanitary landfill*. Kedua sistem ini menggunakan lapisan penahan air lindi, saluran lindi, dan tanah sebagai penutup dari tumpukan sampah. Sistem sanitary landfill merupakan sistem TPA yang pada setiap akhir pengoperasian sampah ditutup dengan tanah untuk meminimalkan pengaruh terhadap kesehatan masyarakat. (Tchobanoglous, 1993). Tujuan dari *sanitary landfill* adalah untuk mengisolasi sampah dari lingkungan. Pengisolasian sampah mencegah zat-zat berbahaya untuk dapat menyebar ke lingkungan. Isolasi dilakukan dengan memberi penghalang pada lapisan tanah dasar dan sebagian diatas permukaan tanah pelapis sampah dengan tujuan pembuatan sel timbunan baru. (Kovacic, 1994).

Pemrosesan akhir sampah menghasilkan lindi dan gas sebagai hasil reaksi dari degradasi sampah organik yang ada pada TPA. Lindi merupakan zat cair yang keluar dari sampah akibat dari air eksternal ataupun proses degradasi sampah. Lindi dapat mencemari lingkungan karena merupakan limbah dengan kandungan amonium, zat organik, serta garam dalam konsentrasi tinggi. (Iaconi et. al, 2011). Lindi harus diproses dulu sebelum dibuang ke badan sungai untuk mengurangi kandungan pencemar yang ada pada dalam lindi. Pemerintah Indonesia telah

mengeluarkan peraturan terkait baku mutu air lindi pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 59 tahun 2016. Sampah di TPA juga menghasilkan gas-gas dari proses biodegradasi sampah. Gas yang terkandung adalah metana dan karbondioksida. (Williams, 2005).

Kabupaten Jombang merupakan salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Jombang memiliki tingkat kepadatan penduduk sebesar 38.556 jiwa/km². Kabupaten Jombang memiliki sejumlah 50 titik Tempat Penampungan Sementara yang tersebar pada 9 Kecamatan. Pengelolaan sampah di Kabupaten Jombang berakhir pada Tempat Pemrosesan Akhir Gedangeret, Desa Banjardowo Kecamatan Jombang, Kabupaten Jombang. TPA ini mempunyai luas lahan sebesar 8,7 Ha yang telah beroperasi sejak tahun 1994 sesuai dengan SK Bupati Jombang Nomor 26 tahun 1993 tentang penunjukkan Lokasi TPA Jombang.

Pada awal perencanaannya, TPA Gedangeret mempunyai luas lahan hanya sebesar 5 Ha, kemudian luas lahan diperlukan untuk penimbunan sampah bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk Kecamatan Jombang. Menurut penelitian Mujiyati pada tahun 2016, jumlah sampah yang terangkut di TPA Gedangeret adalah sebesar ± 62 Ton/hari. Sistem pengelolaan akhir sampah pada TPA Gedangeret telah menggunakan *controlled landfill* dimana sampah diurug menggunakan tanah urug pada saat sel telah penuh atau tanah urug telah tersedia.

TPA Gedangeret di Desa Banjardowo Kecamatan Jombang telah beroperasi selama kurang lebih 25 tahun. Peraturan Daerah Kabupaten Jombang nomor 21 tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kabupaten Jombang menyebutkan bahwa rencana lokasi TPA adalah pada Kecamatan Ploso dan Kecamatan Mojoagung. Rencana ini tidak sesuai dengan kondisi TPA Gedangeret yang masih beroperasi hingga saat ini. Oleh karena itu diperlukan kajian mengenai keberlanjutan operasi TPA Gedangeret Kabupaten Jombang.

Tugas akhir ini akan melakukan kajian terhadap TPA Gedangeret Kabupaten Jombang dengan metode penilaian indeks risiko sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 3 tahun 2013. Kemudian dari hasil kajian akan

direncanakan rekomendasi kepada Pemerintah Kabupaten Jombang untuk melakukan rehabilitasi atau penutupan TPA Gedangkeret.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang berdasarkan hasil penilaian indeks risiko?
2. Bagaimana tindak lanjut hasil penilaian indeks risiko TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang?

1.3 Tujuan

1. Menentukan nilai indeks risiko TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang
2. Merencanakan tindak lanjut hasil penilaian indeks risiko TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat dicapai dari tugas akhir ini adalah :

1. Menghasilkan analisis penilaian indeks risiko dan memberikan rekomendasi terhadap TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang
2. Memberikan masukan kepada Pemerintah Kabupaten Jombang terkait rekomendasi evaluasi TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang

1.5 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup tugas ini yaitu :

1. Penilaian dampak lingkungan dan dampak terhadap masyarakat dengan metode penilaian indeks risiko sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 3 tahun 2013.
2. Perencanaan penutupan atau rehabilitasi TPA
 - a. Lingkup perencanaan penutupan TPA yaitu :
 - Stabilisasi tumpukan sampah
 - Konstruksi drainase
 - Konstruksi perpipaan lindi
 - Pengelolaan gas
 - Instalasi Pengolah Lindi
 - Zona buffer
 - Fasilitas pemantau kualitas lingkungan
 - b. Lingkup perencanaan rehabilitasi TPA yaitu :
 - Stabilisasi tumpukan sampah lama
 - Penambangan sampah bila diperlukan
 - Zona buang sementara
 - Zona buang baru
 - Konstruksi drainase
 - Konstruksi perpipaan lindi
 - Pengelolaan Gas
 - Instalasi Pengolah Lindi
 - Zona buffer

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelolaan Persampahan

Pengelolaan sampah adalah suatu usaha sebagai kontrol terhadap timbulan sampah, pewadahan, pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan, serta proses dan pembuangan akhir sampah dimana semua hal tersebut dikaitkan dengan prinsip-prinsip terbaik untuk kesehatan, ekonomi, keteknikan, konservasi, estetika, lingkungan dan juga sikap masyarakat (Tchobanoglous et al., 1993). Pengelolaan sampah secara terpadu dapat dikatakan juga tugas yang mencakup pengendalian permasalahan dari aspek teknis, ekonomi dan sosial. Pengelolaan sampah merupakan kombinasi antara pengaturan jarak pengumpulan dan metode pengolahan yang digunakan untuk menangani semua material dalam sampah dengan cara yang efektif, ramah lingkungan, ekonomis dan segi sosial yang dapat diterima (McDougall et al., 2001).

2.2 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

Perencanaan TPA dilakukan untuk mengontrol sistem pembuangan sampah. Lokasi TPA harus memperhatikan keadaan geologis, hidrologi, dan kesesuaian dengan lingkungan. TPA tidak boleh menggunakan sistem pembuangan secara *open dumping*, karena dapat menyebabkan bau, asap, tidak sedap dipandang mata, masalah serangga dan binatang pengerat, dan lain sebagainya. Syarat utama dari TPA adalah tidak menghasilkan polutan dan mampu didegradasi oleh lingkungan (Qian et al., 2002).

Tahap akhir dari pengelolaan sampah adalah pembuangan. Lokasi pembuangan akhir ini dilakukan di TPA. Menurut UU No. 18 Tahun 2008, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya. TPA merupakan tempat dimana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia nomor 3 tahun 2013, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuangan sampah di TPA. Sistem

pemrosesan akhir sampah yang dimaksud adalah dilakukan dengan menggunakan :

- a. Metode lahan urug terkendali (*Controlled Landfill*);
- b. Metode lahan urug saniter (*Sanitary Landfill*); dan
- c. Teknologi ramah lingkungan.

Sistem pemrosesan akhir sampah yang dilakukan di TPA adalah serangkaian proses yang meliputi kegiatan penimbunan/pemadatan, penutupan dengan tanah, pengolahan air lindi, dan penanganan gas.

2.3 TPA Ideal dengan Metode Lahan Urug Saniter (*Sanitary Landfill*)

Sanitary landfill mempunyai banyak definisi oleh beberapa ahli persampahan yang sebenarnya pada intinya tidak jauh berbeda. *Sanitary landfill* merupakan sistem penimbunan sampah yang dilakukan secara sehat. Sampah dibuang di tempat yang rendah atau parit yang digali untuk menampung sampah, lalu sampah ditimbun dengan tanah yang dilakukan lapis demi lapis sedemikian rupa sehingga sampah tidak berada di lingkungan terbuka (Tchobanoglous et al., 1993).

Sanitary landfill merupakan sarana pengurangan sampah ke lingkungan yang disiapkan dan dioperasikan secara sistematis, dengan penyebaran dan pemadatan sampah pada area pengurangan, serta penutupan sampah setiap hari (Damanhuri et al., 2006). Metode *Sanitary Landfill* dilengkapi dengan sistem pengumpul gas dan instalasi pengelolaan lindi, sehingga pencemaran yang disebabkan oleh TPA dapat diminimisasi dan dikontrol (Chena et al., 2003).

Terdapat beberapa metode yang digunakan di lokasi pembuangan akhir. Menurut Tchobanoglous et al (1993), metode tersebut terdiri dari 3 macam yaitu metode trench, metode area, metode canyon.

2.4.1. Metode Trench

Metode Trench merupakan metode penimbunan sampah dengan menyerupai bentuk palung atau cekungan. Metode trench memiliki keunggulan yaitu sampah yang ditimbun tidak menjulang tinggi karena memanfaatkan galian tanah untuk menimbun sampah. Metode ini dapat digunakan jika muka air tanah pada

lokasi tersebut cukup dalam, sehingga pada saat tanah digali tidak muncul air tanah yang dapat berpotensi dicemari oleh sampah.

Tanah galian pada metode ini dapat digunakan kembali sebagai tanah penutup sampah harian. Sel biasanya digali dengan bentuk persegi dengan panjang dan lebar 305 m, kemiringan 1,5:1 hingga 2:1. Ukuran galian juga bisa berbeda seperti panjang 61 – 305 m, kedalaman 0,915 – 3,05 m, dan lebar 4,575 – 15,25 m.

2.4.2. Metode Canyon

Metode Canyon merupakan metode timbunan sampah yang memanfaatkan lereng kontur yang curam sebagai tempat untuk menimbun sampah. Metode ini berbentuk seperti lereng jurang. Timbunan sampah ditumpuk dengan sistem level seperti pada metode lainnya dan pada dasar timbunan juga dapat dilakukan penggalian seperti metode trench jika diperlukan. Lapisan dinding lereng juga dapat digali sehingga tanah bisa dimanfaatkan sebagai tanah penutup timbunan sampah harian.

2.4.3. Metode Area

Metode Area merupakan metode penimbunan sampah pada suatu lahan terbuka tanpa adanya galian. Metode ini dilakukan jika muka air tanah sangat tinggi sehingga tidak memungkinkan tanah untuk digali. Tanah penutup untuk timbunan sampah harian harus diambil dari tempat lain, atau dapat juga digunakan sampah yang telah menjadi kompos. Metode ini memerlukan lahan cukup luas agar dapat menampung sampah dengan volume yang banyak.

2.5 Sistem Lapisan Dasar

Menurut Enri Damanhuri dkk, 2006, beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk sistem lapisan dasar landfill yaitu :

- Kedalaman muka air tanah TPA pada musim hujan adalah minimum 3 meter sebelum tanah dasar dikupas dan dipadatkan.
- Pemadatan tanah dilakukan dengan alat berat dengan membuat kemiringan menuju instalasi pengolahan lindi.
- Sistem pelapis dasar harus memiliki syarat :
 - Tidak mudah rusak atau tergerus akibat aktivitas operasional

- Sampah berukuran kecil (halus) tidak terbawa menuju sistem pengumpul lindi, dan merembeskan lindi ke dalam tanah.
- Jika digunakan tanah liat, harus dilakukan pemadatan sampai dengan 95% dengan minimal 2 lapisan yang mempunyai ketebalan masing-masing 250 mm. Nilai permeabilitas tanah minimal 1×10^{-7} cm/detik.
- Syarat kemiringan TPA adalah 1-2% ke arah instalasi pengolah lindi.
- Bisa direncanakan menggunakan geomembran pelapis dasar yang pemasangannya harus sesuai dengan spesifikasi teknis dan dikerjakan oleh kontraktor yang berpengalaman dalam bidang ini.

2.4 Produksi Lindi

Penimbunan sampah pada TPA dapat menimbulkan suatu cairan yang disebut lindi merupakan cairan yang terbentuk dari tumpukan sampah, bisa karena adanya hujan yang membasahi seluruh landfill dalam keadaan terbuka, maupun hujan yang melalui lapisan landfill. Lindi terdiri dari kontaminan organik dalam jumlah yang besar seperti Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD₅), ammonia, hidrokarbon, logam berat dan garam anorganik. Selain itu lindi juga mengandung fenol, nitrogen, dan fosfor. Jika tidak diolah dan dikumpulkan dengan aman, lindi dari landfill ini dapat menjadi sumber potensial pencemar bagi air permukaan dan dalam tanah (Aziz et al., 2009). Sedangkan berdasarkan Prihastini (2011), air Lindi adalah suatu cairan yang berasal dari proses dekomposisi sampah yang melarutkan senyawa berbahaya.

Pengolahan lindi termasuk sebagai salah satu masalah yang sering ditemui pada pengelolaan akhir sampah. Permasalahan yang seringkali ditimbulkan oleh lindi adalah pencemaran terhadap air tanah. Teknologi yang biasa diterapkan sebagai pengolah lindi diklasifikasikan tiga kelompok utama yaitu transfer lindi (transfer dan pengolahan gabungan dengan limbah domestik), biodegradasi (proses aerobik dan/ atau anaerobik), dan metode kimia serta fisik (Sartaj et al., 2010).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan konstruksi sistem pengumpul lindi, yaitu :

- Pola pemasangan sistem under-drain tersebut harus sesuai dengan dengan perencanaan, yaitu dapat berupa pola tulang ikan atau pola lurus.
- Desain jaringan under-drain penangkap dan pengumpulan lindi harus sesuai fungsinya.
- Kemiringan saluran pengumpul lindi antara 1 - 2 % dengan pengaliran secara hidrolis menuju instalasi pengolah lindi (IPL).
- Sistem penangkap lindi diarahkan menuju pipa berdiameter minimal 150 mm. Pada sanitary landfill, pertemuan antar pipa penangkap atau antara pipa penangkap dengan pipa pengumpul dibuat bak kontrol (junction-box), yang dihubungkan sistem ventilasi vertikal penangkap atau pengumpul gas.

2.5 Produksi Gas

Penimbunan sampah pada tempat pemrosesan akhir akan mengakibatkan sampah terdegradasi oleh mikroorganisme secara anaerobik. Proses anaerobik akan menghasilkan gas rumah kaca yang disebut gas metana. Gas metana merupakan kandungan gas yang dihasilkan oleh sampah pada TPA dengan komposisi tertinggi yaitu mencapai 47,4 %. Selanjutnya terdapat gas karbondioksida sebesar 47 %, nitrogen 3,7%, dan sisanya gas lainnya. Gas metana termasuk Green House Gas (GHG) yang mana 23 kali lebih membahayakan dari pada karbon dioksida (EPA, 1999).

Gas yang berasal dari timbunan sampah dapat diolah menjadi energi yaitu salah satunya energi listrik yang dikonversi pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTsa). Proses Kerja PLTsa terdapat dua macam yaitu: Proses pembakaran (thermal) dan proses teknologi fermentasi metana (gasifikasi) (Dodi, 2015).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan mengenai sistem penanganan gas pada landfill. Hal ini menyangkut upaya pencegahan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari gas landfill, yaitu :

- Gas yang ditimbulkan dari proses degradasi di TPA harus dikontrol di tempat agar tidak mengganggu kesehatan pegawai, orang yang menggunakan fasilitas TPA, serta penduduk sekitarnya.

- Gas hasil biodegradasi tersebut dicegah mengalir secara literal dari lokasi pengurugan menuju daerah sekitarnya.
- Setiap 1 tahun sekali dilakukan pengambilan sampel gas-bio pada 2 titik yang berbeda, dan dianalisis terhadap kandungan CO₂ dan CH₄.
- Pada sistem sanitary landfill, biogas harus dialirkan ke udara terbuka melalui ventilasi sistem penangkap gas, lalu dibakar pada *gas-flare*. Sangat dianjurkan menangkap biogas tersebut untuk dimanfaatkan.
- Pemasangan penangkap gas sebaiknya dimulai dari saat lahan-urug tersebut dioperasikan, dengan demikian metode penangkapannya dapat disesuaikan antara dua cara tersebut.
- Metode untuk membatasi dan menangkap pergerakan gas adalah :
 - Menempatkan materi vertical pada atau di luar perbatasan landfill untuk menghalangi aliran gas
 - Menempatkan materi granular pada atau di luar perbatasan landfill (perimeter) untuk penyaluran dan atau pengumpulan gas
 - Pembuatan sistem ventilasi penangkap gas di dalam lokasi eks-TPA.
- Sistem penangkap gas dapat berupa :
 - Ventilasi horisontal : yang bertujuan untuk menangkap aliran gas dalam dari satu sel atau lapisan sampah
 - Ventilasi vertikal : merupakan ventilasi yang mengarahkan dan mengalirkan gas yang terbentuk ke atas
 - Ventilasi akhir : merupakan ventilasi yang dibangun pada saat timbunan akhir sudah terbentuk, yang dapat dihubungkan pada pembakar gas (*gas-flare*) atau dihubungkan dengan sarana pengumpul gas untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Perlu dipahami bahwa potensi gas pada ex-TPA ini sudah mengecil sehingga mungkin tidak mampu untuk digunakan dalam operasi rutin.

- Monitoring dan kontroling timbulan gas untuk memastikan sesuai dengan perkiraan umurnya.
- Beberapa macam desain perpipaan vertikal pipa biogas :
 - Pipa gas *casing* PVC atau PE : 100 – 150 mm
 - Lubang bor berisi kerikil : 50 – 100 cm
 - Perforasi : 8 – 12 mm
 - Kedalaman : 80 %
 - Jarak antara ventilasi vertikal : 25 – 50 m.

2.6 **Greenbelt dan Emisi Karbon**

Greenbelt merupakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang digunakan untuk membatasi suatu wilayah penggunaan lahan. *Greenbelt* juga bisa digunakan untuk membatasi aktivitas-aktivitas satu sama lain agar saling tidak mengganggu. (Permen PU nomor 5 tahun 2008). Pada konteks TPA, *greenbelt* digunakan untuk membatasi aktivitas TPA agar tidak mengganggu atau mencemari lingkungan sekitarnya, khususnya dalam hal polusi udara.

Greenbelt terdiri dari kumpulan vegetasi berupa pohon atau semak, yang berfungsi sebagai penyerap emisi karbon yang dihasilkan oleh aktivitas TPA. Pohon atau vegetasi lainnya, dapat menyerap Karbon Dioksida (CO₂) dengan kemampuannya dalam berfotosintesis untuk menghasilkan oksigen (O₂). Hal ini dimanfaatkan agar CO₂ yang diemisikan oleh aktivitas TPA dapat berkurang atau sampai habis, sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar.

Beberapa jenis tanaman berkayu dapat digunakan sebagai *greenbelt* karena kemampuannya dalam menyerap CO₂. Menurut Karyadi, 2005, daya serap Pohon Jati dengan jarak tanam 12 m x 12 m adalah 20,565 kg/hari. Pohon Jati merupakan tanaman yang berpotensi untuk menjadi *greenbelt* karena banyak ditemui di sekitar TPA Gedangkeret Jombang. Penggunaan pohon jati sebagai *greenbelt* di TPA dapat mengurangi berbagai macam resiko yang berpotensi ditimbulkan oleh aktivitas TPA Gedangkeret.

Emisi karbon pada TPA terjadi oleh beberapa aktivitas seperti hasil samping dekomposisi sampah dan juga aktivitas kendaraan operasional di dalam TPA yang menggunakan bahan bakar *fossil* sebagai sumber energinya. Emisi oleh proses dekomposisi sampah dapat dihitung dari pendekatan teori segitiga

gas, yang kemudian didapatkan jumlah timbulan gas metana dan karbon dioksida. Gas metana yang muncul dapat menjadi gas karbon dioksida jika dilakukan *flaring* pada TPA. Sedangkan perhitungan gas karbon dioksida yang diemisikan oleh kendaraan dapat dilakukan dengan formula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi } CO_2 &= \text{Jumlah BBM digunakan} \left(\frac{L}{km} \text{ atau } \frac{L}{jam} \right) \\
 &\times \text{Faktor Emisi } CO_2 \left(\frac{gr}{L} \right) \times \text{Jarak Tempuh Kendaraan} \left(\frac{km}{hari} \right) \\
 &\text{atau Durasi Operasional Kendaraan} \left(\frac{jam}{hari} \right)
 \end{aligned}$$

2.7 Metode Penilaian Indeks Risiko

Metode Penilaian Indeks Risiko merupakan metode pengambilan keputusan dalam melakukan penutupan atau rehabilitasi penimbunan sampah terbuka melalui penilaian risiko lingkungan. Metode ini tercantum pada Lampiran V Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga. Metode ini memiliki beberapa aspek yang dikaji yaitu aspek teknis, dampak lingkungan dan aspek sosial terutama dampak terhadap masyarakat.

Penilaian indeks risiko memiliki 3 kategori parameter yang dipertimbangkan yaitu parameter kriteria lokasi, karakteristik sampah dan karakteristik lindi. Parameter-parameter tersebut kemudian diberikan bobot dan indeks sensitivitas. Daftar parameter penilaian indeks risiko adalah sebagai berikut :

- Kriteria Tempat Pemrosesan Akhir
 - Jarak terhadap sumber air terdekat (m)
 - Kedalaman pengisian sampah (m)
 - Luas TPA (Ha)
 - Kedalaman air tanah (m)
 - Permeabilitas tanah (1×10^{-6} cm/s)
 - Kualitas air tanah
 - Jarak terhadap habitat (wetland/hutan konservasi (km))
 - Jarak terhadap air permukaan (m)
 - Jenis lapisan tanah dasar (% tanah liat)

- Umur lokasi untuk penggunaan masa mendatang (tahun)
- Jenis sampah (sampah perkotaan/pemukiman)
- Jumlah sampah yang dibuang total (ton)
- Jumlah sampah dibuang perhari (ton/hari)
- Jarak terhadap pemukiman terdekat pada arah angin dominan (m)
- Periode ulang banjir (tahun)
- Curah hujan tahunan (cm/tahun)
- Jarak terhadap kota (km)
- Penerimaan masyarakat
- Kualitas udara ambien CH₄ (%)
- Karakteristik Sampah TPA
 - Kandungan B3 dalam sampah
 - Fraksi sampah biodegradasi (%)
 - Umur pengisian sampah (tahun)
 - Kelembaban sampah di TPA (%)
- Karakteristik Lindi
 - BOD lindi (mg/L)
 - COD lindi (mg/L)
 - TDS lindi (mg/L)

Rincian perangkat penilaian berupa bobot dan indeks sensitivitas parameter metode penilaian indeks risiko disajikan pada tabel 2.1 pada halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perangkat Penilaian Indeks Risiko Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

No	Parameter	Bobot	Indeks sensitivitas			
			0 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 0,75	0,75 - 1
I - Kriteria Tempat Pemrosesan Akhir						
1	Jarak terhadap sumber air terdekat	69	>5000	2500 – 5000	1000 – 2500	<1000
2	Kedalaman pengisian sampah (m)	64	3	3 – 10	10 – 20	>20
3	Luas TPA (Ha)	61	<5	5 – 10	10 – 20	>20
4	Kedalaman air tanah (m)	54	>20	10 – 20	3 – 10	<3
5	Permeabilitas tanah (1×10^{-6} cm/detik)	54	<0,1	1 – 0,1	1 – 10	>10

No	Parameter	Bobot	Indeks sensitivitas			
			0 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 0,75	0,75 - 1
6	Kualitas Air Tanah	50	Tidak menjadi perhatian	Air dapat diminum	Dapat diminum jika tidak ada alternatif	Tidak dapat diminum
7	Jarak terhadap habitat (wetland/hutan konservasi) (km)	46	>25	10 – 25	5 – 10	<5
8	Jarak terhadap bandara terdekat (km)	46	>20	10 – 20	5 – 10	<1
9	Jarak terhadap air permukaan (m)	41	>8000	1500 – 8000	500 – 1500	<500
10	Jenis lapisan tanah dasar (% tanah liat)	41	>50	30 – 50	15 – 30	0,15

No	Parameter	Bobot	Indeks sensitivitas			
			0 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 0,75	0,75 - 1
11	Umur lokasi untuk penggunaan masa mendatang (tahun)	36	<5	5-10	10-20	>20
12	Jenis sampah (sampah perkotaan/permukiman)	30	100% sampah perkotaan	75% sampah perkotaan, 25% permukiman	50% sampah perkotaan, 50% permukiman	> 50% permukiman
13	Jumlah sampah yang dibuang total (ton)	30	<10 ⁴	10 ⁴ – 10 ⁵	10 ⁵ – 10 ⁶	>10 ⁶
14	Jumlah sampah dibuang per hari (ton/hari)	24	<250	250 – 500	500 – 1000	>1000

No	Parameter	Bobot	Indeks sensitivitas			
			0 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 0,75	0,75 - 1
15	Jarak terhadap permukiman terdekat pada arah angin dominan (m)	21	>1000	600 – 1000	300 – 600	<300
16	Periode ulang banjir (tahun)	16	>100	30 – 100	10 – 30	<10
17	Curah hujan tahunan (cm/tahun)	11	<25	25 – 125	125 – 250	>250
18	Jarak terhadap kota (km)	7	>20	10-20	5-10	<5

No	Parameter	Bobot	Indeks sensitivitas			
			0 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 0,75	0,75 - 1
19	Penerimaan masyarakat	7	Tidak menjadi perhatian masyarakat	Menerima rehabilitasi penimbunan sampah terbuka	Menerima penutupan penimbunan sampah terbuka	Menerima penutupan dan remediasi penimbunan sampah terbuka
20	Kualitas udara ambien CH ₄ (%)	3	<0,01	0,05 – 0,01	0,05 – 0,1	>0,1
II - Karakteristik sampah di TPA						
21	Kandungan B3 dalam sampah	71	<10	10 – 20	20 – 30	>30
22	Fraksi sampah biodegradable (%)	66	<10	10 – 30	30 – 60	60 – 100
23	Umur pengisian sampah (tahun)	58	>30	20 – 30	10 – 20	<10

No	Parameter	Bobot	Indeks sensitivitas			
			0 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 0,75	0,75 - 1
24	Kelembapan sampah di TPA (%)	26	<10	10 – 20	20 – 40	>40
III - Karakteristik lindi						
25	BOD lindi (mg/L)	36	<30	30 – 60	60 – 100	>100
26	COD lindi (mg/L)	19	<250	250 – 350	350 – 500	>500
27	TDS lindi (mg/L)	13	<2100	2100 – 3000	3000 – 4000	>4000

Sumber : Permen PU nomor 3 tahun 2013

Kemudian Indeks Risiko dihitung dengan rumus berikut :

$$RI = \sum_{i=1}^n W_i S_i$$

Keterangan :

- W_i : Bobot dari parameter ke -i, dengan rentang nilai 0 – 1000
- S_i : Indeks sensitivitas parameter ke -i, dengan rentang nilai 0 – 1
- RI : Indeks Risiko, dengan rentang nilai 0 – 1000

Nilai Indeks Risiko (*Risk Index/RI*) dapat digunakan untuk menentukan keputusan tempat penimbunan sampah yang sudah beroperasi untuk ditutup atau direhabilitasi. Nilai 0 mengindikasikan tidak atau kurang bahaya, nilai 1 mengindikasikan potensi bahaya tertinggi. Semakin tinggi nilai mengindikasikan risiko yang lebih besar terhadap kesehatan manusia dan tindakan-tindakan yang harus segera dilakukan di lokasi TPA. Prioritas selanjutnya menurun dengan turunnya total nilai. Nilai terendah mengindikasikan sensitivitas rendah dan dampak lingkungan kecil.

Kriteria evaluasi tingkat bahaya berdasar nilai indeks risiko tempat penimbunan sampah disajikan pada Tabel 2.2 sedangkan untuk sumber data untuk penilaian indeks risiko disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Kriteria Evaluasi Tingkat Bahaya Berdasarkan Nilai Indeks Risiko

No	Nilai Indeks Risiko (RI)	Evaluasi Bahaya	Tindakan yang disarankan
1	601 – 1000	Sangat tinggi	TPA harus segera ditutup karena mencemari lingkungan atau masalah sosial

No	Nilai Indeks Risiko (RI)	Evaluasi Bahaya	Tindakan yang disarankan
2	300 – 600	Sedang	TPA diteruskan dan direhabilitasi menjadi lahan urug terkendali secara bertahap
3	<300	Rendah	TPA diteruskan dan direhabilitasi menjadi lahan urug terkendali. Lokasi ini berpotensi untuk dikembangkan menjadi lahan urug dalam waktu yang lama

Sumber : Permen PU nomor 3 tahun 2013

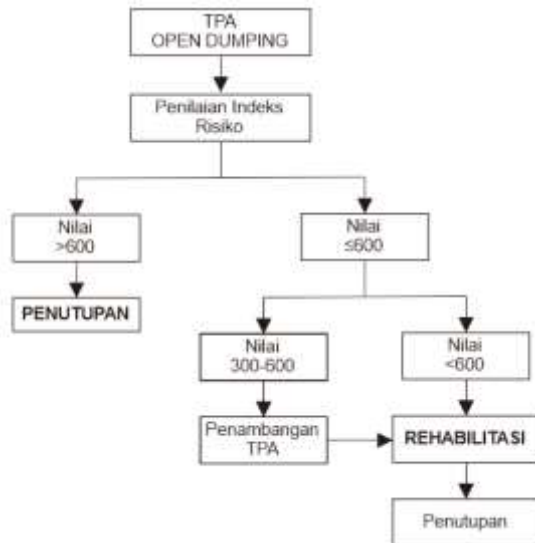
Tabel 2.3 Parameter dan Sumber Data yang Dibutuhkan untuk Penilaian Indeks Risiko

No	Parameter	Sumber data
1	Kriteria Lokasi	Sumber data
1	Jarak terhadap sumber air terdekat	Observasi lapangan
2	Kedalaman pengisian sampah (m)	Pengukuran lapangan/data dari pengelola/laporan
3	Luas TPA (Ha)	Pengukuran lapangan/data dari pengelola/laporan
4	Kedalaman air tanah (m)	Pengukuran lapangan/observasi
5	Permeabilitas tanah (1×10^{-6} cm/detik)	Pengujian permeabilitas
6	Kualitas Air Tanah	Pengujian laboratorium kualitas air tanah
7	Jarak terhadap habitat (wetland/hutan konservasi) (km)	Pengukuran/peta/data dari pengelola
8	Jarak terhadap bandara terdekat (km)	Pengukuran/peta/data dari pengelola

No	Parameter	
9	Jarak terhadap air permukaan (m)	Pengukuran
10	Jenis lapisan tanah dasar (% tanah liat)	Pengujian laboratorium kualitas tanah dasar TPA
11	Umur lokasi untuk penggunaan mendatang (tahun)	Perhitungan kapasitas TPA/data dari pengelola
12	Jenis sampah (sampah perkotaan/permukiman)	Sampling komposisi sampah/data dari pengelola
13	Jumlah sampah yang dibuang total (ton)	Perhitungan/penimbangan/data dari pengelola
14	Jumlah sampah dibuang per hari (ton/hari)	Perhitungan/penimbangan/data dari pengelola
15	Jarak terhadap permukiman terdekat pada arah angin dominan (m)	Pengukuran lapangan
16	Periode ulang banjir (tahun)	Data klimatologi
17	Curah hujan tahunan (cm/tahun)	Data klimatologi
18	Jarak terhadap kota (km)	Pengukuran/peta
19	Penerimaan masyarakat	Kuesioner/wawancara
20	Kualitas udara ambien CH ₄ (%)	Pengukuran kualitas udara
II	Karakteristik Sampah TPA	Sumber data
21	Kandungan B3 dalam sampah	Sampling sampah B3
22	Fraksi biodegradable (%) sampah	Sampling komposisi sampah
23	Umur pengisian sampah (tahun)	Data operasional TPA
24	Kelembapan sampah di TPA (%)	Hasil pengujian laboratorium
III	Karakteristik Lindi	Sumber data
25	BOD lindi (mg/L)	Hasil pengujian laboratorium
26	COD lindi (mg/L)	Hasil pengujian laboratorium
27	TDS lindi (mg/L)	Hasil pengujian laboratorium

Sumber : Permen PU nomor 3 tahun 2013

Kemudian dapat dihasilkan rekomendasi sesuai dengan alur pilihan aktivitas rehabilitasi TPA berdasarkan nilai Indeks Risiko seperti yang tersaji pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alur Pilihan Penilaian Indeks Risiko
Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013

2.7 Penutupan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

Penutupan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dilakukan secara permanen apabila TPA tersebut telah memenuhi kriteria :

- TPA telah penuh dan tidak mungkin diperluas
- Keberadaan TPA sudah tidak sesuai dengan RTRW/RTRK Kabupaten/Kota tersebut
- Sesuai dengan penilaian indeks risiko yang telah dilakukan

Perencanaan teknis penutupan TPA secara permanen harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

- Pembuatan tata cara penutupan TPA yang meliputi :
 - Pra Penutupan TPA
 - Pelaksanaan Penutupan TPA

- Pasca Penutupan TPA
- Pengukuran kondisi fisik TPA untuk mengetahui batasa kerja lokasi penutupan TPA dan penyiapan konstruksi elemen-elemen penutupan yang meliputi
 - Tanggul
 - Saluran Drainase
- Rencana desain penutupan TPA yang meliputi :
 - Stabilisasi tumpukan sampah
 - Mengurangi ketinggian tumpukan sampah untuk mengurangi bahaya ketidakstabilan slope/lereng. Sampai dengan tumpukan akhir, kemiringan lereng direncanakan sekitar 2 – 4 % agar tidak terjadi genangan dan air dapat mengalir dengan baik dengan rasio vertikal ke horisontal kurang dari 1 : 3. Ilustrasi kemiringan tumpukan tersaji pada gambar 2.2.

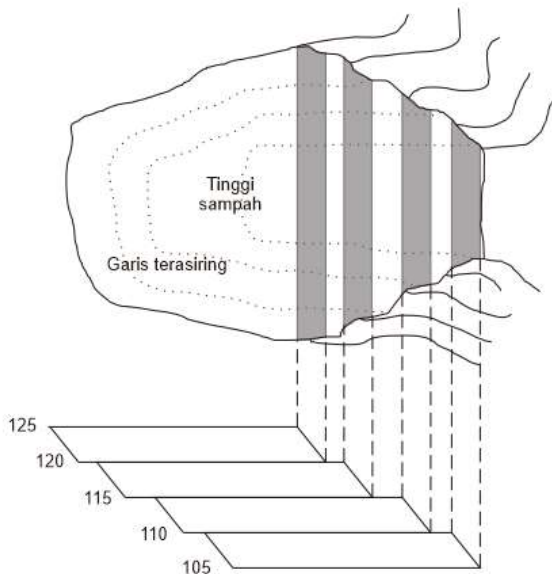


Gambar 2.2 Kemiringan Lereng dan Rasio Vertikal-Horisontal
Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013

- Batas nilai yang digunakan agar material dalam timbunan tidak runtuh digunakan nilai faktor keamanan minimum 1,3 untuk kemiringan timbunan sementara dan 1,5 untuk kemiringan permanen
- Kestabilan timbunan lahan urug ditentukan oleh : karakteristik dan kestabilan tanah dasar, karakteristik dan berat sampah (komposisi sampah), kandungan air dalam sampah, kemiringan lereng, penggunaan terasering pada ketinggian tertentu (sebaiknya lebar

minimum 5 m setiap ketinggian 5 m), kepadatan sampah (massa jenis).

- Jika ketinggian tumpukan sampah melebihi 5 m harus dilakukan rekonturing agar kestabilan tanah terjaga
- Lereng yang tidak berkontur dipotong dan dibentuk agar berkontur, bagian bawah sampah dipotong dan dibuat terasering selebar 5 m, lereng dibentuk dengan kemiringan 20 – 30°
- Setelah diberi kontur, sampah diberi lapisan tanah penutup. Contoh rekonturing diilustrasikan pada gambar 2.3

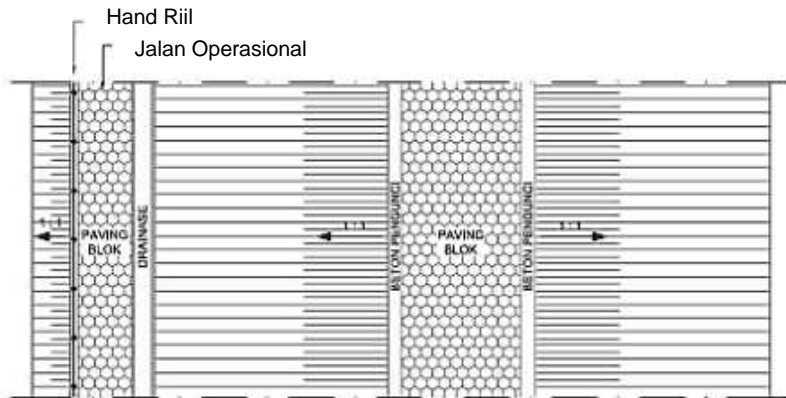


Gambar 2.3 Contoh rencana rekonturing

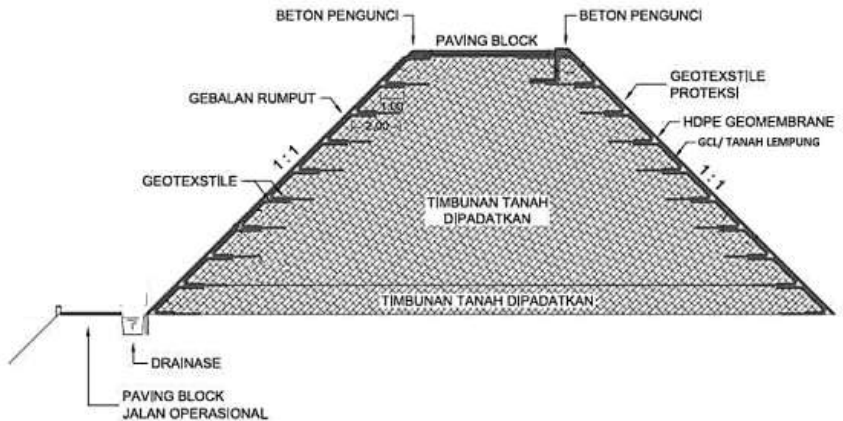
Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013

- Dibuat tanggul pengaman untuk mencegah kelongsoran sampah. Tanggul

dibuat di sisi-sisi sel sampah. Tanggul dibuat dari timbunan tanah yang dipadatkan. Tanggul pada sisi sel sampah diproteksi dengan GCLs, HDPE Geomembran dan Geotextile Proteksi. Pada bagian luas sisi timbunan sampah diproteksi dengan geotextile. Struktur pelapis tanggul dibuat mengikuti pelapisan dasar sel TPA, yaitu menggunakan tanah lempung dan dilapisi dengan geomembran. Jika pengadaan tanah lempung sulit dilakukan, maka tanah lempung dapat diganti dengan lapisan kedap lainnya seperti GCL. Gambar tipikal tanggul diilustrasikan pada gambar 2.4 dan 2.5.



Gambar 2.4 Contoh Denah Tanggul Sampah
Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013

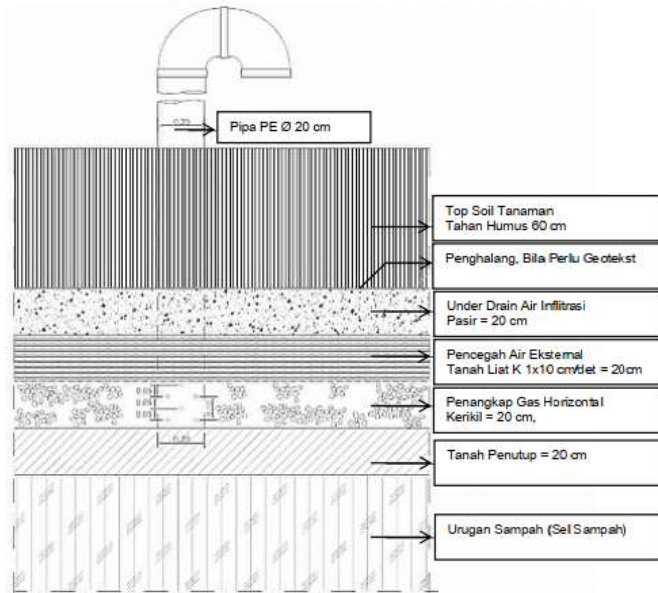


Gambar 2.5 Contoh Potongan Tanggul Sampah

Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013

- Tanah penutup akhir
 - Fungsi utama sistem penutupan timbunan sampah pada TPA yang akan ditutup adalah : Menjamin integritas timbunan sampah dalam jangka panjang, Menjamin tumbuhnya tanaman atau penggunaan site lainnya, Menjamin stabilitas kemiringan (slope) dalam kondisi beban statis dan dinamis, Mengurangi infiltrasi, berpindahnya gas, bau dari tumpukan sampah, Mencegah binatang bersarang di tumpukan sampah.
 - Penutupan sampah dengan tanah serta proses pemadatannya dilakukan secara bertahap lapis – per lapis dan memperhatikan lansekap yang ada dan lansekap yang diinginkan bagi peruntukannya.
 - Lapisan tanah penutup hendaknya tidak tergerus air hujan dan Mempunyai kemiringan menuju titik saluran drainase.

- Sistem penutup akhir mengacu pada Standar penutup final pada lahan urug saniter, yaitu berturut-turut dari bawah ke atas (ilustrasi dapat dilihat gambar 2.6 tipikal lapisan penutup akhir) : Di atas timbunan sampah lama diurug lapisan tanah penutup setebal 30 cm dengan pemadatan, Lapisan karpet kerikil berdiameter 30 – 50 mm sebagai penangkap gas horizontal setebal 20 cm, yang berhubungan dengan perpipaan penangkap gas vertikal, Lapisan tanah liat setebal 20 cm dengan permeabilitas maksimum sebesar 1×10^{-7} cm/det, Lapisan karet kerikil under-drain penangkap air infiltrasi terdiri dari media kerikil berdiameter 30 – 50 mm setebal 20 cm, menuju sistem drainase. Bilamana diperlukan, di atasnya dipasang lapisan geotekstil untuk mencegah masuknya tanah yang berada di atasnya, Lapisan tanah humus setebal minimum 60 cm
- Bila menurut desain perlu digunakan geotekstil dan sejenisnya, pemasangan bahan ini hendaknya disesuaikan spesifikasi teknis yang telah direncanakan dan dilaksanakan oleh kontraktor yang berpengalaman dalam bidang ini.
- Tanah penutup akhir hendaknya mempunyai grading dengan kemiringan maksimum 1 : 3 untuk menghindari terjadinya erosi.
- Kemiringan dan kondisi tanah penutup harus dikontrol setiap hari untuk menjamin peran dan fungsinya, bilamana perlu dilakukan penambahan dan perbaikan pada lapisan ini.



Gambar 2.6 Model Tanah Penutup Lapisan Akhir
Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013

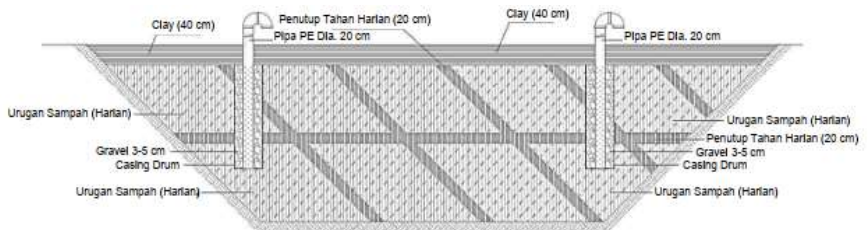
- Melakukan pemeliharaan secara rutin terhadap tanah penutup, terutama dengan terbentuknya genangan (ponding) agar fungsi tanah penutup tetap seperti yang diharapkan. Perubahan temperature dan kelembaban udara dapat menyebabkan timbulnya retakan permukaan tanah yang memungkinkan terjadinya aliran gas keluar dari TPA lama ataupun mempercepat rembesan air pada saat hari hujan. Retakan yang terjadi perlu segera ditutup dengan tanah sejenis.
- Proses penurunan permukaan tanah juga sering tidak berlangsung seragam sehingga ada bagian yang menonjol

maupun melengkung kebawah. Ketidak teraturan permukaan ini perlu diratakan dengan memperhatikan kemiringan kearah saluran drainase. Penanaman rumput dianjurkan untuk mengurangi efek retakan tanah melalui jaringan akar yang dimiliki.

- Pemeriksaan kondisi permukaan TPA lama ini perlu dilakukan minimal sebulan sekali atau beberapa hari setelah terjadi hujan lebat untuk memastikan tidak terjadinya perubahan drastis pada permukaan tanah penutup akibat erosi air hujan.
- Pada area yang telah dilaksanakan penutupan final tersebut diharuskan ditanami tanaman atau pohon yang sesuai dengan kondisi daerah setempat.
- Apabila pada lokasi TPA sulit didapatkan tanah liat dengan permeabilitas minimum 1×10^{-7} cm/det dan tanah asli dan pemerintah kota / kabupaten mempunyai dana yang cukup untuk membeli lapisan geotextile nonwoven, maka tanah liat dapat diganti dengan lapisan geotextille nonwoven dengan ketebalan 1,5 mm dan lapisan top soil hanya 40 cm saja. Lapisan caping secara tipikal dilakukan berturut-turut dari bawah ke atas :
 - Geotekstile nonwoven 300 gram/m² setebal 1,5 mm.
 - Gravel dengan diameter 30 - 50 mm dengan ketebalan 40 cm. Lapisan ini berfungsi sebagai gas collection.
 - Geotekstile nonwoven 600 gram/m² setebal 1,5 mm.
 - HDPE geomembrane setebal 0,6 cm

- Geotekstile nonwoven 600 gram/m² setebal 1,5 mm.
- Gravel dengan diameter 30 - 50 mm dengan ketebalan 30 cm. Lapisan berfungsi sebagai drainage layer.
- Geotekstile nonwoven 300 gram/m² setebal 1,5 mm.
- Tanah humus 40 cm. Lapisan ini berfungsi sebagai top soil tanaman.

Apabila pemerintah kota/kabupaten tidak memiliki dana yang cukup untuk melakukan capping, maka minimal tanah penutup lapisan akhir dengan tanah liat dengan permeabilitas 1×10^{-7} cm/detik setebal 40 cm. Gambar 2.7 menunjukkan model tanah penutup lapisan akhir tersebut.



Gambar 2.7 Model Tanah Penutup Lapisan Akhir
Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013

- Sistem drainase
 - Drainase pada TPA lama berfungsi untuk mengendalikan aliran limpasan air hujan dengan tujuan memperkecil aliran yang masuk ke timbunan sampah. Semakin kecil rembesan air hujan yang masuk ke

timbunan sampah, akan semakin kecil pula debit lindi yang dihasilkan.

- Drainase utama dibangun di sekeliling blok atau zona penimbunan. Drainase dapat berfungsi sebagai penangkap aliran limpasan air hujan yang jatuh di atas timbunan sampah tersebut. Permukaan tanah penutup harus dijaga kemiringan sebesar 2 - 4% yang mengarah pada saluran drainase.
 - Lakukan pemeriksaan rutin setiap minggu khususnya pada musim hujan, untuk menjaga dari kerusakan saluran yang serius.
 - Saluran drainase dipelihara dari tanaman rumput atau semak yang mudah sekali tumbuh akibat tertinggalnya endapan tanah hasil erosi tanah penutup. TPA di daerah bertopografi perbukitan akan sering mengalami erosi akibat aliran air yang deras.
 - Lapisan drainase dari pasangan semen yang retak atau pecah perlu segera diperbaiki agar tidak mudah lepas oleh erosi air, sementara saluran tanah yang berubah profilnya akibat erosi perlu segera dikembalikan ke dimensi semula agar dapat berfungsi mengalirkan air dengan baik.
 - Besarnya saluran drainase dihitung berdasarkan luasnya catchment area pada TPA dan intensitas curah hujan di daerah tersebut
- Pengendalian lindi
 - Bila pada TPA yang akan ditutup belum terdapat IPL dan efluen dari lindi pada TPA tersebut dianggap belum stabil, maka diperlukan pengkajian dan desain khusus untuk membangun IPL yang sesuai.

Namun bila desain penutup cukup efektif, maka air yang masuk ke dalam timbunan akan menurun secara signifikan. Jumlah lindi pada TPA yang sudah ditutup akan tergantung pada desain lapisan tanah penutup akhir, jenis sampah yg ditimbun dan iklim, khususnya jumlah hujan.

- Bila pada lokasi belum tersedia sistem pengumpul dan penangkap lindi, maka penangkapan lindi perlu dibangun di bagian terbawah dari timbunan tersebut.
- Jika pada TPA telah ada IPL, maka lakukan evaluasi pada IPL, spesifikasi teknik jaringan under-drain pengumpul lindi, sistem pengumpul lindi, bak kontrol dan bak penampung dan pipa inlet ke instalasi.
- Jika IPL dibangun baru dengan sistem biologi, maka lakukan seeding dan aklimatisasi terlebih dahulu sesuai SOP IPL, sebelum dilakukan proses pengolahan lindi sesungguhnya. Langkah ini kemungkinan besar akan terus dibutuhkan, bila terjadi perubahan kualitas dan beban seperti akibat hujan, atau akibat tidak berfungsinya sistem IPL biologis ini sehingga merusak mikroorganisme semula.
- Efluen IPL lindi harus memenuhi persyaratan seperti tercantum dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Parameter dan Baku Mutu Air Lindi (Outlet IPL)

Parameter	Nilai Baku Mutu	Satuan
pH	6 – 9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

Sumber : Permen LHK no 59 tahun 2016

- Dianjurkan agar pada saat tidak hujan, sebagian lindi yang ditampung dikembalikan ke timbunan sampah sebagai resirkulasi lindi, misalnya melalui sistem ventilasi gas bio. Lakukan pengecekan secara rutin pompa dan perpipaan resirkulasi lindi untuk menjamin sistem resirkulasi tersebut.
- Lakukan secara rutin dan periodik updating data curah hujan, temperatur dan kelembaban udara, debit lindi, kualitas influen dan efluen hasil IPL, untuk selanjutnya masuk ke informasi recording/pencatatan. Umur TPA lama mempengaruhi beban pengolahan yang dapat dilakukan sehingga perlu dimonitoring dan disesuaikan apabila diperlukan.
- Kolam penampung dan pengolah lindi seringkali mengalami pendangkalan akibat endapan suspensi. Hal ini akan

menyebabkan semakin kecilnya volume efektif kolam yang berarti semakin berkurangnya waktu tinggal, yang akan berakibat pada rendahnya efisiensi pengolahan yang berlangsung. Untuk itu, perlu diperhatikan agar kedalaman efektif kolam tetap terjaga.

- Lumpur endapan yang mulai tinggi melampaui dasar efektif kolam harus segera dikeluarkan. Gunakan excavator dalam pengeluaran lumpur ini. Dalam beberapa hal dimana ukuran kolam tidak terlalu besar, dapat digunakan truk tinja untuk menyedot lumpur yang terkumpul yang selanjutnya dapat dibiarkan mengering dan dimanfaatkan sebagai tanah penutup sampah.
 - Lindi dapat keluar dari timbunan sampah lama secara lateral. Dibutuhkan sistem penangkap, misalnya dengan menggali sisi miring timbunan sampah yang mengeluarkan lindi sekitar 0,5 m ke dalam, lalu ditangkap dengan pipa 100 mm, diarahkan menuju drainase pengumpul untuk dialirkan ke IPL.
 - Jika lahan TPA luas, maka IPL yang dibuat terdiri dari serangkaian kolam stabilisasi anaerob, kolam fakultatif dan kolam maturasi serta lahan sanitasi. Kolam biologis tanpa bantuan aerasi mempunyai waktu detensi yang lama dan mempunyai dimensi yang besar. Sehingga untuk memperkecil ukuran dan mempersingkat waktu detensi maka dapat digunakan kolam biologis dengan bantuan aerasi. Hanya saja aerasi memerlukan biaya untuk energi listrik pada operasionalnya.
- Pengendalian gas

- Gas yang ditimbulkan dari proses degradasi di TPA harus dikontrol agar tidak mengganggu lingkungan.
- Gas hasil biodegradasi tersebut dicegah mengalir secara lateral dari lokasi TPA yang ditutup menuju daerah sekitarnya.
- Tidak diperkenankan untuk mengalirkan gas ke udara terbuka. Diharuskan untuk membakar gas tersebut pada gas-flare secara terpusat. Sangat dianjurkan menangkap gas tersebut untuk dimanfaatkan.
- Pengelolaan gas menggunakan perpipaan gas vertikal yang berfungsi mengalirkan gas yang terkumpul dalam satu lajur ke pipa penangkap gas. Jika pipa gas vertikal telah ada saat TPA dioperasikan, maka pipa gas vertikal pada lapisan capping merupakan pipa gas vertikal yang diteruskan dari lapisan sebelumnya. Jika pipa gas pada pengoperasian TPA tidak ada maka gas harus dievakuasi ke luar dengan membuat sistem penangkap gas vertikal, dengan cara :
 - Membuat sumuran berdiameter minimum 50 cm berisi kerikil diameter 30 – 50 mm dengan melakukan pemboran vertikal, sedapat mungkin sampai kedalaman 1 - 2 m di atas dasar lahan urug lama
 - Memasang pipa PVC diameter minimum 75 mm, paling tidak 1 m sebelum akhir sumuran tersebut di atas, sebagai upaya pengumpul gas. Penangkap gas untuk kebutuhan recovery diuraikan pada bagian

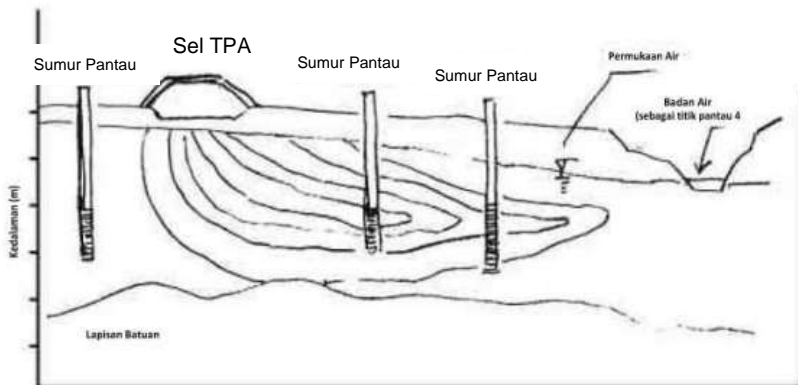
- Mengalirkan gas yang tertangkap ke pipa penangkap gas melalui ventilasi tersebut, sedemikian sehingga tidak berakumulasi yang dapat menimbulkan ledakan atau bahaya toksik lainnya. Dianjurkan mengumpulkan gas tersebut dan membakarnya pada gas-flare.
- Sistem penangkap gas untuk recovery dapat berupa :
 - Ventilasi vertikal : merupakan ventilasi yang mengarahkan dan mengalirkan gas yang terbentuk ke atas.
 - Ventilasi akhir : merupakan ventilasi yang dibangun pada timbunan akhir yang dihubungkan dengan sarana pengumpul gas untuk dibakar dengan gas-flare atau dimanfaatkan lebih lanjut. Perlu dipahami bahwa potensi gas pada TPA lama ini sudah mengecil sehingga mungkin tidak mampu untuk digunakan dalam operasi rutin. Untuk mengetahui persentase gas metan yang terkandung pada gas di TPA diperlukan analisa di laboratorium.
- Timbunan gas harus dimonitor dan dikontrol sesuai dengan perkiraan umur produksinya.
- Beberapa kriteria desain perpipaian vertikal pipa gas, yaitu :
 - Pipa gas dengan casing PVC/PE/HDPE : 100 – 150 mm

- Lubang bor berisi kerikil : 50 – 100 cm
 - Perforasi pipa : 8 – 12 mm
 - Kedalaman lubang bor : 80 %
 - Jarak antara ventilasi vertikal : 25 – 50 m.
- Kontrol pencemaran air
 - Dibutuhkan rencana pemantauan dan pengontrolan kualitas air. Rencana kontrol kualitas air harus memuat :
 - Kondisi badan air dan prediksi daerah yang berpotensi tercemar oleh lindi
 - Elevasi dan arah aliran air tanah
 - Lokasi dan tinggi muka air permukaan yang berdekatan
 - Potensi hubungan antara lokasi TPA lama, akuifer setempat dan air permukaan
 - Kualitas air dari zone yang berpotensi terkena dampak TPA ditutup
 - Rencana penempatan sumur pemantau, stasiun sampling serta program sampling
 - Informasi tentang karakteristik tanah dan hidrogeologi di bawah lokasi lahan urug pada kedalaman yang cukup untuk memungkinkan dilakukannya evaluasi peran tanah tersebut dalam melindungi air tanah
 - Rencana kontrol run-off untuk mengurangi infiltrasi air ke dalam tumpukan sampah serta kontrol erosi terhadap lapisan tanah penutup

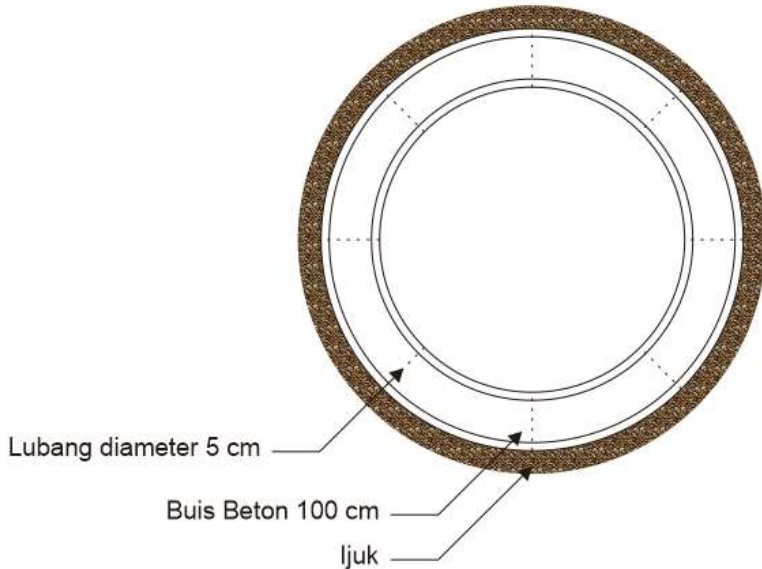
- Dibutuhkan rencana pemantauan dan pengontrolan kualitas air secara berkala setiap 6 bulan sekali sampai jangka waktu 20 tahun sesuai UU No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah pasal 9.
- Lakukan pengecekan dan pemeriksaan secara rutin dan berkala terhadap kualitas air tanah di sumur monitoring, sumur penduduk di sekitar TPA dengan Parameter utama yang diperiksa adalah warna, pH, bau, daya hantar listrik, khlorida, BOD, COD, Angka $KMnO_4$ dan N-NH. Baku mutu yang digunakan sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- Sampling dan analisa air tanah yang digunakan sebagai sumber air minum dengan parameter yang diperiksa mengikuti standar kualitas air minum yang berlaku yaitu mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat Pengawasan Kualitas Air, Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Syarat-Syarat Kualitas Air Minum, Peraturan Menteri Kesehatan No.736/MENKES/PER/VI/2010 Tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum
- Sampling dan analisa air sungai yang berjarak kurang dari 200 m dari batas berjarak TPA lama dilakukan secara berkala sesuai peraturan yang berlaku.
- Lokasi sumur pantau harus terletak paling tidak berjarak 10 dan 20 dari TPA dan dari drainase TPA. Lokasi sumur pantau kontrol ada di bagian hulu TPA. Sehingga tiga sumur cukup sebagai sumur pantau (Lihat Gambar 2.7). Sumur pantau dapat

digali secara manual jika muka air kurang dari 4 m.

- Sumur pantau dibuat dari buis beton dengan diameter 100 cm dan ketebalan buis 15 cm. Kedalaman sumur pantau disesuaikan dengan kedalaman air tanah. Penggalan sumur pantau harus mencapai muka air tanah. Buis beton yang ada di bawah permukaan tanah dilubangi dengan lubang 5 cm dengan jarak masing - masing lubang 50 cm (Lihat Gambar 2.7 dan Gambar 2.8). Pada sekeliling buis beton diberi ijuk. Dan pada dasar sumur pantau diberi hamparan kerikil setebal 20 cm. Untuk keamanan sumur pantau ditutup dengan plat penutup beton yang mudah dibuka jika akan dilakukan pengambilan sampel.



Gambar 2.8 Lokasi Sumur Pantau
Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013



Gambar 2.9 Desain Tampak Atas Sumur Pantau
Sumber : Permen PU no 3 tahun 2013

- Kontrol terhadap kebakaran dan bau
 - Pembakaran sampah tidak terkontrol (open burning) dilarang dilakukan di lokasi TPA.
 - Sekeliling lokasi TPA hendaknya dikelilingi zona penyangga dari tanaman yang dapat menjadi penghalang dari adanya sampah beterbangan dan adanya penampakan yang dapat mengganggu estetika. Dianjurkan adanya sarana penghalang sampah terbang yang dapat dipindah pindah sesuai kebutuhan.
 - Kontrol terhadap timbulnya bau dan debu harus diadakan untuk melindungi kesehatan serta keselamatan personel,

penduduk sekitar, serta orang yang menggunakan fasilitas TPA ini.

- Tingkat kebauan yang keluar dari TPA digolongkan pada bau yang berasal dari bau campuran, dinyatakan sebagai ambang bau yang dapat dideteksi secara sensorik oleh lebih dari 50% anggota penguji yang berjumlah minimal 8 (delapan) orang.
- Kontrol bau dapat juga dilakukan dengan menggunakan fly-index dengan menggunakan standar kepadatan alat yang biasa digunakan.
- Kontrol kebakaran yang muncul akibat pembakaran liar di lokasi, atau karena terbakarnya bagian sampah yang mudah terbakar, serta tersedianya bahan bakar gas bio pada timbunan, dapat dihindari dengan menerapkan peraturan yang ketat (a) agar tidak membuang puntung rokok pada area timbunan sampah, (b) agar tidak membakar sampah pada timbunan sampah, (c) tidak melakukan pengelasan di area sel, (d) Peralatan konstruksi harus dilengkapi dengan knalpot vertikal dan percikan api harus dihindari, (e) melakukan perawatan pada mesin atau kendaraan bermotor sehingga kebocoran bahan bakar atau cairan lain dapat dicegah.
- Setiap alat berat yang dioperasikan di TPA harus dilengkapi dengan alat pemadam kebakaran portabel agar dapat merespon cepat adanya api. Dua alat pemadam portabel direkomendasikan untuk setiap mesin. Operator dan personil lainnya harus tahu dimana alat pemadam berada, tahu cara mengoperasikannya dan tahu apa siapa yang harus dihubungi

untuk bantuan. Tindakan awal dapat meminimalkan terjadinya kerusakan dan menghindari adanya korban.

- Jika terjadi kebakaran tindakan pertama yang harus dilakukan adalah:
 - Tutup pengumpulan gas dari lahan TPA jika ada).
 - Segera identifikasi ietak api
 - Panggil pemadam kebakaran
 - Kenali level terjadinya kebakaran
 - Patuhi perintah dari pimpinan TPA
 - Lakukan komunikasi yang baik
 - Pilih alat pemadam api yang tepat
 - Lakukan monitoring pada emisi udara dan kebakaran yang terjadi
 - Lakukan komunikasi dengan komunitas sekitar
 - Lakukan rencana evakuasi untuk penduduk sekitar jika diperlukan
 - Gunakan peralatan kesehatan dan keselamatan kerja pada pekerja di TPA (helm, masker, jaket pelindung panas, sepatu tahan panas)
- Pencegahan pembuangan ilegal
 - Ada kemungkinan bahwa masih akan ada beberapa individu atau pihak lain yang masih akan mencoba untuk membuang sampah di TPA yang sudah ditutup. Ini mungkin karena TPA baru atau alternatif pembuangan jauh dari sumber sampah. Untuk mengontrol, illegal dumping cara berikut dapat dilakukan:
 - Program kesadaran bagi masyarakat dengan menginformasikan dan mendorong masyarakat

menggunakan fasilitas yang baru. Pada saat yang sama, langkah yang diambil untuk pencegahan ilegal dumping adalah inspeksi dan denda;

- Fasilitas TPS disediakan untuk menampung sampah bagi masyarakat umum. Sampah diangkut menuju TPA baru. Layanan ini dapat disediakan gratis untuk umum, namun bagi komersial atau industri harus mengangkut sampah mereka sendiri ke TPA baru.
- Revegetasi dan zona penyanggah
 - Persiapan revegetasi meliputi hal-hal sebagai berikut :
 - Penyiapan lapisan tanah
 - Perbaikan kualitas dan atau penyediaan kualitas tanah yang baik.
 - Prosedur persiapan tanah untuk penanaman meliputi :
 - Perbaikan kualitas tanah
 - Penambahan nutrisi
 - Menjaga suhu tanah
 - Menjaga kelembaban kadar air dengan menyiramnya saat kering
 - Penggunaan peralatan pemindahan tanah.
 - Tanaman untuk green belt area menggunakan pohon pelindung, tanaman untuk permukaan tumpukan sampah menggunakan tanaman perdu.
 - Penjelasan tentang tanaman perdu secara umum adalah :

- Pohon yang tumbuh lebih lambat lebih mudah diterapkan karena memerlukan kelembaban yang lebih rendah
- Tanaman perdu (tinggi dibawah 1 meter) dapat menutupi permukaan dan terhindar dari gas pada lapisan yang lebih dalam tetapi memerlukan pengairan lebih sering
- Penanaman rerumputan mempunyai kelebihan, antara lain lebih mudah tumbuh, berakar serabut dan dangkal, lebih mudah berkembang pada kondisi timbunan, memiliki ketahanan lebih tinggi
- Selain rumput, tanaman krimonil / krokot dapat digunakan, dan ditanam sudah jadi.
- Tanaman perdu yang dapat dipilih antara lain: Puring (*Codiaeum variegatum*), Beluntas / BaJuntas (*P/uchea indica L*), Bougenvile (*Bougainvillea*), Daun Wungu / Daun putri / Demung (*Graptophyllum pictum (L.)Griff*), Wedelia (*Wedelia trilobata (L.) Hitchc*), Tapak kuda (*Ipomoea pescaprae*), Euphorbia Dentata (*Euphorbia dentata Michx*) Rumput jepang (*Zoysia japonica*) dan Rumput Belulang (*Eleusine indica (L.) Gaertn*)
- Penjelasan tentang tanaman pohon pelindung adalah :
 - Pohon pelindung (tanaman keras) yang digunakan sudah mencapai ketinggian 1,50m

- Pupuk untuk tanaman yang digunakan adalah pupuk kandang
- Tanaman pohon pelindung yang dapat dipilih antara lain: Kamboja putih / semboja (*Plumeria alba*), Kamboja merah (*Plumeria rubra L.*), Ketapang (*Terminalia cattapa L.*), Glodokan Tiang (*Polyalthia longifo/ia*), Bungur / Wungu (*Lagerstromieia speciosa Pers.*), Kelapa gading (*Cocos nucifera varietes eburnea*), Nyamplungan (*Calophyllum inophyllum L.*)
 - Rencana aksi pemindahan pemukiman informal dan keamanan TPA
- Kegiatan pasca penutupan TPA
 - Jika ada pemukim informal (pemulung) di TPA, maka harus direlokasi dan harus diberi pilihan mata pencaharian alternatif yang tersedia bagi mereka.
 - Jika pemerintah daerah merencanakan mengoperasikan Material Recovery Facility (MRF), maka pemulung dapat secara resmi dipekerjakan karena mereka telah terbiasa efisien dalam melakukan pemilahan sampah.
 - Jika pemulung yang terorganisasi diizinkan untuk membantu pemilahan di TPA baru, maka sediakan tempat untuk pemulung yang terorganisasi tersebut. Pemulung yang terorganisir mungkin diperbolehkan berada di TPA baru dengan prosedur yang telah disepakati.

2.8 Perencanaan Rehabilitasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah memerlukan perencanaan rehabilitasi apabila memenuhi kriteria sebagai berikut :

- TPA telah menimbulkan masalah lingkungan sehingga rehabilitasi dilakukan untuk meminimalkan permasalahan lingkungan yang terjadi.
- TPA yang mengalami bencana dan masih layak secara teknis untuk digunakan sebagai tempat pengurugan sampah.
- Pemerintah Kota/Kabupaten masih sulit mendapatkan calon lahan pengembangan TPA baru.
- Kondisi TPA masih memungkinkan untuk direhabilitasi baik melalui proses lahan urug mining terlebih dahulu atau langsung digunakan kembali sebagai area pengurugan sampah.
- TPA masih dapat dioperasikan dalam jangka waktu minimal 5 tahun dan atau yang memiliki luas lebih dari 2 Ha.
- Lokasi TPA memenuhi ketentuan teknis dalam tata cara pemilihan lokasi TPA.
- Peruntukan lahan TPA sesuai dengan rencana peruntukan sebuah kawasan dan Rencana Tata Ruang Wilayah / Kota (RTRW / K).
- Sesuai dengan penilaian indeks risiko
- Kesiediaan pengelola dan Pemerintah Daerah untuk mengoperasikan TPA secara lahan urug terkendali atau lahan urug saniter dan tanggung jawab pemeliharanya.
- Sampah yang ditimbun adalah sampah perkotaan bukan sampah industri dan rumah sakit yang mengandung B3 (Bahan Beracun Berbahaya).
- Kondisi sosial dan ekonomi masyarakat sekitar lokasi mendukung atau tidak ada konflik sosial yang berarti dari segi demografi, sebaran permukiman jalan akses dan kondisi sosial menyangkut kepercayaan masyarakat sekitar.

- Tersedianya biaya untuk perencanaan, investasi, operasi dan pemeliharaan TPA.
- Ketersediaan rencana dan desain terhadap penggunaan kembali lahan TPA sebagai area pengurangan sampah.
- Rencana dan desain secara teknis menurut Permen PU nomor 3 Tahun 2013 meliputi :
 - Rencana penutupan tanah sementara
 - Rencana kegiatan penambangan lahan urug, bila dilakukan
 - Rencana pemasangan tanggul penahan sampah
 - Perencanaan konstruksi system pelapis dasar
 - Perencanaan konstruksi pipa lindi
 - Perencanaan konstruksi pipa gas
 - Perencanaan pengolahan lindi
 - Perencanaan revegetasi dan buffer area (green boundary)
 - Monitoring kualitas lingkungan
 - Perencanaan pasca operasi

2.9 Gambaran Umum Wilayah Studi

2.9.1 Kabupaten Jombang

Kabupaten Jombang merupakan Kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Timur dengan jumlah penduduk sebesar 1,2 juta jiwa dengan luas wilayah kabupaten sebesar 1,15 km². Kabupaten Jombang memiliki batas wilayah sebagai berikut :

- Batas Wilayah Bagian Utara :
Kabupaten Lamongan, Kabupaten Bojonegoro
- Batas Wilayah Bagian Barat :
Kabupaten Nganjuk
- Batas Wilayah Bagian Selatan :
Kabupaten Kediri, Kabupaten Malang
- Batas Wilayah Bagian Timur :
Kabupaten Mojokerto

Gambar 2.9 menyajikan peta Kabupaten Jombang.

Kabupaten Jombang memiliki 21 Kecamatan dengan Kecamatan Jombang sebagai ibukota kabupaten. Kecamatan dengan kepadatan tertinggi adalah pada Kecamatan Jombang dengan kepadatan penduduk sebesar 4015 orang/km² dan kepadatan terendah adalah pada Kecamatan Plandaan sebesar 296 orang/km² dimana wilayah Kecamatan Jombang merupakan wilayah permukiman perkotaan dan wilayah Kecamatan Plandaan merupakan wilayah hutan.

2.9.2 Pengelolaan Persampahan Kabupaten Jombang

Pengelolaan persampahan di Kabupaten Jombang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten. Kabupaten Jombang memiliki 36 titik Tempat Penampungan Sementara (TPS) yang tersebar pada 21 Kecamatan. Sampah pada TPS kemudian akan dibawa menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah yang berada pada Dusun Gedangkeret, Desa Banjardowo, Kecamatan Jombang. TPA ini menampung kurang lebih 62 Ton Sampah/hari. (Mujiyati, 2016).

TPA Gedangkeret mulai beroperasi sejak tahun 1994 sesuai dengan Surat Keputusan Bupati Jombang tentang Penunjukan Lokasi TPA. TPA Gedangkeret mempunyai luas lahan sebesar 8,7 Ha. Pada awal tahun operasinya, TPA Gedangkeret hanya mempunyai lahan seluas 5 Ha. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya jumlah penduduk Kabupaten Jombang seiring berjalannya waktu.

Terhitung sejak awal mula operasinya, TPA Gedangkeret hingga saat ini telat beroperasi selama 25 tahun. Keberadaan TPA dalam waktu yang lama tentunya akan menimbulkan permasalahan di lingkungan sekitar terkait dengan sanitasi. Aktivitas mobilisasi sampah oleh truk sampah yang mempunyai muatan berlebih juga akan berakibat pada tercecernya sampah di jalanan sehingga berpotensi menyebarkan penyakit terutama oleh vektor.

Gambar 2.11 berikut merupakan peta tampak dari TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang dilihat dengan citra perangkat lunak *Google Earth* dengan modifikasi berupa radius minimum jarak TPA dari pemukiman 1 kilometer yang diperlihatkan dengan lingkaran berwarna merah. Beberapa tempat yang termasuk didalam wilayah radius minimum adalah hutan, sawah, industri

peternakan dan sedikit wilayah permukiman warga. Gambar 2.12 dan 2.13 memperlihatkan lingkungan sekitar TPA pada radius 1 kilometer.



Gambar 2.11 Peta Tapat TPA Gedangkeret dan lingkaran radius 1 km

Sumber : Perangkat Lunak Google Earth, diakses pada 13 Januari 2019 12.14 WIB



Gambar 2.12 Foto Permukiman dalam Radius 1 km dari TPA Gedangkeret

Sumber : Perangkat Lunak Google Earth, diakses pada 13 Januari 2019 12.14 WIB



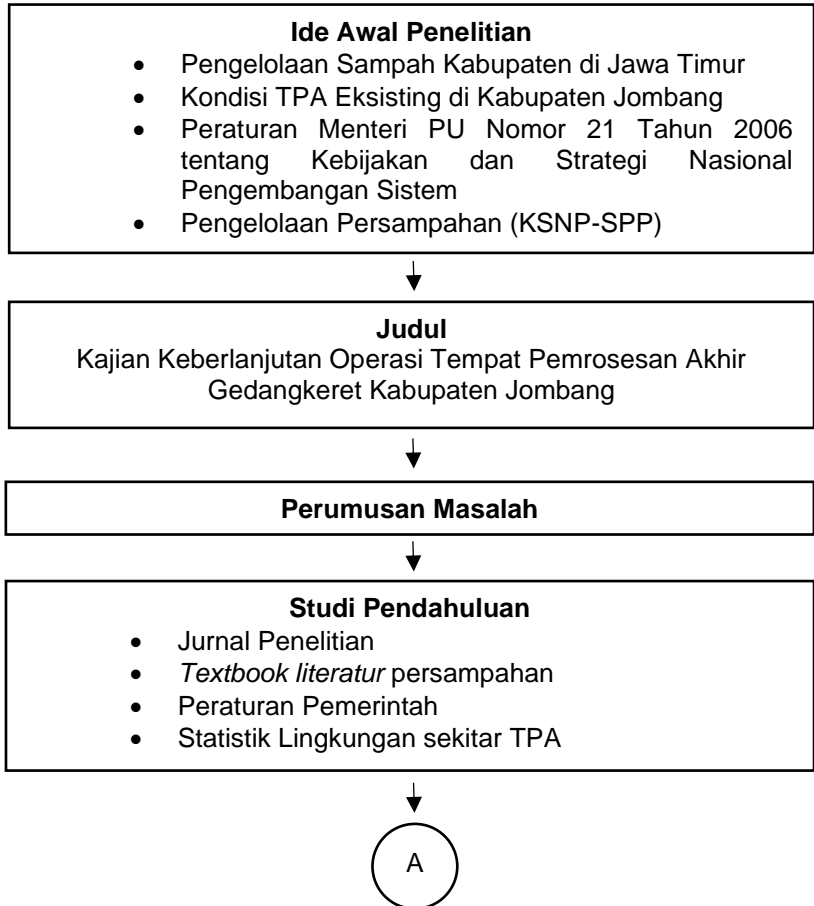
Gambar 2.13 Foto Industri dalam Radius 1 km dari TPA
Gedangeret

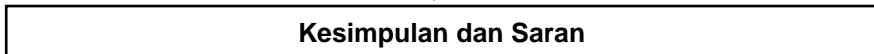
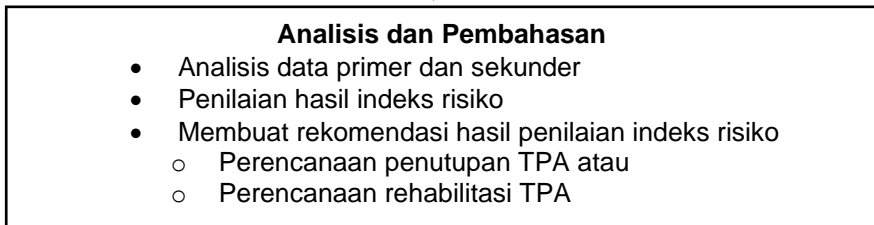
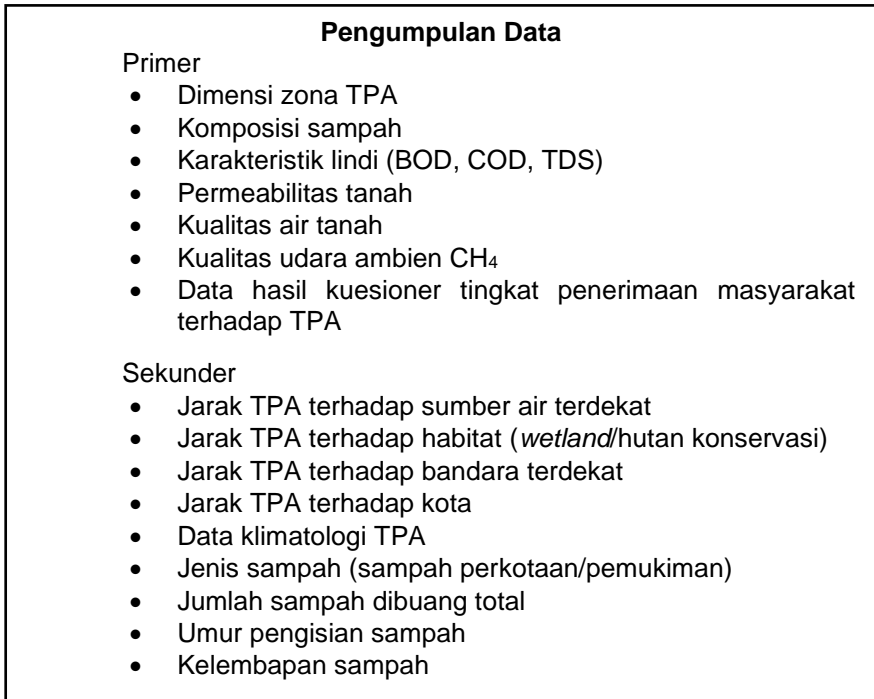
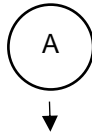
*Sumber : Perangkat Lunak Google Earth, diakses pada 13
Januari 2019 12.14 WIB*

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Berikut ini merupakan kerangka perencanaan Tugas Akhir ini disajikan pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Bagan Metode Pelaksanaan Tugas Akhir

3.2 Ide Awal Perencanaan

Ide awal perencanaan didapatkan dari permasalahan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah di Kabupaten Jombang. Permasalahan yang ada salah satunya ialah besarnya jumlah timbulan sampah yang diproduksi oleh masyarakat dan harus adanya penanganan terkait hal tersebut serta timbulnya bau yang dirasakan oleh masyarakat sekitar. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dievaluasi TPA Gedangkeret dengan metode penilaian indeks risiko sehingga menghasilkan rekomendasi terkait rehabilitasi atau penutupan TPA.

3.3 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dapat sebagai acuan dalam perencanaan sanitary landfill nantinya. Studi ini mengacu pada jurnal penelitian, *textbook* literatur persampahan, peraturan pemerintah dan statistik lingkungan sekitar TPA.

3.4 Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis data yang akan dibutuhkan, yaitu data primer dan data sekunder.

3.4.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer yang diperlukan dalam perencanaan ini yaitu

- **Dimensi Zona TPA**

Dimensi Zona TPA merupakan ukuran zona buang timbunan sampah yang berada pada lokasi TPA. Dimensi zona TPA diukur dengan pengukuran lapangan menggunakan pengukuran peta untuk mencatat kordinat dan ketinggian.

- **Komposisi Sampah**

Pengambilan data komposisi sampah dilakukan dengan cara melakukan pengukuran komposisi sampah di TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang sesuai dengan metode SNI 19-3964-1994. Data ini diambil dengan melakukan sampling selama 8 hari berturut-turut. Metode sampling yang dilakukan yaitu mengambil 100 kg sampah dari truk yang baru masuk ke TPA, kemudian memisahkan sampah per komponen yaitu sampah mudah dikomposkan berupa sisa makanan dan sampah kebun, sampah tidak

dapat dikomposkan berupa kardus, kertas, plastik, karet, kain dan logam, sampah berbahaya dan sampah residu. (Tchobanoglous, 1993).

- **Kelembaban Sampah**

Kelembaban sampah merupakan tingkat kadar air dalam suatu volume sampah. Kelembaban sampah sangat mempengaruhi jumlah lindi yang diproduksi TPA dan juga kandungan energi pada sampah tersebut. Uji kelembaban sampah dilakukan dengan cara mengambil 1 kg sampah dengan komposisi yang mewakili seluruh komposisi sampah TPA Gedangkeret. Kemudian dilakukan pengujian menggunakan oven dan dilakukan analisis gravimetri.

- **Permeabilitas Tanah**

Permeabilitas tanah merupakan jumlah dan ukuran pori dalam tanah yang menentukan kemampuan air untuk dapat masuk ke dalam tanah. Pengukuran tingkat permeabilitas tanah dilakukan dengan cara pengujian permeabilitas pada laboratorium pengujian tanah.

- **Kualitas air tanah**

Kualitas tanah diukur berdasarkan parameter air minum. Pengukuran tingkat kualitas air tanah dilakukan melalui uji kualitas air dengan baku mutu air untuk keperluan higiene sanitasi sesuai dengan Permenkes nomor 492 tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Minum.

- **Kualitas udara ambien CH₄**

Pengukuran kualitas udara dilakukan dengan menentukan kadar CH₄ pada udara ambien. Uji konsentrasi CH₄ di udara ambien dilakukan dengan metode *Gas Chromatography*. Pengambilan sampel udara dilakukan pada 6 titik sesuai pada cara monitoring kualitas udara menurut Permen PU nomor 3 tahun 2013. Lokasi titik pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Peta Titik Sampling Udara TPA Gedangkeret
Sumber : Perangkat Lunak Google Earth, diakses pada 12 Februari 2019 22.22 WIB

Lingkaran merah menunjukkan titik sampling yang tersebar merata pada seluruh penjurus mata angin di sekitar TPA (utara, selatan, barat, timur) dan tengah TPA. Sedangkan titik kuning merupakan titik sampling yang merepresentasikan titik udara dengan mata angin dominan. Arah mata angin dominan akan diuji pada saat akan melakukan sampling di lokasi.

- **Data hasil kuesioner tingkat penerimaan masyarakat terhadap TPA**

Data kuesioner diperlukan untuk mengetahui tingkat penerimaan masyarakat terhadap kondisi eksisting TPA. Jumlah responden kuesioner didapatkan dari rumus perhitungan jumlah jiwa responden diperlukan pada SNI 19-3964-1994. Dengan menggunakan rumus tersebut didapatkan jumlah responden adalah 24 orang pada skala radius orang pada skala radius sejauh 2,5 km dari TPA Gedangkeret. Kemudian data yang diperoleh akan diolah

menggunakan metode skala likert untuk ditentukan nilai indeks risiko.

- **Karakteristik Lindi**

Data parameter lindi yang dibutuhkan adalah BOD, COD dan TDS. Lindi diambil dari kolam penampungan lindi kemudian dibawa menuju laboratorium teknologi pengolahan air untuk diuji karakteristik BOD, COD, dan TDS.

3.4.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder dapat didapat dari dinas/instansi yang terkait ataupun peta. Data sekunder yang diperlukan dalam tugas akhir ini yaitu :

- Data Klimatologis lingkungan TPA
- Jarak TPA terhadap sumber air terdekat
- Jarak TPA terhadap habitat (*wetland*/hutan konservasi)
- Jarak TPA terhadap bandara terdekat
- Jarak TPA terhadap kota
- Jenis sampah (sampah perkotaan/pemukiman)
- Jumlah sampah dibuang total
- Umur pengisian sampah
- Kelembapan sampah

3.5 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan dilakukan secara deskriptif berdasarkan data yang telah didapat dan diukur. Terdapat 3 tahap, yaitu :

- Analisis data primer dan sekunder
- Penilaian hasil indeks risiko

Data penilaian indeks risiko didapatkan dari analisis data primer maupun sekunder. Data kemudian dimasukkan pada tabel penilaian indeks risiko untuk didapatkan nilai dari TPA tersebut. Input data dilakukan dengan melihat kolom nilai pada tabel nilai indeks risiko. Data dimasukkan menggunakan cara interpolasi linier.

- Pembuatan rekomendasi hasil penilaian hasil indeks risiko berupa penutupan atau rehabilitasi TPA

3.5.1 Perencanaan Penutupan TPA

Perencanaan penutupan TPA secara teknis meliputi :

- Stabilisasi tumpukan sampah
- Konstruksi drainase
- Konstruksi perpipaan lindi
- Pengelolaan gas
- Instalasi Pengolah Lindi
- Zona buffer
- Fasilitas pemantau kualitas lingkungan

3.5.2 Perencanaan Rehabilitasi TPA

Perencanaan rehabilitasi TPA secara teknis meliputi :

- Stabilisasi tumpukan sampah lama
- Penambangan sampah bila diperlukan
- Zona buang sementara
- Zona buang baru
- Konstruksi drainase
- Konstruksi perpipaan lindi
- Pengelolaan gas
- Instalasi pengolah lindi
- Zona buffer

3.6 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dari tugas akhir yaitu membuat kesimpulan dan saran dari perencanaan yang telah dilakukan. Kesimpulan berguna untuk menarik sebuah inti dari data yang telah diolah dalam bentuk perencanaan. Sedangkan saran berguna sebagai acuan untuk perencanaan selanjutnya.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penilaian Indeks Risiko TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang

Penilaian Indeks Risiko dilakukan sesuai dengan Lampiran V Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 3 tahun 2013. Parameter yang dinilai dibagi menjadi tiga yaitu kriteria TPA, karakteristik sampah dan karakteristik lindi. Setiap parameter akan dinilai dengan cara disesuaikan dengan 4 *range* nilai sesuai pada lampiran tersebut dengan menggunakan interpolasi.

4.1.1 Perhitungan Nilai Indeks Risiko

Perhitungan nilai indeks risiko dilakukan dengan cara interpolasi linier sesuai dengan *range* indeks yang telah ada pada Lampiran V Permen PU nomor 3 tahun 2013. Secara keseluruhan, nilai indeks risiko menunjukkan tingkat bahaya TPA terhadap lingkungan dengan semakin besar nilai indeks, semakin besar tingkat bahaya TPA. Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai indeks risiko salah satu parameter pada TPA :

- Parameter penilaian : Kandungan B3 sampah
- Data primer : 7,38 %
- Kategori *range* indeks : 0 – 0,25
- *Range* indeks : < 10 % (0 % – 10 %)
- Nilai interpolasi indeks : 0,18
- Bobot indeks : 71
- Nilai indeks dibobotkan : $0,18 \times 71$
: 13,11

Nilai indeks secara lengkap ditampilkan pada tabel 4.1.

4.2 Kategori Kriteria Tempat Pemrosesan Akhir

4.2.1 Jarak terhadap sumber air terdekat

Jenis Data	: Sekunder
Metode Pengambilan Data	: Pengukuran Peta
Sumber Data	: Perangkat Lunak <i>Google Maps</i>

Penjelasan :

Data ini diambil dari titik pusat TPA menuju sumber air terdekat yang berada di Desa Sumberjo Kecamatan Wonosalam. Jarak TPA ke sumber air adalah 24,7 km. Jarak ini menunjukkan nilai yang aman karena jarak TPA jauh dan tidak mencemari sumber air.

Nilai Indeks Risiko Parameter : 0,05

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 3,45

4.2.2 Kedalaman pengisian sampah

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi literatur

Sumber Data : Dokumen ANDAL Perencanaan Peningkatan TPA

Penjelasan :

Hasil wawancara dengan narasumber terkait dengan operasi TPA yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kedalaman pengisian maksimum yang direncanakan adalah sedalam 4 m dari permukaan tanah.

Nilai Indeks Risiko Parameter : 0,29

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 18,29

4.2.3 Luas TPA

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Dokumen ANDAL Perencanaan Peningkatan TPA

Penjelasan :

Luas TPA eksisting menurut literatur adalah 8,7 Ha.

Nilai Indeks Risiko Parameter : 0,44

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 26,54

4.2.4 Kedalaman air tanah

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Penjelasan :

Data boring dari TPA Gedangkeret menunjukkan bahwa air tanah di area TPA memiliki kedalaman dari permukaan tanah adalah 4,6 meter. Kedalaman air tanah sangat mempengaruhi kedalaman zona penimbunan yang akan maupun telah direncanakan. Kondisi kedalaman air tanah yang rendah akan mengakibatkan air lindi akan mudah untuk mencemari air tanah jika terjadi kebocoran lapisan dasar zona penimbunan. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan lapisan dasar yang bagus jika dilakukan penggalian untuk penimbunan sampah agar tidak terjadi pencemaran pada air tanah oleh air lindi.

Nilai Indeks Risiko Parameter : 0,69

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 37,41

4.2.5 Permeabilitas tanah (1×10^{-6} cm/s)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Dokumen ANDAL Perencanaan Peningkatan TPA

Penjelasan :

Nilai permeabilitas tanah yang telah diuji menurut data sekunder yang didapatkan permeabilitas tanah adalah 132×10^{-6} cm/s. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi permeabilitas tanah eksisting TPA sangat berpotensi untuk dialiri air lindi sehingga akan terjadi pencemaran air tanah. Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan terkait kondisi lapisan dasar eksisting agar tidak terjadi pencemaran secara berlanjut pada air tanah TPA.

Perencanaan penanganan yang disarankan adalah pembuatan sumur pantau dekat dengan zona buang eksisting, dan juga penutupan lapisan luar sampah agar meminimalisasi terjadinya infiltrasi air hujan yang mengakibatkan besarnya debit air lindi. Rencana secara rinci akan dibahas pada bab perencanaan rehabilitasi TPA.

Nilai Indeks Risiko : 1

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 54

4.2.6 Kualitas air tanah

Jenis Data : Primer

Metode Pengambilan Data : Analisis Laboratorium

Penjelasan :

Sampel air tanah didapatkan dari sumur pantau yang berada pada TPA. Sampel yang didapatkan kemudian dianalisis pada Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS untuk diketahui kelayakan sebagai air minum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492 tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Minum. Hasil uji lab memperlihatkan jumlah E Coli dalam air tanah adalah 900 MPN/100 mL sehingga air tanah tidak dapat digunakan sebagai air minum. Selain itu pH air menunjukkan nilai 8 yang memungkinkan bahwa air tanah telah tercemar oleh air lindi. Hasil uji sampel air tanah dapat dilihat pada lampiran E.

Kondisi air tanah eksisting TPA Gedangkeret menunjukkan nilai yang buruk. Hal ini dikarenakan data kuisioner masyarakat juga menunjukkan bahwa 53% masyarakat di sekitar

TPA menggunakan air tanah untuk aktivitas sehari-hari. Penggunaan air tanah yang terkontaminasi oleh air lindi dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Rencana penanganan terkait dengan minimalisasi debit lindi terdapat pada bab perencanaan rehabilitasi TPA.

Nilai Indeks Risiko Parameter : 1

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 50

4.2.7 Jarak terhadap habitat (wetland/hutan konservasi)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Pengukuran Peta

Sumber Data : Perangkat Lunak *Google Maps*

Penjelasan :

Data ini diambil dari titik pusat TPA menuju waduk konservasi terdekat yang berada di Desa Sumberjo Kecamatan Wonosalam. Jarak TPA ke waduk konservasi adalah 24,7 km.

Nilai Indeks Risiko Parameter : 0,5

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 22,7

4.2.8 Jarak terhadap bandara terdekat

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Pengukuran Peta

Sumber Data : Perangkat Lunak *Google Maps*

Penjelasan :

Data ini diambil dari titik pusat TPA dengan kordinat - 7.538835, 112.194837 menuju bandara terdekat yaitu Bandara Udara Juanda dengan kordinat -7.378608, 112.787300 yang berada di Kabupaten Sidoarjo. Jarak TPA dengan Bandara Udara Juanda adalah 68 km.

Nilai Indeks Risiko : 0,01

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 0,56

4.2.9 Jarak terhadap air permukaan

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Pengukuran Peta

Sumber Data : Perangkat Lunak *Google Maps*

Penjelasan :

Data ini diambil dari titik pusat TPA dengan kordinat - 7.538835, 112.194837 menuju air permukaan terdekat yaitu Sungai Brantas dengan kordinat -7.527962, 112.151332 yang berada di wilayah Kecamatan Megaluh. Jarak TPA dengan Sungai Brantas adalah 4,9 kilometer.

Nilai Indeks Risiko : 0,38

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 15,61

4.2.10 Jenis lapisan tanah dasar (% tanah liat)

Jenis Data : Primer

Metode Pengambilan Data : Grab sampel tanah TPA

Sumber Data : Tanah TPA

Penjelasan :

Sampel tanah didapatkan dari lahan TPA di area lahan yang akan dipakai sebagai zona penimbunan baru. Sampel kemudian diujikan pada Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil ITS untuk diketahui jenis lapisan tanah dasat. Nilai tanah liat TPA Gedang keret adalah 28,28 %. Hasil uji sampel tanah dapat dilihat pada Lampiran G.

Nilai Indeks Risiko : 0,72

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 29,57

4.2.11 Umur lokasi penggunaan masa mendatang (tahun)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Dokumen ANDAL Perencanaan Peningkatan TPA

Penjelasan :

TPA Gedangerket Banjardowo telah direncanakan untuk diperluas dan dioperasikan sampai dengan tahun 2033. Sehingga umur TPA untuk digunakan pada masa mendatang adalah 14 tahun. Penggunaan lahan TPA sampai dengan tahun 2033 memerlukan perencanaan terkait zona buang baru. Selain itu, dalam masa transisi menuju pembangunan zona buang baru, perlu dilakukan pembuatan alternatif lokasi zona buang sementara. Pada tugas akhir ini direncanakan pembuatan zona buang baru dan pembuatan alternatif lokasi zona buang sementara yang dibahas pada bab perencanaan rehabilitasi TPA.

Nilai Indeks Risiko : 0,6

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 21,6

4.2.12 Jenis sampah (sampah perkotaan/pemukiman)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Data timbangan harian

Penjelasan :

Sampah pemukiman atau Sampah Rumah Tangga (SRT) diambil dari TPS yang tersebar di seluruh Kabupaten Jombang, sedangkan sampah perkotaan merupakan sampah yang berasal dari 6 pasar dan Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Jombang.

Perbandingan sampah perkotaan dan sampah pemukiman adalah 1:4. Kondisi ini mengakibatkan persentase sampah SRT yang masuk pada TPA lebih dominan sehingga komposisi sampah SRT yang secara umum terdiri dari sampah makanan juga akan banyak di TPA. Dampak terkait dominannya jumlah sampah makanan yang masuk ke TPA dibahas pada analisis data komposisi sampah *biodegradable*.

Nilai Indeks Risiko : 0,85

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 25,5

4.2.13 Jumlah sampah yang dibuang total (ton)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Data timbangan harian

Penjelasan :

Jumlah sampah dibuang total didapatkan dari data timbangan sampah harian dari tahun 2012. Sedangkan untuk sampah pada tahun awal TPA dibangun sampai dengan tahun 2012 dilakukan perhitungan secara volumetrik. Perhitungan volumetrik dilakukan dengan menentukan volume sampah eksisting yang ditimbun pada zona buang dan dikalikan dengan densitas sampah timbunan yaitu 698,77 kg/m³. Densitas ini didapatkan dengan melakukan penimbangan dan pengukuran volume terhadap sampah yang telah ditimbun. Total massa sampah adalah 239.096,75 Ton.

Kondisi eksisting sampah yang ditimbun mempunyai kriteria lereng timbunan tidak sesuai dengan Permen PU nomor 3 tahun 2013 terkait kemiringan lereng 1:3. Kemiringan lereng yang curam dapat mengakibatkan kelongsoran sampah sehingga berpotensi merusak lingkungan sekitar timbunan TPA yang terdampak oleh kelongsoran. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan pembangunan tanggul disekeliling timbunan sampah agar jika terjadi kelongsoran maka sampah tidak akan langsung berdampak pada lingkungan sekitarnya.

Nilai Indeks Risiko : 0,54

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 16,06

4.2.14 Jumlah sampah dibuang perhari (ton/hari)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Rekapitulasi Data
Persampahan TPA

Penjelasan :

Data jumlah sampah masuk dirata-rata mulai dari tahun 2013 – 2017. Didapatkan bahwa rata-rata jumlah sampah masuk perhari adalah 76 Ton.

Nilai Indeks Risiko : 0,08

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 1,82

4.2.15 Jarak terhadap pemukiman terdekat pada arah angin dominan (m)

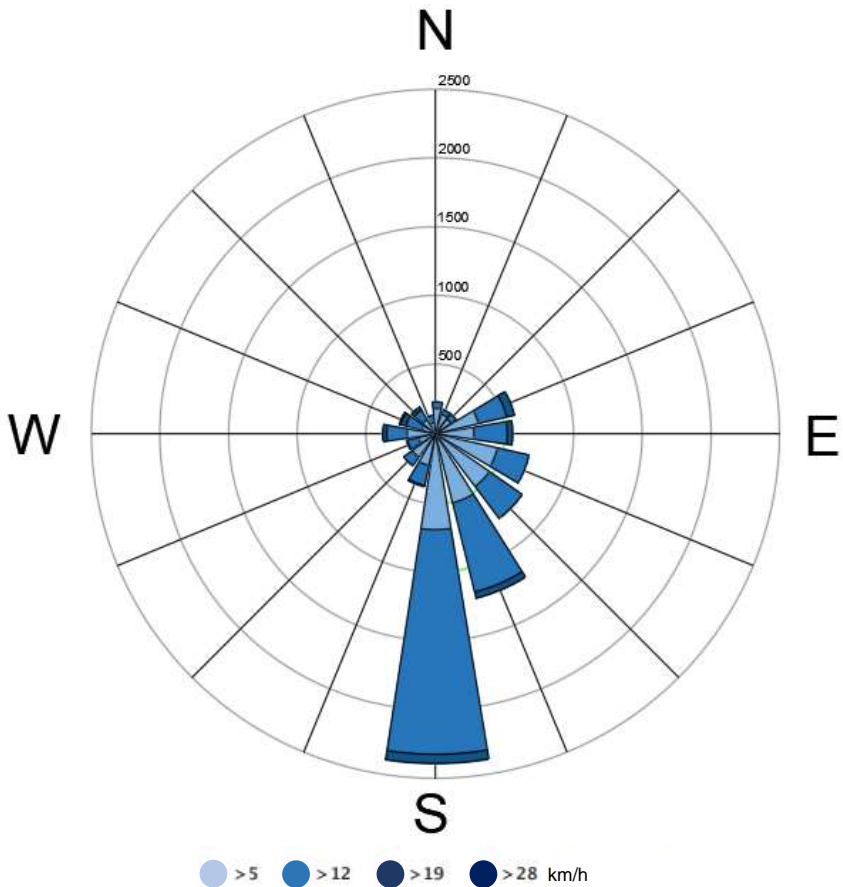
Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Literatur dan Pengukuran Peta

Sumber Data : Perangkat Lunak *Google Maps*
dan situs *meteoblue.com*

Penjelasan :

Menurut data pada situs pencatat kondisi klimatologis *meteoblue.com*, arah angin dominan Kabupaten Jombang adalah bertiup dari arah selatan menuju ke arah utara. Berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan windrose Kabupaten Jombang.



Gambar 4.1 Windrose Kabupaten Jombang
Sumber : meteoblue.com

Data ini diambil dari titik pusat TPA dengan kordinat - 7.538835, 112.194837 menuju pemukiman terdekat yaitu Dusun Banjardowo yang berada di wilayah Kecamatan Jombang tepatnya di Dusun Gedangeret, Desa Banjardowo. Jarak TPA dengan Dusun Gedangeret adalah 540 meter.

Jarak ini tidak sesuai dengan kriteria minimal jarak TPA kepada pemukiman sekitar menurut Permen PU nomor 3 tahun 2013 yaitu 1 km. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan greenbelt atau zona penyangga TPA dengan penanaman hutan untuk menyerap emisi yang dihasilkan oleh timbunan sampah dan aktivitas kendaraan sampah. Perencanaan secara rinci dibahas pada bab perencanaan rehabilitasi TPA.

Nilai Indeks Risiko : 0,7

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 14,7

4.2.16 Periode ulang banjir (tahun)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Dokumen ANDAL Perencanaan Peningkatan TPA

Penjelasan :

Data perencanaan peningkatan TPA Gedangkeret Jombang menunjukkan bahwa data periode ulang hujan yang digunakan adalah 25 tahun.

Nilai Indeks Risiko : 0,69

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 11

4.2.17 Curah hujan tahunan (cm/tahun)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Data Curah Hujan Tahunan Kabupaten Jombang

Penjelasan :

Data curah hujan yang dirata-rata mulai dari tahun 2015 – 2017. Curah hujan rata-rata tahunan tahun 2015 adalah 114,3 cm/tahun, tahun 2016 adalah 114,3 cm/tahun, dan tahun 2017 adalah 188,7 cm/tahun. Rata-rata curah hujan Kabupaten Jombang tahunan yang didapatkan adalah 139 cm/tahun.

Nilai Indeks Risiko : 0,53

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 5,81

4.2.18 Jarak terhadap kota (km)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Pengukuran Peta

Sumber Data : Perangkat Lunak *Google Maps*

Penjelasan :

Data ini diambil dari titik pusat TPA dengan kordinat - 7.538835, 112.194837 menuju pusat kota Kabupaten Jombang dengan kordinat -7.538332, 112.237906. Jarak TPA dengan pusat kota Kabupaten Jombang adalah 4,7 kilometer.

Nilai Indeks Risiko : 0,99

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 6,9

4.2.19 Penerimaan masyarakat

Jenis Data : Primer

Metode Pengambilan Data : Kuisisioner Responden

Sumber Data : Masyarakat sekitar

Penjelasan :

Jumlah responden dihitung menggunakan rumus pada SNI 19-3964-1994 tentang Metode pengambilan dan pengukuran

contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Jumlah responden didapatkan adalah 24 orang. Kuisisioner disebar pada radius maksimum 2,5 km dari TPA yang merupakan masyarakat dengan dampak langsung terhadap TPA. Hasil dari kuisisioner responden dihitung menggunakan skala likert untuk didapatkan nilai indeks secara kuantitatif. Berikut merupakan rumus digunakan dalam penentuan jumlah responden :

$$S = Cd \sqrt{Ps}$$

Dimana :

S = Jumlah contoh (jiwa)
 Cd = Koefisien kota
 Ps = Populasi (jiwa)

Form kuisisioner masyarakat dapat dilihat pada lampiran A. Hasil dari kuisisioner masyarakat dapat dilihat di lampiran B

Nilai Indeks Risiko : 0,62

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 4,34

4.2.20 Kualitas udara ambien CH₄ (%)

Jenis Data : Primer

Metode Pengambilan Data : Sampling Ambien

Sumber Data : Udara Ambien TPA

Penjelasan :

Udara ambien yang diambil berasal dari beberapa titik pada TPA. Udara ambien yang telah didapatkan kemudian diuji menggunakan Metode *Gas Chromatography* pada Laboratorium Energi ITS untuk mengetahui kadar metana dalam udara ambien TPA. Uji GC menunjukkan bahwa tidak terdapat gas metana terdeteksi pada udara ambien TPA. Hasil uji dapat dilihat pada lampiran F.

Nilai Indeks Risiko : 0

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 0

4.3 Kategori Karakteristik Sampah TPA

4.3.1 Kandungan B3 dalam sampah

Jenis Data	: Primer
Metode Pengambilan Data	: Pemilahan dan penimbangan
Sumber Data	: Timbulan sampah TPA
Penjelasan	:

Data kandungan sampah B3 didapatkan dengan cara melakukan pemilahan dan penimbangan sesuai dengan SNI 19-3964-1994 tentang Metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Hasil komposisi dapat dilihat pada lampiran C. Persentase sampah B3 adalah 7,39%.

Nilai Indeks Risiko : 0,18

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 13,11

4.3.2 Fraksi sampah biodegradasi (%)

Jenis Data	: Primer
Metode Pengambilan Data	: Pemilahan dan penimbangan
Sumber Data	: Timbulan sampah TPA
Penjelasan	:

Data kandungan sampah biodegradasi didapatkan dengan cara melakukan pemilahan dan penimbangan sesuai dengan SNI 19-3964-1994 tentang Metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Hasil komposisi dapat dilihat pada lampiran C. Persentase sampah biodegradasi adalah 57,24%.

Nilai fraksi sampah biodegradasi termasuk cukup tinggi sehingga sampah pada TPA Gedangeret akan cepat terurai dan menghasilkan gas metana dan karbondioksida secara masif yang berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu diperlukan perencanaan

pengelolaan gas metana dan karbondioksida serta perencanaan zona penyangga untuk meminimalisasi potensi pencemaran gas TPA pada lingkungan sekitar. Rincian perencanaan pengelolaan gas dan zona penyangga dijelaskan pada bab perencanaan rehabilitasi TPA.

Nilai Indeks Risiko : 0,73

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 47,98

4.3.3 Umur pengisian sampah (tahun)

Jenis Data : Sekunder

Metode Pengambilan Data : Studi Literatur

Sumber Data : Dokumen ANDAL Perencanaan Peningkatan TPA

Penjelasan :

TPA Gedangkeret Banjardowo telah beroperasi dari tahun 1994 sesuai dengan Surat Keputusan Bupati Jombang tentang Penunjukan Lokasi TPA. TPA telah beroperasi selama kurang lebih 25 tahun.

Nilai Indeks Risiko : 0,38

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 21,75

4.3.3 Kelembaban sampah di TPA (%)

Jenis Data : Primer

Metode Pengambilan Data : Grab sampel sampah

Sumber Data : Sampah TPA

Penjelasan :

Sampel sampah diambil sebanyak 2 kg dengan mewakili masing-masing komposisi sampah. Kemudian sampel diujikan

pada Laboratorium Limbah Padat dan B3 Teknik Lingkungan ITS. Nilai kelembaban sampah di TPA Gedangkeret adalah 60,35%.

Kelembaban sampah pada TPA Gedangkeret mempunyai nilai yang relatif cukup besar. Dampak yang terjadi karena nilai kelembaban sampah yang tinggi adalah debit produksi air lindi yang tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan lindi TPA dengan konstruksi perpipaan air lindi serta perencanaan Instalasi Pengolah Lindi (IPL) yang sesuai dengan kapasitas air lindi yang terproduksi. Rincian perencanaan konstruksi perpipaan air lindi dan perencanaan IPL dijelaskan pada bab perencanaan rehabilitasi TPA.

Nilai Indeks Risiko : 0,83

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 21,7

4.4 Kategori Karakteristik Lindi

4.4.1 BOD lindi (mg/L)

Jenis Data : Primer

Metode Pengambilan Data : Grab sampel inlet IPL

Sumber Data : Instalasi Pengolah Lindi (IPL)
TPA

Penjelasan :

Sampel lindi didapatkan dengan cara mengambil grab sampel pada inlet Instalasi Pengolah Lindi (IPL) TPA Gedangkeret Jombang. Sampel diambil sejumlah 600 ml kemudian diujikan pada Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS. Parameter yang diujikan adalah BOD, COD, dan TDS. Nilai hasil uji parameter dapat dilihat pada lampiran D. Nilai BOD lindi adalah sebesar 956 mg/L.

Nilai Indeks Risiko : 1

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 36

4.4.2 COD lindi (mg/L)

Jenis Data	: Primer
Metode Pengambilan Data	: Grab sampel inlet IPL
Sumber Data	: Instalasi Pengolah Lindi (IPL) TPA
Penjelasan	:

Sampel lindi didapatkan dengan cara mengambil grab sampel pada inlet Instalasi Pengolah Lindi (IPL) TPA Gedangeret Jombang. Sampel diambil sejumlah 600 ml kemudian diujikan pada Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS. Parameter yang diujikan adalah BOD, COD, dan TDS. Nilai hasil uji parameter dapat dilihat pada lampiran E. Nilai COD lindi adalah sebesar 1805 mg/L.

Nilai Indeks Risiko	: 1
Nilai Indeks Risiko (dibobotkan)	: 19

4.4.3 TDS lindi (mg/L)

Jenis Data	: Primer
Metode Pengambilan Data	: Grab sampel inlet IPL
Sumber Data	: Instalasi Pengolah Lindi (IPL) TPA
Penjelasan	:

Sampel lindi didapatkan dengan cara mengambil grab sampel pada inlet Instalasi Pengolah Lindi (IPL) TPA Gedangeret Jombang. Sampel diambil sejumlah 600 ml kemudian diujikan pada Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS. Parameter yang diujikan adalah BOD, COD, dan TDS. Nilai hasil uji parameter dapat dilihat pada lampiran F. Nilai TDS lindi adalah sebesar 5200 mg/L.

Nilai Indeks Risiko	: 1
---------------------	-----

Nilai Indeks Risiko (dibobotkan) : 13

4.3 Hasil Penilaian Indeks Risiko

Hasil penjumlahan seluruh nilai indeks risiko yang telah dibobotkan adalah 538,48 . Nilai ini menunjukkan bahwa TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang memerlukan rehabilitasi. Pada rentang nilai 300 – 600 rehabilitasi seharusnya dilakukan dengan penambangan, namun sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 3 tahun 2013, jika lahan dari TPA masih memadai maka boleh tidak dilakukan penambangan. Hasil dari penilaian indeks secara rinci dapat dilihat pada tabel 4.1 pada halaman selanjutnya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait dengan perencanaan rehabilitasi TPA yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- Pencemaran air tanah (Perencanaan sistem lapisan dasar dan penutup zona buang untuk meminimalisasi potensi air lindi untuk terinfiltrasi ke dalam tanah)
- Penggunaan masa mendatang (Perencanaan zona buang baru dan zona buang sementara)
- Timbunan sampah eksisting (Stabilisasi lereng zona buang dan perencanaan tanggul zona buang)
- Pencemaran udara (Perencanaan pengelolaan gas dan zona penyangga TPA)
- Produksi air lindi (Perencanaan kontruksi perpipaan air lindi dan pengelolaan menggunakan IPL)

Tabel 4.1 Hasil Penilaian Indeks Risiko TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang

No	Parameter	Nilai	Satuan	Kategori Nilai Indeks	Range Nilai Indeks	Nilai Indeks	Bobot	Nilai Indeks dengan Bobot
Kriteria TPA								
1	Jarak terhadap sumber air terdekat	24700	m	0-0,25	>5000	0,05	69	3,45
2	Kedalaman pengisian sampah (m)	4	m	0,25-0,5	3-10	0,36	64	18,29
3	Luas TPA (Ha)	8.7	Ha	0,25-0,5	5-10	0,44	61	26,54
4	Kedalaman air tanah (m)	4,6	m	0,5-0,75	<3	0,98	54	37,41
5	Permeabilitas tanah (1x10 ⁻⁶ cm/detik)	132	x 10 ⁻⁶ cm/s	0,75-1	>10	1	54	54
6	Kualitas Air Tanah	E Coli = 900	ppm	0,75-1	Tidak dapat diminum	1	50	50
7	Jarak terhadap habitat (wetland/hutan konservasi) (km)	24.7	km	0,25-0,5	10-25	0,50	46	22,77
8	Jarak terhadap bandara terdekat (km)	68	km	0-0,25	20-1000	0,01	46	0,56
9	Jarak terhadap air permukaan (m)	4900	m	0,25-0,5	1500-8000	0,38	41	15,61
10	Jenis lapisan tanah dasar (% tanah liat)	28,28	%	0,5-0,75	15-30	0,72	41	29,57
11	Umur lokasi untuk penggunaan masa mendatang (tahun)	14	Tahun	0,5-0,75	10-20	0,60	36	21,60

No	Parameter	Nilai	Satuan	Kategori Nilai Indeks	Range Nilai Indeks	Nilai Indeks	Bobot	Nilai Indeks dengan Bobot
12	Jenis sampah (sampah perkotaan/permukiman)	20	%	0,75-1	0-50	0,85	30	25,50
13	Jumlah sampah yang dibuang total (ton)	239096.75	Ton	0,5-0,75	100000-1000000	0,54	30	16,06
14	Jumlah sampah dibuang per hari (ton/hari)	76	Ton/hari	0-0,25	0-250	0,08	24	1,82
15	Jarak terhadap permukiman terdekat pada arah angin dominan (m)	540	m	0,5-0,75	300-600	0,70	21	14,7
16	Periode ulang banjir (tahun)	25	tahun	0,5-0,75	10-30	0,69	16	11,00
17	Curah hujan tahunan (cm/tahun)	139	cm/tahun	0,5-0,75	125-250	0,53	11	5,81
18	Jarak terhadap kota (km)	4.7	km	0,75-1	0-5	0,99	7	6,90
19	Penerimaan masyarakat	0.62	satuan	0,5-0,75	0-1	0,69	7	4,34
20	Kualitas udara ambien CH4 (%)	0	%	0-0,25	0-0,01	0	3	0
Karakteristik Sampah								
21	Kandungan B3 dalam sampah	7.39	%	0-0,25	<10	0,18	71	13,11
22	Fraksi sampah biodegradable (%)	57.24	%	0,5-0,75	30-60	0,73	66	47,98
23	Umur pengisian sampah (tahun)	25	Tahun	0,25-0,5	20-30	0,38	58	21,75
24	Kelembapan sampah di TPA (%)	60.35	%	0,75-1	>40	0,83	26	21,70

No	Parameter	Nilai	Satuan	Kategori Nilai Indeks	Range Nilai Indeks	Nilai Indeks	Bobot	Nilai Indeks dengan Bobot
Karakteristik Lindi								
25	BOD lindi	956	mg/L	0,75-1	>100	1	36	36
26	COD lindi	1805	mg/L	0,75-1	>500	1	19	19
27	TDS lindi	5200	mg/L	0,75-1	>4000	1	13	13
Nilai Indeks Risiko								538.48

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PERENCANAAN REHABILITASI TPA

5.1 Rekomendasi Hasil Penilaian Indeks Risiko

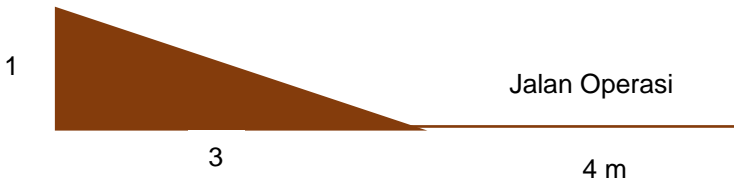
Hasil penilaian indeks risiko menunjukkan nilai sebesar 538,48 dimana sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 3 tahun 2013 harus dilakukan rehabilitasi. Perencanaan dilakukan tanpa penambangan sampah karena masih tersedianya lahan untuk penimbunan sampah selanjutnya. Perencanaan rehabilitasi didasari dari evaluasi operasi eksisting TPA Gedangkeret. Beberapa parameter dalam TPA termasuk dalam golongan nilai yang buruk, sehingga harus dilakukan rehabilitasi terkait dengan hal tersebut. Daftar perencanaan rehabilitasi yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah :

1. Stabilisasi tumpukan sampah
2. Zona buang sementara
3. Zona buang baru
4. Konstruksi drainase
5. Konstruksi perpipaan lindi
6. Pengelolaan gas
7. Instalasi pengolah lindi
8. Zona buffer

Layout TPA Gedangkeret eksisting terlampir pada gambar lampiran 1.

5.2 Stabilisasi Tumpukan Sampah

Stabilisasi tumpukan sampah dapat dilakukan dengan menata kembali tumpukan sampah eksisting sesuai dengan kriteria tumpukan sampah menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 3 tahun 2013. Setiap sel tumpukan sampah harus memiliki lereng kurang dari atau sama dengan 1:3 untuk mencegah adanya kelongsoran yang mungkin terjadi. Seluruh sampah yang ditimbun dipadatkan menggunakan alat berat sehingga densitas sampah menjadi besar atau sampah menjadi sangat padat. Setelah sampah dipadatkan kemudian sampah ditutup dengan *cover soil* dengan volume sebanyak 20% dari volume sampah. Setiap sel juga diberi jalan operasi untuk alat berat dan truk selebar 4 m. Gambar berikut menunjukkan ilustrasi perbandingan lebar dan tinggi lereng serta peletakkan jalan operasi pada sel timbunan sampah.



Gambar 5.1 Ilustrasi lereng sel dan jalan operasi

Timbunan sampah eksisting pada TPA Gedangkeret masih menggunakan sistem *controlled landfill*. Sistem ini dioperasikan dengan menambahkan tanah pada saat satu sel telah terisi penuh. Pengoperasian sistem *controlled landfill* membuat sampah yang dibuang tidak tertutup oleh *soil* dalam waktu yang lama, sehingga dapat menyebabkan penyebaran vektor pada lingkungan di sekitar TPA. Dokumentasi timbunan sampah pada TPA Gedangkeret disajikan pada gambar 5.2 dan 5.3.

Operasi TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang telah dimulai sejak tahun 1994, namun sampah yang masuk di awal pembangunan TPA tidak terlalu banyak karena budaya masyarakat yang masih membuang sampah pada sungai dan membakar sampah. Optimasi operasi TPA Gedangkeret pertama kali dilakukan pada tahun 2012 dengan dibuatnya dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) peningkatan TPA.

Lahan awal TPA pada tahun 1994 menurut Peraturan Daerah yang mengesahkan operasi TPA hanya sebesar 5 Ha. Kemudian lahan disekitar TPA dibebaskan sehingga luas lahan total bertambah menjadi 8,7 Ha. Pada dokumen AMDAL peningkatan TPA, lahan TPA diperluas kembali menjadi 33 Ha untuk dibangun fasilitas pengelolaan sampah dan penambahan zona penimbunan yang direncanakan beroperasi sampai dengan tahun 2033.



Gambar 5.2 Dokumentasi timbunan sampah yang tidak tertutup oleh *cover soil*



Gambar 5.3 Dokumentasi timbunan sampah yang tertutup oleh *cover soil*

5.1.1 Zona Pasif Eksisting

TPA Gedangerket memiliki beberapa zona penimbunan pasif yang telah berhenti beroperasi maupun sedang aktif beroperasi. Zona pasif dibagi menjadi 2 yaitu zona pasif 1 dan zona pasif 2. Berikut ini merupakan jumlah sampah yang telah ditimbun pada zona penimbunan TPA :

- Sampah tahun 1994 – 2012
 - Volume total : 125.993,07 m³
 - Massa total : 88.040,17 Ton (dihitung dengan menggunakan volumetrik menggunakan densitas sampah timbunan yaitu 698,77 kg/m³)
- Sampah tahun 2013 – 2017
 - Massa Total : 138.910 Ton
 - Volume Total : 198.792,16 m³

Zona pasif 1 memiliki luas lahan sebesar 1,3 Hektare dan zona pasif 2 memiliki luas lahan sebesar 0,46 Hektare.

5.1.2 Perencanaan Lereng Zona Pasif

Zona pasif eksisting memiliki ketinggian sel setinggi kurang lebih 3 meter. Penataan lereng tumpukkan timbunan sampah harus diperhatikan agar tidak terjadi kelongsoran. Timbunan sampah yang masih belum diberi tanah penutup harus segera diberi tanah penutup dan diberi *geotextile* untuk mengurangi jumlah lindi yang diproduksi.

Lereng direncanakan dengan perbandingan lebar dan tinggi adalah 1:1 untuk mempermudah proses operasi stabilisasi sampah yang telah ditimbun sejak lama. Antar sel satu sama lain diberi teras selebar satu meter sebagai jalan untuk suatu saat diperlukan sebagai keperluan monitoring timbunan sampah. Detail dari rencana lereng zona pasif terlampir pada gambar rencana layout zona pasif.

5.1.3 Perencanaan Tanggul Zona Pasif

Tanggul merupakan sebuah tumpukan tanah yang mencegah tumpukkan sampah longsor dan mengganggu lingkungan sekitar. Tanggul direncanakan mempunyai lebar total 2,5 meter dengan tinggi 1 meter. Tanggul dibuat dari tanah yang dipadatkan. Antar sel dan tanggul diberi jarak untuk jalan dan saluran drainase agar air tidak terperangkap di dalam tanggul.

Detail rencana tanggul zona pasif terlampir pada gambar rencana tanggul zona pasif.

5.1.4 Zona Aktif Eksisting

Zona aktif eksisting terletak pada sisi paling barat dari lahan eksisting TPA Gedangkeret.

- Sampah tahun 2018 (Timbunan pada zona aktif eksisting)
 - Massa Total : 33.703 Ton
 - Volume Total : 48.231,89 m³

Sampai saat ini, zona aktif eksisting masih menerima sampah sampai dengan beberapa tahun kedepan. Zona aktif eksisting harus direncanakan dengan kriteria kemiringan lereng maksimum agar mencegah terjadinya kelongsoran. Kemiringan direncanakan dengan perbandingan 1:3 dimana ketinggian sampah adalah 1,5 meter dengan lebar lereng adalah 4,5 meter. Kemudian antar sel diberi teras untuk jalan operasi selabar 3 meter.

Kapasitas lahan dari permukaan keatas dapat dihitung menggunakan rumus limas terpancung. Perhitungan kapasitas lahan digunakan untuk memperkirakan umur lahan dapat digunakan menampung sampah yang baru masuk ke TPA. Luas dari atas dan dasar sel dapat dilihat pada *software* AutoCad sesuai dengan bentuk dari zona penimbunan eksisting dan yang direncanakan. Rumus limas terpancung yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Volume\ Sel = \left(Area\ Atas + Area\ Dasar + \sqrt{(Area\ Atas \times Area\ Dasar)} \right) \times \frac{Tinggi\ Sel}{3}$$

Tabel 5.1 menyajikan kapasitas volume tampungan tiap sel zona aktif eksisting dari permukaan tanah keatas.

Tabel 5.1 Kapasitas Tampungan Zona Aktif Eksisting

Zona Aktif Eksisting				
Sel	Tinggi (m)	Area Dasar (m ²)	Area Atas (m ²)	Volume (m ³)
1	1.5	6225,52	4834,38	8272,97
2	1.5	3718,2	2600,68	4714,26
3	1.5	1708,91	1033,62	2035,79
4	1.5	573,92	214,93	570,03
Total Volume (m ³)				15593,05
Total Tinggi (m)				6

Zona aktif eksisting mempunyai kapasitas volume tampungan sekitar 15.593,05 m³ sampah. Jika dihitung dengan perbandingan timbunan sampah pada tahun 2018, kapasitas lahan zona aktif eksisting hanya dapat menampung sampah sampai dengan 3 – 4 bulan lagi jika dilakukan penumpukkan sampah dengan cara ideal sesuai dengan kriteria teknis.

5.2 Zona Penimbunan Sementara

TPA Gedangkeret telah memiliki lahan operasional pembuangan dengan luas wilayah sebesar 8,7 Ha. Lahan ini memiliki 3 buah zona penimbunan eksisting seluas 0,5 Ha yang telah ditutup dan masih dipakai. Pada saat ini, TPA Gedangkeret sedang direncanakan untuk pembebasan lahan dan perencanaan zona penimbunan baru untuk kebutuhan pembuangan sampah di masa depan. TPA Gedangkeret direncanakan akan beroperasi sampai dengan tahun 2033.

Kapasitas dari zona penimbunan eksisting jika digunakan secara ideal seharusnya hanya dapat digunakan selama 1 tahun sejak awal mula dibukanya zona tersebut yaitu pada akhir tahun 2017. Penimbunan yang dilakukan saat ini telah melebihi batas maksimum kapasitas tampungan zona, sehingga perlu segera dibuat perluasan zona penimbunan sementara untuk menampung sampah sampai dengan dibukanya zona baru untuk penampungan sampah selanjutnya.

Waktu perkiraan untuk pembukaan zona baru mempertimbangkan dari beberapa kegiatan seperti persiapan administratif dan pelelangan selama 2 tahun dan konstruksi pembukaan lahan selama 2 tahun. Perkiraan total waktu yang dibutuhkan sampai dengan pembukaan zona baru adalah 4 tahun, sehingga sampai pada tahun 2022, TPA Gedangkeret harus memiliki lahan untuk zona penimbunan sementara.

Lahan untuk zona penimbunan sementara dapat dihitung menggunakan rumus perhitungan luas lahan perkiraan. Perhitungan dilakukan dengan rumus :

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume Timbunan}}{\text{Faktor bentuk} \times \text{Tinggi rencana}}$$

Ketentuan ketinggian digunakan adalah 16 meter (kedalaman 4 meter, ketinggian 12 meter). Jumlah sel keatas permukaan tanah adalah 8 sel dengan ketinggian sel adalah 1,5 meter. Jumlah sel kebawah permukaan tanah adalah 4 sel dengan ketinggian sel adalah 1 meter. Faktor bentuk digunakan adalah 0,55.

Volume timbunan dihitung dari proyeksi sampah yang didapatkan dengan menaikkan persentase jumlah sampah yang masuk sebesar 1% tiap tahun. Tabel 5.2 menyajikan data volume sampah perkiraan beserta kebutuhan tanah penutup sebesar 20% volume timbunan sampah yang dihasilkan.

Tabel 5.2 Volume Sampah Timbunan Akumulasi Tahun 2022

Tahun	Volume Timbunan Sampah (m ³)	Akumulasi Volume (m ³)	Tanah diperlukan (m ³)	Akumulasi dengan tanah (m ³)
2017	44154,80	44154,80	8830,96	52985,76
2018	46376,34	90531,14	927527	108637,37
2019	48621,33	94997,67	9724,27	166982,97
2020	50889,97	99511,31	10177,99	228050,94
2021	53182,48	104072,45	10636,50	291869,92
2022	55499,04	108681,52	11099,81	358468,77

Volume akumulasi total yang didapatkan dari perhitungan proyeksi timbulan sampah adalah 358.468,77 m³. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan perkiraan rumus luas lahan, sehingga didapatkan perkiraan lahan dibutuhkan untuk menampung sampah sampai dengan tahun 2022 adalah 4,1 Hektare.

5.3 Zona Penimbunan Baru

Zona penimbunan baru akan memerlukan lahan yang luas karena digunakan untuk menampung sampah sampai dengan tahun 2033. Perencanaan zona penimbunan baru memerlukan perhitungan proyeksi timbulan sampah kota untuk mengetahui jumlah sampah dan luas lahan. Proyeksi timbulan sampah didapatkan dengan melakukan proyeksi penduduk dan proyeksi fasilitas umum terlayani persampahan Kabupaten Jombang. Tiap tahunnya direncanakan terjadi kenaikan pelayanan sampah.

5.3.1 Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan menggunakan metode geometrik. Proyeksi dengan metode ini menganggap bahwa perkembangan penduduk secara otomatis berganda, dengan penambahan penduduk. Metode ini tidak memperhatikan adanya suatu saat terjadi perkembangan menurun. Kabupaten Jombang masih memiliki kepadatan penduduk yang digolongkan menjadi kota sedang sehingga metode proyeksi geometrik cocok untuk diterapkan untuk menghitung jumlah penduduk di tahun mendatang. Perhitungan koefisien korelasi pemilihan metode geometrik terlampir pada lampiran S.

Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode Geometri dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_o + (1 + r)^{dn}$$

Dimana :

- P_o : Jumlah Penduduk mula-mula
- P_n : Penduduk tahun n
- dn : Kurun waktu
- r : Rata-rata prosentase tambahan penduduk pertahun

Perhitungan rata-rata persentase R penduduk Kabupaten Jombang adalah sebagai berikut :

Tabel 5.3 Perhitungan Nilai Rata-rata Persentase R Penduduk Kabupaten Jombang

Tahun	Jumlah Penduduk	R	% R
2010	1.205.114	0	0,00%
2011	1.212.881	7767	0,64%
2012	1.220.404	7523	0,62%
2013	1.230.881	10477	0,86%
2014	1.234.502	3621	0,29%
2015	1.240.985	6483	0,53%
2016	1.247.303	6318	0,51%
2017	1.253.078	5775	0,46%
Rata-rata		5.329,33	0,56%

Sumber : BPS Kabupaten Jombang

Kemudian dilakukan perhitungan proyeksi jumlah penduduk Kabupaten jombang sampai dengan tahun 2033. Tabel perhitungan proyeksi penduduk Kabupaten Jombang disajikan pada tabel 5.4 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.4 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kabupaten Jombang sampai dengan Tahun 2033

Tahun	Jumlah Penduduk
2017	1.253.078
2018	1.260.086
2019	1.267.133
2020	1.274.219
2021	1.281.345
2022	1.288.511
2023	1.295.717
2024	1.302.963
2025	1.310.250
2026	1.317.577
2027	1.324.946
2028	1.332.356
2029	1.339.807
2030	1.347.299
2031	1.354.834
2032	1.362.411
2033	1.370.030

5.3.2 Proyeksi Timbulan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

Perhitungan proyeksi timbulan sampah sejenis sampah rumah tangga dilakukan dengan melakukan proyeksi fasilitas umum. Perhitungan banyaknya fasilitas umum pada tahun rencana yang akan datang dapat dilakukan dengan rumus perbandingan sederhana sebagai berikut :

$$\frac{\sum P_n}{\sum P_o} = \frac{\sum F_n}{\sum F_o}$$

Dimana :

- P_n : Jumlah penduduk tahun ke-n
- P_o : Jumlah penduduk tahun awal
- F_n : Jumlah fasilitas tahun ke-n
- F_o : Jumlah fasilitas tahun awal

Data timbangan jumlah sampah yang masuk pada TPA Gedangeret menunjukkan bahwa fasilitas umum yang dilayani adalah pasar dan Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD). Perhitungan proyeksi fasilitas umum yang dilakukan meliputi fasilitas tersebut. Berikut ini merupakan jumlah fasilitas umum dan timbulan sampah yang dihasilkan pada tahun eksisting :

Tabel 5.5 Jumlah Fasilitas Umum Terlayani Pengangkutan Persampahan Tahun 2018

Fasum	Jumlah	Timbulan (kg/tahun)	Jumlah Timbulan Sampah (kg/tahun)
Pasar	6	484.443,25	2.906.659,5
RSUD	1	505.140,75	505.140,75

Sumber : Data Timbangan TPA

Data jumlah fasilitas umum dan timbulan sampah pada tahun 2018 dijadikan dasar perhitungan untuk melakukan proyeksi timbulan sampah sampai dengan tahun 2033. Berikut ini merupakan tabel perhitungan proyeksi sampah sejenis sampah rumah tangga atau sampah yang dihasilkan oleh fasilitas umum terlayani persampahan :

Tabel 5.6 Perhitungan Proyeksi Timbunan Sampah Fasilitas Umum Kabupaten Jombang

Tahun	Pasar (Unit)	Rumah Sakit (Unit)	Timbunan (Ton)
2017	6	1	3.411,80
2018	6	1	3.430,88
2019	6	1	3.450,07
2020	6	1	3.469,36
2021	6	1	3.488,76
2022	6	1	3.508,27
2023	6	1	3.527,89
2024	6	1	3.547,62
2025	6	1	3.567,46
2026	6	1	3.587,41
2027	6	1	3.607,48
2028	6	1	3.627,65
2029	6	1	3.647,94
2030	6	1	3.668,34
2031	6	1	3.688,85
2032	7	1	3.709,49
2033	7	1	3.730,23

5.3.3 Proyeksi Timbunan Sampah Rumah Tangga

Perhitungan proyeksi timbunan sampah dilakukan dengan menghitung sampah yang dihasilkan oleh setiap individu pada Kabupaten Jombang. Penelitian oleh Damanhuri (2010), menyebutkan bahwa pada kota kecil atau sedang, besar timbunan sampah yang dihasilkan adalah 0,2 kg per orang per hari.

Nilai 0,2 kg per orang per hari akan dikalikan dengan jumlah penduduk untuk mendapatkan nilai timbunan sampah harian. Timbunan sampah harian yang dihasilkan merupakan timbunan sampah seluruh penduduk Kabupaten Jombang, namun

pada kenyataannya masyarakat di Kabupaten Jombang masih memiliki kebiasaan membakar sampah terutama pada masyarakat pedesaan. Selain itu adanya keterbatasan angkutan sampah dan kapasitas TPS eksisting yang tersedia, pelayanan persampahan di Kabupaten Jombang masih terbatas.

Pada tugas akhir ini, persentase pelayanan didapatkan dari pendekatan jumlah timbulan eksisting. Pada tahun 2017, Data timbangan TPA menyebutkan bahwa timbulan sampah yang dihasilkan di TPA Gedangkeret adalah sejumlah sekitar 30.000 Ton untuk total sampah rumah tangga maupun sampah sejenis sampah rumah tangga. Perhitungan proyeksi mendapatkan nilai persentase pelayanan sampah eksisting adalah 20% pada tahun 2017. Kemudian diproyeksikan terjadi peningkatan sekitar 1% tiap tahun untuk pelayanan persampahan rumah tangga. Kenaikan pelayanan sebesar 1% dipilih dengan pertimbangan tren pelayanan persampahan pada tahun-tahun sebelumnya yang meningkat secara bertahap namun tidak signifikan. Pada perencanaan ini reduksi sampah sumber diabaikan dengan mempertimbangkan kondisi eksisting persampahan Kabupaten Jombang yang belum melakukan reduksi sampah di sumber secara masif. Tabel 5.7 memperlihatkan perhitungan proyeksi sampah rumah tangga harian dan tahunan yang telah dikalikan dengan persentase pelayanan persampahan.

Setelah mendapatkan nilai proyeksi timbulan sampah rumah tangga dihasilkan sampai dengan tahun 2033, timbulan sampah rumah tangga dan timbulan sampah rumah tangga dijumlahkan untuk kemudian dihitung jumlah dan volume sampah. Volume sampah digunakan untuk mencari kebutuhan lahan perencanaan zona penimbunan baru sampai dengan tahun 2033.

Tabel 5.7 Perhitungan Proyeksi Timbulan Sampah Rumah Tangga Kabupaten Jombang

Tahun	Jumlah Penduduk	Persentase Pelayanan	Timbulan Sampah Harian (kg)	Timbulan Sampah Tahunan (Ton)
2017	1253078	20%	75184.68	27442.41
2018	1260086	21%	79385.41	28975.68
2019	1267133	22%	83630.77	30525.23
2020	1274219	23%	87921.11	32091.21
2021	1281345	24%	92256.84	33673.75
2022	1288511	25%	96638.32	35272.99
2023	1295717	26%	101065.92	36889.06
2024	1302963	27%	105540	38522.10
2025	1310250	28%	110061	40172.27
2026	1317577	29%	114629.19	41839.66
2027	1324946	30%	119245.14	43524.48
2028	1332356	31%	123909.10	45226.82
2029	1339807	32%	128621.47	46946.84
2030	1347299	33%	133382.60	48684.65
2031	1354834	34%	138193.06	50440.47
2032	1362411	35%	143053.15	52214.40
2033	1370030	36%	147963.24	54006.58

5.3.4 Jumlah dan Volume Sampah Total

Timbulan sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga dijumlahkan untuk mendapatkan volume sampah. Volume sampah dihitung dengan cara membagi nilai massa sampah total dengan massa jenis sampah yang telah dikompaksi yaitu 689,77 kg/m³. Tabel 5.8 memperlihatkan perhitungan volume sampah total tahunan.

Tabel 5.8 Perhitungan Proyeksi Volume Sampah Total Kabupaten Jombang

Tahun	Timbulan Sampah Tahunan SRT (Ton)	Timbulan Sampah Tahunan SSRT (Ton)	Total Timbulan Sampah (Ton)	Volume Timbulan Sampah (m3)
2017	75.184,68	27.442,41	30.854,21	44.154,80
2018	79.385,42	28.975,68	32.406,56	46.376,34
2019	83.630,78	30.525,23	33.975,30	48.621,33
2020	87.921,11	32.091,21	35.560,57	50.889,97
2021	92.256,84	33.673,75	37.162,51	53.182,48
2022	96.638,33	35.272,99	38.781,26	55.499,04
2023	101.065,93	36.889,06	40.416,96	57.839,85
2024	105.540,00	38.522,10	42.069,73	60.205,09
2025	110.061,00	40.172,27	43.739,73	62.595,00
2026	114.629,20	41.839,66	45.427,07	65.009,72
2027	119.245,14	43.524,48	47.131,95	67.449,54
2028	123.909,11	45.226,82	48.854,48	69.914,61
2029	128.621,47	46.946,84	50.594,78	72.405,11
2030	133.382,60	48.684,65	52.352,99	74.921,25
2031	138.193,07	50.440,47	54.129,32	77.463,33
2032	143.053,16	52.214,40	55.923,89	80.031,49
2033	147.963,24	54.006,58	57.736,81	82.625,93

Penimbunan sampah dengan sistem sanitary landfill membutuhkan volume tanah sebesar sekitar 20% dari volume sampah total yang ditimbun. Volume tanah kemudian dijumlahkan dengan volume sampah tahunan dan diakumulasikan. Tabel 5.9 menyajikan perhitungan volume akumulasi sampah dan tanah total dari tahun proyeksi 2019 sampai dengan tahun 2033.

Tabel 5.9 Perhitungan Akumulasi Volume Sampah dan Tanah Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2033

Tahun	Volume Timbunan Sampah (m3)	Tanah diperlukan (m3)	Akumulasi Total (m3)
2023	57.839,85	11.567,97	69.407,82
2024	60.205,09	12.041,02	141.653,93
2025	62.595,00	12.519,00	216.767,93
2026	65.009,72	13.001,94	294.779,59
2027	67.449,54	13.489,91	375.719,04
2028	69.914,61	13.982,92	459.616,57
2029	72.405,11	14.481,02	546.502,70
2030	74.921,25	14.984,25	636.408,20
2031	77.463,33	15.492,67	729.364,20
2032	80.031,49	16.006,30	825.401,98
2033	82.625,93	16.525,19	924.553,10

Akumulasi total sampah digunakan untuk menghitung kebutuhan lahan zona penimbunan baru yang akan dibutuhkan. Perhitungan kebutuhan lahan dilakukan sama seperti perhitungan yang telah dilakukan pada perencanaan zona stabilisasi sampah. Perhitungan dilakukan dengan rumus :

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume Timbunan}}{\text{Faktor bentuk} \times \text{Tinggi rencana}}$$

Ketentuan ketinggian digunakan adalah 16 meter (kedalaman 4 meter, ketinggian 12 meter). Jumlah sel keatas permukaan tanah adalah 8 sel dengan ketinggian sel adalah 1,5

meter. Jumlah sel kebawah permukaan tanah adalah 4 sel dengan ketinggian sel adalah 1 meter. Faktor bentuk digunakan adalah 0,55. Kebutuhan luas lahan perkiraan adalah sebesar 10,5 Hektare.

Zona penimbunan baru direncanakan dengan metode area. Metode area direncanakan memiliki cekungan dengan perencanaan penggalian atau sistem *cut and fill*. Dasar tiap zona direncanakan dengan lapisan geomembran setebal 2 mm untuk mencegah rembesan lindi kedalam tanah yang akan mengakibatkan pencemaran air tanah. Alasan pemilihan geomembran sebagai lapisan dasar adalah tidak perlunya dilakukan pemadatan tanah liat sehingga perencanaan dapat segera dilakukan secara ideal menurut kriteria yang ada.

Perencanaan zona penimbunan baru memerlukan penyesuaian terhadap lahan TPA eksisting. Zona penimbunan direncanakan sejumlah 2 buah dengan luas zona satu sebesar 6 hektare yang direncanakan beroperasi selama 6 tahun dan luas zona dua sebesar 7 hektare yang direncanakan beroperasi selama 7 tahun. Pembangunan zona penimbunan dilakukan secara bertahap dimulai dengan zona penimbunan satu yang segera dilakukan untuk menampung sampah dari tahun 2023 dan pembangunan zona penimbunan dua dimulai sebelum tahun 2025 agar pada tahun tersebut dapat siap untuk menerima sampah yang masuk ke dalam TPA. Umur perencanaan timbunan dilebihi selama 2 – 3 tahun untuk memberi waktu dalam transisi perencanaan lahan baru untuk TPA baru atau lahan baru.

Sel-sel zona penimbunan direncanakan menggunakan sistem lereng stabil dengan kemiringan 1:3 untuk tinggi dan lebarnya. Rencana ketinggian sel dibawah permukaan tanah adalah 1 meter tiap sel dengan jumlah sel sebanyak 4 meter. Lebar lereng adalah 3 meter dengan direncanakan juga jalan operasi untuk truk dan alat berat selebar 4 meter. Rencana ketinggian sel diatas permukaan tanah adalah 1,5 meter tiap sel dengan jumlah sel sebanyak 8. Lebar lereng adalah 4,5 meter dengan rencana lebar jalan operasi 4 meter.

Perhitungan zona penimbunan satu ditampilkan pada tabel tabel 5.10 sedangkan zona penimbunan dua ditampilkan pada tabel 5.11.

Tabel 5.10 Perhitungan Zona Penimbunan Baru 1

Zona Penimbunan 1				
Sel	Tinggi (m)	Area Dasar (m ²)	Area Atas (m ²)	Volume (m ³)
-4	1	37104,26	39702,16	38395,89
-3	1	43284,4	46059,87	44664,95
-2	1	49878,87	52831,91	51348,31
-1	1	56887,68	60018,29	58446,00
1	1.5	60018,29	55350,91	86503,29
2	1.5	51345,88	47001,93	73736,86
3	1.5	43284,4	39263,89	61886,73
4	1.5	25833,86	32136,78	43392,06
5	1.5	28995,23	25637,93	40949,06
6	1.5	22814,31	19818,45	31948,22
7	1.5	17316,11	14681,69	23971,19
8	1.5	12500,63	10227,66	17017,73
Total Volume (m3)				572260,29
Total Kedalaman (m)				4
Total Tinggi (m)				12

Zona penimbunan baru satu mempunyai umur operasi selama enam tahun. Pembangunan zona penimbunan baru dua dilakukan pada tahun keempat atau tahun kelima operasional zona penimbunan satu agar pada saat umur penggunaan zona penimbunan baru satu habis, zona penimbunan baru dua dapat segera beroperasi.

Tabel 5.11 Perhitungan Zona Penimbunan Baru 2

Zona Penimbunan 2				
Sel	Tinggi (m)	Area Dasar (m ²)	Area Atas (m ²)	Volume (m ³)
-4	1	47968,22	50576,26	49266,49
-3	1	54153,45	56911,2	55526,62
-2	1	60688,01	63595,47	62136,07
-1	1	67571,88	70629,05	69094,83
1	1.5	70629,05	66067,36	102503,27
2	1.5	62133,72	57844,71	89964,65
3	1.5	54153,45	50137,13	78198,59
4	1.5	46688,26	42944,61	67205,10
5	1.5	39738,12	36267,16	56984,14
6	1.5	33303,06	30104,78	47535,70
7	1.5	27383,06	24457,46	38859,74
8	1.5	21978,12	19325,21	30956,18
Total Volume (m3)				748231,37
Total Kedalaman (m)				4
Total Tinggi (m)				12

Gambar layout rencana zona baru terlampir pada lampiran gambar 4.

5.3.5 Reduksi Sampah

Komposisi sampah Kabupaten Jombang menurut data primer memiliki nilai persentase sampah kompostibel yang tinggi, sehingga kondisi ini memungkinkan bahwa sampah yang masuk pada TPA Gedangeret dapat direduksi dengan melakukan komposting pada sumber seperti bank sampah dan fasilitas pengolahan di TPST maupun TPA. Selain itu, sampah non-kompostibel jenis plastik PET, logam, kaca dan lainnya juga masih memiliki nilai ekonomis yang sebenarnya masih dapat dipilah dan dimanfaatkan kembali. Reduksi sampah dapat dilakukan sesuai dengan kemampuan *recovery factor* masing-masing komponen

sampah. Menurut data kemampuan *recovery factor* yang dirangkum dari Kristanto dan Gusniani (2015) serta Tchobanoglous, dkk (1993), kemampuan reduksi sampah sesuai dengan komposisi sampah eksisting TPA Gedangkeret adalah mencapai 44,42%. Data perhitungan reduksi sampah berdasarkan *recovery factor* komposisi sampah TPA Gedangkeret dapat dilihat pada lampiran T.

Reduksi sampah dapat mengurangi jumlah sampah yang masuk ke dalam TPA Gedangkeret. Kapasitas volume sampah dengan tanah penutup yang dapat ditampung pada lahan rencana baru TPA yang telah direncanakan pada tugas akhir ini adalah sebesar 1.320.491,66 m³. Tanpa adanya reduksi sampah, TPA Gedangkeret direncanakan dapat menampung sampah sampai dengan tahun 2033. Dengan adanya skenario reduksi sampah, umur penggunaan TPA Gedangkeret dapat mencapai tahun 2041. Perhitungan rinci terkait volume produksi sampah dengan skenario reduksi TPA Gedangkeret dapat dilihat pada lampiran U.

5.4 Konstruksi Drainase

Drainase di dalam TPA berfungsi untuk mengalirkan air secepatnya menuju sungai terdekat agar tidak terjadi banjir atau genangan air. Genangan air di dalam area TPA dapat berpotensi untuk mengenai sampah sehingga terjadi infiltrasi air lindi ke dalam tanah. Infiltrasi air lindi ke dalam tanah akan membuat air tanah dapat tercemar oleh air lindi.

Perencanaan drainase suatu area diawali dengan melakukan analisis hujan untuk didapatkan rumus curah hujan yang digunakan untuk menghitung intensitas hujan pada area tersebut. Nilai intensitas hujan kemudian digunakan untuk menghitung debit hujan. Debit hujan digunakan untuk menghitung dimensi saluran drainase.

5.4.1 Analisis Curah Hujan Maksimum

Data curah hujan digunakan adalah dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017. Data curah hujan terlampir pada lampiran G. Rata-rata (R) dari nilai curah hujan di Kabupaten Jombang menurut tabel data curah hujan tersebut adalah 194 mm. Data curah hujan didapatkan dari Dinas Pengairan Kabupaten Jombang. Kemudian dihitung nilai standar deviasi curah hujan.

Perhitungan nilai standar deviasi curah hujan disajikan pada tabel 5.12 berikut ini :

Tabel 5.12 Standar Deviasi Curah Hujan

Data Ri			
Rank	Ri	Ri-R	(Ri-R) ²
1	258	-64.27	4130.20
2	191	3.15	9.92
3	183	11.32	128.07
4	181	13.32	177.33
5	158	36.48	1331.03
Jumlah	970		5776.56
R	193.98		1155.31

Kemudian data Ri dan R digunakan untuk menghitung hujan harian maksimum menggunakan Metode Gumbel. Metode Gumbel dipilih karena memiliki nilai hujan harian maksimum yang paling tinggi dibandingkan dengan metode lainnya pada penggunaan data curah hujan Kabupaten Jombang. Berikut ini merupakan perhitungan nilai hujan harian maksimum Metode Gumbel :

- Rumus standar deviasi adalah sebagai berikut

$$\text{Standar Deviasi } (\sigma R) = \sqrt{\frac{\sum(Ri - \bar{R})^2}{n - 1}}$$

- Nilai Standar Deviasi didapatkan adalah 38,002
- Nilai *Table of Reduced Mean (Yn) and Reduced Standard Deviation (σn)* dengan n = 5 adalah sebagai berikut :
 - Y₅ = 0,4952
 - σ₅ = 0,9496
- Nilai curah hujan harian maksimum dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R_T = R + \frac{\sigma_R}{\sigma_n} (Y_t - Y_n)$$

Dimana :

σ_R = *Reduced Standard Deviation*

Y_t = *Reduced Variated*

Y_n = *Reduced Mean*

n = Jumlah Data

Nilai *Reduced Variated* menurut Ardedah, 2013 disajikan pada tabel 5.13 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.13 Nilai *Reduced Mean*

PUH	Yt
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001

- Selanjutnya dihitung nilai rentang keyakinan untuk nilai R_T dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$Rk = \pm t(a) \times Se$$

$$Se = b \times \sqrt{\frac{\sigma^5}{Y_5}}$$

$$b = \sqrt{1 + (1,3 \times K) + (1,1 \times K)^2}$$

$$K = \frac{Yt - Y_5}{\sigma^5}$$

Dimana :

Rk = Rentang keyakinan

t(a) = Fungsi a

Se = *Probability Error*

Untuk :

a = 90%, t(a) = 1,64

a = 90%, t(a) = 1,64

a = 90%, t(a) = 1,64

Hasil perhitungan nilai hujan harian maksimum secara lengkap ditampilkan pada lampiran H.

5.4.2 Analisis Distribusi Hujan

Analisis distribusi hujan dihitung menggunakan 3 metode yaitu metode Van Breen, Bell, dan Hasper-der Weduwen. Penggunaan 3 metode ini berfungsi untuk mendapatkan nilai intensitas hujan maksimum.

- Metode Van Breen

Untuk menghitung Intensitas Hujan dengan menggunakan Metode Van Breen digunakan data HHM metode terpilih dengan rumus, yaitu :

$$I = \frac{90\% \times R^{24}}{4}$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam).
R²⁴ = curah HHM (mm/24 jam).

Tabel 5.14 berikut ini menunjukkan perhitungan Intensitas hujan tiap periode ulang hujan.

Tabel 5.14 Intensitas Hujan Kabupaten Jombang Metode Van Breen

PUH (tahun)	HHM (mm/24 jam)	I (mm/ jam)
2	196	44.004
5	242	54.365
10	301	67.724
25	376	84.624
50	432	97.163
100	487	109.611

Nilai intensitas hujan yang didapatkan dari perhitungan tersebut kemudian diplotkan pada kurva durasi intensitas hujan, dimana Van Breen mengambil bentuk kurva kota Jakarta sebagai kurva basis, yang dapat dilihat pada Tabel Kurva basis tersebut

memberikan kecenderungan bentuk kurva untuk daerah lain di Indonesia pada umumnya. Tabel 5.14 menunjukkan intensitas hujan Kota Jakarta

Tabel 5.15 Intensitas Hujan Kota Jakarta

Durasi (menit)	Intensitas Hujan Jakarta (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber : BUDP, *Drainage Design For Bandung*

Kemudian dihitung nilai intensitas hujan kabupaten jombang menggunakan rumus :

$$I_{vb} \text{ pada durasi } n = \frac{I \text{ kota Jakarta pada durasi } n}{I \text{ Kota Jakarta pada durasi } 240 \text{ menit}} \times I \text{ hitungan}$$

Hasil perhitungan selengkapnya terlampir pada lampiran I.

- Metode Hasper-der Weduwen

Penurunan rumus diperoleh berdasarkan kecenderungan curah hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi simetris dengan durasi hujan (t) lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai 24 jam. Perumusan metode Hasper-der Weduwen ditampilkan pada halaman selanjutnya.

- o $1 \leq t \leq 24$, maka :

$$R = \left(\sqrt{\frac{11300 x(t)}{(t + 3,12)}} \right) x \left(\frac{Xt}{100} \right)$$

- o $1 \leq t \leq 24$, maka :

$$R = \left(\sqrt{\frac{11300 x(t)}{(t + 3,12)}} \right) x \left(\frac{Rt}{100} \right)$$

Dimana :

- T = Durasi Hujan (jam)
- R, Ri = Curah Hujan Hasper-der Weduwen (mm)
- X_T = Curah Hujan HHM Terpilih (mm)

Sedangkan untuk menentukan intensitas hujan menurut Hasper-der Weduwen digunakan rumus :

$$I = \frac{R}{t}$$

Dimana :

- I = Intensitas Hujan (mm/jam)
- R = Curah Hujan (mm)
- T = Durasi (jam)

Perhitungan selengkapnya terlampir pada lampiran J.

- Metode Bell

Menurut Tanimoto yang didasarkan pada penelitian Dr. Borema bahwa untuk daerah Jawa, distribusi curah hujan setiap jam diperkirakan seperti pada Tabel 5.15 yang ditampilkan pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.16 Distribusi Hujan Menurut Tanimoto**Distribusi Curah Hujan menurut Tanimoto**

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	23	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14
15	-	3	8	13
16	-	3	8	13
17	-	3	7	13
18	-	3	7	12
19	-	2	7	11
20	-	-	7	11
21	-	-	7	11
22	-	-	6	11
23	-	-	4	10

Perkiraan pola distribusi curah hujan ini dilakukan apabila durasi hujan tidak ada, sehingga dalam mencari hubungan intensitas pada setiap durasi dilakukan dengan cara empiris. Perumusan secara empiris didasarkan pada data curah hujan durasi 60 menit (1 jam). Untuk data hujan yang telah dianalisis berdasarkan metode yang digunakan saat menghitung HHM, pola distribusi curah hujan harian untuk setiap jam adalah hanya sampai ranking 1 jam ke-4. Berikut ini merupakan tabel pola distribusi HHM per jam menurut ranking.

Tabel 5.17 Distribusi HHM per Jam menurut Ranking

Pola Distribusi HHM per jam rangking I jam 1-4						
Ranking I jam 1-4	HHM (mm/jam) dengan PUH (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
1	100.09	127.92	169.97	192.48	221.00	249.31
2	32.21	44.06	63.74	61.95	71.13	80.24
3	20.71	28.43	40.72	39.82	45.72	51.58
4	12.65	19.90	35.41	24.34	27.94	31.52
Rata-rata	51.00	66.80	91.48	98.08	112.62	127.04

Pedoman Curah Hujan Tanimoto digunakan untuk menghitung nilai HHM R_{10}^{60} dengan menggunakan rata-rata distribusi hujan 2 jam pertama pada PUH 10 tahun. Nilai R_{10}^{60} adalah sebagai berikut :

$$R_{10}^{60} = \frac{169,97 + 63,74}{2} = 116,86$$

Kemudian nilai R dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R = ((0,21 \times \ln T) - 0,52) \times ((0,54 \times t^{0,25}) - 0,5) \times R_{10}^{60}$$

Dimana :

T = PUH
t = Durasi (menit)

Perhitungan selengkapnya terlampir pada lampiran K.

- Pemilihan Intensitas Hujan

Intensitas hujan dipilih dari nilai intensitas hujan terbesar menurut perhitungan 3 metode yang telah dilakukan. Tabel 5.17 menampilkan nilai intensitas hujan terpilih.

Tabel 5.18 Distribusi HHM per Jam menurut Ranking

Durasi (menit)	Intensitas Hujan Terpilih (mm/jam)					
	2	5	10	25	50	100
5	287	587	776	1052	1287	1555
10	239	410	542	734	899	1085
20	214	283	374	506	620	748
40	159	191	252	342	418	505
60	128	253	318	398	457	516
120	75	125	158	198	228	257
240	44	62	78	98	113	128

Keterangan Metode Digunakan :

- PUH 2 : Bell
- PUH 5 : Hasper-der Weduwen
- PUH 10 : Hasper-der Weduwen
- PUH 25 : Hasper-der Weduwen
- PUH 50 : Hasper-der Weduwen
- PUH 100 : Hasper-der Weduwen

5.4.3 Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan

Pada Perhitungan pemilihan rumus intensitas hujan digunakan 3 metode, yaitu :

- a. Metode Talbot
- b. Metode Sherman
- c. Metode Ishiguro

Data yang digunakan adalah metode yang memiliki nilai lengkung intensitas yang paling kecil. Sedangkan PUH yang digunakan adalah PUH 2, 5, 10 karena PUH tersebut berturut-turut dianggap sesuai untuk perencanaan saluran tersier, sekunder, dan primer. Perhitungan dilakukan dengan durasi 5, 10, 20, 40, 60, 120, 240 menit. erdasarkan perhitungan, metode yang mempunyai lengkung intensitas terkecil terdapat pada metode Talbot.

Persamaan yang mempunyai beda terkecil adalah yang terpakai. Berikut ini merupakan rumus ketiga metode :

- Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Untuk :

$$a = \frac{(\sum I \cdot t)(\sum I^2) - (\sum I^2)(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I \cdot t) - N(\sum I^2 t)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

- Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n}$$

Untuk :

$$a = \frac{(\sum \log I)(\sum \log^2 t) - (\sum \log t \cdot \log I)(\sum \log t)}{N(\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

$$n = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t) - N(\sum \log t \cdot \log I)}{N(\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

- Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

Untuk :

$$a = \frac{(\sum I\sqrt{t})(\sum I^2) - (\sum I^2\sqrt{t})(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I\sqrt{t}) - N(\sum I^2\sqrt{t})}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

Hasil dari perhitungan lengkung intensitas hujan mendapatkan nilai metode dipakai untuk menghitung saluran

drainase TPA dengan PUH 25 adalah Metode Ishiguro dengan nilai a adalah 2027,43 dan b adalah -0,5. Perhitungan selengkapnya terlampir pada lampiran L.

5.4.4 Perhitungan Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase Baru

TPA Gedangkeret saat ini telah memiliki saluran drainase eksisting. Pada tugas akhir ini dilakukan 2 jenis perhitungan yaitu perhitungan analisis drainase eksisting dan perencanaan saluran drainase baru untuk rencana zona baru. Perhitungan dimensi saluran eksisting yang didapatkan pada tugas akhir ini merupakan dimensi minimum yang harus dipenuhi agar dapat menghindari terjadinya banjir di area lahan TPA Gedangkeret. Saluran drainase juga terlampir pada gambar layout saluran drainase TPA Gedangkeret.

Saluran drainase dihitung di seluruh area TPA terutama di sekitar zona penimbunan. Perhitungan drainase dari area datar dan area zona penimbunan berbeda karena air hujan yang mengalir melalui zona penimbunan memiliki waktu yang singkat (t_0). Hal ini terjadi karena air mengalir dari titik puncak zona penimbunan.

Drainase zona penimbunan memiliki nilai panjang limpasan terjauh (L_0) dengan slope (S_0) yang besar dibanding dengan drainase area lahan biasa. Perhitungan L_0 dan S_0 didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L_0 = \sqrt{L_0 \text{ Zona}^2 + H^2}$$

$$S_0 = \frac{H}{L_0}$$

Dimana :

$L_0 \text{ Zona}$	= Panjang Limpasan Zona Penimbunan (m)
L_0	= Panjang Limpasan Zona (m)
H	= Tinggi Zona (m)
S_0	= Slope Limpasan (m/m)

Saluran drainase dihitung dengan menggunakan PUH 25, agar selama operasi TPA masih berlangsung dapat terhindar dari banjir. Saluran direncanakan pada sekeliling zona buang dan jalan

operasi TPA menuju ke kontur rendah ke arah sungai di bagian utara TPA.

Selanjutnya dilakukan perhitungan waktu air mengalir total (t_c). Waktu air mengalir adalah jumlah waktu air melimpas dari zona limpasan (t_o) dan air mengalir dalam saluran (t_d). Rumus t_o dan t_c dijelaskan seperti berikut.

$$t_o = \frac{3,26 \times (1,1 - C) \times \sqrt{L_o}}{S_o^{\frac{1}{3}}}$$

$$t_d = \frac{L_d}{v \text{ Asumsi}}$$

Dimana :

- C = Koefisien limpasan
- Digunakan :
 - 0,2 = Lahan kosong/hutan
 - 0,25 = Lahan dengan bangunan sempit (pos jaga dan timbangan)
 - 0,4 = Lahan dengan bangunan sedang (Komposter, IPLT)
 - 0,595 = Zona penimbunan sampah
- L_o = Panjang limpasan zona (m)
- S_o = Slope limpasan (m/m)
- L_d = Panjang saluran (m)
- v = Kecepatan aliran air (m/s), diasumsikan 0,6 m/s

Selanjutnya dilakukan perhitungan intensitas hujan limpasan dengan menggunakan rumus Ishiguro PUH 25 yang telah didapatkan sebelumnya. Perhitungan ini kemudian dilanjutkan dengan mencari nilai debit limpasan (Q_o). Rumus debit limpasan dijelaskan di halaman selanjutnya.

$$Q_o = 0,278 \times C \times I \times A$$

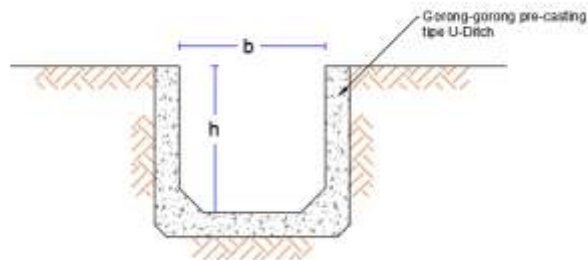
Dimana :

- C = Koefisien limpasan
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas area limpasan (m²)

Perhitungan nilai debit limpasan secara lengkap dilampirkan pada lampiran M.

Nilai debit limpasan digunakan untuk mendapatkan nilai debit akumulasi saluran. Debit akumulasi saluran adalah debit dalam suatu saluran dialiri air dari limpasan langsung menuju saluran tersebut dan juga air dari saluran sebelumnya. Perhitungan akumulasi debit saluran harus memperhatikan kontur dimana arah aliran dialirkan menuju sungai yang berada pada kontur terendah lahan TPA.

Dimensi saluran direncanakan berbentuk seperti saluran eksisting yaitu bentuk U. Perhitungan dimensi saluran dilakukan menggunakan rumus Manning dengan perbandingan lebar dan tinggi saluran adalah 2:1. Gambar 5.4 menampilkan ilustrasi bentuk dari saluran yang dihitung.



Gambar 5.4 Ilustrasi bentuk saluran drainase rencana tipe

Berikut ini merupakan rumus Manning dan perubahannya yang akan digunakan untuk menghitung dimensi saluran drainase digunakan dijelaskan pada halaman selanjutnya.

Rumus Manning :

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \text{ atau } Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \times A$$

Dengan :

$$S = \frac{Ld}{H}$$

$$R = \frac{A}{P} \rightarrow R = \frac{b \times h}{b + 2h} \rightarrow R = \frac{2h \times h}{2h + 2h}$$

Jadi,

$$R = \frac{h}{2}$$

Sehingga,

$$h = \left(\frac{1,59 \times Q \times n}{2 \times S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Dimana :

- Q = Debit saluran (m³/s)
- S = Slope saluran (m/m)
- Ld = Panjang saluran (m)
- H = Beda tinggi saluran (m)
- R = Jari-jari hidrolis saluran(m)
- P = Keliling saluran (m)
- A = Luas permukaan saluran (m²)
- b = Lebar saluran (m)
- h = Tinggi saluran (m)
- n = Koefisien manning saluran

Setelah diketahui dimensi saluran dilakukan perhitungan *freeboard* (fb) yang kemudian ditambahkan untuk mendapatkan nilai tinggi total saluran drainase. Kemudian dihitung kembali nilai

kecepatan aliran dalam saluran untuk memastikan nilainya masih memenuhi kriteria minimal yaitu 0,6 m/s.

Rumus perhitungan *freeboard* saluran adalah sebagai berikut :

$$Fb = \sqrt{C \times h}$$

Dimana :

C = Koefisien aliran, 0,14

h = Tinggi saluran (m)

Sedangkan untuk drainase di tumpukkan lahan direncanakan di sekeliling dasar lereng tiap sel. Saluran drainase direncanakan menggunakan U-Ditch Pre-cast untuk mempermudah pemasangan. Perhitungan secara lengkap terlampir pada lampiran N. Layout perencanaan drainase terlampir pada lampiran gambar 9.

5.5 Konstruksi Perpipaan Lindi

Prihastini (2011) mengatakan bahwa air lindi adalah suatu cairan yang berasal dari proses dekomposisi sampah yang melarutkan senyawa berbahaya. Air lindi memiliki kandungan BOD dan COD yang sangat tinggi dibandingkan dengan air limbah domestik. Hal ini terjadi karena air lindi telah mendekomposisi komponen-komponen di dalam sampah yang mengandung banyak sekali zat pencemar. Air lindi akan mencemari air tanah jika pada suatu zona penimbunan di TPA tidak diberi lapisan dasar dan perpipaan untuk menyalurkan lindi.

Sistem perpipaan lindi dibagi menjadi dua yaitu perpipaan primer dan perpipaan sekunder. Pipa primer merupakan saluran utama yang langsung menghubungkan zona menuju Instalasi Pengolah Lindi (IPL). Sedangkan pipa sekunder adalah pipa yang berada di tengah zona dengan fungsi menangkap air lindi dari dasar zona dan menyalurkan ke pipa primer.

Pada tugas akhir ini direncanakan perpipaan lindi dengan pola tulang ikan, dengan alasan agar dapat menangkap aliran lindi yang berada pada tengah zona penimbunan. Pipa yang digunakan adalah jenis pipa HDPE 300 mm untuk pipa primer dan pipa HDPE 150 mm untuk pipa sekunder, pertemuan antara pipa primer dan sekunder diberi bak kontrol dengan ukuran panjang 50 cm lebar 50 cm dan tinggi 50 cm. yang dapat dihubungkan dengan ventilasi

vertikal untuk perpipaan gas. Outlet pipa primer di zona penimbunan disambungkan menuju IPL dengan menggunakan dimensi pipa primer dengan kriteria slope 2%. Gambar letak perpipaan lindi ditampilkan pada lampiran gambar rencana perpipaan lindi dan perhitungan diameter pipa dapat dilihat pada sub-subbab perhitungan dimensi pipa air lindi. Rencana konstruksi perpipaan lindi terlampir pada gambar lampiran 11.

5.6 Pengelolaan Gas

Sampah yang ditimbun di TPA akan mengalami reaksi secara aerobik dan anaerobik. Sampah yang ditutup oleh tanah atau lapisan penutup lainnya, akan mengalami reaksi anaerobik karena tidak adanya kontak dengan oksigen bebas. Reaksi anaerobik dalam sampah akan menghasilkan gas rumah kaca berupa gas metana dan gas karbondioksida. Gas metana mempunyai nilai sebesar 47,4 %. Sedangkan gas karbondioksida sebesar 47 %, nitrogen 3,7%, dan sisanya gas lainnya. (EPA, 1999). Hal ini menunjukkan bahwa komposisi gas metana dan karbondioksida dalam suatu timbunan sampah hampir sama yaitu 50:50.

Gas yang dihasilkan oleh TPA perlu dikelola agar tidak merusak lingkungan. Selain itu, gas metana juga dapat dimanfaatkan kembali menjadi bahan bakar alternatif jika dimurnikan dan diolah lebih lanjut. Pengelolaan gas TPA yang direncanakan pada tugas akhir ini yaitu berupa rancangan perpipaan gas dan perhitungan volume gas yang dihasilkan oleh semua sampah yang tertimbun sampai dengan tahun operasional TPA selesai.

Perhitungan jumlah timbulan gas didasari dengan metode segitiga gas menurut Tchobanoglous (1993). Pada metode ini, sampah dibedakan menjadi dua jenis yaitu sampah yang cepat didegradasi secara biologis / Rapid Biodegradable Waste (RBW) dan sampah yang lambat didegradasi secara biologis / Slowly Biodegradable Waste (SBW). Metode ini menjelaskan bahwa gas yang dihasilkan oleh TPA jumlahnya akan memuncak pada suatu waktu, kemudian jumlahnya akan menurun seiring tahun sehingga grafik yang dihasilkan menggambarkan bentuk segitiga. RBW menghasilkan jumlah gas maksimum pada tahun pertama kemudian menurun sampai dengan tahun kelima, sedangkan SBW

menghasilkan jumlah gas maksimum pada tahun kelima kemudian menurun sampai dengan tahun kelima belas.

Sampah yang digolongkan kedalam RBW adalah sampah sisa makanan dan sampah kebun, sedangkan SBW adalah meliputi kardus, plastik, kain, karet, kulit, dan kertas. Sampah logam, kaca, B3 dan residu dianggap sebagai sampah yang tidak bisa terdegradasi secara biologis.

5.6.1 Reaksi Gas

Perhitungan volume gas yang dihasilkan oleh sampah pada TPA dilakukan dengan menentukan berat masing-masing komponen sampah untuk dapat dihitung secara stoikiometrik berat komponen gas CH₄ dan CO₂. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung berat molekul masing-masing komponen sampah sesuai dengan persentasenya. Acuan persentase molekul atom yang digunakan ditampilkan pada tabel 5.18. Perhitungan selanjutnya dilakukan menurut Tchobanoglous (1993).

Tabel 5.19 Tipikal Analisis Ultimate Sampah Dapat Terbakar di Pemukiman

Komposisi	Persen Massa (Basis Kering)				
	C	H	O	N	S
Sisa Makanan	48	6.4	37.6	2.6	0.4
Kebun	47.8	6	38	3.4	0.3
Kardus	0.97	44	5.9	44.6	0.3
Plastik	9.10	60	7.2	22.8	0
Kain	0.83	55	6.6	31.2	4.6
Karet	0.28	78	10	0	2
Kulit	0.22	60	7.2	22.8	0
Kertas	5.25	43.5	6	44	0.3

Sumber : Tchobanoglous, 1993

Kemudian persen massa tersebut dikalikan dengan massa kering sampah dari data primer yang telah dilakukan sampling sebelumnya. Massa kering didapatkan dengan mengurangi massa sampah total dengan kadar kelembapan sampah yaitu sebesar

60,35%. Massa yang digunakan diasumsikan sesuai dengan persentase komponen sampah. Tabel 5.19 menunjukkan massa atom per komponen sampah jenis RBW dan tabel 5.20 untuk jenis SBW yang telah dihitung.

Tabel 5.20 Analisis Ultimate Sampah Jenis RBW dapat Terbakar TPA Gedangkeret

Komposisi	Massa Kering (kg)	Berat Molekul (kg)				
		C	H	O	N	S
Sisa Makanan	26.65	12.79	1.71	10.02	0.69	0.11
Kebun	7.89	3.77	0.47	3.00	0.27	0.02
Total	34.55	16.57	2.18	13.02	0.96	0.13

Tabel 5.21 Analisis Ultimate Sampah Jenis SBW dapat Terbakar TPA Gedangkeret

Komposisi	Massa Kering (kg)	Berat Molekul (kg)				
		C	H	O	N	S
Kardus	0.97	0.43	0.06	0.43	0.00	0.00
Plastik	9.10	5.46	0.65	2.07	0.00	0.00
Kain	0.83	0.45	0.05	0.26	0.04	0.00
Karet	0.28	0.22	0.03	0.00	0.01	0.00
Kulit	0.22	0.13	0.02	0.05	0.00	0.00
Kertas	5.25	2.28	0.32	2.31	0.02	0.01
Total	16.65	8.97	1.13	5.13	0.06	0.01

Setelah itu total berat molekul masing-masing jenis sampah dibagi dengan massa atom relatif masing-masing atom. Massa atom relatif digunakan untuk C = 12,01; H = 1,01; O = 16; N = 14,01; dan S = 32,06. Hasil bagi antara berat molekul dan massa atom relatif adalah nilai jumlah mol. Kemudian jumlah mol dijadikan N Based (Jumlah mol semua atom dibagi dengan jumlah mol atom N) untuk didapatkan rumus kimia dari sampah jenis RBW dan SBW TPA Gedangkeret. Perhitungan jumlah mol atom dan

rumus kimia jenis sampah dapat dilihat pada tabel 5.21 di halaman selanjutnya.

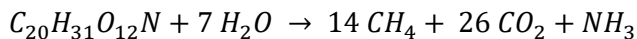
Tabel 5.22 Jumlah Mol dan Rumus Kimia Sampah TPA Gedangkeret

Keterangan		C	H	O	N	S
RBW	Jumlah Mol	1.38	2.16	0.81	0.07	0.00
	Rumus Kimia	20	31	12	1	0
		$C_{20}H_{31}O_{12}N$				
SBW	Jumlah Mol	0.75	1.11	0.32	0.00	0.00
	Rumus Kimia	168	251	72	1	0
		$C_{168}H_{251}O_{72}N$				

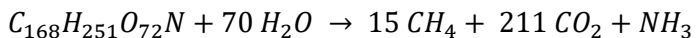
Pada tahap terakhir kemudian dilakukan penentuan reaksi anaerobik dari sampah jenis RBW maupun SBW menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 & C_a H_b O_c N_d + \left(\frac{4a - b - 2c + 3d}{4} \right) H_2O \\
 & \rightarrow \left(\frac{4a + b - 2c - 3d}{8} \right) CH_4 \\
 & + \left(\frac{4a - b + 2c + 3d}{8} \right) CO_2 + dNH_3
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan rumus reaksi anaerobik sampah jenis RBW adalah sebagai berikut :



Sedangkan untuk rumus reaksi anaerobik sampah jenis SBW adalah sebagai berikut :



5.6.2 Jumlah Produksi Gas

Perhitungan volume gas dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Volume Gas} = \frac{\text{Mr Gas} \times \text{Massa Kering Sampah Total}}{\text{Massa Jenis Gas} \times \text{Mr Sampah Total}}$$

Massa relatif gas didapatkan dari mengalikan koefisien senyawa dengan massa relatif tiap atom penyusun unsurnya. Massa jenis gas metana memiliki nilai 0,7176 kg/m³ dan karbondioksida memiliki nilai 1,9783 kg/m³. Kemudian kedua volume gas dijumlahkan dan dibagi dengan nilai massa kering sampah total untuk didapatkan nilai gas terproduksi per kilogram sampah. Sehingga didapatkan volume gas adalah ditampilkan pada tabel 5.22 berikut :

Tabel 5.23 Volume Produksi Gas per Kilogram Sampah

Jenis Sampah	Volume Metana (m ³)	Volume Karbondioksida (m ³)	Produksi Gas (m ³ /kg sampah)
Rapid Biodegradable	23,16	41,61	1,87
Slowly Biodegradable	13,56	22,7	2,18

5.6.3 Timbulan Gas

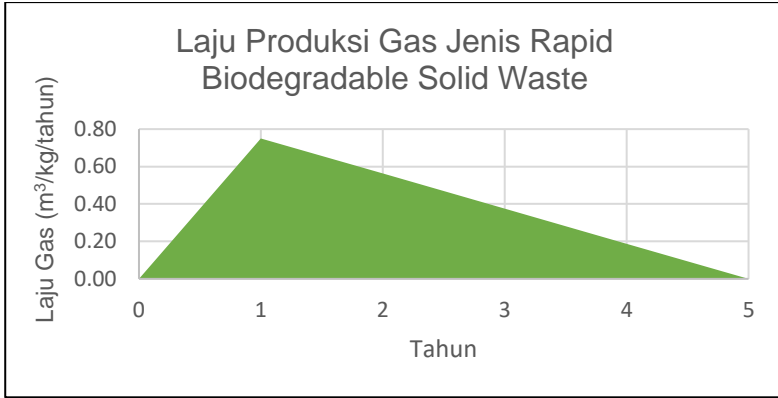
Timbulan gas dihitung dengan metode triangular gas menurut Tchobanoglous, 1993. Pada metode ini digunakan kurva x (base) merupakan tahun dan kurva y (height / h) adalah laju gas. Tahun produksi gas pada sampah jenis RBW adalah sampai dengan 5 tahun, dan sampah jenis SBW adalah sampai dengan 15 tahun. Perhitungan h maksimum dilakukan menggunakan persamaan luas segitiga, sedangkan untuk h tahun-tahun lainnya menyesuaikan dengan h maksimum. Laju gas dan produksi gas tahunan sampah jenis RBW ditampilkan pada tabel 5.23 dan sampah jenis SBW ditampilkan pada tabel 5.24 pada halaman selanjutnya. Grafik timbulan gas ditampilkan pada gambar 5.5 dan gambar 5.6.

Tabel 5.24 Laju dan Produksi Gas Tahunan Sampah Jenis RBW

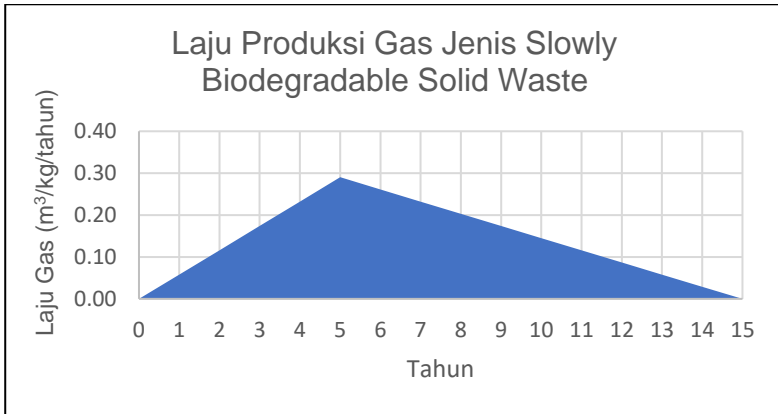
Tahun	h	Laju Gas (m ³ /kg/tahun)	Produksi Gas (m ³ /kg)
0	0	0.00	0.375
1	1	0.75	0.656
2	0.75	0.56	0.469
3	0.5	0.37	0.281
4	0.25	0.19	0.094
5	0	0.00	0.000
Total			1.875

Tabel 5.25 Laju dan Produksi Gas Tahunan Sampah Jenis SBW

Tahun	h	Jumlah (m ³ /tahun)	Produksi Gas (m ³ /kg)
0	0	0.00	0.029
1	0.2	0.06	0.087
2	0.4	0.12	0.145
3	0.6	0.17	0.203
4	0.8	0.23	0.261
5	1	0.29	0.276
6	0.9	0.26	0.247
7	0.8	0.23	0.218
8	0.7	0.20	0.189
9	0.6	0.17	0.160
10	0.5	0.15	0.131
11	0.4	0.12	0.102
12	0.3	0.09	0.073
13	0.2	0.06	0.044
14	0.1	0.03	0.015
15	0	0.00	0.000



Gambar 5.4 Grafik Laju Gas Sampah Jenis RBW



Gambar 5.5 Grafik Laju Gas Sampah Jenis SBW

Laju dan produksi gas tahunan kemudian dikalikan dengan timbulan sampah masing-masing zona operasi untuk didapatkan nilai volume gas di produksi pada zona tersebut. Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada lampiran O.

5.6.4 Perpipaan Gas

Pipa gas atau ventilasi gas digunakan untuk mengalirkan gas yang diproduksi oleh reaksi anaerobik dalam sampah menuju ke penampungan gas atau pembakaran gas agar tidak keluar bebas ke udara menjadi gas rumah kaca. Pada tugas akhir ini direncanakan ventilasi gas dengan kriteria sebagai berikut :

- Pipa digunakan dengan material PVC diameter 165 mm.
- Jarak antar pipa gas dalam satu lajur pipa lindi adalah maksimal 50 m.
- Gas yang keluar dari ventilasi gas dibakar, atau jika sudah ada fasilitas penampungan dan pengolahan gas maka dialirkan menuju tampungan gas tersebut.
- Ketinggian ventilasi gas mengikuti ketinggian timbunan sampah (setiap lapisan ditambah 50 cm).
- Pipa ventilasi dipasang dari dasar TPA secara bertahap pada setiap lapisan sampah dan dihubungkan dari bak kontrol pipa penyalur lindi.

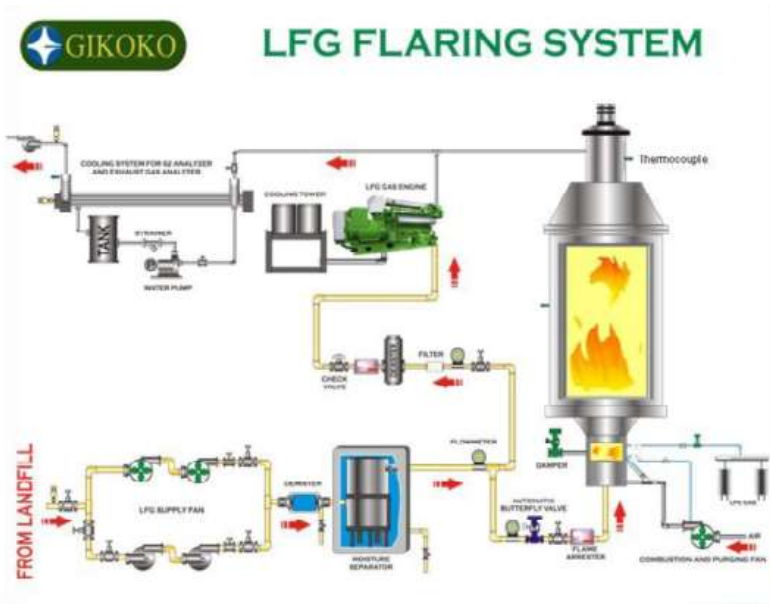
Gambar letak perpipaan ventilasi gas ditampilkan pada lampiran gambar rencana ventilasi gas. Rencana konstruksi perpipaan gas terlampir pada gambar lampiran 13.

5.6.5 Metode *Flaring* sebagai Alternatif Pengelolaan Gas

Gas yang telah dikumpulkan ditangani dengan alternatif pembakaran dengan metode *flaring* atau dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menggunakan pengolahan secara terdepan. Kedua alternatif ini memiliki keuntungan masing-masing dalam mengolah gas yang diemisikan oleh sampah. Metode *Flaring* direkomendasikan untuk digunakan pada pengolahan sementara gas TPA agar memastikan bahwa tidak ada emisi gas rumah kaca yang terlepas ke udara sehingga menimbulkan pencemaran udara.

Flaring merupakan metode pembakaran emisi gas metana yang dihasilkan oleh reaksi anaerobik dekomposisi sampah. Metode *flaring* merupakan metode pengolahan yang paling umum digunakan. (Thcobanoglous, 1993). Proses *flaring* memerlukan oksigen untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna. Oleh karena itu diperlukan kajian serta perencanaan khusus terkait pengelolaan gas metana yang dihasilkan oleh tumpukan sampah TPA Gedangkeret.

Salah satu contoh sistem flaring yang telah beroperasi dengan bagus sehingga dapat dijadikan contoh adalah pada TPA Bekasi, Pontianak, Makassar, dan Palembang yang dioperasikan oleh PT Gikoko Kogyo Indonesia (GKI). Gas dari timbunan sampah dikumpulkan menuju suatu tempat penampung gas menggunakan blower dengan kendali oleh *control valve* untuk kemudian dilakukan pembakaran. Pembakaran dilakukan dengan temperatur 500 – 1200 °C. Pembakaran ini mempunyai kapasitas bakar optimum yaitu 900 Nm³ gas/jam. Gas hasil pembakaran memiliki temperatur 500 – 700 °C. Pengendalian temperatur dan campuran gas udara pembakaran dilakukan dengan *force draft fan* oleh operator. Lama waktu pembakaran gas adalah kurang lebih 2,6 detik. (CDM PDD, 2012). Gambar 5.6 menunjukkan skema operasi pembakaran gas TPA oleh PT GKI.



Gambar 5.6 Skema Pembakaran Gas TPA oleh PT Gikoko Kogyo Indonesia

Sumber : PT Gikoko Kogyo Indonesia

5.7 Instalasi Pengolah Lindi

Air lindi dari zona penimbunan disalurkan menuju ke pengolahan lindi. Pada tugas akhir ini direncanakan instalasi pengolah lindi baru untuk mengolah lindi dari zona baru. Instalasi pengolah lindi yang dipakai merupakan kolam-kolam stabilisasi yaitu kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi.

5.7.1 Debit Air Lindi

Debit air lindi dihitung dari produksi lindi tahunan zona penimbunan sampah. Produksi lindi dipengaruhi oleh debit air hujan terinfiltrasi kedalam sampah dan kadar air dalam sampah. Produksi air lindi pada TPA Gedangeret berasal dari beberapa zona penimbunan TPA. Pada tugas akhir ini produksi lindi dikategorikan sebagai berikut :

- Produksi air lindi zona pasif 1
- Produksi air lindi zona pasif 2
- Produksi air lindi zona aktif eksisting
- Produksi air lindi zona baru 1
- Produksi air lindi zona baru 2.

Debit air lindi yang bersumber dari zona pasif 1, zona pasif 2, dan zona aktif eksisting akan ditampung oleh Instalasi Pengolah Lindi (IPL) eksisting, sedangkan untuk debit air lindi dari zona baru 1 dan 2 akan ditampung oleh IPL baru yang direncanakan pada tugas akhir ini sub subbab Perencanaan IPL Baru.

Ketentuan yang digunakan untuk menghitung debit lindi adalah sebagai berikut :

- Densitas lepas sampah : 161,48 kg/m³
- Densitas kompaksi : 698,77 kg/m³
- Densitas tanah : 1083,69 kg/m³
- Kebutuhan tanah penutup : 20% volume sampah
- Kadar air sampah : 60,35%
- Koefisien infiltrasi (1-C) : 0,405
- Intensitas hujan rata-rata (I) : 139 cm/tahun
- Rata-rata lama hujan : 4 jam/hari
- Lama musim hujan : 6 bulan
- Luas Zona pasif 1 (A) : 4623,33 m²
- Luas Zona pasif 2 (A) : 13048,27 m²
- Luas Zona aktif eksisting (A) : 46225,52 m²

- Luas Zona baru 1 (A) : 60018,29 m²
- Luas Zona baru 2 (A) : 70629,05 m²
- Densitas hujan : 1000 kg/m³
- Densitas gas : 1354 kg/m³
- Konsumsi air pembentuk gas : 0,155 kg/m³
- Uap air gas : 0,016 kg/m³

Perhitungan dilakukan tahunan, langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut dengan mengambil contoh debit tahun pertama (2023) zona 1.

$$\begin{aligned} \text{Debit hujan} &= 0,278 \times \text{Koefisien infiltrasi} \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,409 \times 139 \text{ cm/tahun} \times 60018,29 \text{ m}^2 \\ &= 0,0003 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume hujan tahunan} &= \text{Debit hujan} \times \text{Waktu} \\ &= 0,0003 \text{ m}^3/\text{s} \times (6 \times 30 \times 4 \times 3600) \text{ s} \\ &= 772,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat hujan} &= \text{Volume hujan} \times \text{Densitas hujan} \\ &= 772,02 \text{ m}^3 \times 1 \text{ Ton/m}^3 \\ &= 772,02 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{Massa sampah} = 40416,96 \text{ Ton}$$

$$\text{Massa tanah} = 10674,64 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air dalam sampah} &= \text{Massa sampah} \times \text{kadar air sampah} \\ &= 40416,96 \text{ Ton} \times 60,35\% \\ &= 24391,63 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Pada tahun selanjutnya, kandungan air sampah dianggap berkurang karena telah terjadi degradasi bahan organik dalam sampah, sehingga kadar air dianggap berasal dari kadar air bahan-bahan anorganik seperti logam, kaca, dan lainnya yang berasal dari air hujan atau air eksternal. Kadar air setelah dikurangi dengan nilai kadar air bahan organik adalah sebesar 24%. Pada pola

perhitungannya, kadar air sampah didapatkan dari persentase massa sampah lama terhadap massa sampah total ditambah dengan kadar air sampah baru dengan persentasenya terhadap massa sampah total. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut :

Massa air dalam sampah

$$\begin{aligned} &= (\text{Fraksi sampah lama} \times 60,35\%) \\ &+ (\text{Fraksi sampah baru} \times 24\%) \end{aligned}$$

Berat air sampah

$$\begin{aligned} &= \text{Massa sampah} - \text{Massa air dalam sampah} \\ &= 40416,96 \text{ Ton} - 24391,63 \text{ Ton} \\ &= 16025,32 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Produksi gas = 0 Ton

Berat air terkonsumsi

$$\begin{aligned} &= \text{Produksi gas} \times \text{konsumsi air pembentuk gas} \\ &= 0 \text{ m}^3 \times 0,155 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berat uap air gas

$$\begin{aligned} &= \text{Produksi gas} \times \text{Uap air gas} \\ &= 0 \text{ m}^3 \times 0,016 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berat air dalam sampah

$$\begin{aligned} &= \text{Berat hujan} + \text{Kandungan air dalam sampah} \\ &= 772,02 \text{ Ton} + 24391,63 \text{ Ton} \\ &= 25163,65 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Sisa berat kering sampah

$$\begin{aligned} &= \text{Massa kering sampah} - \text{berat air terkonsumsi} - \\ &\text{berat uap air gas} \\ &= 16025,32 \text{ Ton} - 0 \text{ Ton} - 0 \text{ Ton} \\ &= 16025,32 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat rata-rata timbunan sampah (W)} &= 0,5 \times (\text{Berat air sampah} + \text{Sisa berat kering sampah}) + \text{Massa tanah} \\
&= (0,5 \times (25163,65 + 16025,32) \text{ Ton}) \\
&\quad + 12536,06 \text{ Ton} \\
&= 31269,13 \text{ Ton} \\
&= 31269130 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Field capacity} &= 0,6 - (0,55 \times (W : (10000+W))) \\
&= 0,6 - (0,55 \times (31269130 \text{ kg} : (10000 + 31269130 \text{ kg}))) \\
&= 0,050176
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat air tertahan} &= \text{Massa kering sampah} \times \text{Field capacity} \\
&= 16025,32 \text{ Ton} \times 0,050176 \\
&= 1262,61 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Produksi lindi} &= \text{Berat air dalam sampah} - \text{Berat air tertahan} \\
&= 25163,65 \text{ Ton} - 2863,27 \text{ Ton} \\
&= 23901,04 \text{ Ton} \\
&= 23901,04 \text{ m}^3 \text{ (% padatan kecil, } \rho \text{ lindi} \approx 1 \text{ kg/L)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Debit lindi} &= \text{Volume lindi} : \text{Waktu} \\
&= 23901,04 \text{ m}^3 : (365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 3600 \text{ s/jam}) \\
&= 0,0008 \text{ m}^3/\text{s} \\
&= 2,88 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada lampiran P.

5.7.2 Dimensi Pipa Air Lindi Zona Baru

Setelah itu dihitung diameter pipa lindi untuk debit maksimum lindi sebagai berikut :

- Debit lindi (Q) : 0,0045 m³/s
- Faktor Peak : 2 (asumsi)
- Debit maks (Q Peak) : 0,009 m³/s
- d/D : 0,6
- Q Peak / Q Full : 0,655

$$\begin{aligned}
 \text{Debit pipa penuh (Q Full)} & \\
 &= Q \text{ Peak} / Q \text{ Peak/Q Full} \\
 &= 0,009 \text{ m}^3/\text{s} / 0,655 \\
 &= 0,014 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

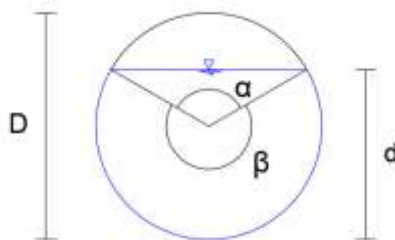
$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran rencana minimum} & \\
 &= 0,6 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang pipa (A)} & \\
 &= \text{Debit pipa penuh} / \text{Kecepatan minimum} \\
 &= 0,014 \text{ m}^3/\text{s} / 0,6 \text{ m/s} \\
 &= 0,023 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa} & \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,023}{\pi}} \\
 &= 0,171 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter rencana (D)} & \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jari-jari basah dihitung menggunakan penampang pipa tidak penuh dengan nilai kriteria d/D adalah 0,6. Ilustrasi penampang pipa tidak penuh disajikan pada gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Ilustrasi penampang pipa tidak penuh

Kemudian perhitungan jari-jari basah dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Luas Penampang Basah (A)} = \frac{1}{8} (\beta - \sin\beta) D^2$$

$$\text{Keliling Basah (P)} = \frac{1}{2} \beta \times D$$

$$\frac{1}{2} \text{ Diameter} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} d &= d/D \times D \\ &= 0,6 \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,18 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= 2 \times (\text{Arc Cos } (d - \frac{1}{2} D)/D) \\ &= 156,93^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 360^\circ - \alpha \\ &= 203,07^\circ \end{aligned}$$

$$\text{A Basah} = 2,29 \text{ m}^2$$

$$\text{P Basah} = 30,46 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= 2,29 \text{ m}^2 / 30,46 \text{ m} \\ &= 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Slope rencana} = 0,005$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran cek} &= 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= 1/0,015 \times 0,08^{2/3} \times 0,005^{1/2} \\ &= 0,834 \text{ m/s (memenuhi kecepatan minimum)} \end{aligned}$$

Kondisi kecepatan aliran memenuhi, sehingga pipa primer HDPE diameter 300 mm dapat digunakan, sedangkan untuk pipa sekunder HDPE digunakan diameter 200 mm dengan perhitungan kecepatan aliran didapatkan adalah 0,635 m/s.

5.7.3 Kolam Stabilisasi Eksisting

TPA Gedangkeret memiliki 9 buah kolam-kolam stabilisasi untuk mengolah air lindiya sebelum dibuang pada badan air. Kolam stabilisasi tersebut menampung debit lindi yang berasal dari zona pasif 1 dan pasif 2 yang telah ditutup, dan zona aktif eksisting. Idealnya, kolam-kolam tersebut dapat mengolah kualitas air lindi TPA sehingga dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Namun kualitas air lindi outlet kolam-kolam tersebut ternyata masih kurang memenuhi baku mutu. Hasil sampling terkait kualitas air lindi yang dilakukan pada tanggal 6 Maret 2019 adalah sebagai berikut :

Tabel 5.26 Kualitas influen kolam stabilisasi eksisting TPA

Parameter	Nilai	Satuan
BOD	956	mg/L
COD	1805	mg/L
TDS	5200	mg/L

Sumber : Data Primer dan Analisis Laboratorium

Tabel 5.27 Kualitas efluen kolam stabilisasi eksisting TPA

Parameter	Nilai	Satuan
BOD	464	mg/L
COD	874	mg/L
TDS	2010	mg/L

Sumber : Data Primer dan Analisis Laboratorium

Keterangan hasil analisis laboratorium untuk kualitas influen air lindi terdapat pada lampiran D sedangkan untuk kualitas efluen air lindi terdapat pada lampiran Q.

Kualitas parameter air lindi yang diuji tersebut masih tidak memenuhi baku mutu air lindi menurut Peraturan Menteri PU nomor 3 tahun 2013 yang menyebutkan bahwa baku mutu parameter BOD adalah 150 mg/L dan COD adalah 300 mg/L, sedangkan untuk parameter TDS masih memenuhi baku mutu dengan nilai disebutkan adalah 4000 mg/L. Kualitas air lindi dari outlet IPL yang tidak memenuhi baku mutu akan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan pada badan air.

Kondisi IPL yang tidak dapat mengelola kualitas air lindi hingga mencapai baku mutu adalah dikarenakan beberapa hal seperti kesalahan desain atau operasional. Kesalahan desain dapat dianalisis menggunakan pendekatan waktu tinggal air lindi, maupun analisis biologis terkait kinerja mikroorganisme dalam kolam. Karena pada dasarnya, kolam pengolah lindi atau kolam stabilisasi merupakan sebuah reaktor biologis, dimana mikroorganisme digunakan untuk melakukan dekomposisi zat-zat organik pencemar yang ada dalam air lindi. Berikut ini merupakan analisis waktu tinggal kolam stabilisasi eksisting dengan kriteria yang terlampir pada Peraturan Menteri PU nomor 3 tahun 2013 :

- Debit maksimum hitung
 - 144,93 m³/hari
- Kolam Anaerobik
 - Jumlah : 3 Buah
 - Panjang : 13 m
 - Lebar : 5 m
 - Kedalaman : 4 m
 - Luas Area : 65 m²
 - Volume : 260 m³
 - Td Cek : (Volume / Debit)
: 1,79 hari
 - Td Kriteria : 20 – 50 hari
 - Removal BOD : 4,48%
 - Inlet BOD : 956 mg/L
 - Outlet BOD : 833,06 mg/L (Outlet kolam ke-3)
- Kolam Fakultatif
 - Jumlah : 3 Buah
 - Panjang : 22 m
 - Lebar : 6 m
 - Kedalaman : 2 m
 - Luas Area : 132 m²
 - Volume : 264 m³
 - Td Cek : (Volume / Debit)
: 1,82 hari
 - Td Kriteria : 5 – 30 hari
 - Removal BOD : 31,88%
 - Inlet BOD : 833,06 mg/L
 - Outlet BOD : 263,37 mg/L (Outlet kolam ke-3)

- Kolam Maturasi
 - Jumlah : 3 Buah
 - Panjang : 22 m
 - Lebar : 6 m
 - Kedalaman : 1,5 m
 - Luas Area : 132 m²
 - Volume : 194 m³
 - Td Cek : (Volume / Debit)
: 1,82 hari
 - Td Kriteria : 7 – 20 hari
 - Removal BOD : 11,71%
 - Inlet BOD : 263,37 mg/L
 - Outlet BOD : 181,26 mg/L (Outlet kolam ke-3)

Hasil analisis menggunakan pendekatan waktu tinggal kriteria menunjukkan bahwa kualitas BOD outlet kolam stabilisasi masih kurang memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Hal ini mungkin terjadi karena meningkatnya debit lindi sehingga kolam-kolam stabilisasi menjadi *over capacity* atau menampung debit lindi yang berlebihan. Sedangkan untuk kesalahan dalam operasional dapat terjadi karena adanya penumpukkan lumpur di dasar kolam yang mengakibatkan ketinggian kolam berkurang, sehingga waktu tinggal air lindi dalam kolam stabilisasi berkurang.

Sebagai saran dari evaluasi kondisi kolam stabilisasi eksisting, Kolam fakultatif pertama dapat diberi *surface aerator* untuk melakukan aerasi mikroorganisme. Konsep dari aerasi yang direncanakan pada tugas akhir ini adalah sesuai dengan Metcalf and Eddy, 1994, yaitu menggunakan konsep reaktor biologis berupa tangki aerasi. Perencanaan secara rinci adalah menggunakan formulasi sebagai berikut :

$$Volume\ Reaktor = \frac{T_c}{X} \times \frac{Q \times Y \times (BOD_i - BOD_e)}{1 + (k_d \times T_c)}$$

Dimana digunakan :

- Volume Reaktor : 264 m³
- X (MLVSS) : 1000 mg/L (Kriteria)
- Tc : 10 hari (Kriteria)
- Y (Koef. Yield) : 0,6 kgVSS/kgBOD (Kriteria)
- Kd (Koef. Decay) : 0,09 hari (Kriteria)

- BOD influen : 833,06 mg/L

Dengan menggunakan formulasi sebelumnya, nilai BOD efluen menurut perhitungan adalah sebesar 256,25 mg/L. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan pendekatan waktu tinggal seperti yang telah dilakukan sebelumnya sehingga kualitas efluen parameter BOD kolam-kolam stabilisasi adalah sebesar 97,88 mg/L. Penggunaan aerator memerlukan biaya operasi tambahan berupa listrik. Aerator berfungsi sebagai suplai oksigen kepada mikroorganisme dalam air lindi. Perhitungan kebutuhan oksigen adalah sebagai berikut :

$$Ro(\text{Kebutuhan Oksigen}) \text{ Total} = Ro \text{ Substrat} - Ro \text{ Endogeneous}$$

$$Ro \text{ Substrat} = Q (BOD_i - BOD_e)$$

$$Ro \text{ Endogeneous} = 1,42 \times \frac{Q \times Y \times (BOD_i - BOD_e)}{1 + (K_d \times T_c)}$$

Sehingga :

- Ro Substrat : 93,071 kgO₂/hari
- Ro Endogeneous : 41,735 kgO₂/hari
- **Ro Total** : **51,336 kgO₂/hari**
: **2,139 kgO₂/jam**
- Volume Kolam Total : 264 m³
- **Ro Volumetrik** : **0,195 kgO₂/m³/hari**
- Aerator disarankan : Surface Aerator Ecomix
Kapasitas 2,8 kgO₂/jam

5.7.4 Instalasi Pengolah Lindi Baru

Zona-zona penimbunan baru yang direncanakan memiliki luas yang cukup besar dibandingkan dengan luas zona-zona penimbunan sebelumnya. Oleh karena itu debit air lindi yang dihasilkan oleh zona baru ini tentu lebih besar daripada debit lindi yang ditampung oleh kolam stabilisasi eksisting. Besar debit air lindi ditentukan dari banyaknya kadar air sampah yang masuk, serta luasan zona dalam menampung air hujan. Kedua hal tersebut sangat mempengaruhi besarnya debit air lindi yang masuk ke IPL, dimana di lain hal ada faktor seperti penguapan, penggunaan air untuk reaksi gas, dan *field capacity* dari timbunan sampah yang dapat mengurangi debit lindi dengan besaran yang tidak begitu besar.

Pada tugas akhir ini, debit air lindi dari zona penimbunan baru direncanakan untuk masuk kedalam kolam pengolahan lindi yang lebih efektif. Unit-unit yang digunakan pada perencanaan ini adalah kolam anaerobik, kolam aerasi, serta kolam maturasi. Ketiga unit tersebut merupakan pengolahan konvensional yang efektif dan tidak memerlukan biaya yang cukup mahal seperti pengolahan menggunakan bahan kimia.

Karakteristik lindi dari zona baru tipikal dari data sekunder adalah sebagai berikut :

Tabel 5.28 Karakteristik lindi dengan umur zona <2 tahun

Parameter	Nilai	Satuan
BOD	10.000	mg/L
COD	18.000	mg/L
TSS	500	mg/L

Sumber : Said dan Hartaja, 2015

Perhitungan dan rincian removal BOD unit direncanakan adalah sebagai berikut :

- Debit maksimum hitung
 - 388,187 m³/hari
- Kolam Anaerobik
 - **Jumlah : 2 Buah**
 - **Panjang : 80 m**
 - **Lebar : 40 m**
 - **Kedalaman : 4 m**
 - Luas Area : 3200 m²
 - Volume : 12800 m³
 - Td Cek : (Volume / Debit)
: 32,97 hari
 - Td Kriteria : 20 – 50 hari
 - Removal BOD : 65,14%
 - Inlet BOD : 10.000 mg/L
 - Outlet BOD Kolam Anaerobik I
: 3486,39 mg/L
 - Outlet BOD Kolam Anaerobik II
: 1215,49 mg/L

- Kolam Aerasi
 - X (MLVSS) : 2000 mg/L (Kriteria)
 - Tc : 10 hari (Kriteria)
 - Y (Koef. Yield) : 0,6 kgVSS/kgBOD (Kriteria)
 - Kd (Koef. Decay) : 0,09 hari (Kriteria)
 - BOD influen : 1215,49 mg/L
 - BOD efluen : 121,55 mg/L
 - Volume Reaktor : 670,51 m³
 - **Kedalaman Rencana : 2 m**
 - Luas Area : 335,25 m²
 - **Panjang Rencana : 26 m**
 - **Lebar rencana : 12 m**
 - Ro Substrat : 424,655 kgO₂/hari
 - Ro Endogeneous : 190,424 kgO₂/hari
 - Ro Total : 234,231 kgO₂/hari
 - : 9,759 kgO₂/jam
 - **Ro Volumetrik : 0,349 kgO₂/m³/hari**
 - Aerator disarankan : Surface Aerator Ecomix 5 Kapasitas 6,8 kgO₂ kgO₂/jam 2 Buah

- Kolam Maturasi
 - **Jumlah : 1 Buah**
 - **Panjang : 70 m**
 - **Lebar : 35 m**
 - **Kedalaman : 1 m**
 - Luas Area : 2450 m²
 - Volume : 2450 m³
 - Td Cek : (Volume / Debit) : 6,311 hari
 - Td Kriteria : 20 – 50 hari
 - Removal BOD : 58,464%
 - Inlet BOD : 121,55 mg/L
 - Outlet BOD Kolam Maturasi : 50,487 mg/L

Layout rencana IPL baru terlampir pada lampiran gambar 15.

Menurut Permen LHK nomor 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Lindi untuk Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir, terdapat parameter logam berat berupa merkuri yang harus disisihkan

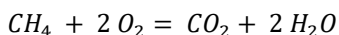
sampai dengan minimum 0,005 mg/L. Pada perencanaan selanjutnya, perlu dilakukan pengukuran parameter merkuri yang terkandung pada air lindi TPA Gedangerket. Kemudian disarankan untuk mengolah kandungan merkuri dengan sistem fitoremediasi berupa *wetland* atau lahan basah.

Menurut penelitian oleh Ambarsari dan Qisthi (2017), fitoremediasi menggunakan tanaman *Phragmites australis* pada kontruksi lahan basah buatan dapat menyerap kandungan merkuri dalam limbah sampai dengan 99,8%. Metode ini dapat dilakukan pada TPA Gedangerket untuk mereduksi kandungan merkuri dalam air lindi. *Phragmites australis* merupakan sejenis rumput besar yang sering ditemukan di tepi air atau tanah-tanah yang becek, pada daerah jawa tanaman ini sering disebut dengan glagah atau perumpung.

5.8 Perencanaan Greenbelt

Greenbelt adalah jajaran pohon atau vegetasi lainnya yang sengaja ditanam di sekeliling area TPA yang berfungsi untuk mereduksi gas karbondioksida yang dihasilkan dari proses pembakaran atau *flaring* sampah, maupun emisi yang dihasilkan dari operasi kendaraan seperti truk dan eskavator di dalam TPA. Perhitungan jumlah emisi gas karbon dioksida oleh aktivitas dekomposisi sampah telah dilakukan sebelumnya, namun jumlah tersebut merupakan gabungan dari jumlah gas metana dengan rasio 1:1.

Pada tugas akhir ini, seluruh gas metana yang dihasilkan oleh timbunan sampah akan dibakar melalui sistem *flaring* sehingga jumlah gas metana yang dikeluarkan perlu dikonversi menjadi gas CO₂. Rumus reaksi kimia dari pembakaran atau *flaring* gas metana adalah sebagai berikut :



Dimana nilai massa relatif senyawa gas metana adalah 14 sedangkan gas karbon dioksida adalah 44. Sehingga melalui hukum perbandingan massa dapat disimpulkan bahwa dari 1 gram gas metana yang dibakar, dihasilkan sebanyak 2,75 gram gas karbon dioksida. Berikut ini merupakan contoh perhitungan jumlah gas karbon dioksida pada tahun 2019 :

- Produksi Gas Sampah : 66,14 Ton
- Produksi CO₂ : 33,07 Ton
- Produksi CO₂ dari flare : 90,95 Ton
- Total Produksi CO₂ : 124,12 Ton

Sedangkan emisi CO₂ lainnya berasal dari emisi kendaraan truk pembawa sampah serta eskavator dalam TPA. Perhitungan emisi kendaraan dihitung menggunakan rumus IPCC sebagai berikut :

$$Emisi CO_2 = \text{Jumlah BBM digunakan} \left(\frac{L}{km} \text{ atau } \frac{L}{jam} \right) \\ \times \text{Faktor Emisi CO}_2 \left(\frac{gr}{L} \right) \times \text{Jarak Tempuh Kendaraan} \left(\frac{km}{hari} \right) \\ \text{atau Durasi Operasional Kendaraan} \left(\frac{jam}{hari} \right)$$

Contoh perhitungan emisi kendaraan truk dan eskavator pada tahun 2019 adalah sebagai berikut :

- Kendaraan Truk
 - Jenis Truk : Arm Roll
 - Jumlah Truk : 66 Buah
 - Lintasan Tempuh dalam TPA : 1827,4 m
 - Konsumsi BBM (Arm Roll) : 0,3 L/km
 - Faktor Emisi : 2,6 grCO₂/L
 - Emisi Truk Total : 0,034 Ton
- Kendaraan Eskavator
 - Jumlah Eskavator : 1 Buah
 - Konsumsi BBM : 8,87 L/jam
 - Faktor Emisi : 2,6 grCO₂/L
 - Waktu Operasi : 8 jam/hari
 - Emisi Eskavator Total : 67,341 Ton

Total emisi TPA pada tahun 2019 dari jumlah emisi sampah, kendaraan truk, dan kendaraan eskavator adalah 191,404 Ton. Jumlah truk dan eskavator tiap tahun ke tahun akan bertambah secara linier dengan jumlah timbunan sampah yang masuk ke dalam TPA. Perhitungan emisi dari tahun 2019 sampai dengan 2047 (Tahun emisi terakhir muncul) terdapat pada lampiran R.

Kemudian menurut data rona lingkungan TPA Gedangeret Kabupaten Jombang, banyak ditemukan pohon jati

dapat tumbuh di kawasan hutan sekitar TPA. Menurut Karyadi, 2005, pohon jati memiliki kemampuan penyerapan karbon dioksida sebesar 20,565 kgCO₂/hari dengan jarak tanam maksimum 12 meter antar pohon.

Pada tahun 2032, terjadi produksi gas karbon dioksida maksimum tahunan pada TPA Gedangkeret dimana emisi yang dihasilkan oleh seluruh aktivitas dari TPA adalah sebesar 544,397 Ton. Diketahui bahwa keliling TPA Gedangkeret rencana adalah sepanjang 2525 meter. Sehingga jika direncanakan penanaman pohon jati dengan jarak antar pohon adalah 12 meter, maka terdapat sejumlah 73 pohon jati. Pohon jati yang ditanam mengelilingi TPA dengan jumlah sebanyak 73 dapat mereduksi sebanyak 4,13 TonCO₂/hari atau 1501,25 TonCO₂/tahun. Detail rencana penanaman *Greenbelt* dilampirkan pada lampiran gambar 17.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

BILL OF QUANTITY DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

Bill of Quantity (BOQ) digunakan untuk menentukan jumlah volume atau pekerjaan yang akan dilakukan. Volume pekerjaan kemudian digunakan untuk merencanakan anggaran biaya (RAB). Penentuan BOQ dilakukan dengan berdasarkan Harga Satuan Pokok Pekerjaan (HSPK) Kabupaten Jombang sesuai dengan Surat Keputusan Bupati nomor 188.4.45/279/415.10.10/2013 tentang Standar Satuan Harga untuk Kegiatan Pembangunan Sarana dan Prasarana Fisik Tahun Anggaran 2014.

6.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan dilakukan untuk membuka lahan baru untuk perluasan lahan TPA. Perluasan lahan TPA ini digunakan untuk memperluas zona penimbunan eksisting dan juga membuat zona penimbunan baru yang direncanakan beroperasi pada tahun 2021 sampai dengan 2033. Pekerjaan ini dilakukan dengan membuka seluas 24,5 Hektare lahan baru untuk selanjutnya dibuat zona penimbunan, ruang pengolah gas, serta kolam-kolam pengolah lindi. Rincian pekerjaan persiapan yang dilakukan serta rencana biaya yang harus dianggarkan adalah dijelaskan pada tabel 6.1 pada halaman selanjutnya.

Tabel 6.1 BOQ dan RAB Pekerjaan Persiapan

No	Uraian Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembersihan lapangan dan peralatan	243000	m ²	Rp 9,250.00	Rp 2,247,750,000.00
2	Pengukuran dan pemasangan bowplank	2025.65	m	Rp 117,781.00	Rp 238,583,082.65
3	Pembuatan jalan sementara	768	m	Rp 112,215.00	Rp 86,181,120.00
Total					Rp 2,572,514,202.65

6.2 Pekerjaan Galian Zona Penimbunan Baru

Zona penimbunan baru direncanakan memiliki kedalaman sampai dengan 4 meter. Oleh karena itu perlu dilakukan pekerjaan penggalian tanah sebelum dapat mengoperasikan zona buang sampah. Lapisan dasar zona penimbunan akan dilapisi oleh geomembrane HDPE 2 mm dan Geotextile non-woven 300 gr/m² 1,5 mm. Pelapisan ini digunakan untuk mencegah merembesnya lindi kedalam tanah.

Pekerjaan galian zona penimbunan dilakukan tidak dalam satu waktu, namun dilakukan sesuai dengan kebutuhan pemakaian lahan tersebut. Zona penimbunan 1 dapat mulai dibangun pada tahun 2021 sehingga pada tahun awal operasi yaitu tahun 2023 dapat segera digunakan. Sehingga zona penimbunan 2 dapat mulai dibangun pada tahun 2026. Pekerjaan ini dilakukan dengan melakukan penggalian tanah sedalam 1 meter dengan 4 tingkat ke dalam tanah, serta dilakukan pemadatan tanah sedalam 0,3 m untuk mencegah merembesnya air lindi jika terjadi kebocoran lapisan geomembran. Tabel 6.2 menunjukkan uraian kebutuhan geomembran zona penimbunan 1, dan Tabel 6.3 menunjukkan uraian kebutuhan geomembran zona penimbunan 2. Kemudian kebutuhan keseluruhan biaya geomembran dijelaskan pada Tabel 6.4 dan biaya keperluan galian zona penimbunan dijelaskan pada tabel 6.5.

Tabel 6.2 Rincian Kebutuhan Geomembran Zona 1

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total (m)	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang (m)
1	GM 1-1	9.74	5.6	0.2	5.8	0.19	1.00	40.26
2	GM 1-2	21.85	5.6	0.2	5.8	0.44	1.00	28.15
3	GM 1-3	33.95	5.6	0.2	5.8	0.68	1.00	16.05
4	GM 1-4	46.06	5.6	0.2	5.8	0.92	1.00	3.94
5	GM 1-5	69.27	5.6	0.2	5.8	1.39	2.00	30.73
6	GM 1-6	81.37	5.6	0.2	5.8	1.63	2.00	18.63
7	GM 1-7	93.47	5.6	0.2	5.8	1.87	2.00	6.53
8	GM 1-8	105.58	5.6	0.2	5.8	2.11	3.00	44.42
9	GM 1-9	117.68	5.6	0.2	5.8	2.35	3.00	32.32
10	GM 1-10	129.79	5.6	0.2	5.8	2.60	3.00	20.21
11	GM 1-11	141.89	5.6	0.2	5.8	2.84	3.00	8.11
12	GM 1-12	154	5.6	0.2	5.8	3.08	4.00	46.00
13	GM 1-13	166.1	5.6	0.2	5.8	3.32	4.00	33.90
14	GM 1-14	178.21	5.6	0.2	5.8	3.56	4.00	21.79

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total (m)	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang (m)
15	GM 1-15	190.31	5.6	0.2	5.8	3.81	4.00	9.69
16	GM 1-16	202.42	5.6	0.2	5.8	4.05	5.00	47.58
17	GM 1-17	210.18	5.6	0.2	5.8	4.20	5.00	39.82
18	GM 1-18	209.04	5.6	0.2	5.8	4.18	5.00	40.96
19	GM 1-19	207.89	5.6	0.2	5.8	4.16	5.00	42.11
20	GM 1-20	206.74	5.6	0.2	5.8	4.13	5.00	43.26
21	GM 1-21	205.6	5.6	0.2	5.8	4.11	5.00	44.40
22	GM 1-22	204.45	5.6	0.2	5.8	4.09	5.00	45.55
23	GM 1-23	203.3	5.6	0.2	5.8	4.07	5.00	46.70
24	GM 1-24	202.15	5.6	0.2	5.8	4.04	5.00	47.85
25	GM 1-25	201.01	5.6	0.2	5.8	4.02	5.00	48.99
26	GM 1-26	199.86	5.6	0.2	5.8	4.00	4.00	0.14
27	GM 1-27	198.71	5.6	0.2	5.8	3.97	4.00	1.29
28	GM 1-28	197.57	5.6	0.2	5.8	3.95	4.00	2.43

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total (m)	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang (m)
29	GM 1-29	196.42	5.6	0.2	5.8	3.93	4.00	3.58
30	GM 1-30	195.27	5.6	0.2	5.8	3.91	4.00	4.73
31	GM 1-31	194.13	5.6	0.2	5.8	3.88	4.00	5.87
32	GM 1-32	192.98	5.6	0.2	5.8	3.86	4.00	7.02
33	GM 1-33	191.83	5.6	0.2	5.8	3.84	4.00	8.17
34	GM 1-34	190.68	5.6	0.2	5.8	3.81	4.00	9.32
35	GM 1-35	189.54	5.6	0.2	5.8	3.79	4.00	10.46
36	GM 1-36	188.39	5.6	0.2	5.8	3.77	4.00	11.61
37	GM 1-37	187.24	5.6	0.2	5.8	3.74	4.00	12.76
38	GM 1-38	186.1	5.6	0.2	5.8	3.72	4.00	13.90
39	GM 1-39	184.95	5.6	0.2	5.8	3.70	4.00	15.05
40	GM 1-40	183.8	5.6	0.2	5.8	3.68	4.00	16.20
41	GM 1-41	182.66	5.6	0.2	5.8	3.65	4.00	17.34
42	GM 1-42	181.51	5.6	0.2	5.8	3.63	4.00	18.49
43	GM 1-43	180.36	5.6	0.2	5.8	3.61	4.00	19.64

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total (m)	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang (m)
44	GM 1-44	179.21	5.6	0.2	5.8	3.58	4.00	20.79
45	GM 1-45	178.07	5.6	0.2	5.8	3.56	4.00	21.93
46	GM 1-46	176.92	5.6	0.2	5.8	3.54	4.00	23.08
47	GM 1-47	175.77	5.6	0.2	5.8	3.52	4.00	24.23
48	GM 1-48	174.63	5.6	0.2	5.8	3.49	4.00	25.37
49	GM 1-49	173.48	5.6	0.2	5.8	3.47	4.00	26.52
50	GM 1-50	172.33	5.6	0.2	5.8	3.45	4.00	27.67
51	GM 1-51	171.19	5.6	0.2	5.8	3.42	4.00	28.81
52	GM 1-52	170.04	5.6	0.2	5.8	3.40	4.00	29.96
53	GM 1-53	169.89	5.6	0.2	5.8	3.40	4.00	30.11
54	GM 1-54	167.74	5.6	0.2	5.8	3.35	4.00	32.26
55	GM 1-55	162.81	5.6	0.2	5.8	3.26	4.00	37.19
56	GM 1-56	155.26	5.6	0.2	5.8	3.11	4.00	44.74
57	GM 1-57	147.7	5.6	0.2	5.8	2.95	3.00	2.30

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total (m)	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang (m)
58	GM 1-58	140.14	5.6	0.2	5.8	2.80	3.00	9.86
59	GM 1-59	132.59	5.6	0.2	5.8	2.65	3.00	17.41
60	GM 1-60	125.03	5.6	0.2	5.8	2.50	3.00	24.97
61	GM 1-61	117.47	5.6	0.2	5.8	2.35	3.00	32.53
62	GM 1-62	109.91	5.6	0.2	5.8	2.20	3.00	40.09
63	GM 1-63	102.36	5.6	0.2	5.8	2.05	3.00	47.64
64	GM 1-64	94.8	5.6	0.2	5.8	1.90	2.00	5.20
65	GM 1-65	87.24	5.6	0.2	5.8	1.74	2.00	12.76
66	GM 1-66	79.69	5.6	0.2	5.8	1.59	2.00	20.31
67	GM 1-67	72.13	5.6	0.2	5.8	1.44	2.00	27.87
68	GM 1-68	64.57	5.6	0.2	5.8	1.29	2.00	35.43
69	GM 1-69	57.02	5.6	0.2	5.8	1.14	2.00	42.98
70	GM 1-70	49.46	5.6	0.2	5.8	0.99	1.00	0.54
71	GM 1-71	32.68	5.6	0.2	5.8	0.65	1.00	17.32
72	GM 1-72	11.32	5.6	0.2	5.8	0.23	1.00	38.68

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total (m)	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang (m)
Jumlah							248.00	1734.50
Jumlah Roll Dibutuhkan							214	

Tabel 6.3 Rincian Kebutuhan Geomembran Zona 2

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang
1	GM 2-1	16.8	5.6	0.2	5.8	0.34	1.00	33.20
2	GM 2-2	34.51	5.6	0.2	5.8	0.69	1.00	15.49
3	GM 2-3	52.22	5.6	0.2	5.8	1.04	2.00	47.78
4	GM 2-4	69.92	5.6	0.2	5.8	1.40	2.00	30.08
5	GM 2-5	87.63	5.6	0.2	5.8	1.75	2.00	12.37
6	GM 2-6	105.33	5.6	0.2	5.8	2.11	3.00	44.67
7	GM 2-7	123.04	5.6	0.2	5.8	2.46	3.00	26.96
8	GM 2-8	140.75	5.6	0.2	5.8	2.82	3.00	9.25
9	GM 2-9	158.45	5.6	0.2	5.8	3.17	4.00	41.55

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang
10	GM 2-10	169.03	5.6	0.2	5.8	3.38	4.00	30.97
11	GM 2-11	178.81	5.6	0.2	5.8	3.58	4.00	21.19
12	GM 2-12	187.67	5.6	0.2	5.8	3.75	4.00	12.33
13	GM 2-13	196.99	5.6	0.2	5.8	3.94	4.00	3.01
14	GM 2-14	206.31	5.6	0.2	5.8	4.13	5.00	43.69
15	GM 2-15	215.62	5.6	0.2	5.8	4.31	5.00	34.38
16	GM 2-16	224.94	5.6	0.2	5.8	4.50	5.00	25.06
17	GM 2-17	234.26	5.6	0.2	5.8	4.69	5.00	15.74
18	GM 2-18	243.58	5.6	0.2	5.8	4.87	5.00	6.42
19	GM 2-19	252.9	5.6	0.2	5.8	5.06	6.00	47.10
20	GM 2-20	262.21	5.6	0.2	5.8	5.24	6.00	37.79
21	GM 2-21	270.3	5.6	0.2	5.8	5.41	6.00	29.70
22	GM 2-22	275.76	5.6	0.2	5.8	5.52	6.00	24.24
23	GM 2-23	273.46	5.6	0.2	5.8	5.47	6.00	26.54
24	GM 2-24	271.16	5.6	0.2	5.8	5.42	6.00	28.84
25	GM 2-25	268.86	5.6	0.2	5.8	5.38	6.00	31.14

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang
26	GM 2-26	266.56	5.6	0.2	5.8	5.33	6.00	33.44
27	GM 2-27	264.26	5.6	0.2	5.8	5.29	6.00	35.74
28	GM 2-28	261.96	5.6	0.2	5.8	5.24	6.00	38.04
29	GM 2-29	259.66	5.6	0.2	5.8	5.19	6.00	40.34
30	GM 2-30	257.36	5.6	0.2	5.8	5.15	6.00	42.64
31	GM 2-31	255.06	5.6	0.2	5.8	5.10	6.00	44.94
32	GM 2-32	252.76	5.6	0.2	5.8	5.06	6.00	47.24
33	GM 2-33	250.46	5.6	0.2	5.8	5.01	6.00	49.54
34	GM 2-34	248.16	5.6	0.2	5.8	4.96	5.00	1.84
35	GM 2-35	245.86	5.6	0.2	5.8	4.92	5.00	4.14
36	GM 2-36	243.56	5.6	0.2	5.8	4.87	5.00	6.44
37	GM 2-37	241.26	5.6	0.2	5.8	4.83	5.00	8.74
38	GM 2-38	238.96	5.6	0.2	5.8	4.78	5.00	11.04
39	GM 2-39	236.66	5.6	0.2	5.8	4.73	5.00	13.34
40	GM 2-40	234.36	5.6	0.2	5.8	4.69	5.00	15.64

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang
41	GM 2-41	232.06	5.6	0.2	5.8	4.64	5.00	17.94
42	GM 2-42	229.76	5.6	0.2	5.8	4.60	5.00	20.24
43	GM 2-43	227.46	5.6	0.2	5.8	4.55	5.00	22.54
44	GM 2-44	225.16	5.6	0.2	5.8	4.50	5.00	24.84
45	GM 2-45	222.86	5.6	0.2	5.8	4.46	5.00	27.14
46	GM 2-46	220.56	5.6	0.2	5.8	4.41	5.00	29.44
47	GM 2-47	218.26	5.6	0.2	5.8	4.37	5.00	31.74
48	GM 2-48	215.96	5.6	0.2	5.8	4.32	5.00	34.04
49	GM 2-49	213.66	5.6	0.2	5.8	4.27	5.00	36.34
50	GM 2-50	211.36	5.6	0.2	5.8	4.23	5.00	38.64
51	GM 2-51	209.06	5.6	0.2	5.8	4.18	5.00	40.94
52	GM 2-52	206.76	5.6	0.2	5.8	4.14	5.00	43.24
53	GM 2-53	204.46	5.6	0.2	5.8	4.09	5.00	45.54
54	GM 2-54	202.16	5.6	0.2	5.8	4.04	5.00	47.84
55	GM 2-55	199.86	5.6	0.2	5.8	4.00	4.00	0.14
56	GM 2-56	197.56	5.6	0.2	5.8	3.95	4.00	2.44

No	Nama Membran	Panjang (m)	Lebar (m)	Overlap (m)	Lebar Total	Jumlah Roll Dibutuhkan (per 50 m)	Jumlah Roll Dibulatkan	Lebih Panjang
57	GM 2-57	195.26	5.6	0.2	5.8	3.91	4.00	4.74
58	GM 2-58	192.95	5.6	0.2	5.8	3.86	4.00	7.05
59	GM 2-59	190.65	5.6	0.2	5.8	3.81	4.00	9.35
60	GM 2-60	188.35	5.6	0.2	5.8	3.77	4.00	11.65
61	GM 2-61	111.52	5.6	0.2	5.8	2.23	3.00	38.48
Jumlah							284.00	1606.90
Jumlah Roll Dibutuhkan								252

Tabel 6.4 RAB Kebutuhan Geomembran

No	Kebutuhan Barang	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Geotextile non-woven 300gr/m ² 1,5 mm	135140	m ²	Rp 9,800.00	Rp 1,324,372,000.00
2	Geomembrane HDPE 2 mm	466.00	Roll	Rp 11,020,000.00	Rp 5,135,320,000.00
Total					Rp 6,459,692,000.00

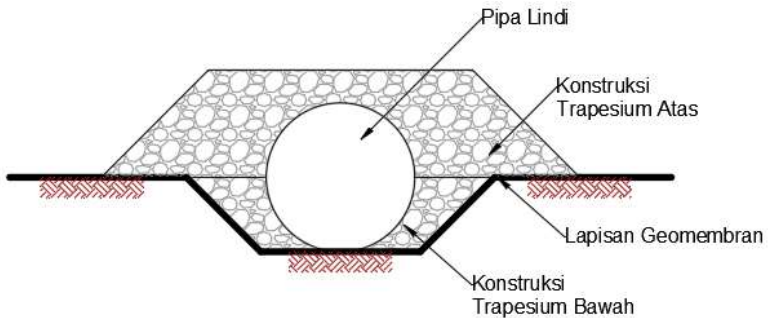
Tabel 6.5 RAB Pekerjaan Galian Zona Penimbunan Baru

No	Uraian Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian tanah sedalam 1 m	428879.15	m ³	Rp 43,125.00	Rp 18,495,413,306.60
2	Pemadatan tanah	39194.20	m ³	Rp 31,250.00	Rp 1,224,818,812.50
Total					Rp 19,720,232,119.10

6.3 Pekerjaan Perpipaan Lindi dan Gas

Perpipaan lindi direncanakan menggunakan 2 jenis pipa yang berbeda untuk pipa primer dan sekunder. Pipa primer merupakan pipa utama untuk menyalurkan lindi dari zona penimbunan menuju Instalasi Pengolah Lindi, sedangkan pipa sekunder merupakan percabangan dari pipa primer yang menyebar ke zona penimbunan. Pipa primer direncanakan menggunakan pipa jenis HDPE berdiameter 315 mm dan pipa sekunder menggunakan pipa jenis HDPE berdiameter 200 mm.

Perpipaan lindi dikonstruksikan dengan lapisan pelindung berupa urugan kerikil berbentuk trapesium untuk melindungi pipa dari tumpukkan sampah. Gambar 6.1 menunjukkan ilustrasi konstruksi kerikil pelindung pipa lindi.



Gambar 6.1 Ilustrasi konstruksi kerikil pelindung pipa lindi
Spesifikasi dari konstruksi kerikil adalah sebagai berikut :

- Pipa Primer
 - H Trapesium Atas : 0.2 m
 - b Trapesium Atas : 1.05 m
 - a Trapesium Atas : 0.65 m
 - H Trapesium Bawah : 0.2 m
 - b Trapesium Bawah : 1.05 m
 - a Trapesium Bawah : 0.65 m
- Pipa Sekunder
 - H Trapesium Atas : 0.2 m
 - b Trapesium Atas : 1.05 m
 - a Trapesium Atas : 0.65 m
 - H Trapesium Bawah : 0.2 m

- b Trapesium Bawah : 1.05 m
- a Trapesium Bawah : 0.65 m

Perpipaan gas diletakkan pada pipa lindi secara vertikal menuju permukaan timbunan sampah. Kemudian antar pipa gas dihubungkan secara horisontal menuju ke Instalasi Pengolah Gas untuk dilakukan *flaring*. Pipa gas yang digunakan adalah jenis PVC dengan diameter 165 mm. Jumlah kebutuhan pipa gas vertikal zona 1 ditunjukkan pada tabel 6.6 dan kebutuhan pipa gas vertikal zona 2 ditunjukkan pada tabel 6.7.

Tabel 6.6 Kebutuhan Pipa Gas Vertikal Zona 1

No	Nama Pipa	Tinggi ke bawah (m)	Tinggi ke atas (m)	Tambahan Tinggi (m)	Kebutuhan Panjang Pipa (m)
1	PG1-1	4	4	0.5	8.5
2	PG1-2	4	3	0.5	7.5
3	PG1-3	3	2	0.5	5.5
4	PG1-4	2	1	0.5	0.5
5	PG1-5	4	5	0.5	0.5
6	PG1-6	4	6	0.5	0.5
7	PG1-7	4	5	0.5	0.5
8	PG1-8	4	4	0.5	0.5
9	PG1-9	4	3	0.5	0.5
10	PG1-10	3	3	0.5	0.5
11	PG1-11	4	4	0.5	0.5
12	PG1-12	4	8	0.5	0.5
13	PG1-13	4	8	0.5	0.5
14	PG1-14	4	8	0.5	0.5
15	PG1-15	4	8	0.5	0.5
16	PG1-16	4	8	0.5	0.5
17	PG1-17	4	4	0.5	0.5

No	Nama Pipa	Tinggi ke bawah (m)	Tinggi ke atas (m)	Tambahan Tinggi (m)	Kebutuhan Panjang Pipa (m)
18	PG1-18	4	4	0.5	0.5
19	PG1-19	4	3	0.5	0.5
20	PG1-20	4	7	0.5	0.5
21	PG1-21	4	8	0.5	0.5
22	PG1-22	4	8	0.5	0.5
23	PG1-23	4	8	0.5	0.5
24	PG1-24	4	8	0.5	12.5
25	PG1-25	4	8	0.5	4.5
26	PG1-26	4	6	0.5	4.5
27	PG1-27	4	6	0.5	4.5
28	PG1-28	3	3	0.5	3.5
29	PG1-29	3	2	0.5	5.5
30	PG1-30	4	5	0.5	4.5
31	PG1-31	4	5	0.5	0.5
32	PG1-32	4	5	0.5	0.5
33	PG1-33	4	5	0.5	5.5
34	PG1-34	4	5	0.5	9.5
35	PG1-35	4	5	0.5	9.5
36	PG1-36	4	5	0.5	9.5
37	PG1-37	2	2	0.5	4.5
38	PG1-38	2	2	0.5	4.5
39	PG1-39	4	6	0.5	10.5
Jumlah					125.5

Tabel 6.7 Kebutuhan Pipa Gas Vertikal Zona 2

No	Nama Pipa	Tinggi ke bawah (m)	Tinggi ke atas (m)	Tambahan Tinggi (m)	Kebutuhan Panjang Pipa (m)
1	PG2-1	4	2	0.5	6.5
2	PG2-2	4	5	0.5	9.5
3	PG2-3	4	5	0.5	9.5
4	PG2-4	4	5	0.5	9.5
5	PG2-5	4	5	0.5	9.5
6	PG2-6	4	5	0.5	9.5
7	PG2-7	4	6	0.5	10.5
8	PG2-8	2	2	0.5	4.5
9	PG2-9	4	6	0.5	10.5
10	PG2-10	4	8	0.5	12.5
11	PG2-11	4	8	0.5	12.5
12	PG2-12	4	8	0.5	12.5
13	PG2-13	4	8	0.5	12.5
14	PG2-14	4	8	0.5	12.5
15	PG2-15	4	7	0.5	11.5
16	PG2-16	4	3	0.5	7.5
17	PG2-17	4	5	0.5	9.5
18	PG2-18	4	8	0.5	12.5
19	PG2-19	4	8	0.5	12.5
20	PG2-20	4	8	0.5	12.5
21	PG2-21	4	8	0.5	12.5
22	PG2-22	4	8	0.5	12.5
23	PG2-23	4	8	0.5	12.5
24	PG2-24	4	7	0.5	11.5
25	PG2-25	4	4	0.5	8.5
26	PG2-26	4	3	0.5	7.5

No	Nama Pipa	Tinggi ke bawah (m)	Tinggi ke atas (m)	Tambahan Tinggi (m)	Kebutuhan Panjang Pipa (m)
27	PG2-27	4	6	0.5	10.5
28	PG2-28	4	8	0.5	12.5
29	PG2-29	4	8	0.5	12.5
30	PG2-30	4	8	0.5	12.5
31	PG2-31	4	8	0.5	12.5
32	PG2-32	4	8	0.5	12.5
33	PG2-33	4	6	0.5	10.5
34	PG2-34	4	4	0.5	8.5
35	PG2-35	3	3	0.5	6.5
36	PG2-36	4	5	0.5	9.5
37	PG2-37	4	7	0.5	11.5
38	PG2-38	4	8	0.5	12.5
39	PG2-39	4	8	0.5	12.5
40	PG2-40	4	7	0.5	11.5
41	PG2-41	4	4	0.5	8.5
42	PG2-42	2	2	0.5	4.5
43	PG2-43	4	4	0.5	8.5
44	PG2-44	4	7	0.5	11.5
45	PG2-45	3	2	0.5	5.5
46	PG2-46	3	2	0.5	5.5
47	PG2-47	4	3	0.5	7.5
Jumlah					480.5

Kebutuhan pipa horisontal zona 1 adalah 1802,25 meter dan untuk zona 2 adalah 1842,17 meter.

Perhitungan kebutuhan konstruksi pipa dijelaskan pada tabel 6.8, kebutuhan pengadaan pipa pada tabel 6.9, dan biaya total pekerjaan perpipaian lindi dan gas pada tabel 6.10.

Tabel 6.8 Volume Konstruksi Pipa Lindi

No	Nama Pipa	Diameter (m)	A Pipa (m2)	A Trapesium Atas (m2)	A Trapesium Bawah (m2)	Luas Penampang Total (m2)	Panjang (m)	Volume Konstruksi (m3)	Galian Bawah
1	Pipa Primer Zona 1	0.315	0.08	0.17	0.09	0.18	150	27.32	13.50
2	Pipa Primer Zona 2	0.315	0.08	0.17	0.09	0.18	275	50.08	24.75
3	Pipa Sekunder Zona 1-1	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	25	2.97	1.31
4	Pipa Sekunder Zona 1-2	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	25	2.97	1.31
5	Pipa Sekunder Zona 1-3	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	25	2.97	1.31
6	Pipa Sekunder Zona 1-4	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	25	2.97	1.31
7	Pipa Sekunder Zona 1-5	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	200	23.72	10.50
8	Pipa Sekunder Zona 1-6	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	225	26.69	11.81
9	Pipa Sekunder Zona 1-7	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	50	5.93	2.63
10	Pipa Sekunder Zona 1-8	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	250	29.65	13.13
11	Pipa Sekunder Zona 1-9	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	75	8.90	3.94
12	Pipa Sekunder Zona 1-10	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	275	32.62	14.44
13	Pipa Sekunder Zona 1-11	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	75	8.90	3.94
14	Pipa Sekunder Zona 2-1	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	25	2.97	1.31

No	Nama Pipa	Diameter (m)	A Pipa (m2)	A Trapesium Atas (m2)	A Trapesium Bawah (m2)	Luas Penampang Total (m2)	Panjang (m)	Volume Konstruksi (m3)	Galian Bawah
15	Pipa Sekunder Zona 2-2	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	175	20.76	9.19
16	Pipa Sekunder Zona 2-3	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	50	5.93	2.63
17	Pipa Sekunder Zona 2-4	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	200	23.72	10.50
18	Pipa Sekunder Zona 2-5	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	75	8.90	3.94
19	Pipa Sekunder Zona 2-6	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	200	23.72	10.50
20	Pipa Sekunder Zona 2-7	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	100	11.86	5.25
21	Pipa Sekunder Zona 2-8	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	175	20.76	9.19
22	Pipa Sekunder Zona 2-9	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	125	14.83	6.56
23	Pipa Sekunder Zona 2-10	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	125	14.83	6.56
24	Pipa Sekunder Zona 2-11	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	75	8.90	3.94
25	Pipa Sekunder Zona 2-12	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	75	8.90	3.94
26	Pipa Sekunder Zona 2-13	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	25	2.97	1.31
27	Pipa Sekunder Zona 2-14	0.2	0.03	0.098	0.0525	0.12	25	2.97	1.31
Total								397.62	180.00

Tabel 6.9 Kebutuhan Pipa Lindi dan Gas

No	Kebutuhan Barang	Jumlah	Satuan	Harga Satuan		Jumlah Harga
1	Pipa PVC 165 mm	4251	m	Rp 21,131.25	Rp	89,828,943.75
2	Pipa PE 200 mm	2700	m	Rp 91,937.50	Rp	248,231,250.00
3	Pipa PE 315 mm	425	m	Rp 181,200.00	Rp	77,010,000.00
Total					Rp	415,070,193.75

Tabel 6.10 RAB Pekerjaan Pipa

No	Kebutuhan Barang	Jumlah	Satuan	Harga Satuan		Jumlah Harga
1	Galian untuk pipa	180	m ³	Rp 42,120.00	Rp	7,581,600.00
2	Pemasangan Pipa PE 200 mm	2700	m	Rp 94,010.00	Rp	253,827,000.00
3	Pemasangan Pipa PE 315 mm	425	m	Rp 105,510.00	Rp	44,841,750.00
4	Urugan Kerikil	397.62	m ³	Rp 279,000.00	Rp	110,934,880.57
5	Pemasangan Pipa PE 315 mm	4251	m	Rp 34,573.75	Rp	146,973,011.25
Total					Rp	417,185,230.57

6.4 Pekerjaan Saluran Drainase

Saluran drainase yang digunakan adalah *U-Ditch pre-cast* dengan jenis 30x30x120 dan 50x50x120. Saluran drainase dipasang mengitari zona penimbunan, dan juga sepanjang jalan yang kemudian dialirkan menuju badan air terdekat di bagian utara TPA. Tabel perhitungan dimensi U-Ditch dilampirkan pada lampiran N. Harga kebutuhan ditch untuk drainase disajikan pada tabel 6.11 dan keseluruhan biaya pekerjaan disajikan pada tabel 6.12.

Tabel 6.11 RAB Pengadaan Pipa

No	Jenis Ditch	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	U-Ditch 50x50x120	1840	Buah	Rp 575,000.0 0	Rp 1,058,000,000.00
2	U-Ditch 30x30x120	14057	Buah	Rp 304,000.0 0	Rp 4,273,328,000.00
3	Pasir Urug 0.2 m	1270	m ³	Rp 138,125.0 0	Rp 175,462,950.00
Total					Rp 5,506,700,950.00

Tabel 6.12 RAB Pekerjaan Saluran Drainase

No	Kebutuhan Barang	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian dan Pemasangan Ditch 50x50x120	383	m ³	Rp 42,120.00	Rp 16,146,000.00
2	Galian dan Pemasangan Ditch 30x30x120	35	m ³	Rp 42,120.00	Rp 1,459,458.00
3	Urugan Pasir 0.2 m	1270	m ³	Rp 182,850.0 0	Rp 232,278,012.0 0
Total					Rp 249,883,470.0 0

6.5 Pekerjaan Konstruksi Jalan

Jalan operasional TPA direncanakan dengan lebar 6 meter. Seluruh panjang jalan adalah 768 meter. Konstruksi jalan direncanakan menggunakan lapisan pondasi agregat tipe C 15 cm dengan permukaan jalan menggunakan *Asphalt Concrete* setebal 5 cm. Rincian biaya pekerjaan konstruksi jalan disajikan pada tabel 6.13 berikut.

Tabel 6.13 RAB Pekerjaan Jalan

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian Tanah	922	m ³	Rp 42,120.00	Rp 38,817,792.00
2	LPB C 15 cm	691	m ³	Rp 323,597.00	Rp 223,670,246.40
3	AC 5 cm	230	m ³	Rp 92,761.00	Rp 21,372,134.40
Total					Rp 283,860,172.80

6.6 Pekerjaan Konstruksi Instalasi Pengolah Lindi

Instalasi pengolah lindi direncanakan untuk memenuhi debit maksimum yaitu 388,187 m³/hari. Unit-unit yang direncanakan adalah 2 unit kolam anaerobik dengan masing-masing luas kolam 3200 m², 1 unit kolam aerasi seluas 338 m² dengan 2 buah surface aerator, serta 1 unit kolam maturasi dengan luas 2450 m². Selain kolam-kolam stabilisasi, direncanakan juga sebuah sumur pegumpul yang juga berfungsi sebagai bak kontrol dengan luas 2,5 m². Seluruh kolam dibuat dengan konstruksi beton K250. Penyaluran air lindi antar kolam dilakukan dengan menggunakan pipa HDPE diameter 200 mm secara hidrolis. Spesifikasi kolam-kolam stabilisasi dijelaskan pada tabel 6.13, sedangkan seluruh rincian pekerjaan kolam dijelaskan pada tabel 6.14 pada halaman berikutnya. Keseluruhan rekapitulasi RAB disajikan pada tabel 6.15.

Tabel 6.14 Spesifikasi Instalasi Pengolah Lindi Baru

No	Unit	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Tebal dinding (m)	Freeboard (m)	Tinggi Pasir Urug (m)
1	Sumur Pengumpul	2	1.25	1	0.3	0.3	0.2
2	Kolam Anaerobik I	80	40	4	0.3	0.3	0.2
3	Kolam Anaerobik II	80	40	4	0.3	0.3	0.2
4	Kolam Aerasi	26	13	2	0.3	0.3	0.2
5	Kolam Maturasi	70	35	1	0.3	0.3	0.2

Tabel 6.15 RAB Pekerjaan Kolam

No	Kebutuhan Barang	Jumlah	Satuan	Harga Satuan		Jumlah Harga
Sumur Pengumpul						
1	Galian Tanah	7.215	m ³	Rp	42,120.00	Rp 303,895.80
2	Pengadaan Pipa Penyalur PE 200 mm	3	m	Rp	91,937.50	Rp 275,812.50
3	Pemasangan Pipa	3	m	Rp	94,010.00	Rp 282,030.00

4	Pekerjaan Beton K250	6.721	m ³	Rp	908,552.00	Rp	6,106,377.99
5	Pengadaan Pasir Urug	0.962	m ³	Rp	138,125.00	Rp	132,876.25
6	Urugan Pasir	0.962	m ³	Rp	182,850.00	Rp	175,901.70
7	Pekerjaan Plasteran	10.95	m ²	Rp	47,410.00	Rp	519,139.50
Total Biaya						Rp	7,796,033.74
Kolam Anaerobik I							
1	Galian Tanah	14725.620	m ³	Rp	42,120.00	Rp	620,243,114.40
2	Pengadaan Pipa Penyalur PE 200 mm	5	m	Rp	91,937.50	Rp	459,687.50
3	Pemasangan Pipa	5	m	Rp	94,010.00	Rp	470,050.00
4	Pekerjaan Beton K250	1533.656	m ³	Rp	908,552.00	Rp	1,393,406,226.11
5	Pengadaan Pasir Urug	654.472	m ³	Rp	138,125.00	Rp	90,398,945.00
6	Urugan Pasir	654.472	m ³	Rp	182,850.00	Rp	119,670,205.20
7	Pekerjaan Plasteran	3512	m ²	Rp	47,410.00	Rp	166,503,920.00

Total Biaya					Rp	2,391,152,148.21
Kolam Anaerobik II						
1	Galian Tanah	14725.620	m ³	Rp	42,120.00	Rp 620,243,114.40
2	Pengadaan Pipa Penyalur PE 200 mm	5	m	Rp	91,937.50	Rp 459,687.50
3	Pemasangan Pipa	5	m	Rp	94,010.00	Rp 470,050.00
4	Pekerjaan Beton K250	1533.656	m ³	Rp	908,552.00	Rp 1,393,406,226.11
5	Pengadaan Pasir Urug	654.472	m ³	Rp	138,125.00	Rp 90,398,945.00
6	Urugan Pasir	654.472	m ³	Rp	182,850.00	Rp 119,670,205.20
7	Pekerjaan Plasteran	3512	m ²	Rp	47,410.00	Rp 166,503,920.00
Total Biaya					Rp	2,391,152,148.21
Kolam Aerasi						
1	Galian Tanah	904.400	m ³	Rp	42,120.00	Rp 38,093,328.00
2	Pengadaan Pipa Penyalur PE 200 mm	5	m	Rp	91,937.50	Rp 459,687.50
3	Pemasangan Pipa	5	m	Rp	94,010.00	Rp 470,050.00
4	Pekerjaan Beton K250	205.036	m ³	Rp	908,552.00	Rp 186,285,867.87

5	Pengadaan Pasir Urug	72.352	m ³	Rp	138,125.00	Rp	9,993,620.00
6	Urugan Pasir	72.352	m ³	Rp	182,850.00	Rp	13,229,563.20
7	Pekerjaan Plasteran	439.4	m ²	Rp	47,410.00	Rp	20,831,954.00
Total Biaya						Rp	269,364,070.57
Kolam Maturasi							
1	Galian Tanah	3770.040	m ³	Rp	42,120.00	Rp	158,794,084.80
2	Pengadaan Pipa Penyalur PE 200 mm	5	m	Rp	91,937.50	Rp	459,687.50
3	Pemasangan Pipa	5	m	Rp	94,010.00	Rp	470,050.00
4	Pekerjaan Beton K250	900.076	m ³	Rp	908,552.00	Rp	817,765,849.95
5	Pengadaan Pasir Urug	502.672	m ³	Rp	138,125.00	Rp	69,431,570.00
6	Urugan Pasir	502.672	m ³	Rp	182,850.00	Rp	91,913,575.20
7	Pekerjaan Plasteran	2723	m ²	Rp	47,410.00	Rp	129,097,430.00
Total Biaya						Rp	1,267,932,247.45
Lain-lain							
1	Surface Aerator Ecomix 5	2	Buah	Rp	25,000,000.00	Rp	50,000,000.00

2	Surface Aerator Ecomix 2	1	Buah	Rp	12,000,000.00	Rp	12,000,000.00
Total Biaya						Rp	62,000,000.00
Total Biaya Pekerjaan IPL						Rp	6,389,396,648.19

Tabel 6.16 Rekapitulasi Total RAB

No	Jenis Kegiatan	Biaya
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 2,572,514,202.65
2	Pekerjaan Galian Timbunan Sampah	Rp 19,720,232,119.10
3	Pengadaan Geomembran	Rp 6,459,692,000.00
4	Pengadaan Pipa Lindi dan Gas	Rp 415,070,193.75
5	Pekerjaan Pipa Lindi dan Gas	Rp 417,185,230.57
6	Pengadaan Saluran Drainase	Rp 5,506,790,950.00
7	Pekerjaan Saluran Drainase	Rp 249,883,470.00
8	Pekerjaan Jalan Operasional TPA	Rp 283,860,172.80
9	Pekerjaan IPL	Rp 1,267,932,247.45
Total		Rp 36,893,160,586.31

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Gedangkeret Kabupaten Jombang telah beroperasi sejak tahun 1994. TPA Gedangkeret bertempat di Desa Banjardowo Kecamatan Jombang, 4,7 kilometer dari pusat kota Kabupaten Jombang. TPA Gedangkeret masih dioperasikan dengan metode *controlled landfill* dimana dilakukan pengurugan pada saat sel telah penuh ataupun tanah yang digunakan untuk mengurug telah tersedia. Beberapa bagian timbunan sampah juga telah dirug menggunakan tanah penutup. Pengelolaan gas yang dilakukan adalah dengan melakukan flaring gas metana TPA. Pengelolaan lindi di TPA dilakukan dengan menggunakan kolam-kolam stabilisasi. Hasil analisis secara kuantitatif menggunakan metode penilaian indeks risiko menunjukkan bahwa nilai indeks risiko TPA Gedangkeret secara keseluruhan aspek adalah 538,48.
2. Secara garis besar, kegiatan rehabilitasi yang dilakukan dari hasil penilaian indeks risiko adalah berikut ini :
 - a. Pencemaran air tanah (Perencanaan sistem lapisan dasar dan penutup zona penimbunan untuk meminimalisasi potensi air lindi untuk terinfiltrasi ke dalam tanah)
 - b. Penggunaan masa mendatang (Perencanaan zona penimbunan baru dan zona penimbunan sementara)
 - c. Timbunan sampah eksisting (Stabilisasi lereng zona penimbunan dan perencanaan tanggul zona buang)
 - d. Pencemaran udara (Perencanaan pengelolaan gas dan zona penyangga TPA)
 - e. Produksi air lindi (Perencanaan kontruksi perpipaan air lindi dan pengelolaan menggunakan IPL)

7.2 Saran

TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang telah beroperasi selama 25 tahun. Banyak sekali potensi-potensi pencemaran lingkungan yang dapat terjadi karena kondisi kualitas lingkungan yang telah terdampak oleh aktivitas TPA selama bertahun-tahun. TPA Gedangkeret memerlukan pemantauan kondisi lingkungan secara berkala untuk menghindari kemungkinan pencemaran lingkungan dapat berdampak langsung terutama pada pemukiman terdekat. Setelah operasional TPA selesai pada tahun 2033, disarankan untuk mencari lokasi TPA baru karena kondisi lahan TPA Gedangkeret saat ini sudah sangat luas dan dekat dengan pemukiman penduduk (<1 km).

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz Q.S., Aziz A.H., Yussof S.M., Bashir J.K.M. dan Umar M. 2010. "Leachate Characterization In Semi-Aerobic and Anaerobic Sanitary Landfills : A comparative study". **Journal of Environmental Management Vol. 91**.
- Badan Standarisasi Nasional. 1994. Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan. SNI 19-3964-1994.
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. Spesifikasi Timbulan Sampah untuk Kota Kecil dan Kota Sedang di Indonesia. SNI 19-3983-1995.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan. SNI 19- 2454-2002.
- CDM-PDD. 2012. **Bekasi GHG emission reduction through improved MSW management LFG Capture, Flaring and Electricity Generation**.
- Chena Y.C., Chen K.S., dan Wu C.H. 2003."Numerical Simulation of Gas Flow Around a Passive Vent In a Sanitary Landfill". **Journal of Hazardous Materials B100, 39–52**.
- Damanhuri, E., Ismaria, R. dan Padmi, T. 2006. **Pedoman Pengoperasian dan Pemeliharaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sistem Controlled Landfill dan Sanitary Landfill**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.
- Dodi, N., Syafii, dan Raharjo, S. 2015. "Studi Kajian Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Kota Padang (Studi Kajian Di Tpa Air Dingin Kota Padang)". **Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 4, No. 2; Juli 2015**.
- EPA. EPA's Strategy for Reducing Health Risks in Urban Areas Air Toxics Emissions. 1999. **Journal of Research Triangle Park ,Vol. EPA-453/F-99-002**.
- Kheradmand, S., Karimi-Jashni, A. dan Sartaj, M. 2010. "Treatment of Municipal Landfill Leachate Using A Combined Anaerobic Digester and Activated Sludge System". **Journal of Waste Management, Vol. 30, pp. 1025-1031**.

- Kovacic, D. 1994. Materials for The Final Cover of Sanitary Landfills. **Journal of Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik, Vol. 15, pp. 11-15.**
- Laconi, C. D., Rossetti, S., Lopez, A., Ried, A. 2011. "Effective Treatment of Stabilized Municipal Landfill Leachates". **Chemical Engineering Journal 168: 1085-1092.**
- McDougall F.R., White P., Franke M. dan Hindle P. 2001. **Integrated Waste Management: A Life Cycle Inventory (2nd ed.)**. Blackwell Science: Oxford UK.
- Metcalf dan Eddy Inc.1994. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 5th edition**. McGraw- Hill Book Company : New York.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013. 2013. Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Jakarta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P59 Tahun 2016. 2016. Baku Mutu Lindi bagi Usaha/Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012. 2012. Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Jakarta.
- Prihastini, L. (2011). "Dampak Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Winongo Terhadap Kualitas Lingkungan Hidup". **Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes 7 Volume II Nomer 1, Januari 2011 ISSN : 2086-3098.**
- Qian X., Koener R. M. dan Gray D. H. 2002. "**Geotechnical Aspet of Landfill Design and Construction**". Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall.
- Said, N. I. dan Hartaja, D. R. K. 2015. "Pengolahan Air Lindi dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob dan Denitrifikasi". **Jurnal Air Indonesia Vol. 8 No. 1**. Pusat Teknologi Lingkungan BPPT. Tangerang Selatan.
- Tchobanoglous G., Theisen H. dan Vigil S.A. 1993. **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues**. New York : McGraw-Hill.
- US EPA. 1996. "**Turning A Lialibility into An Asset : A Landfill Gas To Energy Project Development Handbook**". United States.

- Wahyono, Sri. 2015. "Proyek Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dengan Proses Pembakaran (Flaring) Terhadap Gas TPA". **Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional BPPT**. ISBN : 978-602-1124-78-9.
- Williams, P. T. 2005. **Waste Treatment and Disposal. Second Edition**. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Yedla, S. 2005. "Modified Landfill Design for Sustainable Waste Management". **International Journal Global Energy Issues, Vol. 23, No.1, pp. 93-105**.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

Form Kuisisioner Masyarakat

I. IDENTITAS RESPONDEN

Nama :
Jenis Kelamin : L / P (Lingkari salah satu)
Anggota Keluarga : Orang
Alamat Tinggal :
Lama Tinggal : Tahun

II. PERMASALAHAN TPA

Jawab pertanyaan di bawah ini dengan melingkari salah satu jawaban yang menurut anda paling benar

1. Apakah keberadaan TPA Gedangkeret sering menimbulkan bau sampai tempat tinggal anda?
 - a. Sangat tidak setuju
 - b. Tidak setuju
 - c. Netral
 - d. Setuju
 - e. Sangat setuju

2. Apakah aktivitas sehari-hari anda terganggu dengan timbulnya bau oleh TPA Gedangkeret?
 - a. Sangat tidak terganggu
 - b. Tidak terganggu
 - c. Netral
 - d. Terganggu
 - e. Sangat terganggu

3. Apakah aktivitas sehari-hari anda bergantung pada air sumur / air tanah?
 - a. Sangat tidak bergantung
 - b. Tidak bergantung
 - c. Netral
 - d. Bergantung
 - e. Sangat bergantung

4. Apakah keberadaan TPA Gedangkeret memengaruhi kualitas air sumur / air tanah anda?
 - a. Sangat tidak mempengaruhi
 - b. Tidak mempengaruhi
 - c. Netral
 - d. Mempengaruhi
 - e. Sangat mempengaruhi

5. Apakah aktivitas pengangkutan sampah menuju TPA Gedangkeret mengganggu aktivitas sehari-hari anda?
 - a. Sangat tidak mengganggu
 - b. Tidak mengganggu
 - c. Netral
 - d. Mengganggu
 - e. Sangat mengganggu

6. Apakah perlu dilakukan penanganan terhadap TPA Gedangkeret berupa rehabilitasi atau penutupan?
 - a. Sangat tidak perlu
 - b. Tidak perlu
 - c. Netral
 - d. Perlu
 - e. Sangat Perlu

LAMPIRAN B
Hasil Kuisisioner Masyarakat

No	Nama	Gender	KK (orang)	Alamat	Lama Tinggal (tahun)	1	2	3	4	5	6	Nilai	Total	Hasil
1	Titik Sundari	P	4	Sumbernongko	36	D	C	D	B	D	D	0.70	0.62	C
2	Sumarliik	P	5	Sumbernongko	37	D	E	B	B	E	E	0.77		
3	Saminah	P	5	Sumbernongko	64	D	D	B	B	D	D	0.67		
4	Pujiastutik	P	4	Sumbernongko	34	D	D	A	B	D	E	0.67		
5	Muhammad	L	4	Sumbernongko	29	C	B	B	B	C	B	0.47		
6	Siti Maslukah	P	4	Sumbernongko	40	B	B	B	B	C	B	0.43		
7	M Suryadi	L	6	Sumbernongko	24	B	B	B	B	B	C	0.43		
8	Supartik	P	4	Sumbernongko	12	B	B	A	A	B	E	0.43		
9	Siti Suwarti	P	4	Gedangkeret	-	E	E	E	E	D	D	-		
10	Masrur	L	4	Sumbernongko	-	B	B	D	D	D	B	-		
11	Moh Khoiri	L	7	Sumbernongko	38	D	C	D	B	D	C	0.67		
12	Samiasi	P	6	Sumbernongko	40	E	D	B	B	E	E	0.77		
13	Edy Santoso	L	5	Sumbernongko	40	C	C	E	B	E	C	0.70		
14	Tomy Ferdian	L	7	Sumbernongko	-	B	A	A	A	B	A	-		

No	Nama	Gender	KK (orang)	Alamat	Lama Tinggal (tahun)	1	2	3	4	5	6	Nilai	Total	Hasil
15	Nur Astutik	P	4	Gedangkeret	6	E	E	B	C	C	D	0.73		
16	Suwadi	L	6	Sumbernongko	35	B	E	D	B	E	B	0.67		
17	Suyanto	L	5	Sumbernongko	37	D	B	E	B	C	C	0.63		
18	Munifah	P	3	Sumbernongko	-	E	B	E	B	E	B	-		
19	Sumarsono	L	3	Gedangkeret	51	C	B	D	B	D	C	0.60		
20	Ismiati	P	4	Gedangkeret	7	D	C	C	B	C	C	0.60		
21	Sulastri	P	3	Sumbernongko	60	B	B	B	A	B	B	0.37		
22	Bianto	L	4	Gedangkeret	40	E	E	D	E	E	C	0.90		
23	Wakidi	L	4	Sumbernongko	36	C	C	E	B	C	C	0.63		
24	Yuli Astutik	P	4	Sumbernongko	35	D	B	E	A	B	B	0.53		
25	Imam Choirul	L	6	Karang Timongo	15	D	D	D	B	D	C	0.70		
26	Kasianto	L	4	Gedangkeret	9	E	B	B	B	B	B	0.50		
27	Rustanaji	L	4	Sumbernongko	42	A	A	B	B	D	D	0.47		
28	Mahmudah	P	4	Sumbernongko	64	E	E	D	B	D	E	0.83		
29	Suhermin	P	3	Sumbernongko	-	C	D	D	B	D	C	-		
30	Lilis Sutiyan	P	4	Sumbernongko	-	E	C	E	B	B	C	-		

LAMPIRAN C

Komposisi Sampah TPA Gedangkeret

Komposisi (kg)	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Rata-rata
Sisa Makanan	43.21	36.45	37.56	55.31	54.31	38.75	36.72	51.00	44.17
Kebun	27.63	12.79	7.15	5.79	2.83	7.89	27.12	13.43	13.08
Kardus	1.04	3.80	2.85	0.83	0.71	2.92	0.00	0.76	1.61
Plastik	6.02	15.20	25.95	20.69	11.57	21.35	9.35	10.45	15.07
Kain	0.42	0.98	3.76	0.97	1.18	1.39	1.99	0.27	1.37
Karet	0.21	0.69	1.02	0.41	0.00	0.58	0.76	0.00	0.46
Kulit	0.00	1.21	1.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36
Kertas	3.12	10.71	3.76	4.97	4.49	15.86	17.74	8.98	8.70
Kaca	5.40	3.04	3.98	1.93	1.65	0.65	0.32	1.89	2.36
Logam	0.42	1.73	3.26	1.10	0.12	0.00	0.00	0.00	0.83
B3	10.30	10.97	5.24	4.41	17.71	5.58	3.14	1.74	7.39
Residu	2.24	2.42	3.76	3.59	5.43	5.02	2.85	11.48	4.60
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Sampling dilakukan pada Hari Minggu, 31 Maret 2019 – Minggu, 7 April 2019.

LAMPIRAN D

Hasil Uji Parameter BOD, COD, dan TDS inlet Instalasi Pengolah Lindi (IPL) TPA Gedangkeret Jombang



LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLOLO SURABAYA
TELEPON (031)5948896, FAX (031)5928387

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdr. Govinda
Dikirim Tanggal : 06 Maret 2019
Sampel Dari : Lindi (Inlet)
No. Laboratorium : 100-009/03/A/KL/2019

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	T D S	mg/L	5.200,00	Gravimetri
2	C O D	mg/L O ₂	1.805,00	Refleks
3	B O D	mg/L O ₂	956,00	Winkler

Surabaya, 19 Maret 2019
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami



Prof. Dr. Ir. Nielek Karnaningroem, MSc. 4
NIDN 105501281985032001

LAMPIRAN E

Hasil Uji Air Tanah Sumur Pantau TPA Gedangkeret Jombang



LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS STRADA SURABAYA
TELEPON (031)7993000, FAX (031)7993007

PEMERIKSAAN FISIKA, KIMIA DAN BAKTERIOLOGI

No. Laboratorium : 100-008/03/AKL/2019
Dikirim Oleh : Sdc. Gurinda
Diterima Tanggal : 06 Maret 2019
Sampel Dari : Air Tanah

No.	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum	Hasil Analisis	Metode Analisis
A. FISIKA					
1	Bau	-	-	tidak berbau	-
2	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	500	392	Gravimetri
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	0,25	Turbidimetri
4	Rasa	-	-	-	-
5	Suhu	°C	Suhu Udara	24	Termometer
6	Warna	Unit PtCo	15	13,00	Spektrofotometri
7	Tahanan Listrik (DHL)	µmhos/cm	-	656	Conductivity meter
B. KIMIA					
a. Kimia Anorganik					
1	Air Rakam	mg/L Hg	0,001	0,00	AAS
2	Alumunium	mg/L Al	0,2	0,00	AAS
3	Amoniak	mg/L NH ₃ -N	1,5	0,47	Spektrofotometri
4	Arsen	mg/L As	0,01	0,00	AAS
5	Barium	mg/L Ba	0,7	0,00	AAS
6	Besi	mg/L Fe	0,3	0,25	Spektrofotometri
7	Boron	mg/L B	0,5	0,00	Spektrofotometri
8	Fluorida	mg/L F	1,5	0,48	Spektrofotometri
9	Kadmium	mg/L Cd	0,005	0,000	AAS
10	Kandungan Total	mg/L CaCO ₃	500	276,43	Kompleksometri
11	Klorida	mg/L Cl	250	16,00	Argentometri
12	Kromat, Valensi 6	mg/L Cr ⁶⁺	0,05	0,00	AAS
13	Mangan	mg/L Mn	0,4	0,00	Spektrofotometri
14	Natrium	mg/L Na	200	17,40	AAS
15	Nikel	mg/L Ni	0,07	0,00	AAS
16	Nitrat	mg/L NO ₃ -N	90	5,13	Spektrofotometri
17	Nitrit	mg/L NO ₂ -N	3	0,022	Spektrofotometri
18	Perak	mg/L Ag	0,001	0,00	AAS
19	Poli	-	6,5 - 8,3	8,00	pH meter
20	Selenium	mg/L Se	0,01	0,00	AAS
21	Seng	mg/L Zn	3	0,12	AAS
22	Sianida	mg/L CN	0,07	0,00	Spektrofotometri
23	Sulfat	mg/L SO ₄	250	2,91	Spektrofotometri
24	Sulfida	mg/L H ₂ S	0,05	0,00	Indikasi
25	Tembaga	mg/L Cu	2	0,03	AAS
26	Timah	mg/L Pb	0,05	0,00	AAS
27	Sisa Klor	mg/L Cl ₂	3	0,06	Indikasi
b. Kimia Organik					
1	Zat Organik	mg/L BOD ₅	10	1,83	Chemical Testmetri
2	Demangan	mg/L LAS	0,05	0,00	Spektrofotometri
C. BAKTERIOLOGI					
1	Totol Koliform	MPN/100 ml	0	993	Fermentasi Mili, Tabung

Surabaya, 10 Maret 2019
Geografi Manajemen Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

*1 Per. Min Kes. No. 492/Menkes/Per/IV/2010 Tanggal 19 April 2010

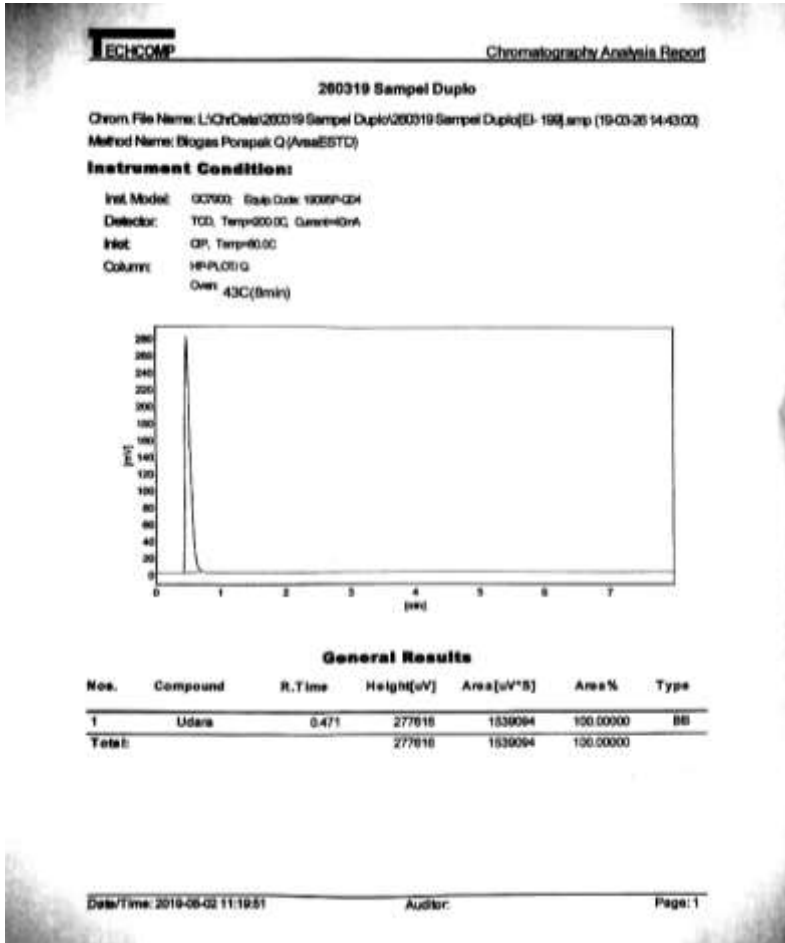
Catatan :

- Laporan ini dibuat untuk contoh air yang diterima laboratorium kami.



LAMPIRAN E

Hasil Uji Metana Udara Ambien TPA Gedangerket menggunakan *Gas Chromatography*



LAMPIRAN F

Hasil Uji Jenis Lapisan Tanah Dasar TPA Gedangkeret Jombang



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATUAN

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL, FTSLK - ITS

Kampus ITS, Sepuluh, Sukolilo Surabaya (60117)

Telp.: 031-8229901, 5994351 - 55 psw. 1140 Fax: 031-8225807

e-mail: lab.mech.en@gmail.com

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

ASTM D 422-60; AASHTO T87-72; SNI 65-3423-1980

Pemohon	: GOVINDA RAHMAT AMIN MUJADDID	Tanggal Uji	: 24 April 2019
Proyek	: TUGAS AKHIR	Duji oleh	: Endro Ca
Lokasi	: TPA GEDANGKERET KABUPATEN JOMBANG	Diperiksa oleh	: Ir. Gani, MT.
Quarry Material	: TPA GEDANGKERET KABUPATEN JOMBANG		
Jenis Material	: Lanasu berpasir berlempung warna coklat terang		

Sample No : Tanah Urug				Karat			Pasir			Butiran halus			
Berat tanah kering				7.01%			31.59%			33.12%		28.28%	
Berat mangkuk													
: 299 gr													
: 25.96 gr													
#	#	Berat Tanah	N	N									
Uraian	Uraian	(gr)	Tekanan	Lubuk									
30	1"			100									
25.4	1"			100.00									
19.05	3/4"			100.00									
9.5	3/4"	19.056	0.96	9.04									
6.75	6"	12.897	0.84	2.97									
3.00	1/4"	33.879	6.92	3.46									
0.85	3/8"	32.289	10.33	0.16									
0.420	1/2"	35.437	6.48	8.24									
0.125	3/16"	46.456	19.50	0.75									
0.075	3/32"	44.921	17.96	0.38									
0.045				37.30									
0.025				33.74									
0.015				36.10									
0.0075				28.48									
0.00375				24.52									
0.001				15.04									

Diameter Butiran, (mm)

LAMPIRAN G

Data Curah Hujan Kabupaten Jombang Per Tahun

Data Hujan		
Nomor	Tahun	Ri
1	2013	191
2	2014	158
3	2015	181
4	2016	258
5	2017	183
	Jumlah	970
	Rata-rata	194

LAMPIRAN H

Tabel HHM Metode Gumbel dan Rentang keyakinan

PUH	Yt	RT (mm)	K	b	Se	Rk	RT dengan a = 90 %	
							RT - Rk	RT + Rk
2	0.3665	152.34	-1.18	1.00	0.72	1.18	151.16	153.52
5	1.4999	239.31	1.11	1.95	1.41	2.31	237.00	241.62
10	2.2502	296.89	2.63	3.46	2.50	4.10	292.79	300.99
25	3.1985	369.66	4.54	5.44	3.93	6.44	363.22	376.11
50	3.9019	423.64	5.96	6.92	5.00	8.19	415.45	431.84
100	4.6001	477.22	7.37	8.39	6.06	9.93	467.29	487.16

LAMPIRAN I**Intensitas Hujan Kabupaten Jombang untuk PUH Metode Van Breen**

Durasi (menit)	Intensitas Hujan Kabupaten Jombang (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	264	298	350	435	523
10	239	254	312	377	460
20	214	230	278	326	395
40	159	175	217	254	312
60	128	147	183	220	274
120	75	91	115	140	173
240	44	54	68	85	110

LAMPIRAN J

Intensitas Hujan Kabupaten Jombang untuk PUH Metode Hasper-der Weduwen

Durasi		PUH (tahun)								
Menit	Jam	2			5			10		
		Ri	R	I	Ri	R	I	Ri	R	I
5	0.0833	106.60	18.28	219.33	285.37	48.93	587.14	377.39	64.70	776.46
10	0.1667	134.04	32.09	192.52	285.34	68.30	409.82	377.31	90.32	541.93
20	0.3333	162.28	53.59	160.78	285.28	94.22	282.66	377.20	124.58	373.73
40	0.6667	185.47	82.72	124.09	285.18	127.20	190.80	377.03	168.17	252.25
60	1.0000	-	102.42	102.42	-	253.02	253.02	-	318.01	318.01
120	2.0000	-	129.94	64.97	-	250.90	125.45	-	316.06	158.03
240	4.0000	-	155.83	38.96	-	247.14	61.79	-	312.18	78.04

Durasi		PUH (tahun)								
Menit	Jam	25			50			100		
		Ri	R	I	Ri	R	I	Ri	R	I
5	0.0833	511.08	87.63	1051.53	625.76	107.29	1287.47	755.69	129.57	1554.78
10	0.1667	510.98	122.32	733.90	625.64	149.76	898.59	755.54	180.86	1085.16
20	0.3333	510.82	168.70	506.11	625.46	206.57	619.70	755.32	249.45	748.36
40	0.6667	510.57	227.73	341.60	625.18	278.85	418.28	754.98	336.75	505.12
60	1.0000	-	397.86	397.86	-	457.26	457.26	-	516.10	516.10
120	2.0000	-	395.92	197.96	-	455.47	227.74	-	514.35	257.17
240	4.0000	-	392.05	98.01	-	451.91	112.98	-	510.85	127.71

LAMPIRAN K

Intensitas Hujan Kabupaten Jombang untuk PUH Metode Bell

Durasi (menit)	Perhitungan Intensitas Hujan (mm/jam)								
	2			5			10		
	Van Breen	Bell	Hasper- Weduwen	Van Breen	Bell	Hasper- Weduwen	Van Breen	Bell	Hasper- Weduwen
5	264	287	219	298	370	587	350	433	776
10	239	215	193	254	277	410	312	324	542
20	214	150	161	230	193	283	278	226	374
40	159	100	124	175	129	191	217	151	252
60	128	78	102	147	101	253	183	118	318
120	75	50	65	91	65	125	115	75	158
240	44	32	39	54	41	62	68	48	78

Durasi (menit)	Perhitungan Intensitas Hujan (mm/jam)								
	25			50			100		
	Van Breen	Bell	Hasper- Weduwen	Van Breen	Bell	Hasper- Weduwen	Van Breen	Bell	Hasper- Weduwen
5	435	516	1052	523	578	1287	0	641	1555
10	377	386	734	460	433	899	0	480	1085
20	326	269	506	395	302	620	0	335	748
40	254	180	342	312	202	418	0	224	505
60	220	140	398	274	157	457	0	174	516
120	140	90	198	173	101	228	0	112	257
240	85	57	98	110	64	113	0	71	128

LAMPIRAN L

Lengkung Intensitas PUH 25

PUH 25 Tahun												
t (menit)	I (mm/ja m)	I x t	I ²	I ² x t	Log I	Log t	Log I x Log t	log ² I	log ² t	t ^{0.5}	I x t ^{0.5}	I ² x t ^{0.5}
5	1052	5258	11057 15	552857 4	3.0 2	0.70	2.11	9.1 3	0.49	2.24	2351.2 92	2472453. 46
10	734	7339	53861 4	538614 4	2.8 7	1.00	2.87	8.2 1	1.00	3.16	2320.8 07	1703248. 27
20	506	1012 2	25615 0	512300 2	2.7 0	1.30	3.52	7.3 1	1.69	4.47	2263.4 05	1145538. 15
40	342	1366 4	11668 8	466752 2	2.5 3	1.60	4.06	6.4 2	2.57	6.32	2160.4 45	738000.0 5
60	398	2387 2	15829 3	949757 3	2.6 0	1.78	4.62	6.7 6	3.16	7.75	3081.8 13	1226131. 38
120	198	2375 5	39188	470253 3	2.3 0	2.08	4.77	5.2 7	4.32	10.9 5	2168.5 33	429280.6 1
240	98	2352 3	9606	230552 0	1.9 9	2.38	4.74	3.9 7	5.67	15.4 9	1518.3 94	148820.6 8
Jumla h	3327	1075 32	22242 54	372108 69	18	11	27	47	19	50	15865	7863473

LAMPIRAN M
Perhitungan Debit Limpasan Saluran Drainase

Saluran	Panjang (m)	Luas Tangkapan (m ²)	Jenis	Lo Zona (m)	H (m)	Lo (m)	So (m)	C	to (menit)	td (menit)	tc (menit)	I (mm/jam)	Q (m ³ /s)
A	53.3	1096.04	Eksisting	54.98	15	56.99	0.263	0.595	19.39	1.48	20.87	443.26	0.022
B	68.63	805.8	Eksisting	30.41	15	33.91	0.442	0.595	12.58	1.91	14.49	532.15	0.020
C	72.95	755.02	Eksisting	26.39	15	30.36	0.494	0.595	11.47	2.03	13.50	551.31	0.019
D	35.74	269.52	Eksisting	23.65	15	28.01	0.536	0.595	10.73	0.99	11.72	591.70	0.007
E	66.05	841.79	Eksisting	51.23	15	53.38	0.281	0.595	18.36	1.83	20.20	450.61	0.017
F	155.71	2620.63	Eksisting	56.74	15	58.69	0.256	0.595	19.87	4.33	24.20	411.64	0.050
G	90.86	2116.26	Eksisting	43.98	15	46.47	0.323	0.595	16.36	2.52	18.88	466.06	0.045
H	55.29	1973.07	Eksisting	54.92	15	56.93	0.263	0.595	19.38	1.54	20.91	442.85	0.040
I	14.5	422.16	Eksisting	27.52	15	31.34	0.479	0.595	11.78	0.40	12.19	580.29	0.011
J	137.7	2830.23	Eksisting	72.9	15	74.43	0.202	0.595	24.22	3.83	28.05	382.31	0.050
K	105.17	1459.59	Eksisting	34.77	15	37.87	0.396	0.595	13.79	2.92	16.72	495.39	0.033
L	58.59	922.02	Eksisting	34.45	15	37.57	0.399	0.595	13.71	1.63	15.33	517.27	0.022
M	78.13	1372.11	Eksisting	36.33	15	39.30	0.382	0.595	14.23	2.17	16.40	500.14	0.032

Saluran	Panjang (m)	Luas Tangkapan (m ²)	Jenis	Lo Zona (m)	H (m)	Lo (m)	So (m)	C	to (menit)	td (menit)	tc (menit)	I (mm/jam)	Q (m ³ /s)
N	119.47	6109.62	Baru	66.15	67.83	12	0.177	0.595	24.15	3.32	27.47	386.32	0.108
O	58	5677.6	Baru	61.11	62.92	12	0.191	0.595	22.69	1.61	24.30	410.79	0.107
P	91	1508.17	Baru	65.56	67.25	12	0.178	0.595	23.98	2.53	26.51	393.27	0.027
Q	251.83	20347	Baru	110.68	12	111.33	0.108	0.595	36.50	7.00	43.49	306.91	0.287
R	183.52	10146.13	Baru	112.51	12	113.15	0.106	0.595	37.00	5.10	42.09	311.99	0.145
S	219.9	15382	Baru	143.91	12	144.41	0.083	0.595	45.34	6.11	51.44	282.17	0.199
T	170.82	8083.27	Baru	103.1	12	103.80	0.116	0.595	34.43	4.75	39.17	323.42	0.120
U	213.85	16669.9	Baru	136	12	136.53	0.088	0.595	43.26	5.94	49.21	288.53	0.221
V	410.21	27112.03	Baru	109.59	12	110.25	0.109	0.595	36.20	11.39	47.60	293.37	0.365
W	232	11445.76	Baru	99	12	99.72	0.120	0.595	33.30	6.44	39.74	321.09	0.169
X	215.71	13913.08	Baru	98.25	12	98.98	0.121	0.595	33.09	5.99	39.09	323.79	0.207
Y	198.3	7547.42	Baru	66.26	12	67.34	0.178	0.595	24.01	5.51	29.51	372.68	0.129
a	162.54	5863	Eksisting	101.5	3	101.5	0.030	0.2	95.60	4.52	100.12	202.12	0.018
b	53.75	0	Eksisting	0	0	0	0	0	0	1.49	1.49	0.00	0.00
c	4.99	0	Eksisting	0	0	0	0	0	0	0.14	0.14	0.00	0.00
d	13.73	0	Eksisting	0	0	0	0	0	0	0.38	0.38	0.00	0.00

Saluran	Panjang (m)	Luas Tangkapan (m ²)	Jenis	Lo Zona (m)	H (m)	Lo (m)	So (m)	C	to (menit)	td (menit)	tc (menit)	I (mm/jam)	Q (m ³ /s)
e	19.74	0	Eksisting	0	0	0	0	0	0	0.55	0.55	0.00	0.00
f	252.28	19372.78	Eksisting	0	1	100.91	0.010	0.2	137.22	7.01	144.22	168.32	0.050
g	73.04	0	Eksisting	0	0	0	0	0	0	2.03	2.03	0.00	0.00
h	115.33	3956.74	Eksisting	0	1.7	58	0.029	0.4	56.37	3.20	59.57	262.18	0.032
i	43.24	0	Eksisting	0	0	0	0	0	0	1.20	1.20	0.00	0.00
j	49.87	2095.2	Eksisting	0	1.8	58	0.031	Cr	71.10	1.39	72.49	237.63	0.008
k	43.09	0	Eksisting	0	0	0	0	0.595	0	1.20	1.20	0.00	0.00
l	93.58	4099.38	Eksisting	0	2.4	62.91	0.038	0.595	65.29	2.60	67.89	245.56	0.019
m	40.57	0	Eksisting	0	0	0	0	0.595	0	1.13	1.13	0.00	0.00
n	173.03	20898.61	Baru	0	3	172.8	0.017	0.595	148.95	4.81	153.76	163.00	0.053
o	20.39	0	Baru	0	0	0	0	0.595	0	0.57	0.57	0.00	0.00

LAMPIRAN N

Perhitungan Dimensi Saluran Drainase

Saluran	Debit (m ³ /s)	Saluran Awal	Debit (m ³ /s)	Debit Akumulasi (m ³ /s)	H (m)	S	h (m)	b (m)	R (m)	v Cek	C	fb (m)	h total (m)
A	0.022	-	0	0.022	0.5	0.009	0.133	0.27	0.40	2.10	0.14	0.14	0.269
B	0.020	A	0.022	0.042	1.5	0.022	0.144	0.29	0.43	3.37	0.14	0.14	0.285
C	0.019	B	0.042	0.061	1.4	0.019	0.169	0.34	0.51	3.53	0.14	0.15	0.323
D	0.007	-	0	0.007	1	0.028	0.071	0.14	0.21	2.39	0.14	0.10	0.171
E	0.017	D	0.007	0.025	2.4	0.036	0.107	0.21	0.32	3.57	0.14	0.12	0.229
F	0.050	-	0	0.050	1	0.006	0.192	0.38	0.58	2.22	0.14	0.16	0.356
G	0.045	-	0	0.045	2.8	0.031	0.138	0.28	0.42	3.91	0.14	0.14	0.278
H	0.040	G	0.045	0.085	1	0.018	0.194	0.39	0.58	3.75	0.14	0.16	0.359
I	0.011	F	0.050	0.061	0.9	0.062	0.136	0.27	0.41	5.47	0.14	0.14	0.273
J	0.050	I	0.061	0.111	1.3	0.009	0.241	0.48	0.72	3.13	0.14	0.18	0.425
K	0.033	c dan J	0.190	0.223	0.4	0.004	0.373	0.75	1.12	2.66	0.14	0.23	0.601
L	0.022	-	0	0.022	0.7	0.012	0.126	0.25	0.38	2.28	0.14	0.13	0.259
M	0.032	d	0.309	0.340	2	0.026	0.305	0.61	0.92	6.04	0.14	0.21	0.512
N	0.108	L	0.022	0.130	1	0.008	0.263	0.53	0.79	3.12	0.14	0.19	0.455

Saluran	Debit (m ³ /s)	Saluran Awal	Debit (m ³ /s)	Debit Akumulasi (m ³ /s)	H (m)	S	h (m)	b (m)	R (m)	v Cek	C	fb (m)	h total (m)
O	0.107	N	0.130	0.238	1.4	0.024	0.270	0.54	0.81	5.40	0.14	0.19	0.464
P	0.027	O	0.238	0.265	0.4	0.004	0.387	0.77	1.16	2.93	0.14	0.23	0.619
Q	0.287	-	0	0.287	3.4	0.014	0.323	0.65	0.97	4.55	0.14	0.21	0.536
R	0.145	-	0	0.145	2.8	0.015	0.245	0.49	0.73	4.02	0.14	0.19	0.430
S	0.199	N dan R	0.167	0.367	1.9	0.009	0.385	0.77	1.15	4.09	0.14	0.23	0.617
T	0.120	Q	0.287	0.407	1	0.006	0.431	0.86	1.29	3.63	0.14	0.25	0.676
U	0.221	-	0	0.221	1.5	0.007	0.331	0.66	0.99	3.33	0.14	0.22	0.546
V	0.365	S	0.367	0.732	2.3	0.006	0.541	1.08	1.62	4.14	0.14	0.28	0.816
W	0.169	U dan T	0.628	0.797	2.2	0.009	0.506	1.01	1.52	5.15	0.14	0.27	0.772
X	0.207	W	0.797	1.004	0.4	0.002	0.749	1.50	2.25	2.96	0.14	0.32	1.073
Y	0.129	Y	1.004	1.133	0.5	0.003	0.740	1.48	2.22	3.42	0.14	0.32	1.062
a	0.018	-	0	0.018	1.1	0.007	0.131	0.26	0.39	1.77	0.14	0.14	0.266
b	0.000	C	0.061	0.061	1.5	0.028	0.158	0.32	0.47	4.06	0.14	0.15	0.306
c	0.000	b dan a	0.079	0.079	0.1	0.020	0.185	0.37	0.56	3.83	0.14	0.16	0.346
d	0.000	H dan K	0.309	0.309	0.3	0.022	0.303	0.61	0.91	5.55	0.14	0.21	0.509
e	0.000	M dan P	0.440	0.440	0.7	0.035	0.316	0.63	0.95	7.27	0.14	0.21	0.527
f	0.050	-	0	0.050	2.1	0.008	0.184	0.37	0.55	2.46	0.14	0.16	0.345

Saluran	Debit (m ³ /s)	Saluran Awal	Debit (m ³ /s)	Debit Akumulasi (m ³ /s)	H (m)	S	h (m)	b (m)	R (m)	v Cek	C	fb (m)	h total (m)
g	0.000	e dan f	0.490	0.490	2.5	0.034	0.332	0.66	0.99	7.37	0.14	0.22	0.547
h	0.032	-	0	0.032	0.7	0.006	0.165	0.33	0.49	1.95	0.14	0.15	0.317
i	0.000	g dan h	0.522	0.522	1.5	0.035	0.339	0.68	1.02	7.53	0.14	0.22	0.556
j	0.008	-	0	0.008	1.1	0.022	0.076	0.15	0.23	2.21	0.14	0.10	0.179
k	0.000	j	0.008	0.008	1.5	0.035	0.070	0.14	0.21	2.63	0.14	0.10	0.168
l	0.019	-	0	0.019	1	0.011	0.123	0.25	0.37	2.13	0.14	0.13	0.254
m	0.000	l	0.019	0.019	1.5	0.037	0.097	0.19	0.29	3.39	0.14	0.12	0.214
n	0.053	-	0	0.053	0.5	0.003	0.228	0.46	0.68	1.67	0.14	0.18	0.407
o	0.000	Y dan X	2.137	2.137	0.5	0.025	0.613	1.23	1.84	9.40	0.14	0.29	0.906

Perhitungan Kebutuhan *U-Ditch pre-casting*

Saluran	Panjang (m)	S	h hitung (m)	b hitung (m)	h pakai (m)	b pakai (m)	R (m)	v Cek	Jenis U-Ditch	Jumlah U-Ditch
N	119.47	0.008	0.455	0.525	0.5	0.5	0.75	3.02	50x50x120	100
O	58	0.024	0.464	0.540	0.5	0.5	0.75	5.13	50x50x120	49
P	91	0.004	0.619	0.773	0.5	0.5	0.75	2.19	50x50x120	76
Q	251.83	0.014	0.536	0.646	0.5	0.5	0.75	3.84	50x50x120	210

Saluran	Panjang (m)	S	h hitung (m)	b hitung (m)	h pakai (m)	b pakai (m)	R (m)	v Cek	Jenis U-Ditch	Jumlah U-Ditch
R	183.52	0.015	0.430	0.489	0.3	0.3	0.45	2.90	30x30x120	153
S	219.9	0.009	0.617	0.770	0.5	0.5	0.75	3.07	50x50x120	184
T	170.82	0.006	0.676	0.861	0.5	0.5	0.75	2.53	50x50x120	143
U	213.85	0.007	0.546	0.662	0.5	0.5	0.75	2.77	50x50x120	179
V	410.21	0.006	0.816	1.082	0.5	0.5	0.75	2.47	50x50x120	342
W	232	0.009	0.772	1.012	0.5	0.5	0.75	3.22	50x50x120	194
X	215.71	0.002	1.073	1.499	0.5	0.5	0.75	1.42	50x50x120	180
Y	198.3	0.003	1.062	1.481	0.5	0.5	0.75	1.66	50x50x120	166
n	173.03	0.003	0.407	0.456	0.3	0.3	0.45	1.26	30x30x120	145
o	20.39	0.025	0.906	1.226	0.5	0.5	0.75	5.17	50x50x120	17
p	196.26	0.025	0.364	0.395	0.3	0.3	0.45	3.75	30x30x120	164
q	22.54	0.044	0.336	0.356	0.3	0.3	0.45	4.95	30x30x120	19

Kebutuhan *U-Ditch* pre-casting keliling sel

Kebutuhan U-Ditch Zona Penimbunan	Keliling Sel (m)	Sisi Sel	Panjang Sisi (m)	Jenis U-Ditch	Jumlah U-Ditch
Zona 1 - Sel 6	984.35	5	71.00	30x30x120	1117.0
Zona 1 - Sel 7	912.47	5	71.00	30x30x121	1057.0
Zona 1 - Sel 8	840.6	5	71.00	30x30x122	997.0
Zona 1 - Sel 9	767.33	5	71.00	30x30x123	936.0
Zona 1 - Sel 10	687.01	5	71.00	30x30x124	869.0
Zona 1 - Sel 11	606.69	5	71.00	30x30x125	802.0
Zona 1 - Sel 12	526.37	5	71.00	30x30x126	735.0
Zona 2 - Sel 6	969.15	6	71.00	30x30x127	1163.0
Zona 2 - Sel 7	908.56	6	71.00	30x30x128	1113.0
Zona 2 - Sel 8	847.96	6	71.00	30x30x129	1062.0
Zona 2 - Sel 9	787.36	6	71.00	30x30x130	1012.0
Zona 2 - Sel 10	726.77	6	71.00	30x30x131	961.0
Zona 2 - Sel 11	666.17	6	71.00	30x30x132	911.0
Zona 2 - Sel 12	605.58	6	71.00	30x30x133	860.0
Total					13595.0

LAMPIRAN O
Timbulan Gas Zona Baru dan Eksisting

Tahun ke-	Produksi Gas Tahun Sampah Operasi Zona 1						Total Gas (m ³)	Akumulasi Gas (m ³)
	2023	2024	2025	2026	2027	2028		
0	0.00						0	0
1	23368.38	0.00					23368.378	23368.3777
2	42994.47	24323.98	0.00				67318.445	90686.8223
3	35509.89	44752.63	25289.55	0.00			105552.07	196238.89
4	28025.31	36961.99	46529.14	26265.14	0.00		137781.57	334020.464
5	20540.73	29171.34	38429.24	48324.09	27250.87	0.00	163716.27	497736.732
6	15958.52	21380.70	30329.33	39911.72	50137.70	28246.80	185964.76	683701.495
7	14278.67	16611.11	22229.43	31499.34	41409.61	51970.07	177998.23	861699.724
8	12598.83	14862.57	17270.50	23086.97	32681.52	42923.00	143423.38	1005123.11
9	10918.98	13114.03	15452.56	17936.74	23953.43	33875.92	115251.67	1120374.77
10	9239.14	11365.49	13634.61	16048.67	18609.91	24828.85	93726.67	1214101.44
11	7559.30	9616.96	11816.66	14160.59	16650.97	19290.05	79094.522	1293195.97
12	5879.45	7868.42	9998.71	12272.51	14692.04	17259.51	67970.645	1361166.61

Tahun ke-	Produksi Gas Tahun Sampah Operasi Zona 1						Total Gas (m ³)	Akumulasi Gas (m ³)
	2023	2024	2025	2026	2027	2028		
13	4199.61	6119.88	8180.76	10384.43	12733.10	15228.98	56846.768	1418013.38
14	2519.77	4371.34	6362.82	8496.35	10774.16	13198.45	45722.892	1463736.27
15	839.92	2622.81	4544.87	6608.27	8815.22	11167.92	34599.015	1498335.29
16	0.00	874.27	2726.92	4720.20	6856.28	9137.39	24315.06	1522650.35
17		0.00	908.97	2832.12	4897.35	7106.86	15745.296	1538395.64
18			0.00	944.04	2938.41	5076.33	8958.7743	1547354.42
19				0.00	979.47	3045.80	4025.2658	1551379.68
20					0.00	1015.27	1015.2656	1552394.95
21						0.00	0	1552394.95

Tahun ke-	Produksi Gas Tahun Sampah Operasi Zona 2					Total Gas (m ³)	Akumulasi Gas (m ³)
	2029	2030	2031	2032	2033		
0	0.00					0.00	0
1	29253.01	0.00				29253.015	29253.015
2	53821.35	30269.58	0.00			84090.9366	113343.95
3	44452.00	55691.69	31296.63	0.00		131440.325	244784.28

Tahun ke-	Produksi Gas Tahun Sampah Operasi Zona 2					Total Gas (m ³)	Akumulasi Gas (m ³)
	2029	2030	2031	2032	2033		
4	35082.65	45996.75	57581.31	32334.21	0.00	170994.927	415779.2
5	25713.30	36301.81	47557.42	59490.32	33382.41	202445.261	618224.46
6	19977.20	26606.86	37533.53	49134.10	61418.86	194670.547	812895.01
7	17874.34	20671.42	27509.63	38777.88	50726.92	155560.192	968455.2
8	15771.47	18495.48	21372.80	28421.67	40034.97	124096.402	1092551.6
9	13668.61	16319.54	19123.03	22081.38	29343.03	100535.603	1193087.2
10	11565.75	14143.60	16873.27	19757.03	22797.21	85136.8523	1278224.1
11	9462.88	11967.67	14623.50	17432.67	20397.50	73884.2191	1352108.3
12	7360.02	9791.73	12373.73	15108.31	17997.80	62631.5859	1414739.9
13	5257.16	7615.79	10123.96	12783.96	15598.09	51378.9527	1466118.8
14	3154.29	5439.85	7874.19	10459.60	13198.38	40126.3195	1506245.1
15	1051.43	3263.91	5624.42	8135.25	10798.68	28873.6863	1535118.8
16	0.00	1087.97	3374.65	5810.89	8398.97	18672.4846	1553791.3
17		0.00	1124.88	3486.53	5999.27	10610.6839	1564402
18			0.00	1162.18	3599.56	4761.73736	1569163.7
19				0.00	1199.85	1199.85313	1570363.6

Tahun ke-	Produksi Gas Tahun Sampah Operasi Zona 2					Total Gas (m ³)	Akumulasi Gas (m ³)
	2029	2030	2031	2032	2033		
20					0.00	0	1570363.6

Tahun ke-	Produksi Gas Tahun Sampah Operasi Zona Eksisting					Total Gas (m ³)	Akumulasi Gas (m ³)
	2019	2020	2021	2022	2023		
0	0.00					0	0
1	19643.93	0.00				19643.9252	19643.925
2	36142.01	20560.50	0.00			56702.5044	76346.43
3	29850.32	37828.37	21486.71	0.00		89165.4018	165511.83
4	23558.63	31243.12	39532.47	22422.65	0.00	116756.869	282268.7
5	17266.95	24657.86	32650.57	41254.46	23368.38	139198.211	421466.91
6	13415.05	18072.61	25768.66	34072.78	42994.47	134323.566	555790.48
7	12002.94	14040.98	18886.75	26891.11	35509.89	107331.668	663122.15
8	10590.83	12562.99	14673.51	19709.43	28025.31	85562.0623	748684.21
9	9178.72	11084.99	13128.93	15312.67	20540.73	69246.0274	817930.24
10	7766.61	9606.99	11584.35	13700.81	15958.52	58617.2677	876547.5
11	6354.50	8128.99	10039.77	12088.95	14278.67	50890.8758	927438.38

Tahun ke-	Produksi Gas Tahun Sampah Operasi Zona Eksisting					Total Gas (m ³)	Akumulasi Gas (m ³)
	2019	2020	2021	2022	2023		
12	4942.39	6650.99	8495.19	10477.09	12598.83	43164.4839	970602.86
13	3530.28	5172.99	6950.61	8865.23	10918.98	35438.092	1006041
14	2118.17	3695.00	5406.03	7253.37	9239.14	27711.7001	1033752.7
15	706.06	2217.00	3861.45	5641.51	7559.30	19985.3082	1053738
16	0.00	739.00	2316.87	4029.65	5879.45	12964.9714	1066702.9
17		0.00	772.29	2417.79	4199.61	7389.68896	1074092.6
18			0.00	805.93	2519.77	3325.69558	1077418.3
19				0.00	839.92	839.92191	1078258.2
20					0.00	0	1078258.2

LAMPIRAN P
Debit Lindi Zona 1

Tahun	Berat hujan (Ton)	Massa sampah (Ton)	Massa tanah (Ton)	Massa air sampah (Ton)	Produksi gas (m³)	Produksi gas (Ton)	Berat air terkonsumsi (Ton)	Berat uap air gas (Ton)
2023	772.02	40416.96	10674.64	24391.63	0	0.00	0.00	0.000
2024	772.02	82486.68	21785.80	35089.15	23368.38	31640.78	4913.80	506.837
2025	772.02	126226.41	33338.02	46193.73	67318.44	91149.17	14155.42	1460.069
2026	772.02	171653.48	45335.90	57709.58	105552.1	142917.50	22195.01	2289.318
2027	772.02	218785.44	57784.05	69640.97	137781.6	186556.25	28972.08	2988.344
2028	772.02	267639.92	70687.15	81992.18	163716.3	221671.83	34425.51	3550.841
2029	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	185964.8	251796.29	39103.82	4033.389
2030	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	177998.2	241009.60	37428.66	3860.603
2031	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	143423.4	194195.26	30158.42	3110.709
2032	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	115251.7	156050.76	24234.60	2499.693
2033	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	93726.67	126905.91	19708.42	2032.837
2034	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	79094.52	107093.98	16631.64	1715.481
2035	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	67970.65	92032.25	14292.56	1474.215

Tahun	Berat hujan (Ton)	Massa sampah (Ton)	Massa tanah (Ton)	Massa air sampah (Ton)	Produksi gas (m³)	Produksi gas (Ton)	Berat air terkonsumsi (Ton)	Berat uap air gas (Ton)
2036	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	56846.77	76970.52	11953.48	1232.949
2037	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	45722.89	61908.80	9614.40	991.684
2038	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	34599.01	46847.07	7275.32	750.418
2039	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	24315.06	32922.59	5112.86	527.369
2040	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	15745.3	21319.13	3310.85	341.500
2041	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	8958.774	12130.18	1883.81	194.307
2042	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	4025.266	5450.21	846.41	87.304
2043	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	1015.266	1374.67	213.49	22.020
2044	772.02	267639.92	70687.15	64233.58	0	0.00	0.00	0.000

Tahun	Berat air sampah (Ton)	Sisa berat kering sampah (Ton)	Berat rata-rata timbunan sampah (Ton)	Field capacity	Berat air tertahan (Ton)	Produksi lindi (Ton)	Debit Lindi (m³/s)
2023	25163.65	16025.32	31269.13	0.050176	1262.61	23901.04	0.0008
2024	35861.17	41976.90	60704.83	0.050091	1796.31	34064.86	0.0011
2025	46965.75	64417.20	89029.49	0.050062	2351.19	44614.56	0.0014
2026	58481.59	89459.58	119306.49	0.050046	2926.78	55554.82	0.0018
2027	70412.99	117184.04	151582.57	0.050036	3523.20	66889.78	0.0021
2028	82764.20	147671.38	185904.94	0.050030	4140.66	78623.54	0.0025
2029	65005.60	160269.12	183324.51	0.050030	3252.23	61753.37	0.0020
2030	65005.60	162117.08	184248.49	0.050030	3252.22	61753.38	0.0020
2031	65005.60	170137.21	188258.56	0.050029	3252.18	61753.42	0.0020
2032	65005.60	176672.05	191525.97	0.050029	3252.15	61753.45	0.0020
2033	65005.60	181665.08	194022.49	0.050028	3252.12	61753.47	0.0020
2034	65005.60	185059.22	195719.56	0.050028	3252.11	61753.49	0.0020
2035	65005.60	187639.56	197009.73	0.050028	3252.09	61753.50	0.0020
2036	65005.60	190219.91	198299.90	0.050028	3252.08	61753.51	0.0020
2037	65005.60	192800.25	199590.08	0.050028	3252.07	61753.53	0.0020

Tahun	Berat air sampah (Ton)	Sisa berat kering sampah (Ton)	Berat rata-rata timbunan sampah (Ton)	Field capacity	Berat air tertahan (Ton)	Produksi lindi (Ton)	Debit Lindi (m³/s)
2038	65005.60	195380.59	200880.25	0.050027	3252.06	61753.54	0.0020
2039	65005.60	197766.11	202073.00	0.050027	3252.05	61753.55	0.0020
2040	65005.60	199753.99	203066.94	0.050027	3252.04	61753.56	0.0020
2041	65005.60	201328.22	203854.06	0.050027	3252.03	61753.56	0.0020
2042	65005.60	202472.62	204426.26	0.050027	3252.03	61753.57	0.0020
2043	65005.60	203170.83	204775.37	0.050027	3252.03	61753.57	0.0020
2044	65005.60	203406.34	204893.12	0.050027	3252.02	61753.57	0.0020

Debit Lindi Zona 2

Tahun	Berat hujan (Ton)	Massa sampah (Ton)	Massa tanah (Ton)	Massa air sampah (Ton)	Produksi gas (m3)	Produksi gas (Ton)	Berat air terkonsumsi (Ton)	Berat uap air gas (Ton)
2029	1230.11	50594.78	13362.73	30533.95	0.00	0.00	0.00	0
2030	1230.11	102947.77	27189.83	43737.78	29253.01	39608.58	6151.19	634.468
2031	1230.11	157077.09	41486.08	57374.51	84090.94	113859.13	17682.26	1823.848
2032	1230.11	213000.98	56256.30	71448.57	131440.33	177970.20	27638.67	2850.809
2033	1230.11	270737.79	71505.34	85964.40	170994.93	231527.13	35956.04	3708.708
2024	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	202445.26	274110.88	42569.27	4390.834
2025	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	194670.55	263583.92	40934.44	4222.208
2026	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	155560.19	210628.50	32710.49	3373.944
2027	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	124096.40	168026.53	26094.43	2691.526
2028	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	100535.60	136125.21	21140.17	2180.516
2029	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	85136.85	115275.30	17902.19	1846.533
2030	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	73884.22	100039.23	15536.04	1602.474
2031	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	62631.59	84803.17	13169.88	1358.416
2032	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	51378.95	69567.10	10803.73	1114.358

Tahun	Berat hujan (Ton)	Massa sampah (Ton)	Massa tanah (Ton)	Massa air sampah (Ton)	Produksi gas (m3)	Produksi gas (Ton)	Berat air terkonsumsi (Ton)	Berat uap air gas (Ton)
2033	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	40126.32	54331.04	8437.58	870.300
2034	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	28873.69	39094.97	6071.43	626.241
2035	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	18672.48	25282.54	3926.37	404.987
2036	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	10610.68	14366.87	2231.17	230.135
2037	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	4761.74	6447.39	1001.28	103.277
2038	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	1199.85	1624.60	252.30	26.024
2039	1230.11	270737.79	71505.34	64977.07	0.00	0.00	0.00	0

Tahun	Berat air sampah (Ton)	Sisa berat kering sampah (Ton)	Berat rata-rata timbulan sampah (Ton)	Field capacity	Berat air tertahan (Ton)	Produksi lindi (Ton)	Debit Lindi (m³/s)	Debit Total dengan Zona 1 (m³/s)
2029	31764.06	20060.83	39275.18	0.050140	1005.85	30758.21	0.0010	0.0029
2030	44967.89	52424.33	75885.94	0.050072	2625.016	42342.87	0.0013	0.0033
2031	58604.62	80196.47	110886.63	0.050050	4013.801	54590.82	0.0017	0.0037
2032	72678.68	111062.93	148127.11	0.050037	5557.27	67121.41	0.0021	0.0041
2033	87194.51	145108.65	187656.92	0.050029	7259.685	79934.83	0.0025	0.0045
2024	66207.18	158800.62	184009.24	0.050030	7944.777	58262.41	0.0018	0.0038
2025	66207.18	160604.08	184910.97	0.050030	8034.981	58172.20	0.0018	0.0038
2026	66207.18	169676.29	189447.08	0.050029	8488.74	57718.44	0.0018	0.0038
2027	66207.18	176974.77	193096.32	0.050028	8853.779	57353.40	0.0018	0.0038
2028	66207.18	182440.04	195828.95	0.050028	9127.125	57080.06	0.0018	0.0038
2029	66207.18	186012.00	197614.93	0.050028	9305.777	56901.41	0.0018	0.0038
2030	66207.18	188622.21	198920.04	0.050028	9436.325	56770.86	0.0018	0.0038
2031	66207.18	191232.42	200225.14	0.050027	9566.874	56640.31	0.0018	0.0038
2032	66207.18	193842.63	201530.25	0.050027	9697.421	56509.76	0.0018	0.0038
2033	66207.18	196452.84	202835.35	0.050027	9827.969	56379.21	0.0018	0.0037

Tahun	Berat air sampah (Ton)	Sisa berat kering sampah (Ton)	Berat rata-rata timbunan sampah (Ton)	Field capacity	Berat air tertahan (Ton)	Produksi lindi (Ton)	Debit Lindi (m³/s)	Debit Total dengan Zona 1 (m³/s)
2034	66207.18	199063.05	204140.46	0.050027	9958.516	56248.67	0.0018	0.0037
2035	66207.18	201429.37	205323.62	0.050027	10076.86	56130.32	0.0018	0.0018
2036	66207.18	203299.42	206258.64	0.050027	10170.39	56036.79	0.0018	0.0018
2037	66207.18	204656.17	206937.02	0.050027	10238.25	55968.94	0.0018	0.0018
2038	66207.18	205482.40	207350.13	0.050027	10279.57	55927.61	0.0018	0.0018
2039	66207.18	205760.72	207489.29	0.050027	10293.49	55913.69	0.0018	0.0018

Debit Lindi Zona Pasif 1, Zona Pasif 2, dan Zona Aktif Eksisting

Zona Pasif 1 dan 2								
Tahun	Berat hujan (Ton)	Massa sampah (Ton)	Massa tanah (Ton)	Massa air sampah (Ton)	Produksi gas (m ³)	Produksi gas (Ton)	Berat air terkonsumsi (Ton)	Berat uap air gas (Ton)
-	227.31	32406.56	8558.99	7777.57	0	0	0.00	0
Berat air sampah (Ton)	Sisa berat kering sampah (Ton)	Berat rata-rata timbunan sampah (Ton)	Field capacity	Berat air tertahan (Ton)	Produksi lindi (Ton)	Debit Lindi (m ³ /s)		
8004.88	24628.98	24875.92	0.050221	1236.892	6767.99	0.0002		
Zona Aktif Eksisting								
Tahun	Berat hujan (Ton)	Massa sampah (Ton)	Massa tanah (Ton)	Massa air sampah (Ton)	Produksi gas (m ³)	Produksi gas (Ton)	Berat air terkonsumsi (Ton)	Berat uap air gas (Ton)
2019	80.08	33975.30	8973.32	20504.09	19643.93	26597.87	4130.64	426.0569914
2020	80.08	69535.87	18365.32	29614.87	56702.5	76775.19	11923.14	1229.820

Zona Aktif Eksisting								
Tahun	Berat hujan (Ton)	Massa sampah (Ton)	Massa tanah (Ton)	Massa air sampah (Ton)	Produksi gas (m³)	Produksi gas (Ton)	Berat air dikonsumsi (Ton)	Berat uap air gas (Ton)
2021	594.60	106698.38	28180.42	39116.18	89165.4	120730	18749.29	1933.908
2022	594.60	145479.64	38423.05	49012.10	116756.9	158088.8	24551.10	2532.339
2023	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	139198.2	188474.4	29269.97	3019.069
2024	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	134323.6	181874.1	28244.95	2913.343
2025	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	107331.7	145327.1	22569.21	2327.916
2026	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	85562.06	115851	17991.60	1855.755
2027	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	69246.03	93759.12	14560.74	1501.877
2028	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	58617.27	79367.78	12325.77	1271.350
2029	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	50890.88	68906.25	10701.10	1103.772
2030	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	43164.48	58444.71	9076.43	936.194
2031	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	35438.09	47983.18	7451.76	768.617
2032	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	27711.7	37521.64	5827.09	601.039
2033	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	19985.31	27060.11	4202.42	433.461
2034	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	12964.97	17554.57	2726.22	281.197

Zona Aktif Eksisting

Tahun	Berat hujan (Ton)	Massa sampah (Ton)	Massa tanah (Ton)	Massa air sampah (Ton)	Produksi gas (m ³)	Produksi gas (Ton)	Berat air dikonsumsi (Ton)	Berat uap air gas (Ton)
2035	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	7389.689	10005.64	1553.87	160.275
2036	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	3325.696	4502.992	699.31	72.131
2037	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	839.9219	1137.254	176.61	18.217
2038	594.60	145479.64	38423.05	34915.11	0	0	0.00	0.000

Tahun	Berat air sampah (Ton)	Sisa berat kering sampah (Ton)	Berat rata-rata timbunan sampah (Ton)	Field capacity	Berat air tertahan (Ton)	Produksi lindi (Ton)	Debit Lindi (m ³ /s)	Debit dengan Zona Pasif (m ³ /s)
2019	20584.17	8914.52	23722.66	0.050232	447.7917	20136.38	0.0006	0.0009
2020	29694.95	26768.03	46596.81	0.050118	1341.56	28353.39	0.0009	0.0011
2021	39710.78	46898.99	71485.31	0.050077	2348.558	37362.23	0.0012	0.0014
2022	49606.70	69384.10	97918.45	0.050056	3473.102	46133.60	0.0015	0.0017
2023	35509.71	78275.49	95315.65	0.050058	3918.291	31591.42	0.0010	0.0012
2024	35509.71	79406.24	95881.03	0.050057	3974.866	31534.85	0.0010	0.0012

Tahun	Berat air sampah (Ton)	Sisa berat kering sampah (Ton)	Berat rata-rata timbunan sampah (Ton)	Field capacity	Berat air tertahan (Ton)	Produksi lindi (Ton)	Debit Lindi (m ³ /s)	Debit dengan Zona Pasif (m ³ /s)
2025	35509.71	85667.40	99011.61	0.050056	4288.128	31221.59	0.0010	0.0012
2026	35509.71	90717.17	101536.49	0.050054	4540.772	30968.94	0.0010	0.0012
2027	35509.71	94501.91	103428.86	0.050053	4730.12	30779.59	0.0010	0.0012
2028	35509.71	96967.41	104661.61	0.050053	4853.466	30656.25	0.0010	0.0012
2029	35509.71	98759.66	105557.73	0.050052	4943.128	30566.59	0.0010	0.0012
2030	35509.71	100551.90	106453.86	0.050052	5032.79	30476.92	0.0010	0.0012
2031	35509.71	102344.15	107349.98	0.050051	5122.451	30387.26	0.0010	0.0012
2032	35509.71	104136.40	108246.11	0.050051	5212.111	30297.60	0.0010	0.0012
2033	35509.71	105928.65	109142.23	0.050050	5301.77	30207.94	0.0010	0.0012
2034	35509.71	107557.12	109956.46	0.050050	5383.235	30126.48	0.0010	0.0012
2035	35509.71	108850.38	110603.10	0.050050	5447.932	30061.78	0.0010	0.0012
2036	35509.71	109793.09	111074.45	0.050050	5495.09	30014.62	0.0010	0.0012
2037	35509.71	110369.70	111362.75	0.050049	5523.935	29985.78	0.0010	0.0012
2038	35509.71	110564.53	111460.17	0.050049	5533.682	29976.03	0.0010	0.0012

LAMPIRAN Q

Hasil Uji Parameter BOD, COD, dan TDS outlet Instalasi Pengolah Lindi (IPL) TPA Gedangkeret Jombang

	<p>LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p> <p>KAMPUS ITS SUKOLOLO SURABAYA TELEPON (031) 5948886, FAX. (031) 5928387</p>			
DATA ANALISA LIMBAH CAIR				
Dikirim Oleh	: Sdr. Govinda			
Dikirim Tanggal	: 06 Maret 2019			
Sampel Dari	: Lindi (Outlet)			
No. Laboratorium	: 100-010/03/A/KL/2019			
No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	TDS	mg/l	2.010,00	Gravimetri
2	COD	mg/L O ₂	874,00	Refliks
3	BOD	mg/L O ₂	464,00	Winkler
Surabaya, 19 Maret 2019		Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS		Catatan : - Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami
		Prof. Dr. Ir. Nieke Kurnaningroem, MSc. Telp. 401501281985032001		

LAMPIRAN R

**Emisi Tahunan TPA Gedangkeret dari Sumber Timbunan Sampah, Kendaraan Truk, dan
Kendaraan Eskavator**

Tahun	Truk		Eskavator		Sampah		Total Emisi CO ₂ (Ton)
	Jumlah	Emisi (Ton)	Jumlah	Emisi (Ton)	CO ₂ Hasil Dekomposisi (Ton)	CO ₂ Flare (Ton)	
2019	66	0.034	1	67.341	33.07	90.95	191.404
2020	70	0.036	1	67.341	43.31	119.10	229.785
2021	73	0.038	1	67.341	51.63	141.99	261.003
2022	77	0.040	1	67.341	58.49	160.86	286.730
2023	81	0.042	1	67.341	64.78	178.15	310.320
2024	85	0.044	1	67.341	70.89	194.95	333.224
2025	89	0.046	1	67.341	76.79	211.18	355.361
2026	93	0.048	1	67.341	82.47	226.79	376.654
2027	97	0.050	1	67.341	87.86	241.61	396.856
2028	101	0.052	2	134.682	92.89	255.44	483.061
2029	105	0.054	2	134.682	97.54	268.23	500.502

Tahun	Truk		Eskavator		Sampah		Total Emisi CO ₂ (Ton)
	Jumlah	Emisi (Ton)	Jumlah	Emisi (Ton)	CO ₂ Hasil Dekomposisi (Ton)	CO ₂ Flare (Ton)	
2030	109	0.057	2	134.682	101.79	279.91	516.433
2031	113	0.059	2	134.682	105.61	290.42	530.766
2032	117	0.061	2	134.682	109.24	300.41	544.397
2033	121	0.063	2	134.682	100.16	275.45	510.357
2034	126	0.065	2	134.682	80.02	220.06	434.830
2035	130	0.068	2	134.682	63.30	174.08	372.136
2036	0	0	2	134.682	50.13	137.85	322.654
2037	0	0	2	134.682	40.60	111.65	286.929
2038	0	0	0	0.000	33.25	91.43	124.674
2039	0	0	0	0.000	26.56	73.03	99.582
2040	0	0	0	0.000	20.55	56.52	77.067
2041	0	0	0	0.000	15.26	41.97	57.228
2042	0	0	0	0.000	10.71	29.45	40.163
2043	0	0	0	0.000	6.93	19.05	25.973
2044	0	0	0	0.000	3.94	10.82	14.759

Tahun	Truk		Eskavator		Sampah		Total Emisi CO ₂ (Ton)
	Jumlah	Emisi (Ton)	Jumlah	Emisi (Ton)	CO ₂ Hasil Dekomposisi (Ton)	CO ₂ Flare (Ton)	
2045	0	0	0	0.000	1.77	4.86	6.624
2046	0	0	0	0.000	0.45	1.22	1.669
2047	0	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000

LAMPIRAN S

Perhitungan Koefisien Korelasi Pemilihan Metode Proyeksi Penduduk Secara Geometrik

Data penduduk diambil dengan data sekunder dari BPS Kabupaten Jombang dari tahun 2010 sampai dengan 2017. Rumus perhitungan untuk menentukan koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{1/2}}$$

Keterangan :

- X : Urutan tahun
- Y : Ln jumlah penduduk
- X² : Kuadrat urutan tahun
- Y² : Kuadrat Ln jumlah penduduk
- n : Jumlah data

Berikut merupakan perhitungan koefisien korelasi :

GEOMETRIK							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (Nomor Tahun)	Y (Jumlah Penduduk)	XY	X ²	Y ²	r
2010	1205114	1	14.00	14.00	1	196.06	0.995
2011	1212881	2	14.01	28.02	4	196.24	
2012	1220404	3	14.01	42.04	9	196.41	
2013	1230881	4	14.02	56.09	16	196.65	
2014	1234502	5	14.03	70.13	25	196.73	
2015	1240985	6	14.03	84.19	36	196.88	
2016	1247303	7	14.04	98.26	49	197.02	
2017	1253078	8	14.04	112.33	64	197.15	
JUMLAH	9845148	36	112.18	505.06	204	1573.15	

LAMPIRAN T

Kapasitas Reduksi Total Sampah TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang

Komposisi	Komposisi (%)	RF (%)	Komposisi Tereduksi (%)	Sumber
Sisa Makanan	44.17	80	8.83	**
Kebun	13.08	5	12.43	**
Kardus	1.61	9.1	1.47	*
Plastik	15.07	50	7.54	*
Kain	1.37	0	1.37	**
Karet	0.46	10.9	0.41	*
Kulit	0.36	0	0.36	*
Kertas	8.70	2.4	8.49	*
Kaca	2.36	6	2.22	**
Logam	0.83	42	0.48	*
B3	7.39	0	7.39	
Residu	4.60	0	4.60	
Total	100.00	44.42	55.58	

Keterangan :

*Kristanto dan Gusniani (2015)

*Tchobanoglous, dkk (1993)

LAMPIRAN U

Perhitungan Umur TPA Gedangkeret Kabupaten Jombang dengan Skenario Reduksi

Tahun	Jumlah Penduduk	Persentase Pelayanan	Reduksi Sumber dan TPST	Timbulan Sampah Harian (kg)	Timbulan Sampah Tahunan (Ton)	Timbulan Sampah Tahunan SSRT (Ton)	Total Timbulan Sampah Tereduksi Tahunan (Ton)
2017	1253078	20%	44%	75184.68	27442.41	3411.80	17149.30
2018	1260086	21%	44%	79385.42	28975.68	3430.88	18012.12
2019	1267133	22%	44%	83630.78	30525.23	3450.07	18884.06
2020	1274219	23%	44%	87921.11	32091.21	3469.36	19765.17
2021	1281345	24%	44%	92256.84	33673.75	3488.76	20655.56
2022	1288511	25%	44%	96638.33	35272.99	3508.27	21555.29
2023	1295717	26%	44%	101065.93	36889.06	3527.89	22464.44
2024	1302963	27%	44%	105540.00	38522.10	3547.62	23383.07
2025	1310250	28%	44%	110061.00	40172.27	3567.46	24311.29
2026	1317577	29%	44%	114629.20	41839.66	3587.41	25249.15
2027	1324946	30%	44%	119245.14	43524.48	3607.48	26196.75

Tahun	Jumlah Penduduk	Persentase Pelayanan	Reduksi Sumber dan TPST	Timbulan Sampah Harian (kg)	Timbulan Sampah Tahunan (Ton)	Timbulan Sampah Tahunan SSRT (Ton)	Total Timbulan Sampah Tereduksi Tahunan (Ton)
2028	1332356	31%	44%	123909.11	45226.82	3627.65	27154.16
2029	1339807	32%	44%	128621.47	46946.84	3647.94	28121.45
2030	1347299	33%	44%	133382.60	48684.65	3668.34	29098.69
2031	1354834	34%	44%	138193.07	50440.47	3688.85	30086.01
2032	1362411	35%	44%	143053.16	52214.40	3709.49	31083.46
2033	1370030	36%	44%	147963.24	54006.58	3730.23	32091.11
2034	1377692	37%	44%	152923.81	55817.19	3751.09	33109.07
2035	1385396	38%	44%	157935.14	57646.33	3772.07	34137.40
2036	1393144	39%	44%	162997.85	59494.21	3793.16	35176.21
2037	1400935	40%	44%	168112.20	61360.95	3814.38	36225.57
2038	1408770	41%	44%	173278.71	63246.73	3835.71	37285.57
2039	1416648	42%	44%	178497.65	65151.64	3857.16	38356.27
2040	1424571	43%	44%	183769.66	67075.93	3878.73	39437.82
2041	1432537	44%	44%	189094.88	69019.63	3900.42	40530.22

Tahun	Volume Sampah (m ³)	Volume Tanah Diperlukan (m ³)	Akumulasi Volume (m ³)	Kapasitas Maksimum (m ³)	Kapasitas Sisa (m ³)
2017	24542.00	7362.60	31904.60	1320491.66	1288587.06
2018	25776.76	7733.03	65414.39	1320491.66	1255077.27
2019	27024.57	8107.37	100546.33	1320491.66	1219945.32
2020	28285.52	8485.66	137317.51	1320491.66	1183174.15
2021	29559.73	8867.92	175745.17	1320491.66	1144746.49
2022	30847.32	9254.20	215846.68	1320491.66	1104644.98
2023	32148.38	9644.51	257639.58	1320491.66	1062852.08
2024	33463.02	10038.91	301141.51	1320491.66	1019350.15
2025	34791.37	10437.41	346370.29	1320491.66	974121.36
2026	36133.52	10840.06	393343.87	1320491.66	927147.79
2027	37489.61	11246.88	442080.36	1320491.66	878411.30
2028	38859.74	11657.92	492598.02	1320491.66	827893.64
2029	40244.00	12073.20	544915.23	1320491.66	775576.43
2030	41642.52	12492.76	599050.50	1320491.66	721441.16

Tahun	Volume Sampah (m ³)	Volume Tanah Diperlukan (m ³)	Akumulasi Volume (m ³)	Kapasitas Maksimum (m ³)	Kapasitas Sisa (m ³)
2031	43055.45	12916.63	655022.58	1320491.66	665469.08
2032	44482.87	13344.86	712850.31	1320491.66	607641.34
2033	45924.91	13777.47	772552.69	1320491.66	547938.96
2034	47381.69	14214.51	834148.89	1320491.66	486342.76
2035	48853.31	14655.99	897658.19	1320491.66	422833.47
2036	50339.93	15101.98	963100.10	1320491.66	357391.56
2037	51841.64	15552.49	1030494.23	1320491.66	289997.43
2038	53358.59	16007.58	1099860.39	1320491.66	220631.26
2039	54890.85	16467.26	1171218.50	1320491.66	149273.16
2040	56438.62	16931.59	1244588.71	1320491.66	75902.95
2041	58001.93	17400.58	1319991.22	1320491.66	500.44

BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Govinda Rahmat Amin Mujaddid dengan nama panggilan Govin atau Jaddid. Penulis lahir di Jombang pada tanggal 5 Agustus 1997. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Mardi Rahayu Pulo Lor Jombang, kemudian melanjutkan sekolah di SDN Pulo Lor 2 Jombang. Pada kelas 5 SD, penulis pindah ke SDN Kepanjen 2 Jombang. Pada tahun 2009 penulis melanjutkan ke jenjang pendidikan SMP di SMPN 2 Jombang. Pada jenjang SMA di tahun 2012, penulis menempuh pendidikan di SMAN 2 Jombang. Kemudian di jenjang pendidikan tinggi pada tahun 2015, penulis menempuh pendidikan di Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tingkat Strata 1. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan. Riwayat keorganisasian penulis antara lain adalah Staff KPPL HMTL ITS tahun 2016/2017, Kepala Departemen Kominfo IMTLI tahun 2016/2017, Staff BEM FTSP ITS tahun 2017, Kepala Dewan Perwakilan Angkatan (DPA) HMTL ITS tahun 2018. Penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan keilmiah dengan riwayat pernah menjadi finalis PIMNAS 31 yang diselenggarakan oleh Kementerian RISTEK DIKTI dalam kategori PKM Karsa Cipta (PKM-KC). Penulis pernah melakukan kerja praktik di PT Kutai Timber Indonesia Probolinggo Jawa Timur selama 2 bulan dengan topik pengolahan limbah industri. Pada bidang teknik lingkungan, penulis sangat tertarik dengan topik seputar persampahan dan air limbah, sehingga tugas akhir penulis memilih untuk mengevaluasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah di Kabupaten Jombang. Penulis dapat dihubungi pada surel di alamat gvndrahmat@gmail.com. Seluruh lampiran gambar penulis lampirkan pada tautan <http://bit.ly/LampiranGambarTAGovinda>.



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE141581 (06/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 9 Mei 2019
Pukul : 14.00 - 15.00
Lokasi : TL 104
Judul : Kajian Keberlanjutan Operasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Gedangeret Kabupaten Jombang
Nama : Govinda Rahmat Amin Mujaddid
NRP. : 0321154000061
Topik : Perencanaan

Nilai TOEFL : 473

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
	<ul style="list-style-type: none">- Pengelolaan gas → sumber² salah → betulkan.- Rehabilitasi → tindak lanjut → perencanaan. ↓ Cdk semua item dan lokasi yg harus direhabilitasi- Penambahan TPA → Rehabilitasi. jelaskan.

rec.

28/5/19.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Elina S Pandebesie, M.T.



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Govinda Rahmat Anam Muzdalid
NRP : 03211540000061
Judul Tugas Akhir : Kajian Keberlanjutan Operasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Gedung Karet Kabupaten Jombang

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	Penambahan peta pelayanan estiribing dan rencana	sudah dibuat baru berdasar wilayah pelayanan dan jumlah TPS
2	Skenario reduksi dan tingkat pelayanan	sudah dibuat dan disimpulkan penambahan umur TPA
3	Batu mutu tinggi baru dan pengolahan logam berat	sudah diganti dan direncanakan remediasi dengan cons. wetland
4	Perbaikan gambar-gambar	sudah diperbaiki
5	Lampiran perhitungan proyek: penduduk	sudah ditambahkan

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Elina S. Roesli, M.T.

Mahasiswa Ybs.,

Govinda Rahmat Anam Muzdalid



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
 Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
 Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
 Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Jumat, 5 Juli 2019
 Pukul : 07.00
 Lokasi : TL-105
 Judul : Kajian Keberlanjutan Operasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Gedangeret Kabupaten Jombang

Nama : Govinda Rahmat Amin Mujaddid
 NRP. : 03211540000061
 Topik : Perencanaan

Nilai TOEFL 527

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
-	Tambahkan peta ² pelayanan ekesisting dan rencana.
-	Penambahan 1% siapa dasar apa? Cek penambahan hrs/tingkat pelayanan.
-	Hitung rekayasa → lingk ulang tingkat pelayanan → uncur TPA
-	Isilah zona buang → zona Penimbunan.
-	Batu matri limsi terbun, yg ada logam berat.
-	Perhit proyeken pendahuluan → lampiran.
	TPS SD Leheristing ¹ : 20%
	TPS rencana : 40% - 20%
	LM 19 21/7
-	Buat artikel/paper dan bisa lugris utk dipublikasikan. TX

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
 Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
 Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

tentang rehabilitasi TPA

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Govinda Rahmat Amin Muzaldid
NRP : 0321154000061
Judul : Kajian Keberlanjutan Operasi TPA Gedangkerat Kab. Jombang

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	18/2	Assistensi pengambilan data awal	
2	13/3	Assistensi data sekunder	
3	3/4	Metode sampling & analisis tanah dan gas	
4	12/4	Assistensi hasil sampling komposisi dan analisis data	
5	22/4	Assistensi layout eksisting dan kontur	
6	29/4	Assistensi rencana layout tahun 2033	
7	30/4	Assistensi rencana layout dan drainage	
8	27/6	Assistensi Lindi & Green belt	

Surabaya, 27/6 19

Dosen Pembimbing