PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH / BELI
TGL. TERIMA : 6 Juli 2006
NO. JUDUL : 002024
NO. INV. : 9200002024001
NO. INDUK. :

No : TA/TL/2006/0075

KEBUTUHAN PRASARANA DAN SARANA LOKASI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) DI WILAYAH AGLOMERASI PERKOTAAN YOGYAKARTA

DILARANG DI TEMPAT
TIDAK DIBAWA PULANG

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan

Oleh

Nama	**: Sururun Marpuah**
No. Mahasiswa	**: 01513065**
Nama	**: Ariyanti Yuningsih**
No. Mahasiswa	**: 01513085**

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

KEBUTUHAN PRASARANA DAN SARANA LOKASI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) DI WILAYAH AGLOMERASI PERKOTAAN YOGYAKARTA

Oleh

Nama	**: Sururun Marpuah**
No. MHS	**: 01 513 065**
Nama	**: Ariyanti Yuningsih**
No. MHS	**: 01 513 085**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Ir. Hananto HP, MSC

Tanggal : 12/5 '06

Dosen pembimbing II

Luqman Hakim, ST, M.Si

Tanggal : 5/6

Halaman Persembahan
Ku Persembahkan Karya Ini Untuk:

Ayahanda Hamzani Hamali & Ibunda Kartini Tercinta Yang Telah Sepenuh Hati Berjuang Mendidik Dan Membesarkanku Dengan Ketulusan Hati Serta Kasih Sayang Yang Senantiasa Mengalir Bersama Doanya.

Adik–Adikku Tersayank Abi, Habib (Endut), De Ema (Alm), Yang telah Memberikan Segala Perhatian Dan Nuansa Ceria Dalam Jejak Kehidupanku, Abi Kuliah yg Rajin ya, de..endut bangun pagi & jangan bandel.

Mama HarTini & Bapa'ZaiNi Orang Tua Kedua Yang Telah Mengasuhku Waktu SMA, Memberikan Perhatian, Dorongan Motivasi, Nasehat Selama Ini dan de'dody, de'Daci, de'Reza yang selalu kakak sayangi.

H.M.Ali, Hj. Samiatunnida, Papuk Kartini, Papuk Sunggen (Alm) semoga Allah menerima Papuk Disisinya. Amin3x Papuk Makasih Do'a dan Nasehatnya Alhamdulillah yuyun selesai kuliah.

Paman Najjah Kapan Wisudanya, Paman Uci, Paman Herman,Paman Huda, Kuma Yek Lien, Kuma Besar, Bibi Wardiah, Bibi Amraini.

(SuRuRuN MarPuah)

Bapak, mama, tercinta yang selalu dengan ikhlas mendoakan keberhasilan putra-putrinya. Hanya doa tulus yang selalu aku ucapkan untuk kalian.

Kakek dan Nenekku tercinta, teh wati, teh tini,the reni, ade nia, popon, endeh, bi eni dan uwa yang ga bisa aku sebut satu persatu.

Sister mira (jangan galak2 ama ade2nya) enur, nadia (ponakanku yang terlucu dan lincah) dan iis BDG (makasih udah kasi tumpangan di BDG), brother Wiwin (jadi bapak yang baek buat anak2nya), asep (yang pernah ada dalam khayalanku), opik dan dery (udah nolong aku puter2 di ITB), oyan, wawan, oni, a jajat dan gungun yang selalu memberikan semangat agar aku cepat lulus.

(AriYanTi YuniNgsih)

Special Thanks To :

Temen temen seperjuangan G_KoDo' (Herin Besok Pagi Jam 7 yaa"OnTime", Ida lagi nonton Sinetronnya Ya Tante?aw as jangan sambil ngoceh, Mb Mala Ngantuk, Aku Bo'dulu ya..Cepet Selesai ya Mb chayang Yuyun Anak yg Paling Baik, jujur& Rajin menabung, g'pernah usil lho.. Ari Nyak Nasehatmu Tiada Tertandingi"Kenalan Donk^_^ Ni Kartu Nama..%, Km Mauzmoh ah!", Mas_AhMad Aduh...Aduh Aku Pusing Bgt te..Ngeluh Truss, nonTon Gosip aja sono!!, Alin cemm Wanita Bgt deh) Kalian Warna-Warni Hidup DrJakal I Can't Smile Without You All.

Temen²seperjuanganku GRUP SAMPAH "Ari, Yuyun, Ida, Tety, Devi"ThanX Banget deh atas kebersamaan kalian, Tetap Cayo coyyyy ...G_TinJa (Puput, Ika, Novi, Media), G_Urien (Ocol, Ani, Risnol), G_Air Buangan (Adi, Bayu, Agung) , De'Nana, Tante Nial, Anung, Edduf, Idep, Dedy, Afan, Dede, Indras, Azri, Bombom, Azis_AhMad, Q_Noy, Warih, Wisnu, Zulfikar(Qipli), yeyeN, Retno, Dwi Smko

SpeSial g'Pake Lama S2(Sorong Serah)nya M' Dewa Da, M'Nto La, M'ONta Is, M'Mun² Mah, M'Ajie yg Ceriwis, De' Yan Lin(BroNdoNg Bro), A²CEP YSih"_">@<

K'ady_MR, Bank Adoy Jelex, M'yuda, K'Zaky, Mb Nanik, Mas H_Riady, De'Ades, De'Pipit, De Eno, De'Anggi, Mb Omah SeTgOR, M'Tono, M'Imam, RosSita ThanX Komputernya dah Sehat, De'ecy', M'Mul Aqua²

KKN UniT 20_SuBur JaYa (AzRi, Yuyun, NiKo, Tri, B'Irean, M'Ari, Nani, Santi, Irma, Dwi, Budi, Mulyadi, & KKN Unit_26 (ceecep, wahyu, mas yono, ibnu, abdi, arief, adeku eko, hendra, tetch iin, ba ita, adeku eka dan cintia, terimakasih untuk doa kalian. Kapan ni kalian nyusul^_^ Buat DRRD yang telah membuat aku bersemangat kembali, trimakasih ucapan slamatnya. Semoga kita ttp mjd sobih meski kita jauh.hehehehe.....spesial Mr_A_S yg baru yun kenal dah perhatian bgt ☺ ttp ikhtiar ya....

Saudara/iku di TPA Raden Sahid (M'NoVriAnda, Firman, Mufli, M,Untung, M'Tomy, M'Ufu Makasih tas semuanya, Prio, De'Gita, Aan, Ramdan, M'Hari, Rina, Yani, Ika, Ferin, Ari, Yuyun, Mala, Mb Dewi, Mb Ika semangat tetap Ukhuwah dan Ade² TPA Kalian Kok Lucu bgt she..

Temen²Di CV. AirMas (P'Joko Terimakasih ilmunya, P'Anjas, P'Heru, P'Zam, P'Bagas, Ida, Tety, Yuyun, Ari, Devi, Priono, Hera, Davit) ThanX Bantuannya Skripsi kita dah selesai pak, Mb Ika Thanks banget dah bantuan PeTa, Mb ParTiNah ThanKs RefeRenSinya

Dusun NgabLak & Kec. Pleret Matursuwun dah jadi tempat Penampungan Sampah
Teman-teman kosku:rika, erma, dewi dan frida yang mendorongku sampai titik penghambisan untuk menyelesaikan TAku dengan cepat.
Maliobaro, Jogja tercinta, Kaliurang, Sleman, Bringharjo, Terminal Giwangan



MOTTO



Gairah, visi dan aksi adalah tiga hal yang tidak dapat dipisahkan. Gairah menumbuhkan kesungguh-sungguhan, visi menumbuhkan kejelasan tujuan dan aksi merealisasikan tujuan dengan sungguh-sungguh (satria Hadi Lubis)

Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan mereka sendiri(Ar-Ra'd : 11)

Keberhasilan tidak memerlukan kecerdasan yang luar biasa, tidak disebabkan oleh keberuntungan.keberhasilan ditentukan oleh ukuran keyakinan untuk meraih kemenangan juga oleh ukuran pemikiran dan cita-cita (Ary Ginanjar Agustian)

Ya Allah aku mengaharap rahmat-Mu, jangan Engkau terlantarkan diriku, walaupun sekejap mata, dan perbaikilah segala urusanku, tidak ada sesembahan yang (Ilah) melainkan Engkau (HR. Bukhari)

Sesungguhnya hanya kepada Allalah manusia bergantung. Dan tidaklah Allah menimpakan suatu mesibah kecuali atas izin-Nya. Maka berdo'alah pad-Nya, dan yakinlan akan pertolongan Allah sesudahnya sesudah kesulitan ada kemudahan, dan sesungguhnya Allah meninggikan derajat orang-orang yang bersabar dan hanya Dia-lah maha Luas pertolonganNya. (Kumpulan ayat-ayat Al-Qur'an)

KATA PENGANTAR

Assalamualakum Wr. Wb

Alhamdullillahirabbil'alamin, atas rahmat dan petunjuk Allah. Penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"KEBUTUHAN PRASARANA DAN SARANA LOKASI TEMPAT PEMBUANGAN SAMPAH (TPA) DI WILAYAH AGLOMERASI PERKOTAAN YOGYAKARTA"**. Shalawat dan salam pada teladan terbaik, Rasulullah SAW dan keluarganya serta para sahabat. Dan semoga kita semua memperoleh syafaat beliau. Amin Allahhummaamin.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh oleh mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. untuk memperoleh gelar sarjana.

Dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini, penyusun ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT tuhan semesta alam
2. Muhammad SAW, Rasul, keluarga dan sahabat-sahabatnya.
3. Ayah dan Ibu, kakak, ade-adeku, yang senantiasa memberikan doa dan memberikan perhatian penuh hingga selesainya Tugas Akhir ini.
4. Ir. Kasam, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan
5. Ir. H Hananto HP.,Msc., selaku dosen pembimbing pertama, yang telah sabar dan ikhlas untuk meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan dan pengarahan yang sangat berarti selama penyusunan Tugas Akhir.
6. Lukman Hakim.,ST.,Msi selaku dosen pembimbing kedua, yang telah membimbing, mendukung dan meluangkan waktunya sehingga selesainya Tugas Akhir ini.

7. Eko Siswoyo ST, selaku koordinator tugas akhir yang telah memberikan arahan dan pedoman dalam tugas akhir ini.
8. Andik Yulianto ST, Hudori ST, Yureana dan Mas Agus Serta dosen Teknik Lingkungan yang telah membekali pengetahuan, hikmah, dan do'a selama menempuh jenjang perkuliahan.
9. DKKP Yogyakarta, DISKRIMPRASWILHUB Sleman, PU Bantul Bagian Persampahan, Kantor TPA Piyungan, CV. AIRMAS, PT Global Waste Solusi (GWS), Lab. Biologi UGM dan Instansi Pemerintah di Wilayah Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta, yang telah membantu hingga tersusunnya laporan ini.
10. Segenap pemulung setia atas kesabaran dan keramahannya.
11. Saudara Kerabat EnvirO '01 Thanks Atas Kebersamaannya, Kekompakannya dan Selamat Berjuang.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan Penyusun berharap kepada Allah SWT, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Jazakumullah Khairan Khatsiran

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Yogyakarta, Mei 2006

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....i

LEMBAR PENGESAHAN.....ii

LEMBAR PERSEMBAHAN.....iii

MOTTO.....v

KATA PENGANTAR.....vi

DAFTAR ISI.....viii

DAFTAR TABEL.....xiv

DAFTAR GAMBAR.....xv

DAFTAR LAMPIRAN.....xvi

INTISARI.....xxi

ABSTRACT.....xxii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....1

1.2 Rumusan Masalah.....3

1.3 Maksud dan Tujuan.....3

1.4 Manfaat Perencanaan.....4

1.5 Batasan Masalah.....4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Sampah.....5

2.2 Pengertian Sampah.....6

2.2.1 Sumber Sampah.....7

2.2.2 Jenis Sampah.....9

2.2.3 Karakteristik Sampah.....9

2.2.4 Komposisi Sampah.....10

2.3 Prasarana dan Sarana TPA.....11

2.3.1 Fasilitas Umum.....11

2.3.2 Fasilitas Penunjang.....15

2.3.2.1 Jembatan Timbang.....15

2.3.2.2 Air Bersih.....16

2.3.2.3 Bengkel/Hangar.....16

2.3.3 Fasilitas TPA.....16

2.3.4 Peralatan Yang Umum Digunakan dalam Operasi Di TPA.....19

2.4 Pengertian *Leachate*.....20

2.4.1 Proses Pembentukan *Leachate*.....21

2.4.2 Kualitas dan Kuantitas *Leachate*.....22

2.4.3 Karakteristik *Leachate*.....25

2.4.4 Pipa *Leachate*.....26

2.4.5 Pergerakan *Leachate* Di TPA.....27

2.5 Persiapan Penempatan *Landfill*.....28

2.6 Proses pembentukan Gas.....28

2.7 Tanah Penutup.....31

2.8 Alternatif Pengolahan Air Limbah.....32

2.8.1 Pengolahan Air Limbah Fisik.....32

2.8.2 Pengolahan Air Limbah Secara Biologis.....33

2.8.2.1 *Oxsidation Ditch*.....33

2.8.2.2 *Aerobic Aerated Lagoon*.....35

2.8.2.3 *Activated sludge*.....36

2.8.2.4 *Constructed Wetland*.....38

2.8.2.4.1 Mekanisme Sistem Pengolahan *Wetlands*.....40

2.8.2.4.2 Media Tanaman Enceng Gondok.....41

2.8.2.5 *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)..... 45

2.8.3 Pengolahan Limbah Secara Kimia.....47

2.9 Saluran Drainase.....48

2.9.1 Analisa Hidrologi.....48

2.9.2 Melengkapi Data Curah Hujan Yang Hilang.....49

2.9.3 Metode Menghitung Hujan Harian Maksimum.....54

2.9.3.1 Metode Gumbel.....54

2.9.3.2 Metode Iway Kadoya.....55

2.9.3.3 Metode Log Pearson Type III.....56

2.9.4 Distribusi Hujan Dengan Metode Hasper-Weduwen.....57

2.9.5 Metode Menghitung Lengkung Intensitas Hujan.....58

2.9.6 Jaringan Drainase.....60

2.9.6.1 Kriteria Desain Perencanaan.....60

2.9.6.2 Pemilihan Bentuk Saluran.....62

2.9.6.3 Kontrol Kecepatan.....65

BAB III GAMBARAN UMUM PERENCANAAN

3.1 Lokasi Perencanaan.....68

3.2 Aspek Fisik Topografi.....68

3.2. Jenis tanah.....69

3.4. Kondisi Geologi dan Hidrogeologi.....71

3.4.1 Formasi Geologi 71

3.4.2 Air Tanah.....72

3.4.3 Sistem Aliran Air Tanah.....72

3.5 Penggunaan Lahan.....72

3.6 Tanah Penutup.....74

3.7 Klimatologi.....74

3.8 Kapasitas Lahan.....74

BAB IV METODE PERENCANAAN

4.1 Tahap Perencanaan.....75

4.2 Kerangka Perencanaan.....79

BAB V HASIL PERENCANAAN

5.1 Type Jaringan Jalan TPA Yang Digunakan.....80

5.2 Perhitungan Luas Lahan Bangunan.....81

5.3 Perencanaan Saluran Drainase.....81

5.4 Daerah Penyangga.....99

5.5 Sistem Listrik Utama.....99

5.6 Perhitungan Luas Lahan Tersedia Dengan Memperhitungkan Kapasitas Luas Lahan.....100

5.7 Denah Penempatan Pipa *Leachate*.....101

5.8 Perhitungan Debit Leachate 15 Tahun Mendatang.....102

5.9 Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah.....103

5.10 Sumur Pemantau.....113

5.11 Perencanaan Penutupan Tanah dan Lapisan Dasar TPA *Landfill*.....113

5.12 Penempatan Pipa Ventilasi Gas.....114

5.13 Perhitungan Volume Gas 15 Tahun Mendatang 115

5.14 Sistem Air Bersih.....119

5.15 Jembatan Timbang.....120

5.16 Bengkel dan Garasi.....120

5.17 Fasilitas Operasional.....121

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.....122

6.2 Saran.....125

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Kandungan Unsur-Unsur Dalam Lindi 24

Tabel 2.2 Kriteria Desain *Oxcidation Ditch* 34

Tabel 2.3 Kriteria Desain *Aerobic Lagoon* 36

Tabel 2.4 Kriteria Desain *Activated Sludge* 37

Tabel 2.5 Kriteria Desain *Constructed Wetland* 40

Tabel 2.6 Parameter Dan Aplikasi UASB 47

Tabel 2.7 Data Koefisien Pengaliran Tata Guna Lahan 67

Tabel 3.1 Kelas Ketinggian Dengan Luas Penyebaran 69

Tabel 3.2 KlasifikasiPenggunaan Lahan Kab. Bantul Tahun 2001 dan 2003 73

Tabel 5.39 Elevasi Saluran Drainase 98

Tabel 5.40 Parameter *Leachate* 103

Tabel 5.41 Keuntungan Dari Masing-Masing Pengolahan Biologis 105

Tabel 5.42 Alternatif Unit Pengolahan Biologis 106

Tabel 5.43 Persen Removel Pengolahan *Leachate* 110

Tabel 5.44 Kandungan Kadar Air Dalam Sampah 116

Tabel 5.45 Nilai Mol Rasio 116

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Poligon Thiessen 52

Gambar 2.2 Isohyet 54

Gambar 2.3 Penampang Saluran Drainase 63

Gambar 5.1 Daerah Tangkapan hujan 82

Gambar 5.2 Grafik Data Curah Hujan Maksimum Kecamatan Pleret 83

Gambar 5.3 Grafik Data Curah Hujan Maksimum Kecamatan Prambanan 83

Gambar 5.4 Grafik Data Curah Hujan Maksimum Kecamatan Patuk 84

Gambar 5.5 Grafik Data Curah Hujan Maksimum Kecamatan Banguntapan 84

Gambar 5.6 Grafik Volume Gas CH_4 dan CO_2 Terdekomposisi Cepat Dan Lambat (m^3/dtk) 118

Gambar 5.7 Grafik Volume Gas CH_4 dan CO_2 Terdekomposisi Cepat Dan Lambat (m^3/hari) 119

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Pada Stasiun Pengamat a

Tabel 5.2 Data Curah Hujan Metode Gumbel b

Tabel 5.3 Data Curah Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel c

Tabel 5.4 Untuk Menentukan Nilai Xo dan SD c

Tabel 5.5 Penentuan Harga b d

Tabel 5.6 Curah Hujan Harian Maksimum Dengan Metode Iway Kadoya d

Tabel 5.7 Curah Hujan Harian Maksimum Dengan Metode Log Pearson Type III e

Tabel 5.8 Curah HHM dengan Metode Log Pearson Type III e

Tabel 5.9 Perbandingan Nilai HHM f

Tabel 5.10 Distribusi Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper-Weduwen Untuk PUH 5 tahunan f

Tabel 5.11 Distribusi Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper-Weduwen Untuk PUH 10 tahun g

Tabel 5.12 Distribusi Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper-Weduwen Untuk PUH 15 tahunan g

Tabel 5.13 Distribusi Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper-Weduwen Untuk PUH 20 tahunan h
Tabel 5.14 Distribusi Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper-Weduwen Untuk PUH 25 tahunan h
Tabel 5.15 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Talbot Untuk 5 tahunan Dengan Durasi Menit i
Tabel 5.16 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Talbot Untuk 10 tahunan Dengan Durasi Menit i
Tabel 5.17 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Talbot Untuk 15 tahunan Dengan Durasi Menit j
Tabel 5.18 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Talbot Untuk 20 tahunan Dengan Durasi Menit j
Tabel 5.19 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Talbot Untuk 25 tahunan Dengan Durasi Menit k
Tabel 5.20 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Sherman Untuk 5 tahunan k
Tabel 5.21 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Sherman Untuk 10 tahunan l
Tabel 5.22 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Sherman Untuk 15 tahunan l
Tabel 5.23 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Sherman Untuk 20 tahunan m

Tabel 5.24 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Sherman Untuk 25 tahunan m

Tabel 5.25 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Ishigoro Untuk 5 tahunan n

Tabel 5.26 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Ishigoro Untuk10 tahunan n

Tabel 5.27 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Ishigoro Untuk 15 tahunan o

Tabel 5.28 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Ishigoro Untuk 20 tahunan o

Tabel 5.29 Data Lengkung Intensitas Hujan dengan Metode Ishigoro Untuk 25 tahunan p

Tabel 5.30 Perbedaan Lengkungan Intensitas Hujan Untuk 5 tahunan p

Tabel 5.31 Perbedaan Lengkungan Intensitas Hujan Untuk10 tahunan q

Tabel 5.32 Perbedaan Lengkungan Intensitas Hujan Untuk 15 tahunan q

Tabel 5.33 Perbedaan Lengkungan Intensitas Hujan Untuk 20 tahunan r

Tabel 5.34 Perbedaan Lengkungan Intensitas Hujan Untuk 25 tahunan r

Lampiran B

Tabel 5.35 Reduced Mean s

Tabel 5.36 Reduced Standard Deviation s

Lampiran C

Tabel 5.37 Perhitungan Debit t

Tabel 5.38 Perhitungan Dimensi Saluran u

Lampiran D

Tabel 5.42 Berat Molekul, Densitas Dan Berat Jenis Dari Gas

Dalam *Sanitary Landfill* Pada Kondisi Normal (0^0C, 1atm) v

Lampiran E

Tabel 5.46 Hasil Perhitungan Volume Gas CH4 dan CO2 w

Lampiran F Hasil Pengujian Heating Value dan Moisture Content

Kota Yogyakarta, Kab.Sleman dan Kab. Bantul x

Lampiran G Perencanaan Pagar, Drainase Dan Jalan Di Lokasi TPA aa

Denah Saluran Persegi Drainase aa-1

Lampiran H Perencanaan Pipa Gas, Sumur Uji, Pipa Sekunder

Dan Pipa Primer bb

Denah Detail Penanaman *Leachate* (Pipa Berlubang) bb-1

Detail Ventilasi Vertikal bb-2

Detail Pipa Pengumpul *Leachate* bb-3

Lampiran I Perencanaan Garasi, Bengkel, Ruang Operasional

Dan Dermaga cc

Lampiran J Lay Out Pengolahan *Leachate* Dengan *Lagoon*

dan Constructed Wetlands dd

Lampiran K Perencanaan Denah Kantor TPA Piyungan ee

Lampiran L	Kebutuhan Personil Untuk Unit Teknis Operasional Dan Managemen TPA	ff
Lampiran M	*Lay Out* Fasilitas Tempat Pembuangan Akhir Sampah Piyungan	gg
	Detail Lapisan Dasar Lahan	gg-1
	Sistem Dasar Lahan *Landfill*	gg-2
	Tipikal Pemasangan Ventilasi Vertikal dan Horizontal	gg-3
Lampiran N	Langkah-langkah Perhitungan Fasilitas Prasarana, Kapasitas Luas lahan, Debit Leachate, Volume Gas dan Produksi Gas	hh
Lampiran O	Diagram Sistem Listrik Utama	kk

INTISARI

Sampah padat di wilayah Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta di buang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Piyungan Kabupaten Bantul. Berdasarkan hasil perhitungan timbulan sampah yang dibuang ke TPA Piyungan dari tahun 1992 sampai dengan 2009 sebesar 1.384.253.120 m^3 TPA sampah Piyungan telah dimanfaatkan selama 8 tahun dengan rata-rata jumlah timbulan sampah setiap tahunnya sebesar 1.038.189,840 m^3, jumlah tersebut mendekati kapasitas maksimal daya tampung TPA Piyungan, sehingga dalam waktu dekat perlu mencari lokasi TPA baru. Adapun tujuan dari kebutuhan prasarana dan sarana TPA baru ialah untuk mengetahui berapa besar volume leachate dan gas, site plan kebutuhan prasarana dan sarana serta penentuan lokasi tanah urug untuk menimbun landfill di TPA baru.

Metode perencanaan terdiri dari pengumpulan data primer yaitu mengetahui berapa besar volume leachate di TPA lama sebagai perbandingan debit leachate di TPA baru. Data sekunder terdiri dari data curah hujan (intensitas hujan dan dimensi drainase), data volume sampah (mengetahui debit leachate), data tes laboratorium heating value (mengetahui kalori tiap gram sample sampah) dan data hasil pengujian parameter leachate piyungan untuk perencanaan pengolahan leachate.

Perencanaan Fasilitas prasarana dan sarana untuk TPA baru terdiri dari Bulldozer, Trackdozer, Scrapper, jalan masuk, jalan operasi, kantor/pos jaga, drainase, pagar, pintu gerbang, papan nama, pengolahan leachate dan garasi alat berat. Dengan debit drainase 0.62 m^3/dtk, kedalaman 0.3 m, lebar 0.6 m, kecepatan 3.4 m/dtk, panjang seluruh saluran drainase 2200 m dan outlet saluran drainase menuju ke sungai opak. Pengolahan leachate untuk TPA baru menggunakan Constructed Wetlands dengan media Eceng Gondok karena mampu menyerap logam-logam berat dengan effluent masing-masing untuk Mn 1.25 mg/L dan Pb, Hg, Ag, Cd, Cu, Fe, Zn dapat teremovel sebesar 80% sedangkan untuk hasil effluen BOD sebesar 45.23 mg/L dan COD sebesar 72.45 mg/L setelah melalui dua proses pengolahan biologis yaitu Lagoon (mampu meremoval 85 %). Setiap 437.13 ton/hari timbunan sampah menghasilkan volume gas metan dan karbondioksida dengan terdekomposisi cepat sebesar 3798.87m^3/hari dan terdekomposisi lambat sebesar 4557.29m^3/hari. Lapisan dasar TPA menggunakan geomembran dengan ketebalan 0.5 cm dan lokasi tanah urug berada di sebelah barat kompartemen baru.

***Kata Kunci** : Sampah, Pengolahan leachate, Prasarana dan Sarana TPA.*

ABSTRACT

The solid waste in the area of Jogyakarta city expansion is thrown to TPA in Piyungan Kabupaten Bantul. The estimation result of the floud calculation which thrown to TPA Piyungan from 1992 to 2009 is 1.384.253,120 m^3, the TPA of Piyungan has been used for 8 years with the average number of the waste floud in each year is 1.038.189,840 m^3, that number close to the maximal capacity of the patch capacity of the new TPA soon .The aim of infrastructure necessity and fasility of new TPA to know how the volume of leachate and gases, site plan of infrastructure necessity and fasility and also for determination of cover soil area for heaping landfill in new TPA.

Planning method is consist of primery date collection know how the leachate volume in old TPA as comparison of debit leachate in new TPA secundery date is consist of rainfull date (intensity of the rain and drainage dimensi), the waste volume date (to know leachate debit) and date of laboratorium heating value test (to know the calory each gram of waste sample) and result of Piyungan leachate parameters testing date for leachate treatment planning.

Site plan infrastructure necessity and fasility of new TPA cosist of Buldozer, Trackdozer ,Scrapper, operational street, security post/office, drainage, feix, gat, direction board, leachate treatment, and garage of heavy tools. Debit is 0.62 m^3/dtk, depth is 0.3 m, width is 0.6 m, velocity is 3.4 m/dtk, length is of the whole drainage line is 2200 m and outfoul to opak river. Leachate treatment new TPA use conctructed wetlands with enceng gondok media because it can absorb weight metals with each effluent for Mn 1.25 mg/L and Pb, Hg, Ag, Cd, Cu, Fe, Zn can removel until 80 % in spite for BOD effluen result until 45.23 mg/L and COD until 72.38 mg/L after passed two process biological treatment are Lagoon (can removel 85%). For each 437,13 ton/day waste appearated produce methan and carbondioksida volume with rapidly decomposable as much 3798,87 m^3/day and slowly decomposable as 4557,29 m^3/day. Impermeabel layer of TPA use geomembran in thickness 0,5 cm and cover soil area in west way of new compartemen.

***Keyword** : Waste, Leachate Treatment, fasility infrasrtucture and fasility TPA*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Pertumbuhan dan perkembangan wilayah perkotaan di Indonesia pada umumnya sangat pesat, seperti halnya Kota Yogyakarta, pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah perkotaan tersebut cukup berpengaruh pada fisik kota. Hal ini terlihat dari perkembangan fisik kota dengan munculnya *fringe area*, melampaui batas administratif kota Yogyakarta yang seluas 32,5 km². Secara fungsional, luberan kegiatan perkotaan kota Yogyakarta ke wilayah kabupaten sekitarnya telah membentuk ruang fungsional perkotaan yang disebut Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta (APY) meliputi wilayah kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. Dengan rincian, 14 (empat belas) kecamatan wilayah perkotaan Yogyakarta, 9 (Sembilan) kecamatan wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan dan 5 (Lima) kecamatan wilayah Kabupaten Bantul bagian utara, dengan luas wilayah sebesar 460.64 km^2, dengan rincian Kota Yogyakarta 32,57 km^2, Kabupaten Sleman 284,54 km^2 dan Kabupaten Bantul 143,53 km^2.

Laju pertumbuhan penduduk di wilayah Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta menunjukkan prosentase yang cukup tinggi sebesar 7,8 % pertahun, sedangkan laju penduduk perkotaan di Indonesia rerata sebesar 5,8 % pertahun (YUDP,2004). dengan mendasari pertumbuhan dan jumlah penduduk di wilayah Aglomerasi

Perkotaan Yogyakarta tahun 2002 sejumlah 1.067.087 jiwa, pada tahun 2010 diproyeksikan akan berjumlah 1.721.752 jiwa.

Pertambahan penduduk tersebut, berpengaruh pada pertambahan tonase buangan sampah padat, jumlah produksi sampah padat pada tahun 2003 sekitar 319,375 ton/tahun. Dengan rincian, Kota Yogyakarta sejumlah 112,782 ton, Kabupaten Sleman 67,327 ton dan Kabupaten Bantul 53,586 ton/tahun dan jumlah keseluruhan 233,696 ton/tahun. Sampah padat di wilayah perkotaan Yogyakarta di buang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Piyungan Kabupaten Bantul.

TPA Piyungan adalah TPA pertama yang menggunakan sistem *controlled landfill* untuk daerah perkotaan Yogyakarta. Luas TPA sampah Piyungan adalah 12,5 ha, dengan daya tampung sejumlah 2,7 juta m^3 , dibagi dalam 3 (tiga) kompartemen yaitu: Kompartemen I, II dan III, yang cukup untuk kurun waktu 11-15 tahun. Tetapi kenyataan sekarang, kompartemen I sepenuhnya telah terisi, kompartemen II pada saat ini hampir 80% volume daya tampung telah dimanfaatkan, sehingga dalam waktu dekat akan memanfaatkan kompartemen III TPA sampah Piyungan. Hasil estimasi perhitungan timbulan yang dibuang ke TPA sampah Piyungan dari tahun 1992 sampai dengan 2009 sebesar 1.384.253,120 m^3. Sedangkan TPA sampah Piyungan telah dimanfaatkan selama 8 tahun dengan rata-rata jumlah timbulan sampah setiap tahunnya sebesar 1.038.189,840 m^3, jumlah tersebut mendekati kapasitas maksimal daya tampung TPA Piyungan, sehingga dalam waktu dekat perlu mencari lokasi TPA baru.

Dengan adanya TPA baru dibutuhkan prasarana dan sarana yang menunjang kegiatan TPA yang meliputi : fasilitas umum (jalan masuk, kantor/pos jaga, saluran drainase, listrik, alat komunikasi dan pagar), fasilitas perlindungan lingkungan (lapisan dasar kedap air, pengumpul lindi, pengolahan lindi, ventilasi gas, daerah penyangga, sumur uji dan tanah penutup), fasilitas penunjang (air bersih, jembatan timbang dan bengkel) dan fasilitas operasional (alat berat dan truk pengangkut tanah) yang dibutuhkan berdasarkan kelayakan teknis, ekonomis dan lingkungan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Bertitik tolak dari latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan adalah bagaimana *Site plan* Prasarana dan Sarana, berapa besar volume *leachate* dan gas serta menentukan lokasi tanah penutup untuk rencana TPA baru di wilayah Aglomerasi Yogyakarta?

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

1. Mengetahui berapa besar volume *leachate* dan gas yang dihasilkan dari timbunan sampah di TPA baru.
2. *Site plan* kebutuhan prasarana dan sarana di TPA.
3. Menentukan lokasi tanah urug untuk menimbun *landfill.*
4. Bagi perencana, perencanaan ini merupakan aplikasi dari penerapan ilmu yang didapat dibangku kuliah dan juga untuk menambah pengalaman perencana dalam menghadapi suatu permasalahan sampah.

1.4 MANFAAT PERENCANAAN

Untuk mengetahui Prasarana dan Sarana serta mengetahui jumlah *leachate* dan gas dari timbunan sampah yang dihasilkan di TPA baru serta lokasi dari tanah penutup dan besar kapasitas penampungan kompartemen dengan luas yang tersedia.

1.5 BATASAN MASALAH

Dengan rumusan yang ditentukan dan agar perencanaan dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada perencanaan ini adalah :

1. Memperhitungkan kapasitas penampungan kompartemen dengan luas lahan yang tersedia.
2. *Site plan* prasarana dan sarana TPA.
3. Kebutuhan prasarana dan sarana TPA.
4. Lokasi Quary (tanah) untuk penimbunan *landfill* yang terkait dengan ketersediaan tanah penimbunan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran umum Sampah.

Sampah dan pengolahannya kini menjadi masalah yang kian mendesak di kota-kota Indonesia, sebab apabila tidak dilakukan penanganan yang baik akan mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan yang merugikan atau tidak diharapkan sehingga dapat mencemari lingkungan baik terhadap tanah, air atau udara. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah pencemaran tersebut diperlukan penanganan dan pengendalian terhadap sampah. Penanganan dan pengendalian akan menjadi semakin komplek dan rumit dengan semakin majunya kebudayaan. Oleh karena itu penanganan sampah di perkotaan relatif lebih sulit dibanding sampah di desa-desa.

Masalah yang sering muncul dalam penanganan sampah kota adalah masalah biaya operasional yang tinggi dan semakin sulitnya ruang yang pantas untuk pembuangan. Sebagai akibat biaya operasional yang tinggi, kebanyakan kota-kota di Indonesia hanya mampu mengumpulkan dan membuang ±60% dari seluruh produksi sampahnya. Dari 60% ini sebagian besar ditangani dan dibuang dengan cara yang tidak saniter, boros dan mencemari (sumber: Daniel et.at, 1985)

Untuk mendapatkan tingkat efektifitas dan efisien yang tinggi dalam penanganan sampah di kota maka dalam pengolahannya harus cukup layak diterapkan yang sekaligus disertai upaya pemanfaatannya sehingga diharapkan

mempunyai keuntungan berupa nilai tambah. Untuk mencapai hal tersebut maka perlu pemilihan cara dan teknologi yang cepat, perlu partisipasi aktif dari masyarakat, sumber sampah berasal dan mungkin perlu dilakukan kerjasama antar lembaga pemerintah yang terkait (antara Departemen Koperasi, Departemen Pertanian, Departemen Perdagangan dan Industri maupun Lembaga Keuangan).

Disamping itu perlu aspek legal untuk dijadikan pedoman berupa peraturan-peraturan mengenai lingkungan demi menanggulangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh sampah.

Untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan maka dicari suatu cara pengolahan sampah secara baik dan benar melalui perencanaan yang matang dan terkendali dalam bentuk pengolahan sampah secara terpadu.

2.2 Pengertian Sampah

Sampah adalah istilah yang umum yang sering digunakan untuk menyatakan limbah padat. Sampah adalah sisa-sisa bahan yang mangalami perlakuan-perlakuan, baik karena telah diambil bagian utamanya, atau karena pengolahan, atau karena sudah tidak ada manfaatnya yang ditinjau dari segi sosial ekonamis tidak ada harganya dan dari segi lingkungan dapat menyebabkan pencemaran atau gangguan terhadap lingkungan hidup (Hadiwiyoto, 1983)

Sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (Anonim, 1990)

Sampah adalah bahan buangan sebagai akibat aktivitas manusia dan hewan, yang merupakan bahan yang sudah tidak berguna lagi, sehingga dibuang sebagai barang yang tidak berguna (Sudarso, 1985)

2.2.1 Sumber Sampah

Menurut Sudarso (1985), sumber sampah antara lain:

a. Sampah dari pemukiman

Umumnya sampah rumah tangga berupa sisa pengolahan makanan, perlengkapan rumah tangga bekas, kertas, kardus, gelas, kain, sampah kebun/halaman dan lain-lain.

b. Sampah dari pertanian dan perkebunan

Sampah dari kegiatan pertanian tergolong bahan organik, seperti jerami dan seterusnya. Sebagian besar sampah yang dihasilkan selama musim panen dibakar atau dimanfaatkan untuk pupuk. Untuk sampah bahan kimia seperti pestisida dan pupuk buatan perlu perlakuan khusus agar tidak mencemari lingkungan. Sampah pertanian lainnya adalah lembaran plastik penutup tempat tumbuh-tumbuhan yang berfungsi untuk mengurangi penguapan dan menghambat pertumbuhan gulma, namun plastik ini bisa didaur ulang.

c. Sampah dari sisa bangunan dan konstruksi gedung

Sampah berasal dari kegiatan pembangunan dan pemugaran gedung ini bisa berupa bahan organik maupun anorganik, misalnya:semen, pasir, batu bata, ubin, besi, baja, kaca dan kaleng.

d. Sampah dari perdagangan dan perkantoran.

Sampah yang berasal dari perdagangan seperti toko, pasar tradisional, warung, pasar swalayan ini terdiri atas kardus, pembungkus, kertas dari bahan organik termasuk sampah makanan dan restoran.

Sampah yang berasal dari lembaga pendidikan, kantor pemerintah dan swasta biasanya terdiri dari kertas, alat tulis-menulis (bolpoint, pensil, spidol, dll), toner foto copy, tinta printer, kotak tinta printer, baterai, bahan kimia dari laboratorium, pita mesin ketik, klise film, komputer rusak dan lain-lain. Baterai bekas limbah bahan kimia harus dikumpulkan secara terpisah dan harus memperoleh perlakuan khusus karena berbahaya dan beracun.

e. Sampah dari indusri

Sampah ini berasal dari seluruh rangkaian proses produksi (bahan-bahan kimia serpihan/potongan bahan), perlakuan dan pengemasan produk (kertas, kayu, plastik, kain/lap yang jenuh dengan pelarut untuk pembersihan). Sampah industri berupa bahan kimia yang seringkali beracun memerlukan perlakuan khusus sebelum dibuang.

2.2.2 Jenis Sampah.

Berdasarkan jenis sampah pada prinsipnya dibagi 3 bagian besar yaitu:

a. Sampah padat

b. Sampah cair.

c. Sampah dalam bentuk gas (Anonim, 1992)

Sampah pada umumnya dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

a. Sampah organik : yaitu sampah yang mengandung senyawa-senyawa organik karena itu tersusun dari unsur-unsur seperti C,H,O,N dll, (umumnya sampah organik dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme. Contohnya sisa makanan, kertas, karton, plastik, kain, karet, kulit, sampah halaman, kayu.

b. Sampah anorganik : sampah yang bahan kandungan non organik umumnya. Sampah ini sangat sulit terurai oleh mikroorganisme. Contohnya kaca, kaleng, alumunium, logam-logam lain, debu (Hadiwiyoto, 1983).

2.2.3 Karakteristik Sampah

Menurut Ircham (1992), karakteristik sampah adalah sebagai berikut:

a. *Garbage*, yakni jenis sampah yang terdiri dari sisa-sisa potongan hewan atau sayuran hasil pengolahan dari dapur rumah tangga, hotel, restoran, semuanya mudah membusuk.

b. *Rubbish*, yakni jenis sampah yang tidak mudah membusuk. Misalnya, pertama yang mudah terbakar, seperti halnya kertas, kayu dan sobekan kain, kedua yang tidak mudah terbakar misalnya kaleng, kaca dan lain-lain.

c. *Ashes*, yakni semua jenis abu dari hasil pembakaran baik dari rumah maupun industri.

d. *Street sweeping*, yakni sampah dari hasil pembersihan jalanan, seperti halnya kertas, kotoran, daun-daunan dan lain-lain

e. *Dead animal*, yakni bangkai binatang yang mati karena alam, kecelakaan maupun penyakit.

f. *Abandoned vehicle*, contoh dari jenis ini adalah bangkai kendaraan seperti sepeda, motor, becak dan lain-lain.

g. Sampah khusus, yaitu sampah yang memerlukan penanganan khusus misalnya kaleng-kaleng cat, zat radioaktif, sampah pemati serangga, obat-obatan dan lain-lain.

2.2.4 Komposisi Sampah

Menurut Tchobanoglous, Theisen, Vigil (1993), komponen sampah terdiri dari:

A. Organik

a. Sisa makanan.
b. Kertas.
c. Karbon.
f. Kain.
g. Kulit.
h. Kebun atau halaman

d. Plastik.

e. Karet.

B. Anorganik

a. kaca.

b. Aluminium.

c. Kaleng.

i. Kayu

d. Logam lain.

e. Abu, debu.

2.3 Prasarana dan sarana TPA

2.3.1 Fasilitas Umum

a. Jalan Masuk

Jalan masuk TPA harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

a) Dapat dilalui kendaraan truk sampah dari 2 arah

b) Lebar jalan 6 m, kemiringan permukaan 2-3% kearah saluran drainase, tipe jalan kelas 3 dan mampu menahan beban perlintasan dengan tekanan gandar 10 ton dan kecepatan 30 km/jam (sesuai ketentuan Ditjen Bina Marga).

b. Jalan Operasi.

Jalan operasi yang dibutuhkan dalam pengoperasian TPA terdiri dari 2 jenis, Yaitu:

a) Jalan operasi penimbunan sampah, jenis jalan bersifat temporer, setiap saat dapat ditimbun dengan sampah.

b) Jalan penghubung antar fasilitas, yaitu kantor/pos jaga, bengkel, tempat parkir, tempat cuci kendaraan. Jenis jalan bersifat permanen.

Jalan operasional adalah jalan yang bermula dari ujung jalan masuk sampai ke tempat pengosongan truk, dimana truk menimbun sampahnya dan kemudian diambil alih oleh peralatan sampah. Bila sampah telah mencapai elevasi jalan, maka ketinggian jalan operasional tersebut harus dinaikkan. Hal ini biasanya dilaksanakan dengan sampah yang ditutup bongkaran bangunan (pecahan batu bata) atau material sejenis. Lapisan tersebut hendaknya terdiri material kasar untuk menjamin bahwa sistem drainase pada jalan tersebut bekerja dengan baik.

c. Kantor/Pos jaga

Fungsi bangunan ini adalah sebagai pusat pengendalian kegiatan di TPA baik teknis maupun administrasi, dengan ketentuan sebagai berikut: luas bangunan kantor tergantung pada lahan yang tersedia dengan mempertimbangkan rencana kegiatan yang akan dilaksanakan antara lain pencatatan sampah, tampilan rencana tapak dan rencana pengoperasian TPA, tempat cuci kendaraan, kamar mandi dan gudang.

d. Drainase

Drainase TPA berfungsi untuk mengurangi volume air hujan yang masuk pada area timbunan sampah. Ketentuan teknis drainase TPA ini adalah sebagai berikut:

a) Jenis drainase yang dapat berupa drainase permanen (jalan utama, disekeliling timbunan terakhir, daerah kantor, bengkel, gudang, tempat cuci) dan drainase sementara (dibuat secara lokal pada zone yang akan dioperasikan).

b) Kapasitas saluran dihitung dengan persamaan manning.

$$\mathbf{Q = 1/n \, . \, A. \, R^{2/3} \, . \, S^{1/2}} \quad \text{.....2.1}$$

Dimana :

Q = debit aliran air hujan (m^3/det)

A = luas penampang basah saluran (m^2)

S = kemiringan (%)

n = konstanta

R = jari-jari hidrolis (m)

c) Pengukuran besarnya debit dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{D = 0.278 \, . \, C \, . \, I \, . \, A} \quad \text{.....2.2}$$

Dimana :

D = debit (m^3/det)

C = angka pengaliran

I = intensitas hujan maksimum (mm/jam)

A = luas daerah aliran (km^2)

e. Pagar

Pembangunan pagar dimaksudkan untuk mencegah agar sampah tidak berterbangan keluar area TPA pada saat angin kencang, cukup menggunakan pagar dengan ketinggian 3 m. Bentuk, ukuran dan strukturnya hendaknya disesuaikan dengan kondisi cuaca (angin), bentuk topografi dan kondisi operasional TPA itu sendiri. Disamping itu juga berfungsi untuk menjaga keamanan TPA dapat berupa pagar tanaman sekaligus dapat juga berfungsi sebagai daerah penyangga setebal 5 m.

f. Pintu gerbang.

Pintu gerbang TPA diperlukan sebagai tempat masuk dan keluarnya kendaraan pengangkut sampah.

g. Papan Nama

Papan nama diperlukan sebagai informasi bagi orang yang sampai ke TPA. Beberapa hal yang perlu tercakup dalam informasi papan nama diantaranya adalah:

a) Nama dan alamat pemilik TPA

b) Luas TPA

c) Tahun Pengoperasian

d) Jam kerja,dll

(sumber : DPU)

2.3.2 Fasilitas Penunjang.

2.3.2.1 Jembatan Timbang

Jembatan timbang berfungsi untuk menghitung berat sampah yang masuk ke TPA dengan ketentuan sebagai berikut :

a. Lokasi jembatan timbang harus dekat dengan kantor/pos jaga dan terletak pada jalan masuk TPA.

b. Jembatan timbang harus dapat menahan beban minimal 5 ton.

c. Lebar jembatan minimal 3.5 m.

d. Otomatisasi.

Sistem program komputer yang membuat pendataan dapat berlangsung secara otomatis dengan sedikit pemasukan data akan lebih memudahkan petugas.

e. Komponen dari jembatan timbang.

Jembatan timbang pada saat ini telah dilengkapi dengan program yang dapat dengan mudah melakukan pendataan, perhitungan dan penayangan hasil yang kesemuanya merupakan hasil dari peralatan/fasilitas dari alat timbang tersebut yang terdiri atas:

a) Landasan/platfom tempat dimana kendaraan akan berada saat penimbang berlangsung.

b) Sel penerima beban (*load cell*) yang merupakan alat pengkonversi dari satuan beban menjadi keluaran sinyal listrik.

c) Unit pengolahan untuk mengubah sinyal listrik menjadi angka satuan berat.

d) Komputer untuk pengolahan data.

e) Monitor untuk penayangan data.

f) Printer untuk mencetak data sesuai program yang ada.

2.3.2.2 Air Bersih.

Fasilitas air bersih akan digunakan terutama untuk kebutuhan kantor, pencucian kendaraan (truk dan alat besar) maupun fasilitas TPA lainnya. Penyediaan air bersih dapat dilakukan dengan sumur bor dan pompa. Dimana kebutuhan per orang untuk setiap harinya diperkirakan sekitar 10 L/jam (sumber: Plambing,1993).

2.3.2.3 Bengkel/hangar.

Bengkel/garansi/hangar berfungsi untuk menyimpan dan memperbaiki kendaraan atau alat yang rusak. Luas bangunan yang akan direncanakan harus dapat menampung minimal 3 kendaraan. Peralatan bengkel minimal yang harus ada di TPA adalah untuk pemeliharaan dan kerusakan ringan.

2.3.3 Fasilitas TPA

Untuk mendukung operasi dan fungsi TPA diperlukan fasilitas sarana antara lain seperti:

a. Jaringan jalan

Jaringan/jalur jalan di lokasi TPA harus direncanakan sedemikian sehingga kegiatan pengangkutan dan pembongkaran sampah dapat berjalan dengan lancar, termasuk rute perputaran kendaraan.

b. Bangunan penunjang

Bangunan penunjang yang diperlukan berupa kantor untuk monitoring/pengawas, bengkel dan gudang/garasi berikut fasilitas listrik, air bersih dan sanitasi serta jembatan timbang.

c. Sistem drainase

Sistem drainase di lokasi TPA harus direncanakan dengan baik untuk menyalurkan air hujan, baik dari sekeliling TPA maupun dari permukaan TPA yang telah ditutup tanah. Jumlah *leachate* tergantung pada kondisi cuaca, komposisi sampah, serta usia TPA. Sistem drainase tersebut adalah penting bagi seluruh lokasi TPA tersebut. Bila sistem tersebut macet, ketinggian air di TPA akan meningkat. Lambat-laun TPA tersebut akan tergenang dan selama musim hujan tidak dapat dimasuki. Selain itu, air *leachate* tersebut akan merembes ke bagian TPA yang lebih rendah dan bisa menyebabkan pencemaran terhadap air tanah. Oleh karena itu, operasi dan pemeliharaan sistem drainase merupakan prioritas mutlak.

d. Peralatan operasi

Peralatan/mesin-mesin yang diperlukan untuk menunjang operasi TPA, pemilihannya disesuaikan dengan sistem yang digunakan serta kondisi lingkungan.

e. Fasilitas keamanan

Lokasi TPA harus dilengkapi dengan fasilitas keamanan seperti:

a) Peralatan pelindung bagi pekerja yang secara langsung berhubungan dengan sampah.

b) Pemberian pintu dan pagar dilokasi untuk mencegah masuknya binatang atau manusia yang tidak berkepentingan serta untuk mencegah sampah plastik/ kertas beterbangan keluar lokasi TPA.

c) Fasilitas penanganan gas dan peralatan pemadam kebakaran

f. Sumur pemantau

Sumur pemantau ini berfungsi untuk memantau kemungkinan terjadinya pencemaran *leachate* terhadap air tanah disekitar TPA dengan ketentuan sebagai berikut :

a) Lokasi sumur uji harus terletak pada lokasi sekitar penimbunan dan pada lokasi setelah penimbunan.

b) Penempatan lokasi harus tidak pada daerah yang akan tertimbun sampah

c) Kedalaman sumur uji 20-25 m dengan luas 1 m^2

d) Penempatan sumur pemantau harus melihat aliran *leachate* sesuai dengan kontur .

2.3.4 Peralatan Yang Umum Digunakan Dalam Operasi Di TPA

Peralatan digunakan untuk pemindahan, penyebaran dan pemadatan sampah serta transportasi dan pemadatan tanah penutup. Tipe, ukuran dan jumlah peralatan yang diperlukan tergantung pada ukuran TPA dan cara operasinya. Peralatan yang umum digunakan di TPA, adalah:

a. Buldoser

Merupakan peralatan yang sangat baik untuk operasi perataan, pengurugan dan pemadatan. Terdapat 2 type doser, yaitu menggunakan rantai (crawl/track) dan yang menggunakan roda (whell) dengan kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri.

b. Crawl/Track Dozer

a). Sangat baik untuk pemadatan

b). Dapat beroperasi ditanah lunak

c). Mobilitas dan kecepatan rendah

c. Wheel dozer

a). Tidak cocok untuk pemadatan

b). Tidak dapat beroperasi ditanah yang lembek

c). Mobilitas dan kecepatan relatif lebih tinggi

d. Loader dan Poweshovel

Dapat digunakan untuk operasi penggalian, perataan, pengurugan dan pemadatan.

e. Dragline

Dapat digunakan untuk penggalian tanah dan pengurugan, memperbesar kapasitas TPA dengan penggalian, membuat saluran dan mengumpulkan tanah urugan. Peralatan ini efisien untuk *sanitary landfill* (SLF) yang luas.

f. Scraper

Baik untuk lapisan pengurugan dengan tanah dan perataan.

g. Kompaktor

Sangat baik digunakan untuk pemadatan timbunan sampah pada lokasi datar.

2.4 Pengertiaan *Leachate*

Lindi (*leachate*) adalah cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur yang terlarut dan tersuspensi. Lindi ini termasuk salah satu pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Lindi akan terjadi apabila ada air eksternal yang berinfiltrasi kedalam timbulan sampah, misalnya dari air permukaan, air tanah, air hujan atau sumber lain. Cairan tersebut kemudian mengisi rongga-rongga pada sampah dan bila kapasitasnya telah melampaui kapasitas tekanan air dari sampah maka cairan tersebut akan keluar dan mengandung bahan organik dan anorganik hasil proses kimia dan biologis yang terjadi pada sampah.

Hasil dari proses tersebut maka *leachate* biasanya akan mengandung bahan-bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi tinggi.

(Tri padmi damanhuri, 1993).

Pada saat *leachate* mengalir dan mencapai air tanah maka kehadiran *leachate* dengan kandungan logam berat dan senyawa organiknya akan menurunkan kualitas air tanah dan sekitarnya. Untuk menghindari hal tersebut perlu dipikirkan usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah atau mengurangi dampak negatif *leachate* terhadap lingkungan.

2.4.1 Proses Pembentukan *Leachate*

Sejak sampah berada dalam timbulan maka mulailah terjadi proses dekomposisi yang ditandai oleh perubahan secara fisik, biologis dan kimiawi pada sampah. Proses yang terjadi antara lain :

a. Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan.
b. Oksidasi kimia
c. Pelepasan gas dari timbunan sampah
d. Pergerakan cairan karena perbedaan tekanan
e. Pelarutan bahan organik dan anorganik oleh air dan lindi yang melewati timbunan sampah
f. Perpindahan materi terlarut karena gradien konsentrasi dan osmosis
g. Penurunan permukaan yang disebabkan oleh pemadatan sampah yang mengisi ruang kosong pada timbunan.

Salah satu hasil dari rangkaian proses diatas adalah terbentuknya *leachate* berupa cairan akibat adanya air eksternal yang berinfiltrasi kedalam timbunan sampah. Air yang ada pada timbunan sampah ini antara lain berasal dari :

a. Aliran permukaan yang berinfiltrasi kedalam timbunan sampah horizontal melalui tempat penimbunan
b. Kandungan air dari sampah itu sendiri
c. Air hasil proses dekomposisi bahan organik pada sampah

Reaksi biologis akan terus menerus berlangsung di dalam timbunan sampah menurut kondisi ada atau tidak adanya oksigen serta tahapan proses dekomposisi sehingga proses yang terjadi akan bersifat dekomposisi secara aerob dan anaerob.

2. 4.2 Kualitas dan Kuantitas *Leachate*

Kualitas dan kuantitas *leachate* penting diketahui untuk menentukan sistem pengolahan yang tepat dan untuk memperkirakan efek-efek polusi dari *leachate* terhadap lingkungan.

Komposisi dan produktivitas *leachate* dipengaruhi oleh berbagai hal, seperti:

a. Karakteristik sampah (organik/anorganik, mudah tidaknya terurai, mudah larut atau tidak)
b. Hidrologeologi lokasi penimbunan sampah
c. Klimatologi
d. Kondisi TPA: umur timbunan sampah, kelembaban, temperatur

e. Sifat air yang masuk ketimbunan sampah

f. Jenis operasi yang dilakukan di tempat penimbunan sampah (lahan tertutup dan sebagainya).

Faktor-faktor tersebut diatas sangat bervariasi pada satu tempat pembuangan yang lain, demikian pula aktivitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah baik secara aerob maupun anaerob.

Komponen utama yang terdapat dalam *leachate* dari *landfill* antara lain adalah (Tchobanoglous, 1993):

a). Zat organik

b). Kalsium (Ca)

c). Besi (Fe)

d). Nitrat (NO_3-N)

e). Magnesium (Mg)

f). Tracemetal seperti mangan (Ma), timah hitam serta komponen mikrobiologi

Kandungan unsur-unsur dalan lindi terdapat pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kandungan unsur-unsur dalam lindi.

No	Parameter	Konsentrasi mg/l	
		Range	Tipikal
1	BOD	2000-30000	10000
2	TOC	1500-20000	6000
3	COD	3000-45000	18000
4	Total Suspended Solid	200-1000	500
5	Organik Nitrogen	10-600	200
6	Amonia Nitrogen	10-800	200
7	Nitrat	5-40	25
8	Totak Phospor	1-70	30
9	Otho Phospor	1-50	20
10	Alkaliniti	1000-1000	3000
11	pH	5.3-8.3	6
12	Total Hardness	300-10000	3000
13	Kalsium	200-3000	3500
14	Magnesium	50-1500	250
15	Potasium	200-2000	300
16	Natrium	200-2000	500
17	Klorida	100-3000	500
18	Sulfat	100-1500	300
19	Total Besi	50-600	6

Sumber : Tchobanoglous, G, et,all, 1977, Asolid Waste Engineering Principles and Management Issues, pg, 99.

2.4.3 Karakteristik *Leachate*

Karakteristik *leachate* sangat bervariasi tergantung dari proses dalam *landfill* yang meliputi proses fisik, kimia dan biologis. Mikrooganisme di dalam sampah akan menguraikan senyawa organik yang terdapat dalam sampah menjadi senyawa organik yang lebih sederhana, sedangkan senyawa anorganik seperti besi dan logam lain dapat teroksidasi (Tchobanoglous, 1977).

Aktivitas didalam *landfill* umumnya mengikuti suatu pola tertentu, pada mulanya sampah terkomposisi secara aerobik, tetapi setelah oksigen di dalamnya habis maka mikroorganisme fakultatif dan aerob yang menghasilkan gas methan yang tidak berbau dan berwarna. Karakteristik penguraian secara aerobik adalah timbulnya karbondioksida, air dan nitrat sebagai pengurai, sedangkan penguraian secara anaerobik menghasilkan methan, karbondioksida, air, asam organik, nitrogen, amoniak, sulfida, besi, mangan dan lain-lain.

Dekomposisi sampah akibat aktivitas mikrobia adalah sebagai berikut :

Tahap I : degradasi sampah dilakukan oleh mikroorganisme aerobik menjadi bentuk organik yang lebih sederhana, yakni karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O)

Tahap II : apabila oksigen pada udara yang tertangkap habis dikonsumsi oleh mikroorganisme aerobik dan diganti CO_2, proses degradasi diambil alih oleh mikrooganisme yang perkembangannya atau tanpa adanya oksigen. Organisme ini akan memecah molekul organik menjadi yang lebih sederhana seperti hidrogen, amonia, air, karbondioksida dan asam organik.

Tahap III : pada tahap ini organisme anorganik berkembang dan menguraikan asam organik menjadi bentuk gas methan serta lainnya. Pada fase aerobik, pengaruh terhadap kualitas *leachate* yang ditemukan hanya sedikit.

Pada fase anaerobik *leachate* yang dihasilkan mempunyai kandungan organik yang tinggi, pH rendah, berbau dan perbandingan BOD/COD yang tinggi. Tingginya konsentrasi BOD dan COD disebabkan oleh asam organik yang ada, seperti asam asetat, butirat dan lain-lain.

Pada fase metagenesis sebagian besar karbon organik diubah menjadi gas, maka pada tahap tersebut konsentrasi organik berangsur-angsur menurun. Perbandingan konsentrasi BOD/COD menjadi rendah, pada fase ini pH meningkat menjadi sekitar 6.8-7.2 (Knox, 1985).

2.4.4 Pipa *Leachate*

Saluran pengumpul *leachate* terdiri dari saluran pengumpul sekunder dan primer. Saluran sekunder dipasang memanjang ditengah blok zona penimbunan. Saluran ini menerima aliran dari dasar lahan dengan kemiringan minimal 2^{o}. Sebaiknya pipa *leachate* terbuat dari pipa tahan korosi (PVC) yang diberi lubang. Jumlah lubang pada pipa minimal 50 buah per m^2 pipa dengan diameter lubang antara 150-200 mm. Saluran primer yang menampung lindi dari saluran sekunder dan membawanya ke bak penampung lindi. Saluran sekunder dan saluran primer

dihubungkan oleh bak kontrol yang berfungsi sekaligus sebagai ventilasi yang dihubungkan dengan pengumpul gas vertikal.

Kecepatan pengaliran air di dalam pipa 0.6-3 m/det dengan pengaliran diusahakan secara gravitasi. Jarak pemasangan antara satu pipa *leachate* dengan yang lain berkisar antara 15-20 m. Pipa-pipa *leachate* ini dipasang mengarah pada kolam pengumpul *leachate*.

2.4.5 Pergerakan *Leachate* di TPA

Leachate yang terdapat pada dasar *landfill* dapat bergerak secara horizontal/vertikal tergantung dari karakteristik permeabilitas tanah. Selama pengaliran *leachate* dalam tanah, nilai koefisien permeabilitas akan menurun sesuai dengan waktu, karena reaksi yang menurun memperkecil ukuran pori.

Partikel tanah dengan permukaan yang halus menyebabkan aliran *leachate* lebih lambat karena koefisien permeabilitasnya rendah, hal ini memungkinkan tanah tersebut memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk menahan zat padat yang terlarut. *Leachate* bergerak dari kadar air jenuh ke tidak jenuh. Jika seluruh rongga di dalam tanah terisi oleh air, maka tanah tersebut dikatakan mencapai titik jenuh. Kemungkinan terjadi pengeceran *leachate* di dalam air tanah sangat kecil karena aliran tanah sifatnya laminer.

2.5 Persiapan Penempatan *landfill*

Persiapan penempatan *landfill* meliputi:

a. Pembuatan saluran drainase

   Pembuatan drainase merupakan langkah awal untuk mengalirkan dan membuang limpasan hujan dari area *landfill*.

b. Penggalian dan persiapan dari dasar *landfill*

   Dasar *landfill* dilapisi geotesta sehingga *leachate* dapat ditampung dan dialirkan ke luar dari *landfill*.

c. Pemasangan pipa *leachate*

d. Pemasangan pipa gas.

Penempatan sampah dalam *landfill* dapat dilakukan dengan sampah dibuang dalam *landfill* lalu dipadatkan permukaannya dan terbentuk sel-sel. Untuk Ketinggian sel 240-360 cm, lebar sel antara 300-900 cm atau tergantung dari kapasitas *landfill* dengan kemiringan sel ±30°. Setiap permukaan sel ditutup dengan lapisan tanah 15-30 cm pada setiap pengoperasian (biasanya satu hari sekali) dan 15-20 cm untuk permukaan miring.

2.6 Proses Pembentukan Gas

Secara keseluruhan, proses dekomposisi zat organik di TPA akan berlangsung secara aerobik (dalam kondisi ketersediaan oksigen) dan anaerobik (dalam kondisi tanpa oksigen). Proses aerobik berlangsung hanya beberapa saat ketika oksigen

terjebak dalam tumpukan sampah pada waktu pembokaran. Segera setelah peralatan dan pemadatan, kandungan oksigen akan sangat cepat habis kecuali pada lapisan terbatas dari sampah yang berhubungan dengan udara bebas. Selanjutnya bagian yang lebih dalam akan kehabisan oksigen dan menjadi anaerobik.

Dalam kondisi aerobik, bakteria aerob akan menguraikan zat organik menjadi karbondioksida dan air serta sejumlah kecil amonia. Sementara itu, sampah organik yang tertimbun dalam TPA akan mengalami berbagai proses alamiah akibat aktivitas mikroorganisme sehingga materi organik secara bertahap akan terurai menjadi senyawa/materi yang lebih sederhana sampai pada akhirnya menjadi kompos/humus yang stabil dengan berbagai jenis gas yang juga timbul seiring dengan berlangsungnya proses tersebut.

Reaksi kimia dekomposisi secara aerobik dijelaskan sebagai barikut :

a. $n(C_6H_{12}O_5)+nH_2O \xrightarrow{Mkrobia} nC_6H_{12}O_6$

Selulosa

b. $n(C_6H_{12}O_6) \longrightarrow 6n(CO_2) + 6nH_2O + n$

Reaksi kimia secara anaerobik (Chen, 1974)

a. $n(C_6H_{12}O_5)+nH_2O \xrightarrow{Mkrobia} 2C_6H_{12}O_6$

Selulosa

b. $n(C_6H_{12}O_6) \longrightarrow 2n(CH_3CH_2OH) + 2n(CO_2) + n$

Etanol Karbondioksida Kalori panas

c. $2n(CH_3CH_2OH)+n(CO_2) \longrightarrow 2n(CH_3COOH)+n(CH_4)$

Asam Asetat Metana

d. $2n(CH_3COOH) \longrightarrow 2n(CH_4) + 2n(CO_2)$

Asam asetat Metana

Gas utama yang ditimbulkan dari lokasi penimbunan sampah adalah metan, amonium, hidrogen sulfida dan karbondioksida.

Ventilasi gas berfungsi untuk mengalirkan dan mengurangi akumulasi tekanan gas. Pipa ventilasi ini dipasang dari dasar TPA secara bertahap setiap lapisan sampah dan dapat dihubungkan dengan pipa *leachate*. Material yang dipergunakan biasanya adalah pipa PVC (tahan korosi) dengan diameter 150 mm. Ketinggian pemasangan pipa ini tergantung pada ketebalan lapisan sampah dan ditambah 50 cm. Gas yang dikumpulkan dapat dipakai sebagai bahan bakar atau dibakar biasa. Jarak antara vent adalah antara 50-100 m. Dalam timbunan sampah mungkin terdapat ruang gas, ruang gas tersebut hampir tidak pernah kosong sama sekali oleh karena itu mungkin dapat menimbulkan ledakan bila terbentur oleh peralatan berat di TPA (bulldozer). Dilokasi TPA tidak diperbolehkan membakar. Namun demikian, kebakaran mungkin terjadi karena kecerobohan dalam penanganan kebakaran terbuka (*open fire*), karena panasnya sampah atau karena proses degradasi di TPA.

2.7 Tanah Penutup

Tanah penutup dibutuhkan untuk mencegah sampah berserakan, timbul bau, berkembangnya lalat atau binatang pengerat, mencegah bahaya kebakaran dan mengurangi produksi *leachate*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan terhadap tanah penutup adalah:

a. Jenis tanah penutup adalah tanah yang tidak kedap air.

b. Periode penutupan tergantung pada metode pembuangannya.

c. Ketebalan *landfill* biasanya sekitar 3m atau kurang dengan tiap lapisan mempunyai ketebalan tanah penutup sebesar 50cm. Secara teoritis, lapisan penutup dibedakan menjadi 3, yaitu: lapisan penutup harian dengan ketebalan lapisan tanah ±30cm, lapisan penutup antara dengan ketebalan lapisan tanah ±50 cm dan lapisan penutup akhir dengan ketebalan lapisan tanah ±50-60cm. Bila pada akhir periode direncanakan untuk ditanami pohon, maka ketebalan lapisan tanah penutup akhir antara 1-2 m.

d. Kemiringan tanah penutup harus cukup untuk mengalirkan air hujan keluar dari lapisan tanah tersebut.

e. Kemiringan tanah penutup akhir hendaknya mempunyai kemiringan tidak lebih dari 30^0 untuk menghindari terjadinya erosi.

f. Diatas tanah penutup akhir harus dilapisi dengan tanah media tanam.

g. Dalam kondisi sulit tanah penutup dapat digunakan reruntuhan bangunan, sampah lama atau kompos dan hasil pembersih saluran sebagai tanah penutup.

2.8 Alternatif Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Selain itu juga diperlukan tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasi agar konsentrasi yang ada menjadi rendah.(Sasongko, 1986).

Berdasarkan analisa kualitas, maka pengolahan air limbah dibagi menjadi beberapa cara yaitu :

2.8.1 Pengolahan air limbah secara fisik

Proses pengolahan ini dimaksudkan untuk memisahkan sebagian dari bahan pencemar. Pengolahan secara fisik dapat berupa : pengendapan, pengapungan, penyaringan, penyerapan dan pengeringan.

Dalam proses ini dipisahkan zat-zat padat seperti kayu, daun dan lain-lain yang berasal dari tanaman sekitar yang mengering. Dimana pengolahan secara fisik berfungsi untuk memisahkan zat-zat padat dan untuk menghindarkan penyumbatan pada saluran pembawa serta meningkatkan efisiensi untuk pengolahan lainnya. Proses pengolahan ini dapat menurunkan BOD 0-5% (Lund, 1971).

2.8.2 Pengolahan air limbah secara biologis.

Pengolahan limbah secara biologis digunakan untuk mengolah limbah yang biodegradable. Misalnya untuk limbah berbahaya yang berasal dari industri, *leachate* lahan urug dan pencemaran tanah (Damanhuri, 1994).

Salah satu cara pengolahan limbah secara biologis adalah pengolahan anaerobik. Pengolahan anaerobik digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi zat organik yang tinggi. Pada pengolahan ini setiap keadaan mengalami proses anaerob kecuali pada bagian permukaan.

Penguraian zat-zat yang dihasilkan :

$$\text{Zat organik} \xrightarrow{\text{Anaerob}} CO_2, CH_4 \text{ gas dan asam organik.}$$

Pada proses ini sangat peka terhadap suhu, pH, O_2 terlarut dan zat-zat racun. Dalam proses ini kadar BOD dapat dihilangkan sampai 90% (Lund, 1971).

Macam-macam pengolahan secara biologis adalah sebagai berikut:

2.8.2.1 *Oxcidation Ditch*

Oxcidation Ditch merupakan suatu bentuk dari pengolahan air buangan secara alamiah berupa reaksi biokimia. Di *Oxcidation Ditch* organisme biologis dalam unit pengolahan air buangan akan menyebabkan berbagai perubahan biokimia.

Keuntungan dan kerugian dari pengolahan biologis dengan *Oxcidation Ditch*:

a. Keuntungan pengolahan *Oxcidation Ditch*

a) Efisiensi penyisihan BOD sebesar 95-98%

b) Effluen tidak berbau dan jauh dari gangguan lalat

b. Kerugian pengolahan *Oxcidation Ditch*

a) Memerlukan perawatan khusus dan biaya yang cukup tinggi

b) Perlu tenaga ahli dan tenaga terlatih untuk operasi pengolahannya

c) Tidak fleksibel terhadap variasi beban hidrolik

d). Memerlukan proses stabilisasi sludge.

Adapun kriteria design dalam perencanaan bangunan pengolahan *Oxcidation Ditch*:

Tabel 2.2 Kriteria Desain Kolam Oksidasi

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan
Organik Loading(F/M)	U	0.05-0.3	Kg BOD/hr/kg MLVSS
Umur Lumpur	ΘChiyoko	10-40	Hari
Waktu Aerasi	Td	12-36	Jam
MLSS dalam Reaktor	X	3000-6000	Mg/l
Volumetric Loading	VL	0.1-0.78	Kg BOD_5/m^3.hr
Ratio MLVSS/MLSS		59-88	%
Ratio Resirkulasi	R	50-200	%
Koefisien pertumbuhan	Kd	0.4-0.6	Kg sel/kg BOD_5
Koefisien kematian		0.03-0.075	$Hari^{-1}$
Koefisien penyisihan BOD_5		95-98	%
Kedalaman saluran aerasi untuk rotor Φ27.5	D	0.915-1.525	m
Kedalaman saluran aerasi Q>1MGD	D	1.83	m
Panjang rotor Φ27.5	L	0.3-4.6	m
Kedalaman immersi		5.1-25.4	Cm
Beban rotor Φ27.5 - Volume > 60.000 gal - Volume < 60.000 gal		 <16.000 <13.000	 Gal/ft.png rotor Gal/ft.png rotor

2.8.2.2 Aerobic Aerated Lagoon

Pengolahan Limbah dengan *Aerobic aerated lagoon* adalah pengolahan air buangan dalam kolam secara mekanis atau hembusan guna mendapatkan oksigen (Tjokusumo, 1995).

Aerobic Aerated lagoon menurut Larry dan Clifford (1980) adalah salah satu cara pengolahan air limbah dengan menggunakan supply oksigen yang merata pada seluruh volume air limbah. Keuntungan dan kerugian dari pengolahan biologis dengan *Aerobic Aerated Lagoon* adalah sebagai berikut:

a. Keuntungan pengolahan *Aerobic Aerated Lagoon*

   a) Dapat meremoval BOD hanya 80 %
   b) Sangat efektif untuk menstabilkan limbah organik yang bersifat kuat dengan cepat
   c) Murah dalam pengoperasian dan konstruksinya
   d) Menghasilkan sedikit biomassa dari bahan organik yang telah diproses
   e) Tidak memerlukan energi tambahan karena tidak membutuhkan supplai udara, pemanasan dan pencampuran

b. Kerugian pengolahan *Aerobic Aerated Lagoon.*

   a) Memerlukan lahan yang relatif luas.
   b) Memerlukan waktu yang lama untuk menstabilkan bahan organik
   c) Dapat mencemari air tanah sehingga harus menyiapkan liner untuk mencegah pencemaran yang dapat ditimbulkan akibat *lagoon* tersebut.

d) Dapat mempengaruhi lingkungan secara langsung sehingga perlu dilakukan kontrol terhadap proses pengoperasiannya, karena *lagoon* sangat sensitif terhadap perubahan suhu.

Adapun kriteria design dalam perencanaan bangunan pengolahan *Aerobic Aerated lagoon* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3. Kriteria Desain *Aerobic Aerated lagoon*

Parameter laju muatan	Angka	Sumber
Waktu Tinggal (hari)	1 – 10	Mc Kinney, 1971
Kedalaman (ft)	8 – 16	Eckenfelder, 1972
Keluaran SS (mg/l)	260 - 300	Metcalf and Eddy, 1972
BOD_5 (%)	80 - 95	Eckenfelder, 1972

Sumber : Benefield and Randal, 1980

2.8.2.3 *Activated Sludge*

Activated Sludge yaitu proses lumpur aktif yang berfungsi untuk mengolah air dengan bantuan bakteri aerobik yang menggunakan zat-zat organik di dalam air buangan sebagai makanannya. Untuk meningkatkan bakteri aerobik tersebut, dilakukan aerasi dengan memasukkan oksigen ke dalam air buangan yang akan diolah sesuai kebutuhan.

Keuntungan dan Kerugian dari Pengolahan biologis dengan *Activated Sludge* adalah :

a. Keuntungan pengolahan *Activated Sludge*:

a) Sistem *Activated Sludge* mempunyai efisiensi BOD removal yang tinggi 85%-95%.

b) Pada sistem *Activated Sludge* effluent tidak berbau dan gangguan lalat tidak ada.

c) Dapat dimodifikasi sesuai dengan karakteristik air buangan.

b. Kerugian Pengolahan *Activated Sludge*:

a) Perlu tenaga ahli dan tenaga terlatih untuk operasi pengolahannya.

b) Tidak fleksibel terhadap variasi beban hidrolik

c) Memerlukan proses stabilisasi *sludge*.

Adapun kriteria design dalam perencanaan bangunan pengolahan *Activated Sludge* :

Tabel 2.4 Kriteria Design *Activated Sludge*

No	Parameter	Simbol	Satuan	Besaran
1	Efisiensi BOD Removal	%R	%	85-95
2	MLSS	MLSS	Mg/ltr	3000-6000
3	Umur Lumpur	Φc	Hari	20-30
4	Resirkulasi Ratio	Qs/Q		0.75-1.5
5	Food Mikroorganisme Ratio	F/M	Kg BOD_5	0.05-0.25
6	Volumetric Loading		kgBOD_5/m^3hr	0.1-0.4
7	Waktu Detensi	Φ	Jam	18-36
8	Kecepatan Penggunaan Substrat oleh Mikroorganisme	K	/hari	2-8
9	Koefisien Kematian	Kd	/hari	0.03-0.07
10	Konsentrasi Substrat pada ½ Maxgrouth Rate	Ks	Mg/ltr BOD_5	40-120
11	Koefisiensi Pertumbuhan	γ	Vss BOD_5	0.3-0.7

Sumber : Qasim, *Waste Water Treatment Plants*, 1985

2.8.2.4 *Constructed Wetlands*

Constructed Wetlands secara umum didefinisikan suatu perencanaan ekosistem lingkungan yang berupa tanah jenuh air yang dapat ditumbuhi oleh tanaman air dan pada bagian permukaannya dapat dimanfaatkan oleh aktivitas mikroorganisme atau komponen hewan, (Cowardin dkk, 1979) yang kondisinya dibuat sesuai dengan bentuk *wetlands* alaminya, dengan tujuan untuk meminimalisasikan kandungan konsentrasi air limbah yang berpotensi menyebabkan pencemaran air (NRCS, 2001). Daya tarik *wetlands* dalam pengolahan limbah sangat menarik perhatian khusus, karena kelebihan dan kesederhanaannya tetapi memiliki kemampuan proses minimalisasi limbah yang tinggi, ada tiga fungsi dasar dari *wetlands* yang menjadikan sistem pengolahan limbah cair ini sampai pontensial yaitu:

a. Secara fisik mampu menahan atau menagkap kandungan–kandungan polutan yang terdapat di permukaan tanah dan senyawa-senyawa organik dalam limbah.
b. Memanfaatkan (Utilization) dan sebagai transformation dari sebagai macam aktifitas jenis mikrorganisme.
c. Memerlukan energi dan syarat pemeliharaan yang rendah dan mudah untuk menghasilkan pengolahan yang baik. (Chan, E.T.A Bursztynsky, 1981)

Definisi umum *wetlands* lainnya berupa tanah transisi antara bagian daratan dan perairan di mana sebagian besar komposisinya berupa air. *Natural treatment wetlands* ini efektif untuk mengolah air limbah di mana prinsip pengolahan limbah cair dengan *constructed wetlands* ini memanfaatkan peranan akivitas mikroorganisme atau bakteri

sebagai *mikrobial degradation of contaminants* (Luckeydoo et.al.2002) yang terdapat di dalam limbah dan permukaan air atau yang hidup di akar, batang tanaman dan peranan tanaman (*vegetation*) air di area tersebut. Proses pengolahan yang terjadi di dalam *wetlands* tersebut berupa sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi atau disebut juga dengan proses pengolahan fisik, untuk pengolahan secara kimiawi dan biologi pada *constructed wetlands* terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas dari tanaman, yaitu berupa proses fotosintesis (Metcalf & Eddy, 1993).

Variabel-variabel perencanaan pada *constructed wetlands* meliputi : kapasitas debit air limbah yang dialirkan, beban organik limbah tertentu, kedalaman media tanah maupun air, serta adanya pemeliharaan tanaman yang digunakan selama proses tanaman.

Keuntungan pengolahan dengan sistem *Consentruced Wetlands* adalah biaya pengolahan dan perawatan lebih murah, mampu mengolah air limbah domestik dan industri di mana kualitas effluen yang dihasilkan terbukti baik dan sistem manajemen dan control yang mudah (Gambrell, 1994)

Adapun Kriteria Design dalam perencanaan bangunan pengolahan *Consentruced Wetlands* :

Tabel 2.5 Kriteria Design *Consentruced Wetlands*

Desain	Satuan	Tipe FWS
Waktu Tinggal Hidrolis	Hari	4-15
Kedalaman Air	M	0.09-0.6
Laju Beban BOD_5	Kg/Ha/Hari	<112
Laju Beban Hidrolis	M^3/m^2.hari	0.01-0.05
Luas Spesifik	Ha/m^3.d	0.002-0.014
Lebar : Panjang		1:2-10

Sumber : Bendroricchio,G.,Dal Cin, L.and Person.

2.8.2.4.1 Mekanisme Sistem Pengolahan *wetlands*.

Berdasarkan definisi dari *Enviromental Protection Agency* (EPA) dan *Water Pollution Control Federation* sistem pengolahan pada *constructed wetlands* dikategorikan menjadi dua tipe yaitu :

a. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

Sistem ini berbentuk kolam atau saluran yang dilapisi dengan lapisan impermeable alami atau lapisan tanah, yang mana kandungan air pada sistem ini dangkal. Lapisan ini berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan air limbah atau keluarnya air limbah dari kolam atau saluran tersebut. Komposisi utama pada sistem *free water surface* (FWS) adalah tanah sebagai substrat untuk tempat hidupnya tanaman air.

Pada sistem FWS ini biasanya tanaman yang digunakan berupa *cattail, reed, seadge* dan *rush*. Kondisi yang harus diperhatikan dalam sistem FWS ini adalah:

a) Kedalaman air relatif dangkal

b) *Velocity* atau kecepatan air rendah (*low*)

c) Keberadaan batang dan sisa-sisa tanaman yang mempengaruhi aliran air.

d) Lebih efisien digunakan pada saluran atau area yang panjang

b. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

Sistem *sub surface flows* ini pada dasarnya hampir sama dengan sistem *free water surface* hanya pada jumlah air pada sistem ini hampir seluruh tanaman air hidup menggenang pada permukaan air. Pada SSF media yang digunakan berupa media berpori antara lain : kerikil dan pasir kasar. Proses yang terjadi pada sistem SSF ini berupa filtrasi, adsorpsi yang dilakukan oleh mikroorganisme dan adsorpsi terhadap tanah dan bahan organik akibat adanya aktivitas dari akar tanaman.

Pada sistem pengolahan *constructed wetlands* ini terdapat dua jenis pengaliran air limbah yaitu secara Horizontal (*sub surface flow wetlands*) dan jenis pengaliran secara vertikal (*vertical flow wetlands*). Untuk perencanaan tugas akhir kita menggunakan media tanaman enceng gondok.

2.8.2.4.2 Media Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crossipes*)

Eceng gondok dapat hidup mengapung bebas diatas permukaan air dan berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Kemampuan tanaman inilah

yang banyak digunakan untuk mengolah air buangan., karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestik dengan efisiensi yang tinggi. Eceng Gondok dapat menurunkan kadar BOD, partikel suspensi secara biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cr dengan baik, kemampuan menyerap logam persatuan berat kering Eceng Gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (Widianto dan Suselo. 1977).

Adapun bagian-bagian tanaman yang berperan dalam penguraian air limbah adalah sebagai berikut :

a. Akar.

Bagian akar Eceng Gondok ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang serabut, berfungsi sebagai penanganan atau jangkar tanaman. Sebagian besar peranan akar untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tanaman dari dalam air. Pada ujung akar terdapat kantung akar yang mana di bawah sinar matahari kantung ini akan berwarna merah, susunan akarnya dapat mengumpulkan lumpur atau partikel-partikel tanah yang terlarut dalam air.(Ardiwinata. 1950)

b. Daun.

Daun Eceng Gondok tergolong dalam mikrofita yang terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara dan berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Zat hijau daun (klorofil) Eceng Gondok terdapat dalam sel epidemis. Di permukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (Stomata) dan bulu

daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang dan daun selain sebagai alat penampung juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan O_2 dari proses fotosintesis. Oksigen hasil fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan dimalam hari dengan menghasilkan CO_2 yang akan terlepas kedalam air (Pandey, 1980)

c. Tangkai

Tangkai Eceng Gondok berbentuk bulat menggelembung yang didalamnya penuh dengan udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan air. Lapisan terluar petiola adalah lapisan epidermis, kemudian dibagian bawahnya terdapat jaringan tipis skerenkim dengan bentuk sel yang tebal disebut lapisan parenkim, kemudian di dalam jaringan ini terdapat jaringan pengangkut (*xylem* dan *Floem*). Rongga-rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih.(Pandey, 1980)

d. Bunga.

Eceng Gondok berbunga bertangkai dengan warna mahkota lembayung muda. Berbunga majemuk dengan jumlah 6-35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

Eceng Gondok juga memiliki ciri-ciri morpologi sebagai berikut: eceng gondok merupakan tumbuhan parenial yang hidup dalam perairan terbuka, yang mengapung bila air dalam dan berakar didasar bila air dangkal. Perkembangbiakan eceng gondok terjadi secara vegetatif maupun secara generatif, perkembangan secara vegetatif

terjadi bila tunas baru tumbuh dari ketiak daun, lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru.

Setiap 10 tanaman Eceng Gondok mampu berkembangbiak menjadi 600.000 tanaman baru dalam waktu 8 bulan (Widiyanto, 1981). Hal inilah membuat Eceng Gondok dapat banyak dimanfaatkan guna untuk pengolahan air limbah. Eceng Gondok dapat mencapai ketinggian antara 40-80 cm dengan daun yang licin dan panjangnya 7-25.

Keuntungan dari Eceng Gondok :

a) Hidup pada suhu 28^0C-30^0C

b) Berhenti tumbuh pada suhu dibawah 10^0C dan diatas 40^0C

c) Tumbuh pada air tawar

d) Pertumbuhan semakin baik pada air tercemar oleh sampah karena eceng gondok dapat menggunakan Nitrogen, Fospor dan nutrien lain terdapat didalamnya.

e) Tumbuh pada pH = 4.0-10.0.

f) Eceng Gondok yang tumbuh pada air yang lebih asam/basa cenderung mengubah pH sehingga terletak didalam kisaran pH optimum (Asiyatun, 1993)

g) Eceng Gondok dapat berfungsi sebagai penyerap logam-logam berbahaya diantaranya Pb, As, Hg/Cd (Ahmady, 1995)

h) Eceng Gondok mampu menyerap unsur Cd dan Pb sebesar 3.92 mg/gram dan berat kering tanaman perhari selama periode waktu 4 hari, setelah periode 28 hari kemampuan penyerapannya menjadi berkurang. Pada periode tersebut Pb

dan Cd yang diserap hanya 0.29 mg/gram berat kering tanaman perhari (Yuliawati, 1995)

2.8.2.5 Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Dari sekian banyak yang menarik perhatian dari teknologi yang menggunakan proses anaerobic adalah reactor UASB yaitu Unaerobik Blanket Reactor yang ditemukan oleh Vinken pada tahun 1970 di Netherland.

Pada prinsipnya reactor UASB terdiri dari suatu lumpur yang padat yang berbentuk butiran. Lumpur atau sludge tersebut ditempatkan dalam suatu reactor yang didesain dengan aliran ke atas (upflow). Air limbah akan masuk melalui dasar bak secara merata dan mengalir secara vertical, sedangkan butiran sludge akan tetap berada atau bertahan sedemikian rupa sehingga dapat menciptakan pembentukan sludge blanket yang memberikan area yang luas untuk kontak antara sludge dan air limbah.

Karakteristik pengendapan butiran sludge dan karakteristik air limbah akan menentukan kecepatan upflow dalam reactor, kecepatan upflow berkisar pada 0,5 – 0,3 m/jam. Gas yang terperangkap dalam butiran sludge sering mendorong sludge tersebut menuju ke bagian atas reactor yang disebabkan oleh berkurangnya densitas butiran. Untuk itu diperlukan pemisahan butiran sludge dengan membuat gas - solid - liquid separator yang ditempatkan di bagian atas reactor.

Pada prinsipnya reactor UASB terdiri dari suatu lumpur yang padat yang berbentuk butiran. Lumpur atau Sludge ditempatkan dalam suatu reactor yang desain dengan aliran ke atas. Air limbah akan masuk melalui dasar bak secara merata dan mengalir secara vertical, sedangkan butiran sludge akan tetap berada atau tertahan dalam reactor. Kecepatan upflow harus dipertahankan sedemikian rupa sehingga supaya dapat menciptakan pembentukan sludge blangket yang memberikan area yang luas untuk kontak antara sludge dan air limbah.

Karakteristik pengendapan butiran sludge dan karakteristik air limbah akan menentukan kecepatan upflow yang harus dipelihara dalam reactor. Biasanya kecepatan aliran ke atas berada pada rentang 0.5 – 0.3 m/jam. Untuk mencapai sludge blangket yang memuaskan, pada saat kondisi hidrolik puncak (debit puncak) kecepatan dapat mencapai 2-6 m/jam.

Gas yang terperangkap dalam butiran sludge sering mendorong sludge tersebut menuju ke bagian atas reactor, yang disebabkan oleh berkurangnya densitas butiran. Untuk itu diperlukan pemisahan butiran sludge di luar reactor dan kemudian dikembalikan lagi ke reactor. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat gas-solid-liquid separator tersebut sedangkan sludge dikembalikan lagi ke reactor.

Problem yang dihadapi pada UASB adalah terutama sludge yang bergerak naik yang disebabkan turunnya densitas sludge. Di samping itu juga turunnya aktivitas spesifik butiran. Beragamnya densitas sludge memberikan ketidak seragaman sludge blangket alhasil sludge akan ikut keluar reactor.

Tingginya konsentrasi suspended solid dan fatty mineral dalam air limbah juga merupakan masalah operasi yang serius. Suspended solid dapat menyebabkan clogging/penyumbatan atau channeling. Adsorpsi suspended solid pada butiran sludge juga akan mempengaruhi proses. Dan juga air limbah yang mengandung protein atau lemak menyebabkan pembentukan busa.

Tabel 2.6 Parameter dan Aplikasi UASB

No	Parameter Utama	Keuntungan	Aplikasi
1	Efisiensi Pengolahan 80-90% (COD)	-Kebutuhan energi rendah	-Pulp and paper
2	Beban Organik 10-20 kg	-Kebutuhan lahan sedikit	-Alecchol- distilleries
3	Hydrolic Retention Time 4-24 jam	-Biogas yang berguna	-Sugar, yeast, and molasses
4	pH 6-8	-Kebutuhan nutrien sedikit	-Pengolahan makanan dan minuman
5	COD Influent 100-100.000 mg/L	-Sludge mudah diolah/dikeringkan	-Tekstil, cotton
6	Produksi Gas Methane 0.4 m3/kg COD yang disisihkan	-Tidak mengeluarkan bau dan kebisingan	-Petrochemicals
7	Pertumbuhan Sludge 0.5 kg/kg COD yang disisihkan	-Mempunyai kemampuan terhadap fluktuasi dan intermitten load	-Phatmaceuticals
8	Stabil terhadap, Peak flow, suhu, dan pH		-Buangan Domestik

2.8.3 Pengolahan limbah secara kimia.

Pada proses pengolahan ini pada dasarnya memanfaatkan reaksi-reaksi kimia untuk mentranformasi limbah berbahaya menjadi lebih tidak berbahaya (Damanhuri. 1994). Dimana instalasi pengolahannya dapat berupa bak Netralisasi. Proses pengolahan ini adalah meliputi proses penetralan yang umumnya bersifat asam atau

basa. proses koagulasi untuk mengendapkan zat-zat organik yang tersuspensi dan partikel koloid yang tidak larut dalam air.Air limbah yang bersifat asam dinetralkan dengan basa dengan penambahan NaOH, demikian sebaliknya bersifat basa maka dinetralkan dengan penambahan HCL.

2.9 Saluran Drainase

Dalam merencanakan saluran drainase hal-hal yang menjadi pertimbangan adalah sebagai berikut:

2.9.1 Analisa Hidrologi

Data hidrologi dapat digunakan untuk menentukan kapasitas maksimum dan minimum dari *run off*. volume aliran, banjir dan kondisi rata-rata perairan. Dari data ini sangat diperlukan untuk perencanaan dalam mendesain reservoar, saluran drainase dan struktur hidrologi lainnya.

Untuk membangun sebuah sistem drainase air hujan dalam suatu wilayah diperlukan beberapa macam analisa terhadap berbagai bidang yang terkait dan berpengaruh terhadap sistem perencanaan. Salah satu yang penting adalah menganalisa sumber air yang ada terutama air hujan sehingga diketahui distribusi curah hujan.Untuk perencanaan saluran air hujan sehingga diketahui distribusi curah hujan. Untuk perencanaan saluran air hujan (drainase) dilakukan analisa curah hujan

yang paling tinggi untuk tahun tertentu. Data curah hujan atau data hidrologi yang diperoleh digunakan untuk :

a. Perhitungan dimensi saluran baik yang tertutup ataupun terbuka.

b. Perhitungan dimensi bangunan-bangunan saluran perlintasan seperti gorong-gorong dan siphon.

c. Perhitungan batang jembatan.

d. Perhitungan waduk pengendali banjir mikro dan makro

2.9.2 Melengkapi Data Curah Hujan yang Hilang

Dalam suatu wilayah perencanaan kadang data curah hujan yang diperoleh tidak lengkap dan ada beberapa data yang hilang, hal ini kemungkinan terjadi dikarenakan adanya berbagai sebab misalnya kerusakan alat, petugas yang lalai didalam melaksanakan tugas dan sebagainya. Oleh sebab itu sebelum dilakukan terlebih dahulu sehingga diperlukan pengisian data yang hilang tersebut dengan membandingkan stasiun yang ada.

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\frac{r_x}{R_x} = \frac{1}{n-1} \text{ x } \sum_{n-1}^{n} \frac{r_n}{R_n} \quad \text{.....2.3}$$

Dimana:

r_x : Nilai tinggi curah hujan yang dicari

R_x : Nilai rata-rata tinggi curah hujan pada stasiun pengamat yang salah satu tinggi curah hujannya sedang dicari

n : Banyaknya stasiun pengamat hujan untuk perhitungan n > 2

r_n : Nilai tiap hujan pada tahun yang sama dengan r_x pada stasiun pembanding

R_n : Nilai rata-rata tinggi curah hujan pada setiap stasiun pengamat hujan yang datanya sedang dicari (sumber :Gunadarma, 1997).

Catatan :

a) Jika perbedaan kurang dari 10% maka dipakai metode Aritmatik yaitu perhitungan dengan mengambil rata-rata dari curah hujan dari stasiun yang lain.

b) Perbedaan lebih daripada 10% dipakai metode perbandingan normal.

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan:

1. Rata-rata aljabar

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/hampir merata dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya.

Hujan kawasan diperoleh dari persamaan:

$$\mathbf{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_1}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \mathbf{2.4}$$

Dimana $P_1,P_2,\ldots\ldots\ldots P_n$ adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1,2,….,n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang. Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat Gambar 1. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Hasil metode poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5.000 km^2 dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

a. Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antara pos penakar dibuat garis lurus penghubung.

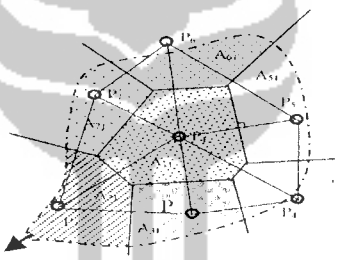
b. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa. sehingga membentuk poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada didalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya. curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.

c. Luas area pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, A, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.

d. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\mathbf{P} = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n} = \frac{\sum_{i=n}^{n} PiA_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \mathbf{2.5}$$

Dimana P_1, P_2,……, P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2,…..n. A_1, A_2,…..,A_n adalah luas area poligon 1, 2 …..,n adalah banyaknya pos penakar hujan.



***Gambar* 2.1** *Poligon Thiessen*

3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang secara membabi buta menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi.

Metode isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

a. Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.

b. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.

c. Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.

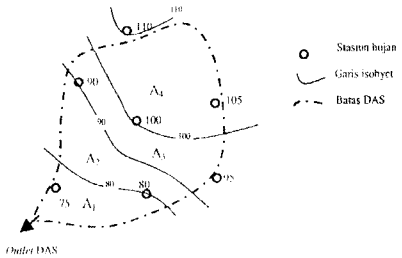
Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\mathbf{P} = \frac{A_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right) + A_2\left(\frac{P_2+P_3}{2}\right) + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_{n-1}\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A_1 + A_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_{n-1}} \quad \ldots\ldots\ldots \mathbf{2.6}$$

Atau

$$\mathbf{P} = \frac{\sum\left[A\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)\right]}{\sum A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \mathbf{2.7}$$

Metode isohyet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km^2.



Gambar 2.2 *Isohyet*

2.9.3 Metode Menghitung hujan harian maksimum

Metode-metode yang digunakan adalah:

2.9.3.1 Metode gumbel

Distribusi harga ekstrim tipe 1 disebut juga dengan distribusi gumbel yang berdasarkan fisher dan tippet. yang menyatakan bahwa distribusi harga ekstrim (maksimum/minimum) tahun yang dipilih dari n sampai akan mendekati suatu bentuk garis batas bila ukuran sampel meningkat.

Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah:

$$R_T = \mu + \frac{1}{\alpha} * Y_t \quad \text{..... 2.8}$$

$$\mu = R_r - \frac{1}{\alpha} * Y_t \quad \text{..... 2.9}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\delta R}{\delta n} \quad \text{..... 2.10}$$

$$\text{Jadi } R_T = R_r + \frac{\delta R}{\delta n} x \frac{Yt}{Yn} \quad \text{..... 2.11}$$

Dimana:

R_T = HMMS rencana dengan PUHT tahun

Rr = Presipitasi rata-rata dalam array data

δ_R = Standart deviasi

δ_n = Expected standart deviasi (tabel)

Yt = Reduced Variated untuk PUHT (tabel)

Yn = Expected mean reduced variate (tabel)

$$G = \sqrt{\left[\left(1+\left(1.3*k\right)\right)+\left(1.1*k^2\right)\right]} \quad \text{.....2.12}$$

$$K = \frac{(Yt-Yn)}{\delta n} \quad \text{.....2.13}$$

2.9.3.2 Metode Iway Kadoya

Dalam menghitung curah hujan harian maksimum dengan menggunakan Metode Iway Kadoya. dapat dilakukan melalui tahap-tahap berikut:

a) Harga curah hujan (R) disusun mulai dari harga yang terbesar, kemudian melakukan perhitungan yang diperlukan

b) Memperkirakan harga Xo dengan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\textbf{Xo = antilog } \frac{\sum Logx}{n} \quad \text{..... 2.14}$$

c) Memperkirakan harga b

Dalam memperkirakan harga b digunakan Tabel 4.4 pada lampiran 2, dimana nilai dari Xs adalah dua nilai curah hujan terbesar dan untuk Xt adalah nilai dari curah hujan yang terkecil dan nilai b adalah:

$$m = \frac{n}{10}$$

$$b = \frac{1}{m} x\left(\sum bt\right) \quad \text{.....2.15}$$

Menghitung nilai $\frac{1}{c}$

nilai $\frac{1}{c}$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{1}{c} = \sqrt{\frac{2n}{n-1}} x \sqrt{X^2 - X_o^2} \quad \text{.....2.16}$$

dimana : $X^2 = \frac{\left[\sum Log(x+b)\right]^2}{15}$ 2.17

2.9.3.3 Metode Log Pearson Type III

Dalam menghitung curah hujan harian maksimum dengan menggunakan Metode Log Pearson Type III, data curah hujan (x) disusun atau diurutkan dari data terbesar sampai data yang terkecil.Perhitungan curah hujan maksimum Metode Log pearson type 3 adalah sebagai berikut:

$$X = \frac{\sum Xi}{N} \quad \text{.....2.18}$$

$$\mathbf{Cs} = \frac{nx\sum(Xi - X)^3}{(n-1)x(n-2)x(\sigma x)^3} \quad \text{..... 2.19}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(Xi - X)^2}{n-1}} \quad \text{..... 2.20}$$

Keterangan:

K_X: dari tabel (lampiran)

$$\mathbf{X_T = X + (K_x x)} \quad \text{.....2.21}$$

$$\mathbf{R_T = antilog\ Xt} \quad \text{.....2.22}$$

2.9.4 Distribusi Hujan Dengan Metode Hasper-Weduwen

Untuk menghitung distribusi hujan, maka diperlukan data Hujan Harian Maksimum (HHM) dari perhitungan sebelumnya.

a. Waktu distribusi hujan yang digunakan ialah : 5,10,20,30,40,60,80,120 menit

b. Rumus yang digunakan ialah:

a) $1 \leq t \leq 24$ jam

$$\mathbf{R^t_T} = \sqrt{\frac{11300xt}{t+3.12}} \times \left(\frac{X_T}{100}\right) \quad \text{..... 2.23}$$

b) $0 < t < 1$ jam

$$\mathbf{R^t_T} = \sqrt{\frac{11300xt}{t+3.12}} \times \left(\frac{R_1}{100}\right) \quad \text{..... 2.24}$$

$$\mathbf{R_1 = X_T \times \left(\frac{1218t + 54}{X_1(1-t)+1272t} \right)} \quad \text{.....2.25}$$

Dimana:

X_T = Curah hujan harian maksimum (mm)

t = durasi hujan (jam)

Sehingga:

$$\mathbf{I = \frac{R}{t}} \ \textbf{(mm/jam)} \quad \text{.....2.26}$$

2.9.5 Metode Menghitung Lengkung Intensitas Hujan

Dapat dihitung dengan menggunakan beberapa rumus,seperti dibawah ini :

A. Rumus Talbot

$$\mathbf{I = \frac{a}{t+b}} \quad \text{..... 2.27}$$

$$\mathbf{a. = \frac{(\sum Ixt)x(\sum I^2)-(\sum I^2xt)x(\sum I)}{Nx(\sum I^2)-(\sum I)^2}} \quad \text{..... .2.28}$$

$$\mathbf{b. = \frac{(\sum I)x(\sum Ixt)-Nx(\sum I^2xt)}{Nx(\sum I^2)-(\sum I)^2}} \quad \text{..... 2.29}$$

Persamaa Intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus Talbot ialah :

$$\mathbf{I = \frac{a}{t+b}} \quad \text{.....2.30}$$

B. Rumus Sherman

$$\mathbf{I} = \frac{a}{t^n} \quad \text{..... 2.31}$$

$$\mathbf{Log\ a} = \frac{\sum \log Ix \sum (\log t)^2 - \left(\sum \log Ix \sum \log t\right) x \sum \log t}{Nx \sum (\log t)^2 - \left(\sum \log t\right)^2} \quad \text{..... ....2.32}$$

$$\mathbf{n} = \frac{\sum \log Ix \sum \log t - Nx\left(\sum \log I \log t\right)}{Nx \sum (\log t)^2 - \left(\sum \log t\right)^2} \quad \text{.....2.33}$$

C. Rumus Ishigoro

$$\mathbf{I} = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad \text{.....2.34}$$

$$\mathbf{a} = \frac{\sum \left(Ix\sqrt{t}\right) x \sum I^2 - \sum \left(I^2 x\sqrt{t}\right) x \sum I}{Nx \sum I^2 - \left(\sum I\right)^2} \quad \text{..... .....2.35}$$

$$\mathbf{b} = \frac{\sum Ix \sum \left(Ix\sqrt{t}\right) - Nx \sum \left(I^2 x\sqrt{t}\right)}{Nx \sum I^2 - \left(\sum I\right)^2} \quad \text{.....2.36}$$

Setelah menentukan rumus intensitas berdasarkan ketiga metode, lalu dicari nilai dan dibandingkan dengan Intensitas Hujan hasil perhitungan **Hasper Weduwen**. Dicari yang mempunyai beda terkecil dan rumus tersebut yang digunakan.

2.9.6 Jaringan Drainase

2.9.6.1 Kriteria Desain Perencanaan

Rumus yang digunakan :

a. Untuk menghitung debit limpasan air hujan digunakan persamaan :

Q = x C x I x A (untuk luas daerah < 80 Ha)..... 2.37

Q = x C xCs x I x A (untuk luas daerah > 80 Ha)..... .....2.38

Dimana:

Q = debit limpasan (lt/dtk)

C = Koefisien pengaliran

I = Rata-rata intensitas hujan yang besarnya tergantung waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (Ha)

Cs = Koefisien penampungan

b. Waktu Koefisien (Tc)

Adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh menuju suatu titik tinjauan tertentu sehingga diperoleh debit maksimum.

Rumus yang dipakai adalah:

Tc = To + Td 2.39

Dimana:

To = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir pada permukaan tanah menuju saluran terdekat

Td = Waktu pengaliran dalam saluran menuju titik tinjauan

Berikut ini adalah rumus untuk menghitung To, Td atau langsung menuju perhitungan Tc.

c. Untuk panjang aliran ± 300 m, maka:

$$\mathbf{To = \frac{3.26(1.1-C)\,Lo^{1/2}}{S^{1/3}} \quad \text{.....2.40}}$$

d. Untuk panjang aliran ± 1000 m, maka:

$$\mathbf{To = 108\ n\ (Lo^{1/3}/S^{1/3}) \quad \text{.....2.41}}$$

$$\mathbf{Td = Ld \times V \quad \text{.....2.42}}$$

Dimana

$$\mathbf{V = 1/n\ .\ R^{2/3}\ .\ S^{1/2} \quad \text{..... 2.43}}$$

Dengan n = angka kekasaran manning

V = kecepatan rata-rata aliran

R = jari-jari hidrolis

$$\mathbf{Tc = 0.195\ (L/S^{1/2})^{0.77} \quad \text{..... 2.44(rumus Kirpich)}}$$

Dimana L = Panjang limpasan (m)

S = Kemiringan DAS (perbandingan selisih tinggi dengan jarak)

Catatan : satuan Tc, Td dan To adalah dalam menit.

e. Koefisien Pengaliran

Adalah perbandingan antara tinggi aliran dengan tinggi hujan untuk luas DAS yang sama dalam jangka waktu yang cukup panjang. Dipengaruhi oleh keadaan hujan, luas dan bentuk DAS, kemiringan DAS dan dasar saluran, daya infiltrasi dan perkulasi tanah dsb.

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \ldots\ldots\ldots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots A_n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.45$$

f. Koefisien Tampungan

Merupakan efek penampungan dari suatu saluran terhadap puncak banjir dimana koefisien ini akan semakin besar bila daerah alirannya semakin luas.

Rumus yang dipakai adalah:

$$Cs = \frac{2Tc}{2Tc + Td} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.46$$

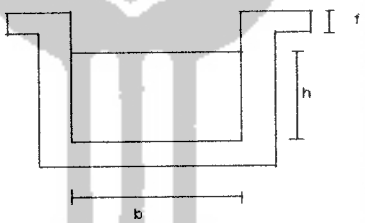
2.9.6.2 Pemilihan Bentuk Saluran

Saluran drainase pada umumnya berbentuk rektanguler dan trapezoidal namun ada beberapa kasus tertentu digunakan lingkaran yaitu pada saluran drainase di Belanda dan saluran berbentuk segitiga dimasa Kerajaan Majapahit.

Menurut Standar Dinas PU (Pekerjaan Umum), untuk Indonesia digunakan saluran berbentuk rektanguler dengan tipikal saluran terbuka, maka dalam

perencanaan ini digunakan tipe rektanguler. Dipilihnya bentuk saluran ini karena beberapa pertimbangan yaitu:

a. Mudah dibuat oleh tenaga lokal
b. Ongkos kerja lebih murah daripada pembuatan bentuk trapezoidal, lingkaran maupun segitiga
c. Nilai (R) atau luas penampang basah cukup lebar
d. Perawatan tergolong mudah
e. Untuk variasi bahan pembuatan dasar dinding saluran lebih banyak pilihan dan mudah pemasangannya
f. Menghemat penggunaan lahan yang ada.



Gambar 2.3 Penampang Saluran Drainase

Keterangan :

b = lebar saluran

h = kedalaman

f = freeboard

b = 2h (untuk penampang ekonomis)

prosedur penurunan rumus b = 2h

$A = b \times h$

$= 2h \times h$

$A = 2h^2$

$R = \frac{A}{P}$

$R = h$ (untuk nilai "A")

$V = \times R^{2/3} \times S^{1/2}$

$Q = V \times A$

Rumus untuk Q dapat diturunkan menjadi

$Q = 1.26 \times \times h^{8/3} \times S^{1/2}$ 2.47

Dan rumus diatas adalah yang digunakan dalam perhitungan:

Proses penurunan rumus "Q":

$Q = V \times A$

$Q = \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A$

Memasukkan nilai "R" yaitu ½ H dan nilai "A" yaitu $2h^2$

$$Q = \frac{1}{n} x\left(\frac{1}{2}H\right)^{2/3} xS^{1/2} x\left(2H^2\right)$$

Untuk mempermudah penguraian rumus diatas, kita uraikan khusus penyederhanaan untuk nilai "H"

$(1/2H)^{2/3} \times 2H^2$

$(1/2)^{2/3} \times H^{2/3} \times 2H^2$

$\{2 \times (1/2)^{2/3}\} \times H^{2/3} \times H^2$

$1.26 \times H^{8/3}$ (ini dimasukkan kembali kedalam persamaan "Q", maka persamaan Q yang didapatkan adalah:

$Q = 1.26 \times \times h^{2/3} \times S^{1/2}$ 2.48

Nilai freeboard (f)

$f = (c \times h)^{1/2}$

dimana c merupakan koefisien untuk, $Q \leq 0.6$ m^3/det maka $c \leq 0.14$

$0.6 \leq Q \leq 8$ m^3/det maka $0.14 \leq c \leq 0.23$

$Q \geq 8$ m^3/det maka $c \geq 0.23$

2.9.6.3 Kontrol Kecepatan

Pada saluran yang direncanakan nantinya akan dilakukan perhitungan tambahan yaitu kontrol kecepatan, dimana untuk kecepatan aliran air dalam saluran air harus memenuhi kriteria tertentu, kriteria tersebut adalah;

a. Kecepatan minimum 0.5 m^3/s (tujuannya adalah agar tidak terjadi pengendapan dinding saluran)

b. Kecepatan maksimum 3 m^3/s (tujuannya adalah agar tidak terjadi penggerusan atau erosi terhadap dinding saluran)

Persamaan untuk V cek adalah:

$$Vcek = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Besarnya harga koefisien pengaliran sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

a. Karakteristik hujan
   a) Jenis hujan
   b) Intensitas hujan
   c) Distribusi hujan
   d) Durasi hujan
   e) Kelembaban tanah
   f) Kelembaban hujan
   g) Faktor iklim lainnya

b. Karakteristik fisik daerah pengaliran
   a) Tata guna lahan
   b) Jenis permukaan tanah
   c) Luas daerah pengaliran
   d) Bentuk daerah pengaliran
   e) Elevasi dan slope
   f) Kontinuitas saluran drainase

Tabel 2.7 Data Koefisien Pengaliran Tata Guna Lahan

Tipe daerah Pengaliran	Harga c
a.Perumputan	
1.tanah pasir, datar 2 %	0.05-0.10
2.tanah pasir, rata-rata 2-7 %	0.10-0.15
3.tanah pasir, curam 7 %	0.15-0.20
4.tanah gemuk, datar 2 %	0.13-0.17
5.tanah gemuk, rata-rata 2-7 %	0.18-0.22
6.tanah gemuk, curam 7 %	0.25-0.35
b.Burnes	
1.daerah kota lama	0.75-0.95
2.daerah pinggiran	0.50-0.70
c.Perumahan	
1.daerah single family	0.30-0.50
2.multi units terpisah-pisah	0.40-0.60
3.multi units tertutup	0.60-0.75
4.suburan	0.25-0.40
5.daerah rumah-rumah apartemen	0.50-0.70
d.Industri	
1.daerah ringan	0.50-0.80
2.daerah berat	0.60-0.90
e.Pertamanan, kuburan	0.10-0.25
f.tempat bermain	0.20-0.35
g.halaman kereta api	0.20-0.40
h.daerah yang tidak dikerjakan	0.10-0.30
i.jalan	
1.berasap	0.70-0.95
2.beton	0.80-0.95
3.batu	0.70-0.85
j.untuk berjalan dan naik kuda	0.75-0.85
k.Atap	0.75-0.95

BAB III

GAMBARAN UMUM PERENCANAAN

3.1 Lokasi Perencanaan

Perencanaan Lokasi Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) Propinsi DIY, dilaksanakan di Propinsi DIY wilayah Aglomerasi Yogyakarta. Lokasi TPA Piyungan terletak di Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan dan sebagian lagi berada di wilayah kecamatan Pleret.

3.2 Aspek Fisik Topografi

Aspek –aspek fisik topografi untuk lokasi perencanaan meliputi:

a. Ketinggian Lahan

Elevasi wilayah antara 0 - 400 m dpl, elevasi yang cukup tinggi adalah igir-igir pegunungan di sisi timur berbatasan dengan wilayah Kabupaten Gunungkidul, termasuk igir pegunungan di sisi timur-laut pantai Parangtritis.

b. Kemiringan Lahan

Wilayah Kabupaten Bantul pada umumnya berupa daerah dataran (kemiringan kurang dari 2%) dengan penyebaran di wilayah selatan, tengah dan utara dari Kabupaten Bantul dengan luas sebesar 31.421 Ha (61.99%). Untuk wilayah timur dan barat umumnya berupa daerah yang mempunyai kemiringan 40,0% dengan luas sebesar 15.148 Ha (30%). Sebagian kecil wilayah timur dan barat

seluas 4.011 Ha (8%) mempunyai kemiringan lereng di atas 40.1%. Apabila dilihat per wilayah kecamatan terlihat bahwa wilayah kecamatan yang paling luas memiliki lahan miring terletak di Kecamatan Dlingo dan Imogiri, sedangkan wilayah kecamatan yang didominasi oleh lahan datar terletak di Kecamatan Sewon dan Banguntapan.

3.3 Jenis Tanah

Struktur tanah menurut jenisnya di wilayah Kabupaten Bantul terdiri dari 7 jenis tanah, yaitu tanah *Alluvial, Lithosol, Regosol, Renzina, Glumosol, Mediteran,* dan *Latosol*. Jenis tanah dengan luas sebenarnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Kelas Ketinggian dengan Luas Penyebaran

No.	Jenis Tanah	Luas	Ha %
1	Rendzina	787,8	1,55
2	Alluvial	1.188,5	2,34
3	Grumosol	7.607,7	15,01
4	Latosol	6.537,9	12,89
5	Mediteran	1.564,4	3,08
6	Regosol	25.930,9	51,16
7	Litosol	7.067,8	13,97
	Jumlah	50.685,0	100,00

Sumber : Dinas Pertanian dan Kehutanan Kab. Bantul

Jenis tanah *Regosol* merupakan jenis tanah yang dominan di wilayah Kabupaten Bantul. Jenis tanah ini tersebar pada Kecamatan Kasihan, Sewon, Banguntapan, Jetis, Bantul dan Bambanglipuro seluas 25.930,9 ha (51,16%).

Tanah *Regosol* adalah tanah yang berasal dari material gunung berapi, bertekstur (mempunyai butiran) kasar bercampur dengan pasir, dengan solum tebal dan memiliki tingkat kesuburan rendah.

Tanah *Litosol* berasal dari batuan induk batu gamping, batu pasir dan breksi/konglomerat, tersebar di Kecamatan Pajangan, Kasihan dan Pandak.

Tanah *Mediteran* berasal dari batu gamping karang, batu gamping berlapis dan batu pasir, tersebar di Kecamatan Dlingo dan sedikit di Sedayu.

Tanah *Latosol* berasal dari batuan induk breksi, tersebar di Kecamatan Dlingo, Imogiri, Pundong, Kretek, Piyungan dan Pleret.

Tanah *Grumosol* berasal dari batuan induk batu gamping berlapis, napal dan tuff, terdapat di Kecamatan Sedayu, Pajangan, Kasihan, Pandak, Sanden, Bambanglipuro dan Srandakan.

3.4 Kondisi Geologi dan Hidrogeologi

Untuk kondisi geologi dan hidrogeologi di TPA baru mencakup sebagai berikut:

3.4.1 Formasi Geologi

Formasi Geologi menunjukkan kelompok-kelompok batuan yang berguna sebagai indikator terdapatnya suatu bahan tambang. Untuk mengetahui jumlah cadangan bahan galian dan prospek pengembangannnya memerlukan penanganan lebih lanjut dari dinas/instansi terkait.

Jenis batuan yang terdapat di Kabupaten Bantul secara umum terdiri dari tiga jenis batuan, yaitu batuan beku, batuan sedimen dan endapan.

Berdasarkan sifat-sifat batuannya dapat dirinci menjadi 7 formasi, yaitu :

a. Formasi Yogyakarta (46%)
b. Formasi Sentolo (18%)
c. Formasi Sambipitu (3%)
d. Formasi Semilir-Nglaggran (24%)
e. Formasi Wonosari (8%)
f. Gumuk Pasir (1%)

3.4.2 Air Tanah

Air tanah yang dimaksud adalah lapisan tanah yang sudah ada airnya (pada akuifer). Parameter yang penting dalam hal ini adalah kedalaman air tanah dan faktor permeabilitasnya, sama seperti tanah diatas akuifer. Diharapkan nilai permeabilitasnya kecil $< 10^{-6}$ cm/det dengan kedalaman $\geq$ 10 m., dengan permeabilitas tanah $1{,}1.10^{-6}$ cm/dt, arah aliran air tanah Timur Laut dengan besar gradien 8,3 % dan kecepatan rembesan (v) $9{,}1.1^{-8}$ cm/dtk.

3.4.3 Sistem Aliran Air Tanah

Sistem aliran air tanah yang digunakan di TPA adalah *recharge area regional* dan lokal. *Recharge* adalah daerah pengisian kembali air, sedangkan *discharge* adalah daerah dimana air tanah dapat muncul kembali (mata air,dsb). TPA Piyungan merupakan daerah *recharge area regional* dan lokal karena tidak ada mata air yang berasal dari TPA tersebut.

3.5 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di Kabupaten Bantul diklasifikasikan menjadi kampung/permukiman, sarana sosekbud, pertanian, perhubungan, perindustrian, pariwisata, pertambangan, hutan dan air permukaan. Tahun 2003 terjadi alih fungsi lahan pertanian menjadi tanah non pertanian seluas 213,748 ha. Alih fungsi lahan pertanian, umumnya menjadi permukiman dan tempat usaha. Perkembangan

pemanfaatan/penggunaan lahan dan perkembangan status lahan di wilayah Kabupaten Bantul pada tahun 2001 dan 2003 dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut :

Tabel 3.2 Klasifikasi Penggunaan Lahan di Kab. Bantul Tahun 2001 dan 2003

No.	Klasifikasi	Luas (ha)	
		2001	2003
1	Kampung/Pemukiman	3.606,30	3.635,24
2	Kebun Campur	16.604,50	16.604,50
3	Sawah	16.261,24	16.232,30
4	Tegalan	6.638,89	6.638,90
5	Perkebunan Rakyat	-	-
6	Hutan	1.385,00	1.385,00
7	Tanah Tandus	573,00	573,00
8	Tanah Kosong	-	-
9	Telaga/Waduk	-	-
10	Lain-lain	5.616,05	5.616,025
	Jumlah	**50.684,98**	**50.684,99**

Sumber : BPN Kabupaten Bantul

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa terdapat kecenderungan adanya penurunan luas lahan pertanian pada sawah dan tegalan. Lahan pertanian tersebut dimungkinkan mengalami perubahan fungsi yang umumnya berubah menjadi kampung/pemukiman, kantor/pabrik dan sarana perhubungan.

3.6 Tanah Penutup

Alternatif penyedian tanah penutup dapat diperoleh dari tempat lain yang tidak jauh dari lokasi, yaitu dari kawasan disekitarnya. Dimana lokasi tanah penutup berada di sebelah timur dari lokasi penimbunan sampah. Untuk tanah penutup sendiri berasal dari tanah hasil kerukan atau galian untuk tempat penimbunan sampah yang berasal dari kompartemen 4 dan jenis tanah penutup adalah tanah yang tidak kedap air sehingga dapat menyerap air *leachate* yang dapat dialirkan ke pipa *leachate* menuju unit pengolahan limbah.

3.7 Klimatologi

Komponen iklim terbentuk dari berbagai unsur iklim seperti temperatur udara, curah hujan dan angin. Curah hujan rerata 500-1000 mm/tahun dengan bulan basah Nopember-April dan bulan kering Juni-September. Suhu rata-rata 26,2 derajat Celcius dan kelembaban rata-rata 82%. Dimana lokasi TPA Piyungan memiliki curah hujan rendah sehingga lokasi TPA Piyungan termasuk daerah tandus.

3.8 Kapasitas Lahan

Dalam perencanaan untuk 15 tahun mendatang sekitar 22 Ha dengan masa pakai sampai tahun 2023 dengan masing-masing volume tampung kompartemen 1,2 dan 3 adalah 5 Ha dan kompartemen 4 adalah 6 Ha dan sisa lahan, kurang lebih satu hektar untuk keperluan penempatan garasi, bengkel, ruang operasional dan pengolahan *leachate*.

BAB IV

METODE PERENCANAAN

Secara garis besar perencanaan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

4.1 Tahap Perencanaan

1. Pengumpulan data Primer

   Mengetahui berapa banyak *leachate* dan volume gas yang dihasilkan di TPA Piyungan dilihat dari karakteristik sampah, sumber sampah dan timbunan sampah.

2 Pengumpulan data sekunder

   a. Peta Topografi dengan skala 1 : 25000

   b. Peta Tata Guna Lahan, skala 1:25.000

   c. Data Curah Hujan

   d. Data Volume Sampah

   e. Data Tes Laboratorium – *Heating Value* Cv (Kcal/Kg)

   f. Data Hasil Pengujian Parameter *Leachate* Piyungan.

Dimana semua data tersebut diatas diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Keindahan Pemakaman (DKKP), Badan Pemerintah Propinsi Daerah (BAPPEDA), Sekretariat Bersama Yogyakarta Sleman dan Bantul (SEKBER KARTAMANTUL), Laboratorium Teknik Pusat Studi Bioteknologi dan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL).

3. Studi Literatur

Mempelajari berbagai buku-buku, penelitian-penelitian dan jurnal-jurnal yang terkait dengan masalah TPA.

4. Pengolahan data.

a. Data Curah Hujan digunakan untuk mengetahui intensitas hujan tahunan dengan metode Talbot, Sherman dan Ishigoro sehingga diperoleh debit *leachate* yang juga tergantung pada luas lahan dan koefisien pengaliran.

b. Mengetahui kondisi *exsiting* produksi *leachate* yang di hasilkan di TPA Piyungan sebesar 0.5 ltr/dtk dengan melakukan pengukuran langsung dilapangan yaitu mengukur panjang, lebar dan kedalaman saluran outlet sebagai perbandingan dari hasil *leachate* di TPA baru sebesar 0.1 ltr/dtk, berdasarkan perhitungan untuk debit *leachate* dengan intensitas 15 tahun.

c. Peta Tata Guna Lahan digunakan untuk menghitung dimensi bangunan drainase dan untuk mengeplotkan *site plan* prasarana di TPA baru sesuai dengan kontur peta.

d. Data Volume Sampah yang didapat dari perhitungan timbunan sampah setiap hari dikali jumlah penduduk digunakan untuk menghitung volume gas metan dan karbodioksida dalam satuan ton/hari untuk timbunan sampah setiap tahun.

e. Data hasil pengujian laboratorium *Moisture Content* dilakukan di Laboratorium Teknik Pusat Studi Bioteknologi di Jalan Teknika Utara, Barek Kabupaten Sleman, masing-masing material/elemen yang dipisahkan dari setiap sampel (m^3) dan digunakan untuk mengetahui besaran nilai pemanasan (nilai kalori)

yang lebih dikenal dengan *Heating Value* (CV) dalam Kcal/kg (atau equivalent). Dari pengujian berat sampah basah didapat berat kering dalam bentuk persen (%) kemudian berat kering digunakan untuk menghitung volume gas metan dan karbodioksida yang terdekomposisi secara cepat dan lambat.

f. Data hasil pengujian parameter *leachate* digunakan untuk merencanakan alternatif pengolahan *leachate* yang bertujuan untuk mengolah parameter-parameter yang ada, sehingga hasil keluarannya memenuhi standar baku mutu.

5. Desain Perencanaan

a. Tahapan-tahapan dalam desain saluran drainase TPA meliputi:

a). Menentukan luas daerah pengaruh masing-masing stasiun pengamat hujan dengan metode Polygon Thiessen. Dari luasan tersebut dapat diperoleh nilai curah hujan rata-rata tiap tahun untuk masing-masing daerah satsiun pengamat (Pleret, Patuk, Baguntapan dan Prambanan).

b). Data curah hujan rata-rata telah diperoleh maka dapat dihitung curah hujan harian maksimum dengan menggunakan metode Gumbel, Iway Kadoya dan metode Log Pearson Tipe III. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan tiga (3) metode tersebut lalu dibandingkan dan dipilih metode yang menghasilkan hasil perhitungan terbesar.

c). Untuk menghitung distribusi hujan diperlukan data hujan harian maksimum (HHM) metode yang digunakan yaitu metode Hasper-Weduwen

d). Dari metode Hasper-Weduwen tersebut digunakan untuk menghitung lengkung intensistas hujan dengan metode Talbot, Sherman dan Ishigoro. Sehingga didapat nilai yang terkecil dari intensitas hujan

e). Dalam melakukan perhitungan debit saluran harus diketahui koefisien pengaliran, jarak limpasan, slope limpasan, panjang saluran, slope drainase, luas area pelayanan, kecepatan asumsi dan koefisien manning.

f). Dari debit masing-masing yang diperoleh dapat menentukan dimensi saluran drainase untuk panjang, lebar, luas penampang, kedalaman, freeboard dan kecepatan pengaliran.

g). Untuk mendapat nilai elevasi saluran drainase terkait dengan panjang saluran, slope saluran, kedalaman, freeboard dan headloss, dan tabel langkah-langkah perhitungan dapat dilihat pada lampiran P.

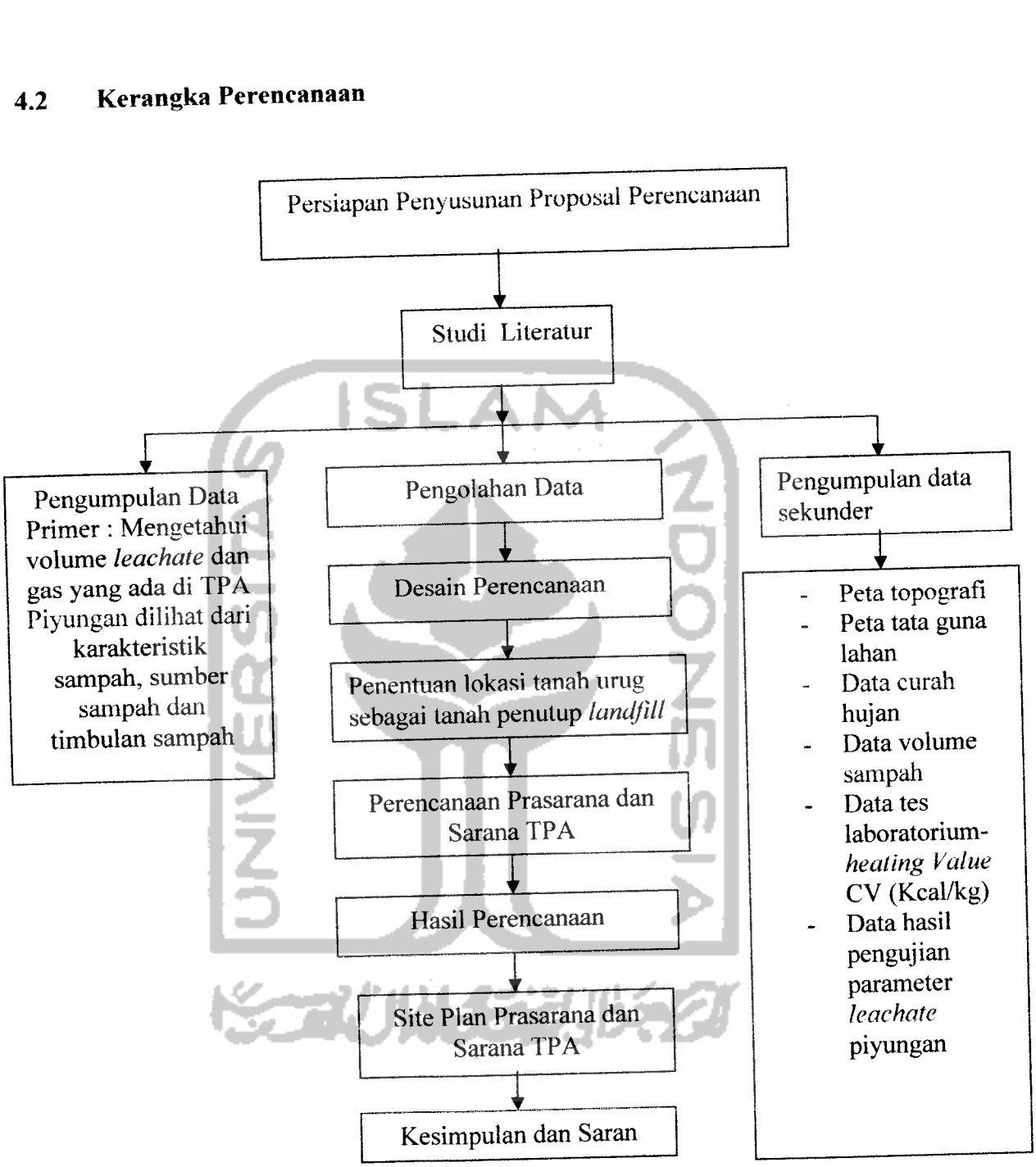
6. Perencanaan prasarana dan sarana TPA baru

   Perencanaan prasarana dan sarana untuk lokasi TPA baru meliputi desain kantor, garasi, bengkel, pos jaga, musholla, bangunan pengolahan *leachate*, lokasi jembatan timbang, drainase, lokasi sumur pemantau, penempatan pipa *leachate* dan dermaga.

7. Site Plan Prasarana dan Sarana TPA

8. Kesimpulan dan Saran.

4.2 Kerangka Perencanaan



BAB V

HASIL PERENCANAAN

5.1 Type Jaringan Jalan TPA Yang Digunakan

Jalan Operasional adalah jalan yang bermula dari ujung jalan masuk sampai ke tempat pengosongan truk, dimana truk menimbun sampahnya dan kemudian diambil alih oleh peralatan sampah. Jalan operasional mempunyai lebar jalan 6 m dan panjangnya sekitar 1800 m, kemiringan permukaan 2-3% ke arah saluran drainase, dapat dilalui kendaraan truk sampah dari 2 arah, mampu menahan beban perlintasan dengan tekanan gandar 10 ton dan kecepatan 30 km/jam (sesuai ketentuan Ditjen Bina Marga).

Jalan operasional tersebut dibangun pada landasan yang kuat di lokasi TPA tersebut. Lapisan atas jalan tersebut harus mempunyai daya serap tinggi agar dapat dengan cepat menyerap air hujan. Bila sistem drainase pada jalan operasional tersebut tidak berfungsi dengan baik, seluruh operasi di TPA akan terganggu.

Bila sampah telah mencapai elevasi jalan, maka ketinggian jalan operasional tersebut harus dinaikkan. Hal ini biasanya dilaksanakan dengan sampah yang ditutup bongkaran bangunan (pecahan batu bata) atau material sejenis. Lapisan tersebut hendaknya terdiri material kasar untuk menjamin bahwa sistem drainase pada jalan tersebut bekerja dengan baik. Gambar jalan dapat dilihat pada lampiran G.

5.2 Perhitungan Luas Lahan Bangunan

Dalam hal ini sarana terdiri dari (Sumber: Data Arsitek,jilid 2;1990):

a. Ruang kantor Piyungan direncanakan berdasarkan jumlah pegawai sesuai dengan kondisi exsisting yang ada di TPA lama yang mana terdiri dari ruang kepala unit, ruang wakil kepala, ruang sekretaris, ruang tamu, ruang karyawan administrasi, ruang perencanaan teknis, ruang rapat, ruang bagian operasi, Mechanical Engeneering Electronical (MEE), ruang pemeliharaan, ruang kepala bagian operasional, dapur dan kamar mandi dengan luasan keseluruhan adalah 994 m^2. Untuk kebutuhan perorang adalah $4m^2$ (sirkulasi perorang 80cm), dimana dilengkapi dengan meja dan kursi sesuai dengan besaran ruangan dan gambar dapat dilihat pada lampiran H
b. Pos Jaga dengan lebar dan panjang adalah 2.5m x 2.5m dengan luas total $6.25m^2$.
c. Ruang operasional dan gudang alat berat dengan luas $48m^2$
d. Musholla dan kran umum dengan luas total $100m^2$.
e. Gudang digunakan untuk tempat kertas-kertas bekas, kardus, peralatan untuk membersihkan kantor (sapu,dll) dengan luasan sebesar $12m^2$.
f. Tempat cuci kendaraan (untuk 2 kendaraan) dengan luas $23m^2$

5.3 Perencanaan Saluran Drainase

Sistem drainase direncanakan untuk menampung dan menyalurkan air *leachate* ke sistem pengolahan yang ada di bawah TPA. Sistem drainase tersebut adalah penting bagi seluruh lokasi TPA tersebut. Bila sistem tersebut macet,

ketinggian air di TPA akan meningkat. Lambat laun TPA tersebut akan tergenang dan selama musim hujan tidak dapat dimasuki. Selain itu, air *leachate* tersebut akan merembes ke bagian TPA yang lebih rendah dan bisa menyebabkan pencemaran terhadap air tanah. Oleh karena itu, operasi dan pemeliharaan sistem drainase merupakan prioritas mutlak.

Pada perencanaan dimensi drainase dimulai dengan menghitung hujan rata-rata daerah aliran, pada perencanaan ini menggunakan metode Poligon Thiessen. Stasiun daerah yang mempengaruhi kecamatan piyungan adalah Stasiun Pleret, Patuk, Baguntapan dan Prambanan. Pembagian daerah pengamatan hujan untuk masing-masing stasiun pengamatan berdasarkan metode poligon thiessen dapat dilihat pada gambar 5.1 sebagai berikut :



Gambar 5.1. Daerah Tangkapan Hujan

Luas daerah pengaruh tangkapan hujan untuk masing-masing stasiun yaitu:

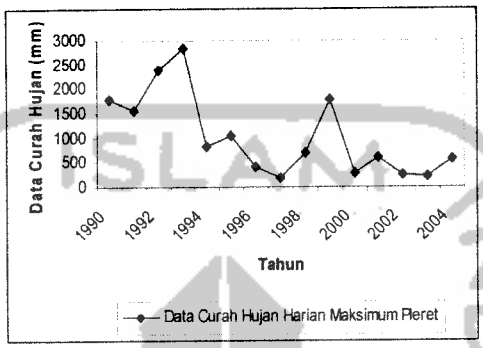
a. Stasiun Pleret, luas daerah pengaruh = 10.8 km^2

b. Stasiun Prambanan, luas daerah pengaruh = 13.4 km^2

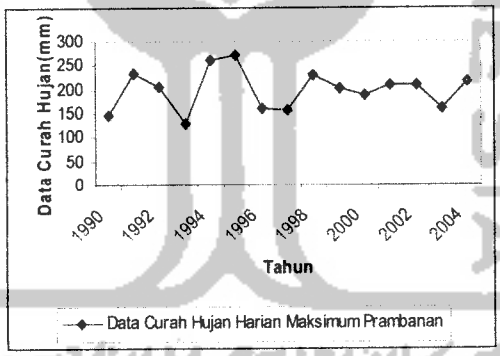
c. Stasiun Patuk, luas daerah pengaruh = 15.6 km^2

d. Stasiun Banguntapan, luas daerah pengaruh = 19.5 km^2

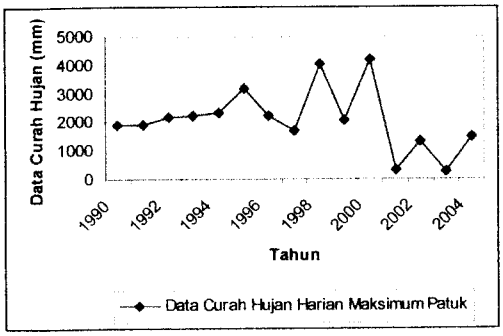
Rekapitulasi data curah hujan harian maksimum tiap tahun dari masing-masing stasiun pengamat di Kabupaten Bantul pada (lampiran A tabel 5.1) dapat dilihat pada gambar 5.2, 5.3, 5.4 dan 5.5 sebagai berikut :



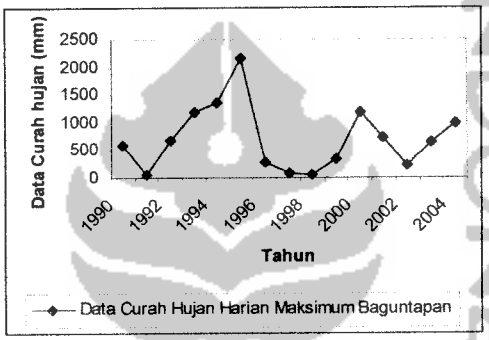
Gambar 5.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum Pada Stasiun Pengamat Kecamatan Pleret



Gambar 5.3 Data Curah Hujan Harian Maksimum Pada Stasiun Pengamat Kecamatan Prambanan



Gambar 5.4 Data Curah Hujan Harian Maksimum Pada Stasiun Pengamat Kecamatan Patuk



Gambar 5.5 Data Curah Hujan Harian Maksimum Pada StasiunPengamat Kecamatan Banguntapan

Maka Curah Hujan Rata-rata, misalnya untuk tahun 1990, dengan mempergunakan rumus (2.5), ialah:

$$R = \frac{(10.8*1785)+(13.4*146)+(15.6*1929)+(19.5*583)}{10.8+13.4+15.6+19.5}$$

$$= 1057 \text{ mm}$$

$$R = \frac{\sum R}{n}$$

$$= \frac{15260}{15}$$

$$R = 1017 \text{ mm}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum\left(R - \overline{R}\right)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2674962)}{15-1}}$$

SD = 461

Untuk tahun selanjutnya dapat dilihat pada lampiran A (tabel 5.2). Hasil perhitungan dari Metode Polygon Thiessen dapat digunakan untuk menentukan curah hujan harian maksimum dengan metode gumbel.

Dari tabel a reduced mean (Yn) dan reduced standart deviation (Sn) pada lampiran B, dapat diperoleh nilai Yn dan Sn untuk n = 15, yaitu:

Yn = 0.5128

Sn = 1.0206

$$Yt = -\left(LnxLnx\frac{T}{T-1}\right)$$

$$= -\left(LnxLnx\frac{5}{5-1}\right)$$

Yt = 1.49994 (untuk 5 tahun)

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn}$$

$$= \frac{1.49994 - 0.5128}{1.0206}$$

K = 0.967215

Rt = R +(K x SD)

= 1017+(0.9672 x 461)

Rt = 1463 mm

Dalam tugas perencanaan sistem drainase ini, PUH yang digunakan adalah 5.10.15.20 dan 25 tahun. Untuk hasil perhitungan hujan harian maksimum metode Gumbel dapat dilihat pada tabel 5.3 (lampiran A).

Dalam menghitung curah hujan harian maksimum dengan menggunakan Metode Iway Kadoya, dapat dilakukan melalui tahap-tahap berikut:

a. Harga curah hujan (R) disusun mulai dari harga yang terbesar, kemudian melakukan perhitungan yang diperlukan.

b. Memperkirakan harga Xo dengan rumus 2.14

c. Memperkirakan harga b digunakan Tabel 5.5 pada lampiran A, dimana nilai dari Xs adalah dua nilai curah hujan terbesar dan untuk Xt adalah nilai dari curah hujan yang terkecil. Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran A (tabel 5.4)

d. Dari lampiran A (tabel 5.4) dapat dihitung nilai $\frac{1}{c}$ dengan menggunakan rumus (2.16)

dimana : $\mathbf{X^2} = \frac{\left[\sum Log(x+b)\right]^2}{15}$

$= \frac{132.42582}{15}$

$= 8.8284$

$Xo = \frac{\sum Log(x+b)}{15}$

$= \frac{44.4658}{15}$

$Xo = 2.9644$

$$\frac{1}{c} = \sqrt{\frac{2x15}{15-1}} x \sqrt{8.8284 - (2.9644)^2}$$

$$= 1.46385 \times 0.2018$$

$$\frac{1}{c} = 0.2954$$

Untuk hasil perhitungan curah hujan Metode Iway Kadoya dapat dilihat pada lampiran A (tabel 5.6).

Dalam menghitung curah hujan harian maksimum dengan menggunakan Metode Log Pearson Type III, data curah hujan (x) disusun atau diurutkan dari data terbesar sampai data yang terkecil. Data curah hujan maksimum Metode Log Pearson Type III dapat dilihat pada lampiran A (tabel 5.7)

Perkiraan harga HHM untuk periode ulang tahunan dapat dilihat pada lampiran A (tabel 5.8) dan untuk menentukan nilai Cs dapat menggunakan rumus (2.19) dan SD pada rumus (2.20)

$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

$$= \frac{44.466}{15}$$

$$X = 2.9644$$

$$Cs = \frac{nx\sum\left(Xi - \overline{X}\right)^3}{(n-1)x(n-2)x(\sigma x)^3}$$

$$= \frac{15x(-0.057)}{(15-1)x(15-2)x(0.209)}$$

$$Cs = -0.0225$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.612}{15-1}}$$

SD = 0.209

Dari ketiga metode tersebut dipilih metode Gumbel untuk perhitungan selanjutnya karena memiliki hasil perhitungan terbesar dibandingkan dengan kedua data lainnya.

Untuk menghitung distribusi hujan, maka diperlukan data Hujan Harian Maksimum (HHM) dari metode gumbel. Waktu distribusi hujan yang digunakan ialah : 5,10,20,30,40,60,80,120 menit. Untuk nilai R_1 menggunakan persamaan 2.25, nilai R^t_T menggunakan persamaan 2.24 dan nilai I menggunakan persamaan 2.26.

Contoh :

Perhitungan untuk PUH 5 tahun dengan waktu durasi 5 menit (0.0833 jam).

Diketahui: **t = 0.0833**

$$R_1 = \frac{(1463x(1218x0.0833 + 54))}{(1463x(1 - 0.0833) + 1272x0.0833)}$$

$$= \frac{227437.1022}{1447.0897}$$

R_1 = 156.512 mm

$$R^{t}_{T} = \left[\frac{(11300x0.0833)}{(0.0833+3.12)}\right]^{0.5} x\left(\frac{156.512}{100}\right)$$

$= 17.1421 \times 1.56512$

$R^{t}_{T} = 26.954$ mm

$$I = \left(\frac{26.954}{0.0833}\right)$$

$I = 323.452$ mm/jam

Hasil perhitungan distribusi hujan dengan menggunakan Metode Hasper – Weduwen secara lengkap dapat dilihat pada lampiran A (tabel 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 dan 5.14).

Untuk menghitung lengkung intensitas hujan dengan metode Talbot, Sherman dan Ishigoro. Hasil perhitungan lengkung intensitas hujan dengan Talbot dapat dilihat pada lampiran A (5.15, 5.16, 5.17, 5.18 dan 5.19), Sherman dapat dilihat pada lampiran A (Tabel 5.20, 5.21, 5.22, 5.23 dan 5.24) dan hasil perhitungan lengkung intensitas hujan dengan Ishigoro dapat dilihat pada lampiran A (tabel 5.25, 5.26, 5.27, 5.28 dan 5.29).

Contoh perhitungan:

A. Rumus Talbot

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

a. $= \dfrac{(\sum Ixt)x(\sum I^2) - (\sum I^2 xt)x(\sum I)}{Nx(\sum I^2) - (\sum I)^2}$

$= \dfrac{(3541.128x2543387.915) - (3609829.613x4262.762)}{(8x2543387.915) - (4262.762)^2}$

a. $= 51.042$

b. $= \dfrac{(\sum I)x(\sum Ixt) - Nx(\sum I^2 xt)}{Nx(\sum I^2) - (\sum I)^2}$

$= \dfrac{(4262.762x3541.128) - (8x3609829.613)}{(8x2543387.915) - (4262.762)^2}$

b. $= 0.110$

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

$= \dfrac{51.042}{0.0833 + (0.110)}$

I $= 264.010$ mm/jam

B. Rumus Sherman

Log a $= \dfrac{\sum \log Ix \sum (\log t)^2 - (\sum \log tx \log I)x \sum \log t}{Nx \sum (\log t)^2 - (\sum \log t)^2}$

$= \dfrac{(21.692x2.226) - (-6.153x - 2.386)}{(8x2.226) - (2.386)^2}$

Log a $= 2.77356$

a $= 593.69$

$$n = \frac{\sum \log Ix \sum \log t - Nx\left(\sum \log I \log t\right)}{Nx\sum (\log t)^2 - \left(\sum \log t\right)^2}$$

$$= \frac{(21.692x - 2.386) - (8x - 6.153)}{(8x2.226) - (-2.386)^2}$$

n = -0.20828

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

$$I = \frac{593.69}{0.0833^{(-0.20828)}} \quad \text{(untuk 5 tahunan)}$$

I = 353.824 mm/jam

C. Rumus Ishigoro

$$a = \frac{\sum \left(Ix\sqrt{t}\right)x\sum I^2 - \sum \left(I^2 x\sqrt{t}\right)x\sum I}{Nx\sum I^2 - \left(\sum I\right)^2}$$

$$= \frac{(3627.436x2421466.083) - (2161774.339x4262.762)}{(8x2421466.083) - (4262.762)^2}$$

a = -359.34

$$b = \frac{\sum Ix\sum \left(Ix\sqrt{t}\right) - Nx\sum \left(I^2 x\sqrt{t}\right)}{Nx\sum I^2 - \left(\sum I\right)^2}$$

$$= \frac{(4262.762x3627.436) - (8x2161774.339)}{(8x2421466.083) - (4262.762)^2}$$

b = -1.52533

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

$$= \frac{-359.34}{\sqrt{0.0833+(-1.52533)}}$$

I = 290.574 mm/jam

Setelah menentukan rumus intensitas berdasarkan ketiga metode Talbot, Sherman, Ishigoro lalu dicari nilai terkecil dengan membandingkan hasil ketiga metode tersebut dengan nilai Intensitas Hujan hasil perhitungan Hasper Weduwen. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A (tabel 5.30, 5.31, 5.32, 5.33 dan 5.34). Didapat beda terkecil dengan rumus Sherman, sehingga untuk persamaan Intensitas curah hujan dan perhitungan debit limpasan untuk PUH = 5 tahunan sampai 25 tahunan menggunakan persamaan Sherman.

Dalam perencanaan ini, jaringan penyaluran drainase terdiri dari saluran sekunder, dimana saluran sekunder dapat dialirkan ke badan air penerima yaitu sungai. Jaringan disesuaikan dengan kondisi medan yang ada (elevasi muka tanah), dimana elevasi saluran disamakan dengan elevasi muka tanah dan saluran drainase ini merupakan saluran terbuka.

Sebelum melakukan perhitungan debit saluran, maka terlebih dahulu harus diketahui koefisien pengalirannya. Data ini diperoleh dari peta tata guna lahan yang digunakan sebagai dasar penentuan harga koefisien pengaliran (C). Apabila luas lahan ≤ 1300 ha, maka tidak menggunakan koefisien penampungan (Cs). Hasil perhitungan dimensi saluran drainase dilihat pada lampiran A (tabel 5.37 dan tabel (5.38).

Contoh perhitungan untuk satu elevasi

Dimana:

Type daerah pengaliran = Daerah yang tidak dikerjakan

C = koefisien pengaliran

Ld = Panjang saluran (m)

Sd = Slope saluran

Lo = Panjang limpasan (m)

So = Slope limpasan

to = Waktu limpasan (menit)

td = Waktu pengaliran (menit)

tc = Waktu konsentrasi (menit)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

Q = Debit (m^3/dtk)

h = Kedalaman (m)

A = Luas penampang (m^2)

b = Lebar (m)

f = Freeboard (m)

Diketahui

Luas 1 Ha

C = 0.10 – 0.30

C = 0.30

$$Cgab = \frac{100\% * 1 * 0.3}{1}$$

Cgab = 0.3

Muka tanah awal (m) = 137.5 m

Muka tanah akhir (m) = 125 m

Ld = 375 m

$$Sd = \frac{137.5 - 125}{375}$$

$$= 0.0333$$

Muka tanah awal (m) = 138 m

Muka tanah akhir (m) = 137.5 m

Lo = 25 m

$$So = \frac{138 - 137.5}{25}$$

So = 0.0200

$$to = \frac{\left\{3.26(1.1 - c)x(Lo)^{0.5}\right\}}{So^{1/3}}$$

$$= \frac{\left\{3.26(1.1 - 0.3)x(25)^{0.5}\right\}}{0.0200^{1/3}}$$

to = 48.04 menit

$$td = \frac{\left(\frac{Ld}{V}\right)}{\left(\frac{1}{60}\right)}$$

$$= \frac{\left(\frac{375}{2.5}\right)}{\left(\frac{1}{60}\right)}$$

td = 2.5 menit

tc = to + td

= 48.04+ 2.5

tc = 50.54 menit

Sherman 15 Tahun

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

$$= \frac{207.429}{50.54^{(-0.31753)}}$$

I = 720.82 mm/jam

$$Q = \frac{\left(\frac{100}{36}\right) xCgabxAxI}{1000}$$

$$= \frac{\left(\frac{100}{36}\right) x0.3x1x720.82}{1000}$$

Q = 0.62 m^3/dtk

$$h = \left\{ \frac{Q}{83{,}995 \times (Sd)^{1/2}} \right\}^{3/8}$$

$$= \left\{ \frac{0.62}{83.995x(0.0333)^{1/2}} \right\}^{3/8}$$

h = 0.3 m

$$A = 2h^2$$

$$= 2 \times 0.3^2$$

A = 0.18m^2

b $= 2h$

$= 2 \times 0.3$

b $= 0.6$ m

R $= 0{,}5h$

$= 0.5 \times 0.3$

R $= 0.15$ m

f $= \sqrt{c.h}$

$= \sqrt{0.23x0.3}$

f $= 0.30$

Karena $0{,}6 \leq Q < 8m^3 / dtk$

Nilai C diasumsikan $= 0{,}23$

Vcek $= \left\{ \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times Sd^{1/2} \right\}$,

$= \left\{ \frac{1}{0.015} x0.15^{2/3} x0.0333^{1/2} \right\}$

Vcek $= 3.4$ m/s

Vkontrol $= \frac{Q}{A}$

$= \frac{0.62}{0.18}$

$= 3.4$ m/dtk

Perhitungan elevasi drainase untuk satu saluran drainase

Contoh :

Hf $= Ld \times Sd$

= 375 x 0.0333

= 12,5 m

Elevasi Dasar Saluran Awal.

=Elevasi muka tanah awal - h - f

=137.5 - 0,3 - 0,3

=136,9 m

Elevasi dasar saluran akhir

=Elevasi dasar saluran awal - Hf

=136,9 – 12,5

=124,4 m

Kedalaman awal

=Elevasi muka tanah awal saluran - Elevasi dasar saluran awal

=137.5 - 136,9

=0.6 m

Kedalaman akhir

=Elevasi muka tanah akhir saluran - Elevasi dasar saluran akhir

=125 -124,4

=0.6 m

Elevasi muka air awal

= Elevasi muka tanah awal - f

= 137,5 - 0,3

= 137,2 m

Elevasi muka air awal

= Elevasi dasar saluran akhir + b

= 124,4 + 0,3

= 124,7 m

Gambar lokasi drainase dan potongan saluran drainase dapat dilihat pada lampiran G dan Hasil perhitungan elevasi saluran drainase dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.39 Elevasi Saluran Drainase

Ld (m)	h (m)	f (m)	Sd	Hf (m)	El.muka tanah (m)		El.dasar sal. (m)		Kedalaman (m)		El.muka air (m)	
					awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir
375	0.3	0.3	0.0333	12.5	137.5	125	136.9	124.4	0.6	0.6	137.2	124.7
375	0.5	0.3	0.0333	12.5	125	112.5	124.2	111.7	0.9	0.9	124.6	112.1
375	0.5	0.3	0.0333	12.5	112.5	100	111.7	99.2	0.9	0.9	112.1	99.6
375	0.5	0.3	0.0333	12.5	100	87.5	99.2	86.7	0.9	0.9	99.6	87.1
375	0.6	0.4	0.0333	12.5	87.5	75	86.6	74.1	0.9	0.9	87.1	74.6
375	0.5	0.4	0.0333	12.5	75	62.5	74.1	61.6	0.8	0.8	74.7	62.2
350	0.4	0.3	0.0214	7.5	62.5	55	61.8	54.3	0.7	0.7	62.2	54.7

Keterangan :

Ld : Panjang Saluran

h : Kedalaman Saluran

f : Freeboard

Sd : Slope Drainase

Hf : Kehilangan Energi.

5.4 Daerah Penyangga

Daerah penyangga dapat berfungsi untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pembuangan akhir sampah terhadap lingkungan sekitarnya. Daerah penyangga ini dapat berupa jalur hijau atau pagar tanaman disekelilingi TPA, gambar lokasi daerah penyangga berupa pagar tanaman dapat dilihat pada lampiran G, dengan ketentuan sebagai berikut :

a) Jenis tanaman adalah tanaman tinggi dikombinasikan dengan tanaman perdu yang mudah tumbuh dan rimbun.

b) Kerapatan pohon adalah 2-5 m untuk tanaman keras.

c) Lebar jalur hijau minimal 2 m.

5.5 Sistem Listrik Utama

Sistem listrik utama terdiri atas elemen sebagai berikut:

1. Gen set yang menghasilkan listrik yang diperlukan suplai tenaga listrik.
2. Panel utama yang dipasang di bengkel, untuk mengoperasikan gen set dan mendistribusikan daya ke panel lokal.
3. Panel-panel lokal untuk mengoperasikan sistem lokal di bengkel/garasi, kantor, untuk pompa air bersih pada pengambilan air baku dan untuk resirkulasi *leachate* pada sistem pengolahan *leachate*.
4. Kotak sekring lokal untuk sistem yang lebih kecil yang disambungkan ke panel lokal masjid dan gardu jaga.
5. Sambungan langsung dari panel induk ke penerangan luar dan kompresor (di bengkel).

6. Pemasangan kabel ground untuk generator, panel induk dan panel lokal terdapat dalam gambar 5.6, lampiran N, sistem tersebut ditampilkan secara skematis.

5.6 Perhitungan Luas Lahan Tersedia Dengan Memperhitungkan Kapasitas Luas Lahan

Untuk kapasitas lahan didapat berdasarkan perhitungan volume sampah, ketinggian timbunan yang direncanakan, kepadatan sampah dan penyusutan timbunan sampah akibat proses dekomposisi sampah.

Diketahui :

Luas lahan total 21 Ha, dimana direncanakan menjadi 4 kompartemen yang mana 3 kompartemen dengan luas lahan masing-masing 5 Ha dan kompartemen 4 dengan luas lahan 6 Ha.

a. Volume total sampah 8.3 juta m^3
b. Tinggi timbulan sampah direncanakan untuk 3 kompartemen adalah 25 m dan kompartemen 4 adalah 37.5 m.

Contoh perhitungan untuk kompartemen dengan luas lahan 6 Ha :

$$L = \frac{V}{T} \text{ x } 0.70 \text{ x } 1.15$$

$$60000 = \frac{V}{37.5} \text{ x } 0.70 \text{ x } 1.15$$

$$V = 2.795.031{,}056 \text{ } m^3$$

Jadi untuk kompartemen dengan luas lahan 6 Ha dengan total volume sampah 2.795.031,056 m^3 dan kompartemen dengan luas lahan total 15 Ha untuk 3 kompartemen adalah 5.504.968,944 m^3.

5.7 Denah Penempatan Pipa *Leachate*

Dalam perencanaan kami, denah penempatan pipa *leachate* ada dua yaitu 2 pipa primer dan pipa sekunder yang dapat dihubungkan dengan pipa utama (pipa primer).Jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC yang tahan karat dengan jarak untuk pipa sekunder adalah 15-20 m. Dari luas tiap kompartemen dan jarak antar pipa dapat diketahui jumlah pipa *leachate* dan agar pipa tidak mengalami penyumbatan akibat sampah maka dibuat karpet kerikil yang di sebar diatas pipa sebagai filter. Pada pipa sekunder terdapat lubang-lubang tempat masuknya *leachate*, yang berjumlah 50 buah untuk setiap 1 m^2. Gambar peletakan pipa *Leachate* pada lampiran H sedangkan contoh perhitungan masing-masing pipa sebagai berikut :

Contoh perhitungan:

Luas kompartemen 1 = 5 Ha

= 50000 m^2

= 224 m x 224 m

Jumlah pipa *leachate* untuk 3 kompartemen adalah 45 pipa *leachate*. Untuk kompartemen 4 jumlah pipa *leachate* adalah 16 pipa dengan luas lahan 6 Ha. Total seluruh pipa *leachate* sekunder adalah 61 dan pipa primer adalah 2 pipa.

Panjang pipa primer pertama 836 m dan pipa primer kedua adalah 633 m dengan diameter 150 mm sesuai dengan kriteria desain berdasarkan standar Departemen Pekerjaan Umum.

5.8 Perhitungan Debit Leachate 15 Tahun Mendatang

Produksi *leachate* dipengaruhi oleh luas area penimbunan, curah hujan dan koefisien pembentukan *leachate* (tergantung pada temperatur dan ketersediaan oksigen).

Rumus :

$$Q = 1/1000 \times C_m \times I_n \times A_t$$

$$C_m = 1/100 \times (0.002\ I_n^2 + 0.16\ I_n + 21)$$

Dimana :

C_m = Koefisien pembentukan lindi

I_n = Intensitas hujan

A_t = Luas lahan TPA

Diketahui:

$I_n = 953.62$ mm/jam

$I_n = 2{,}65 \times 10^{-4}$ m/dtk

$$C_m = 1/100 \times (0.002\ I_n^2 + 0.16\ I_n + 21)$$

$$= 1/100 \times ((0.002 * (2{,}65 \times 10^{-4})^2) + (0.16 * 2{,}65 \times 10^{-4}) + 21)$$

$$= 1/100 \times (1{,}405 \times 10^{-10} + 21.000)$$

$C_m = 0.21$

$Q = 1/1000 \times C_m \times I_n \times A_t$

$= 1/1000 \times 0.21 \times 2{,}65 \times 10^{-4} \times 2200$

$Q = 1{,}2 \times 10^{-4}\ m^3/dtk$

$Q = 0.1$ ltr/dtk

$Q = 8{,}6\ m^3/hari$

Hasil perhitungan diatas didapat debit *leachate* dalam 15 tahun mendatang adalah 8.6 m^3/hari. Dari hasil debit tersebut dapat dihitung dimensi pengolahan *leachate*.

5.9 Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah

Berdasarkan hasil pengujian di BTKL, kandungan *leachate* mengandung parameter-parameter berbahaya seperti tercantum pada tabel 5.40 sebagai berikut dibawah ini :

Tabel 5.40 Parameter *Leachate*

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil Analisis	
			3327F	3328F
Temperatur	der,C	30	29	29
Zat Padat Terlarut	mg/l	2000	8090	3320
Zat Padat Tersuspensi	mg/l	200	285	216
Besi terlarut	mg/l	5	4.14	3.06
Mangan Terlarut(Mn)	mg/l	2	1.25	0.87
Barium(Ba)	mg/l	2	-	-
Tembaga(Cu)	mg/l	2	<LD	<LD
Seng(Zn)	mg/l	5	<LD	<LD
Krom Heksavalen(cr)	mg/l	0.1	<LD	<LD
Krom Total(Cr)	mg/l	0.5	2.3968	0.3711
Kadmium(Cd)	mg/l	0.05	<LD	<LD
Raksa(Hg)	mg/l	0.002	ttd	ttd
Timbal(Pb)	mg/l	0.1	ttd	ttd
Stanum(Se)	mg/l	2	0.2565	0.2467
Arsen(As)	mg/l	0.1	ttd	ttd

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil Analisis	
			3327F	3328F
Selenium(Se)	mg/l	0.05	-	-
Nikel(Ni)	mg/l	0.2	0.1856	0.2068
Kobalt(Co)	mg/l	0.4	0.2565	0.2467
sianida(CN)	mg/l	0.005	0	0
Sulfida(H_2S)	mg/l	0.005	0	0
Fluorida(F)	mg/l	2	3.3	1
Klorin Bebas(Cl_2)	mg/l	1	ttd	ttd
Amoniak Bebas (NH_3-N)	mg/l	1	279.0179	69.6429
nitrat(NO_3-N)	mg/l	20	125.215	102.435
Nitrit($N0_2$-N)	mg/l	1	0.816	0.497
BOD	mg/l	50	1809	603
COD	mg/l	100	2895	966
Senyawa Aktif Biru	mg/l	5	1.52	1.3
Metilen	-			
Phenol	mg/l	0.5	0.7316	0.1075
Minyak Nabati	mg/l	5	-	-
Minyak Mineral	mg/l	10	-	-
Ph	-	6,0-9,0	9.0	9.0

Sumber: BTKL, 2000

Keterangan :

LD : Limited Detection

ttd : Tidak Terdeteksi

Dengan melihat hasil uji tersebut ada beberapa parameter yang harus diturunkan karena melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, untuk itu perlu ada sistem pengolahan air *leachate*. Sistem pengolahan air *leachate* didesain dengan maksud untuk mengurangi komponen pencemaran dari air *leachate* sehingga hasil effluen memenuhi baku mutu standar yang ditetapkan. Sebelum menentukan pengolahan mana yang paling efektif untuk mengolah parameter-parameter yang ada dalam *leachate*, terlebih dahulu mengkaji keuntungan-keuntungan dari masing-masing pengolahan biologis, seperti table dibawah ini:

Tabel 5.41 Keuntungan dari masing-masing Pengolahan Biologis

No	Pengolahan Biologis	Keuntungan
1	*Oxcidation Ditch*	a) Efisiensi penyisihan BOD sebesar 95-98% b) Effluen tidak berbau dan jauh dari gangguan lalat
2	*Aerobic Aerated Lagoon*	a) Dapat meremoval BOD hanya80 % b) Sangat efektif untuk menstabilkan limbah organik yang bersifat kuat dengan cepat c) Murah dalam pengoperasian dan konstruksinya d) Menghasilkan sedikit biomassa dari bahan organik yang telah diproses e) Tidak memerlukan energi tambahan karena tidak membutuhkan supplai udara, pemanasan dan pencampuran
3	*Activated Sludge*	a) Sistem *Activated Sludge* mempunyai efisiensi BOD removal yang tinggi 85%-95%. b) Pada sistem *Activated Sludge* effluent tidak berbau dan gangguan lalat tidak ada. c) Dapat dimodifikasi sesuai dengan karakteristik air buangan
4	*Constructed Wetlands*	a) Sistem pengolahan dilakukan di dalam tanah, sehingga penanganan air akan dapat diminimalkan dan timbulnya bau dapat dihindari. b) Tingkat removal atau efisiensi pengolahan yang cukup tinggi. c) Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya d) Sistem pengolahannya mudah dan murah. e) Mampu mengolah air limbah domestik dan industri di mana kualitas effluen yang dihasilkan terbukti baik dan sistem manajemen dab *control* yang mudah (*Gambrell*, 1994)
5	*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*	a) Kebutuhan energi rendah b) Kebutuhan lahan sedikit c) Biogas yang berguna d) Kebutuhan nutrien sedikit e) Sludge mudah diolah/dikeringkan f) Tidak mengeluarkan bau dan kebisingan g) Mempunyai kemampuan terhadap fluktuasi dan *intermitten load*

Tabel 5.42 Alternatif Unit Pengolahan Biologis

No	Analisa	Unit Pegolahan				
		Activated Sludge	***Oxidation Ditch***	***Lagoon***	***Upflow Anaerobic Sludge Blanket***	***Consructed Wetland***
1	**Aspek Teknis**					
	% Removel					
	a. BOD	85-95%	95-98%	80-95%	80-90%	25-50%
	b. COD	85-95%	95-98%	80-95%	80-90%	25-50%
	c. Parameter logam	25-50%	25-50%	25-50%		60-80%
	Tenaga Ahli	perlu tenaga ahli dan tenaga terlatih	perlu tenaga ahli dan tenaga terlatih	perlu tenaga ahli dan tenaga terlatih	perlu tenaga ahli dan tenaga terlatih	tidak perlu tenaga ahli dan tenaga terlatih
	Konstruksi	memerlukan lahan luas	memerlukan lahan luas	memerlukan lahan luas	Lahan tidak terlalu luas	memerlukan lahan luas
	Kemampuan operasional dan pemeliharaan	memerlukan perawatan khusus	memerlukan perawatan khusus	memerlukan perawatan khusus	memerlukan perawatan khusus	Tidak perlu perawatan khusus dalam pemeliharaannya
2	**Ekonomis**					
	Biaya Konstruksi	Mahal	Mahal	Murah	Murah	Mudah dan Murah
	Biaya operasional dan pemeliharaan	Mahal	Mahal	Murah	Murah	Murah
	Usia Bangunan	Lama	Lama	Lama	Lama	perlu penggantian media tiap periodenya
3	**Lingkungan**	hasil effluen aman bagi lingkungan	hasil effluen aman bagi lingkungan	hasil effluen aman bagi lingkungan	hasil effluen aman bagi lingkungan	hasil effluen aman bagi lingkungan

Untuk memilih pengolahan *leachate* dengan mempertimbangkan beberapa aspek dalam memilih alternatif pengolahan sebagai berikut:

a. Aspek Teknis

Bahwa desain yang dibuat harus mempunyai efisiensi yang tinggi, sehingga mampu mereduksi kandungan organik dari air limbah dan dari segi konstruksi yang menyangkut teknis pelaksanaan, ketersediaan tenaga ahli, kemudahan material konstruksi dan instalasi bangunan.

b. Aspek Ekonomis

Menyangkut masalah pembiayaan dalam hal ini konstruksi, operasi dan pemeliharaan instalasi bangunan pengolahan air buangan.

c. Aspek Lingkungan

Dalam pemeliharaan alternatif pengolahan air buangan, perlu mempertimbangkan antara lain : kemungkinan timbulnya gangguan pada penduduk dan terganggunya keseimbangan ekologi dan penggunaan lahan bangunan pengolahan air buangan dikaitkan dengan nilai produk limbah yang dapat mencemari lingkungan.

Berdasarkan parameter yang ada dan dengan melihat keuntungan-keuntungan dari masing-masing pengolahan dengan mempertimbangkan aspek-aspek dalam pemilihan pengolahan maka *leachate* dapat diolah dengan *Constructed wetland* dengan media enceng gondok untuk menurunkan parameter-parameter logam berat dan *Lagoon* untuk menurunkan BOD dan COD dengan konsentrasi penurunan sebesar 80-95%.

Kemampuan atau keuntungan dari enceng gondok adalah sebagai berikut:

a) Hidup pada suhu 28^0C-30^0C

b) Berhenti tumbuh pada suhu dibawah 10^0C dan diatas 40^0C

c) Tumbuh pada air tawar

d) Pertumbuhan semakin baik pada air tercemar oleh sampah karena eceng gondok dapat menggunakan Nitrogen, Fospor dan nutrien lain terdapat didalamnya.

e) Tumbuh pada pH = 4.0-10.0.

f) Eceng Gondok yang tumbuh pada air yang lebih asam/basa cenderung mengubah pH sehingga terletak didalam kisaran pH optimum (Asiyatun, 1993)

g) Eceng Gondok dapat berfungsi sebagai penyerap logam-logam berbahaya diantaranya Pb, As, Hg/Cd (Ahmady, 1995)

h) Eceng Gondok mampu menyerap unsur Cd dan Pb sebesar 3.92 mg/gram dan berat kering tanaman perhari selama periode waktu 4 hari, setelah periode 28 hari kemampuan penyerapannya menjadi berkurang. Pada periode tersebut Pb dan Cd yang diserap hanya 0.29 mg/gram berat kering tanaman perhari (Yuliawati, 1995).

Untuk perhitungan masing-masing dimensi bak pengolahan *leachate* dengan debit inlet adalah 0.1 L/dtk adalah seperti dibawah ini :

Contoh perhitungan untuk dimensi Pengolahan *Leachate :*

Untuk dimensi Bak ekualisasi :

Jumlah unit yang direncanakan : 1 unit

Panjang bak : 32m

tinggi bak : 5 m.

Lebar bak : 6 m

Untuk dimensi *Lagoon (Kolam Anaerobik, Fakultatif dan Maturasi) :*

Jumlah unit yang direncanakan : 3 unit

Panjang bak : 30 m

tinggi bak : 5 m.

Lebar bak : 9 m

Untuk dimensi Bak *Constructed Wetlands*:

Jumlah unit yang direncanakan : 2 unit

Waktu Detensi : 4 Hari

Debit tiap unit : 8640 l/hari/2 unit = 4,3 m^3/hari

Volume *Construction Wetlands*

V = Q x td

= 4,3 m^3/hari x 4 hari

= 17,3 m^3

Luas bak *Construction Wetlands* dengan tinggi unit = 0.5 m.

A = V/h

= 17,3 m^3/0.5 m

= 35 m^2

Dengan perbandingan panjang : lebar = 4 : 1, maka :

A = 4 L^2

L = $(A/4)^{1/2}$

= $(35\ m^2/4)^{1/2}$

= 3 m

P = 4 x 3

= 12 m

Untuk kemampuan penurunan tiap pengolahan (Sumber : Qasim, Syed R, 1985. Metcalf and eddy, 1979) dapat dilihat pada tabel 5.41 penurunan hasil konsentrasi parameter sebagai berikut :

Tabel 5.43 Persen Removal Pengolahan *Leachate*

Parameter	Kadar maks (mg/L)	Influent maks (mg/L)	Bak Equalisasi		*Lagoon*		*Consructed Wetlands*	
			% Removal	Output	% Removal	Output	% Removal	Output
Temperatur	30	29		29		29		29
Zat padat terlarut	2000	3320		3320	80	664		664
Zat padat tesuspensi	200	216		216		216	85	32.4
Besi terlarut	5	3.06		3.06		3.06	80	0.612
Mangan terlarut(Mn)	2	0.87		0.87		0.87	80	0.174
Barium(Ba)	2							
Tembaga(Cu)	2	<LD		<LD		<LD		<LD
Seng(Zn)	5	<LD		<LD		<LD		<LD
Krom Heksavalen(cr)	0.1	<LD		<LD		<LD		<LD
Krom Total(Cr)	0.5	0.3711		0.3711	55	0.166995	80	0.033399

Parameter	Kadar maks (mg/L)	Influent maks (mg/L)	Bak Equalisasi		*Lagoon*		*Consructed Wetlands*	
			% Removal	Output	% Removal	Output	% Removal	Output
Timbal(Pb)	0.1	ttd		ttd		ttd		ttd
Stanum(Se)	2	0.2467		0.2467		0.2467	80	0.04934
Arsen(As)	0.1	ttd		ttd		ttd		ttd
Selenium(Se)	0.05				25	0	80	0
Nikel(Ni)	0.2	0.2068		0.2068		0.2068	80	0.04136
Kobalt(Co)	0.4	0.2467		0.2467		0.2467	80	0.04934
Sianida(CN)	0.005	0		0				
Sulfida(H2S)	0.005	0		0				
Fluorida(F)	2	1		1		1	80	0.2
Klorin Bebas(Cl2)	1	ttd		ttd		ttd		ttd
Amoniak Bebas(NH3-N)	1	69.6429		69.6429	50	34.82145	80	6.96429
Nitrat(NO3-N)	20	102.435		102.435		102.435	80	20.487
Nitrit(NO2-N)	1	0.497		0.497		0.497	80	0.0994
BOD	50	603		603	85	90.45	50	45.225
COD	100	966		966	85	144.9	50	72.45
Senyawa Aktif Biru	5	1.3		1.3		1.3		1.3
Metilen								
Phenol	0.5	0.1075		0.1075		0.1075	80	0.0215
Minyak Nabati	5							
Minyak mineral	10							
Ph	6.0-9.0	9		9		9		9

Sumber : (Qasim, Syed R, 1985. Metcalf and eddy, 1979)

Keterangan :

LD : Limited Detection

ttd : Tidak Terdeteksi

Sistem pengolahan *leachate* pada lampiran J. Sistem pengolahan *leachate* terdiri atas beberapa unit pengolahan yaitu:

a. Bak ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk menstabilkan beban BOD dan TSS yang terdapat dalam air limbah dan menstabilkan laju aliran (debit) pada periode

waktu tertentu. Bak ekualisasi yang direncanakan mempunyai panjang 32 m, lebar 8 m dan kedalaman 5 m.

b. Bak *Lagooon*

Lagoon yaitu Pengolahan air buangan dalam kolam yang sangat efektif untuk menstabilkan limbah organik yang bersifat kuat dengan cepat. Dimensi bak yang direncanakan untuk panjang 30 m, lebar 9 m dan kedalaman 5 m.

c. Kolam *Consructed Wetlands* adalah suatu perencanaan ekosistem lingkungan yang berupa tanah jenuh air yang dapat ditumbuhi oleh tanaman air dan pada bagian permukaannya dapat dimanfaatkan oleh aktivitas mikroorganisme atau komunitas hewan-hewan, yang kondisinya dibuat sesuai dengan bentuk *wetlands* alaminya, dengan tujuan untuk meminimalisasikan kandungan konsentrasi air limbah yang berpotensi menyebabkan pencemaran air (Sumber : NRCS, 2001), dengan panjang 12 m, lebar 3 m dan kedalaman 0.5 yang direncanakan berdasarkan debit yang masuk.

Dalam pengolahan *leachate* perlu dilakukan beberapa kegiatan yang menunjang agar dapat berumur lama atau tidak cepat rusak yaitu mengecek sistem pengolahan, mengecek atau menyesuaikan titik resirkulasi effluen air leachate dan membersihkan kolom dan kegiatan ini merupakan tanggungjawab dari bagian operasi dan pemeliharaan. Diharapkan dengan pengolahan tersebut hasil effluen berada dibawah baku mutu standar yang telah ditetapkan sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar.

5.10 Sumur Pemantau

Sumur pemantau ini berfungsi untuk memantau terjadinya pencemaran *leachate* terhadap air tanah di sekitar TPA. Dimana lokasi sumur pemantau sekitar 10 m dari kompartemen dengan jumlah sumur pemantau adalah 4 buah (lampiran H). Dilihat dari peta bahwa aliran air *leachate* mengalir ke arah selatan karena semakin ke selatan elevasinya kompatemen penimbunan sampah semakin rendah sehingga penempatan sumur pemantau diletakkan setelah timbunan sampah dan area sekitar timbunan sampah, sehingga dengan jumlah 4 buah sumur pemantau ini dapat memantau kemana aliran air *leachate* yang mencemari lingkungan sekitar dan dilihat dari segi ekonomis sudah layak.(Sumber: DPU).

5.11 Perencanaan Penutupan Tanah dan Lapisan Dasar TPA *Landfill*

Tanah penutup berfungsi agar sampah tidak berserakan, timbulnya bau, mencegah berkembangbiaknya lalat atau binatang pengerat, mencegah terjadinya ledakan dan mengurangi produksi *leachate*. Jenis tanah yang digunakan untuk tanah penutup harian dan tanah penutup antara adalah tanah latosol yang terletak di sebelah barat dari kompartemen dan kebutuhan tanah tanah urug sekitar 1.520.118 m^3 untuk volume sampah total adalah 8.3 juta m^3. Ketebalan masing-masing tanah yaitu untuk penutupan tanah harian dengan ketebalan 10-15 cm, penutupan tanah antara dengan ketebalan tanah 30-40 cm dan untuk penutupan tanah akhir antara 50-75 cm.

Dalam perencanaan tugas akhir, untuk lapisan dasar TPA dengan menggunakan geomembran yaitu lapisan sintetis yang bersifat kedap air yang

berguna untuk struktur mencegah air rembesan *leachate* agar tidak mencemari air tanah dan ketebalan geomembran adalah sekitar 0.5 cm.

Setelah kegiatan-kegiatan operasional selesai, TPA tersebut harus ditutup dengan penutup akhir, yang terdiri atas lapisan kedap air akhir (geomembran) dan lapisan tanah biasa.

Lapisan kedap air akhir dimaksudkan untuk mencegah air hujan supaya tidak masuk ke timbunan sampah. Dengan demikian jumlah produksi air *leachate* yang harus diolah lambat laun berkurang. Setelah beberapa tahun, filter tanah dapat dihentikan operasinya. Untuk lapisan kedap air akhir menggunakan geomembran, sedangkan untuk lapisan tanah biasa dimaksudkan untuk mencegah agar sampah tidak ditimbun lagi dengan ketebalan lapisan antara 50-75 cm. Untuk lapisan tersebut, tanah atas yang ada pada lokasi tersebut dapat digunakan. Detail lapisan dasar lahan dan potongannya dapat dilihat pada lampiran O).

5.12 Penempatan Pipa Ventilasi Gas

Pipa ventilasi gas berfungsi untuk mengalirkan dan menampung akumulasi tekanan gas dengan pipa PVC agar tahan karat. Untuk pembuangan gas yang terbentuk dari degradasi bahan organik di TPA disediakan sistem ventilasi. Pada umumnya, ventilasi gas berupa kolom vertikal (Ø 400mm), yang diisi dengan kerikil, lihat gambar pada lampiran H. Didalam ventilasi tersebut dipasang pipa PVC berlubang (Ø 150mm) untuk menampung gas yang diproduksi di dalam TPA. Gas tersebut keluar melalui ventilasi gas dan dibuang langsung ke udara

atau dimanfaatkan untuk energi listrik jika jumlah gas yang dihasilkan cukup untuk pemanfaatan energi listrik.

Untuk pipa gas jumlahnya adalah 13 pipa gas dengan Kompartemen 1, 2 dan 3 adalah 9 pipa gas dan kompartemen 4 adalah 4 pipa gas. Untuk panjang pipa gas adalah 25 m sesuai dengan ketinggian timbunan sampah ditambah tebal tanah akhir penutup sekitar 50 cm. Penempatan pipa gas pada lampiran H.

5.13 Perhitungan Volume Gas 15 Tahun Mendatang

Dalam menghitung volume gas untuk TPA baru, kita melakukan pengambilan sampling di lapangan untuk mengetahui berat sampah basah per hari untuk masing-masing komposisi sampah sehingga didapat berat dalam Kg/hari, dimana setiap masing-masing komposisi sampah diambil 1gram untuk diketahui berapa persen berat sampah kering dari berat sampah basah dengan melakukan pengujian *Heating Value* di Laboratorium MIPA UGM. Hasil perhitungan dapat dilihat pada table 5.42 sebagai berikut dalam berat pon (lb) :

Tabel 5.44 Kandungan Kadar Air Dalam Sampah

Komponen sampah	Berat basah	Berat kering	Komposisi, lb					
	lb	lb	C	H	O	N	S	Ash
Dekomposisi sampah cepat								
Organik dapur	70.75	31.75	15.2	1.82	12.05	0.95	0.13	1.59
Kertas	107.75	42.53	18.57	2.50	18.70	0.13	0.08	2.55
Kardus	42.63	8.3	3.68	0.51	3.65	0.03	0.01	0.42
Organik taman perkotaan	6.69	2.63	1.25	0.16	1.00	0.08	0.01	0.13
Total	227.82	85.21	38.87	5.11	35.43	1.19	0.23	4.69
Dekomposisi sampah lambat								
Tekstil	6.54	2.53	1.39	0.18	0.78	0.10		0.08
Karet/ban	1.91	0.77	0.60	0.08		0.02		0.08
Kulit	0.66	0.26	0.16	0.02	0.03	0.03		0.03
Organik Taman Perkotaan	14.74	0.58	0.27	0.03	0.22	0.02	0.02	0.02
Kayu	20.65	7.93	3.97	0.48	3.14			0.08
Total	**37.96**	**12.07**	**6.38**	**0.78**	**4.45**	**0.16**	**0.02**	**0.28**

Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium Bioteknologi UGM, 2005.

Untuk nilai mol rasio masing-masing senyawa yang terdekomposisi cepat dan lambat dapat dilihat pada table 5.43:

Tabel 5.45 Nilai mol rasio

Mol Rasio (Nitrogen = 1)		
Senyawa	**Terdekomposisi cepat**	**Terdekomposisi lambat**
Karbon	68.5	19.5
Hidrogen	110.5	29
Oksigen	50.1	9.2
Nitrogen	1	1

Untuk contoh perhitungan gas metan dan karbondioksida:

Reaksi terdekomposisi cepat

$C_{68}H_{111}O_{50}N + 16H_20 \quad 35CH_4 + 33CO_2 + NH_3$

1741.0 288 560 1452 17

Reaksi terdekomposisi lambat

$C_{20}H_{29}O_9N + 9H_20 \quad 11CH_4 + 9CO_2 + NH_3$

427 162 176 396 17

Berat jenis untuk gas metan dan karbondioksida adalah 0.0448 dan 0.1235 lb/ft^3 sesuai dengan table 5.43 pada lampiran E .

Untuk perhitungan masing-masing berat volume gas adalah sebagai berikut :

Terdekomposisi cepat

Metan $= \dfrac{560\,x85,21}{1741\,x0,0448\,lb/ft^3}$

$= 611,78\,lb/ft^3$

karbondioksida $= \dfrac{1452\,x85,21}{1741\,x0,1235\,lb/ft^3}$

$= 574,53\,ft^3$

Terdekomposisi lambat

Metan $= \dfrac{176\,x12,07}{1741\,x0,1235\,lb/ft^3}$

$= 111,02\,ft^3$

karbondioksida $= \dfrac{396\,x12,07}{427\,x0,1235\,lb/ft^3}$

$= 90,61\,ft^3$

Produksi gas metan dan karbondioksida untuk dekomposisi cepat :

$$\text{Vol/lb} = \frac{611{,}78\,ft^3 + 574{,}53\,ft}{85{,}21/b}$$

$$= 13{,}93\,ft^3$$

$$= 0{,}3942 m^3/lb$$

$$= 0{,}8691 m^3/kg$$

Produksi gas metan dan karbondioksida untuk dekomposisi lambat :

$$\text{Vol/lb} = \frac{111{,}02\,ft^3 + 90{,}61\,ft^3}{12{,}07\,ft^3}$$

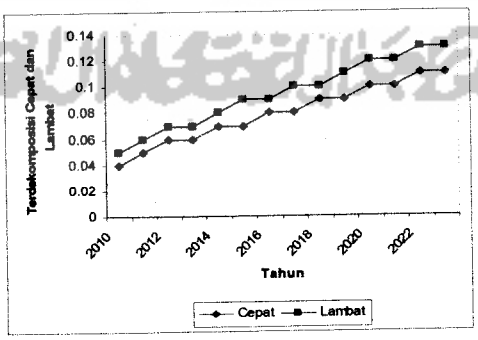
$$= 16{,}71\,ft^3/lb$$

$$= 0{,}4729 m^3/lb$$

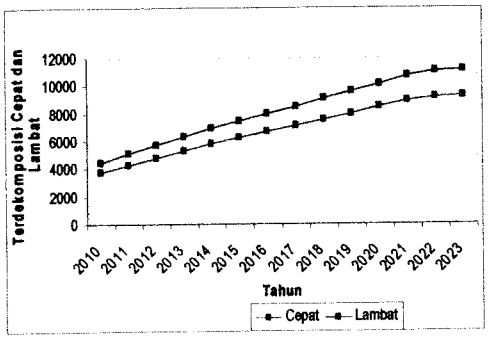
$$= 1{,}0425 m^3/kg$$

Untuk perhitungan volume gas setiap tahunnya dapat dilihat pada lampiran E (tabel 5.45)

Perhitungan hasil volume gas pada lampiran E dapat dilihat pada gambar 5.6, dan gambar 5.7, sebagai berikut :



Gambar 5.6 Grafik volume gas CH4 dan CO2 terdekomposisi Cepat dan lambat (m^3/detik)



Gambar 5.7 Grafik volume gas CH4 dan CO2 terdekomposisi cepat dan lambat (m^3/hari)

Berdasarkan hasil volume gas yang ada pada tabel 5.45 (lampiran E), gas yang ada dapat dimanfaatkan untuk energi listrik yang mana setiap 500-1000 m^3 timbunan sampah dapat menghasilkan energi listrik dengan daya sebesar 40.000 watt seperti pemanfaatan gas di TPA Pasir Impun, desa Karang Pamulung kota Bandung.

5.14 Sistem Air Bersih

Sistem air bersih dimaksudkan untuk menyediakan kegiatan-kegiatan di TPA, seperti keperluan kantor dan pencucian kendaraan-kendaraan berat (Buldozer, Tracloader dan Scrapper) dan air tersebut tidak dimaksudkan untuk penyediaan air minum. Air bersih yang dikomsumsi untuk keperluan kantor dan penduduk sekitar TPA didapat dari sumur bor yang terletak disebelah barat berjarak 500-700 m dari kantor TPA dimana kebutuhan tiap orang 10 L/jam jadi total kebutuhan air untuk kantor adalah 310 L/jam sedangkan air untuk kebutuhan kamar mandi dan pencucian kendaraan sebesar 250 liter tiap satu kendaraan

dengan total sebesar 1000 liter untuk empat kendaraan, diperoleh dari sungai Opak air dianggkut menggunakan truck tangki dan sebelum digunakan air tersebut terlebih dahulu diproses melalui proses penyaringan yang berada di sebelah barat atau diatas kantor TPA lama dan dialirkan ke bak penampungan kemudian didistribusikan ke masing-masing sumur penduduk.

5.15 Jembatan Timbang

Jembatan timbang digunakan untuk mengetahui berat sampah yang masuk ke area TPA secara komputerisasi dan digunakan oleh bagian operasional dimana lokasi pada pintu masuk TPA. Lebar jembatan timbang adalah 3.5 m dan mampu menahan beban minimal 5 ton. Untuk lebar jembatan timbang adalah 3.5 m dan panjang 5 m dengan luas total 17.5 m^2. Untuk memudahkan dalam penimbangan dan registrasi sampah yang masuk, sebaiknya dilengkapi rumah timbang dimana lokasi dekat jembatan timbang dengan luas total 32 m^2. Lokasi jembatan timbang dapat dilihat pada lampiran M.(Sumber:DPU)

5.16 Bengkel atau Garasi

Bengkel atau garasi berfungsi untuk menyimpan dan atau memperbaiki kendaraan atau alat berat yang rusak. Luas bangunan yang direncanakan adalah 144 m^2,yang dapat menampung 4 buah kendaraan yang terdiri dari Bulldozer, Trackdozer, Mobil tangki air dan Scrapper. Peralatan bengkel minimal yang harus ada di TPA adalah peralatan untuk pemeliharaan dan kerusakan ringan.

5.17 Fasilitas Operasional

Untuk menunjang operasional di TPA dibutuhkan peralatan berat seperti Buldozer, Tracloader dan Scraper yang berfungsi untuk perataan, penggalian, pengurugan dan pemadatan. Peralatan operasional lainnya yaitu berupa tangki air jika sewaktu-waktu terjadi kebakaran yang diakibatkan ledakan dari gas.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.

1. Pengolahan *leachate* untuk TPA baru menggunakan *Constructed Wetlands* dengan media Eceng Gondok karena mampu menyerap logam-logam berat dengan effluent masing-masing untuk Mn 1.25 mg/L dan Pb, Hg, Ag, Cd, Cu, Fe, Zn dapat teremovel sebesar 80% sedangkan untuk hasil effluen BOD sebesar 45.23 mg/L dan COD sebesar 72.45mg/L setelah melalui dua proses pengolahan biologis yaitu *Lagoon* (mampu meremoval 85 %).
2. Perencanaan drainase sementara dibuat secara lokal disekeliling timbunan sampah dengan debit 0.62 m^3/dtk,kedalaman 0.3m, lebar 0.6m, kecepatan 3.4 m/dtk, panjang seluruh saluran drainase 2200m, untuk dimensi selanjutnya dapat dilihat pada table 4.38 lampiran 31 dan outlet saluran drainase menuju ke kali opak.
3. Dengan melihat jumlah timbunan sampah yang masuk ke TPA diperlukan alat berat yaitu Bulldozer, Trackdozer dan Scrapper.
4. Debit inlet pengolahan *leachate* sebesar 0.1 ltr/dtk dengan dimensi bak *Constructed Wetlands* untuk panjang 12 m, lebar 3 m, tinggi 0.5 m dan waktu tinggal 4 hari dan untuk dimensi *Lagoon* untuk panjang 30 m, lebar 9m, tinggi rencana 5m.
5. Setiap 437.13 ton/hari timbunan sampah menghasilkan volume gas metan dan karbondioksida dengan terdekomposisi cepat sebesar 3798.87m^3/hari

dan terdekomposisi lambat sebesar 4557.29m^3/hari. Untuk total volume gas terdekomposisi cepat adalah 95369.51 m^3/hari dan terdekomposisi lambat 114328.99 m^3/hari. Berdasarkan reverensi yang ada, untuk 500-1000 m^3 dapat menghasilkan energi sebesar 40.000 watt. Untuk itu gas yang dihasilkan dari TPA baru dapat dimanfaatkan untuk energi listrik.

6. Jalan masuk TPA yang direncanakan dengan panjang jalan 1800m, lebar jalan 6m dengan kemiringan permukaan 2-3% kearah saluran drainase.
7. Untuk luas total kantor di Piyungan adalah 944 m^2 yang terdiri dari ruang kepala unit, ruang wakil kepala, ruang sekretaris, ruang tamu, ruang karyawan administrasi, ruang perencanaan teknis, ruang rapat, ruang bagian operasi, Mechanical Engeneering Electronical (MEE), ruang pemeliharaan, ruang kepala bagian operasional, dapur dan kamar mandi . Untuk kebutuhan perorang adalah 4 m^2 (sirkulasi perorang 80cm).
8. Pagar yang direncanakan disekitar kompartemen adalah tanaman penyangga (Tanaman perdu) sedangkan pagar untuk melindungi pengolahan *leachate* adalah pagar kawat disekeliling kolam untuk menjaga keamanan.
9. Kebutuhan air perorang adalah 10 liter/jam untuk keperluan sholat, cuci tangan dan buang air kecil atau besar dengan kebutuhan total untuk keperluan kantor berdasarkan jumlah pegawai (31 orang) yaitu 310 L/jam dan kebutuhan untuk membersihkan alat berat setelah operasional adalah 250 liter untuk satu kali pencucian alat berat dan 1000 liter untuk 4 buah alat berat, dimana air diperoleh dari sumur bor dan sungai Opak setelah melalui proses penyaringan.

10. Dimensi bengkel/garasi dengan panjang 18m dan lebar 8m untuk menampung 4 kendaraan dan alat berat Bulldozer, Trackdozer, Scrapper dan mobil tangki air.
11. Sumur pemantau yang direncanakan sebanyak 4 buah dimana penempatannya setelah penimbunan, daerah sekelilingi timbunan dan setelah pengolahan *leachate* berdasarkan aliran *leachate* menuju ke elevasi paling rendah..
12. Lokasi jembatan timbang adalah sebelah barat dari jalan masuk dengan lebar 3.5 m, panjang 5m dan pencatatan timbunan sampah yang masuk menggunakan sistem komputerisasi.
13. Berdasarkan perhitungan kebutuhan tanah urug tugas akhir saudari ida dan tety, lokasi tanah urug didapat sebelah barat dari kompartemen awal dan jenis tanah urug adalah tanah latosol.
14. Lapisan dasar TPA adalah menggunakan geomemebran dengan ketebalan 0.5 cm dan ketebalan tanah penutup yaitu antara 30-40cm dan penutupan tanah akhir dengan ketebalan 50-70 cm.
15. Berdasarkan luas lahan total didapat 4 kompartemen dengan masing-masing volume tampungan sampah untuk kompartemen dengan luas 15 Ha adalah 5.504.968,944 m^3 dan kompartemen dengan luas 6 Ha adalah 2.795.031,056 m^3.
16. Jumlah pipa sekunder untuk 4 kompartemen adalah 61 buah, jumlah pipa primer adalah 2 buah, untuk pipa gas 13 buah dengan tinggi timbunan sampah yang direncanakan adalah 25m dan jarak antar pipa gas 50m,

dimana disekeliling pipa gas berupa kolom vertikal dengan diameter 400mm yang diisi kerikil.

6.2 Saran.

Dilihat dari kondisi exsisting Prasarana dan Sarana di TPA Piyungan perlu ada perbaikan, seperti :

1. Penempatan garasi alat berat/bengkel, ruang operasional dekat dengan lokasi penimbunan sampah untuk mempermudah perbaikan apabila terjadi kerusakan pada alat.
2. Melakukan pengukuran debit inlet yang kepengolahan *leachate* dan memeriksa hasil outlet pengolahan *leachate* ke laboratorium untuk mengetahui apakah hasil pengolahannya sesuai dengan Baku Mutu yang diperbolehkan.
3. Menempatkan sarana TPA harus melihat kontur dilapangan dan bagian pemeliharaan bertanggung jawab terhadap sebagian besar peralatan serta operasi dan pemeliharaan sejumlah fasilitas prasaranan dan sarana TPA.
4. Pengecekan ventilasi gas secara rutin agar tidak terjadi ledakan yang disebabkan karena meningkatnya tekanan didalam TPA akibat penyumbatan sampah.
5. Perlu adanya pengecekan rutin untuk operasi dan pemeliharaan pengolahan *leachate* untuk mengecek sistem pengolahan, mengecek atau menyesuaikan titik resirkulasi effluen air *leachate* dan membersihkan kolam.

DAFTAR PUSTAKA

AirMas, Cv, 2005, Penyiapan Program Pembangunan Wilayah Perkotaan Aglomerasi Yogyakarta, Yogyakarta.

Anomim, 1992, Pengelolaan Sampah Basah Sampah Kering. Dinas Kebersihan Dati II. Surabaya, PT. Arina Advertising, Surabaya.

Bandoricchio, G., Dal Cin, L., and Persson J., 2000, *Guidelines For Free Water Surface Wetlands Design*., Ecosys Bd, 8, 2000, 51-91.

Balai Pusat Statistik, 2005, Rekapitulasi Curah Hujan dan Harian Hujan, DIY.

Balai Pelatihan Air Bersih dan penyehatan Lingkungan Pemukiman., Departemen Pemukiman dan pengembangan Wilayah.

Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perencanaan Tempat Pembuangan Akhir Sampah.

Dinas Pertanian dan Kehutanan, 2005, Rekapitulasi Curah Hujan dan Harian Hujan, Bantul.

Grambell,R.P.,1994,"Trace and Toxic Metals In Wetland-A Review".Journal of Environmental Quality.Vol.23pp.883-891.

Gunadarma, 1997, Drainase Perkotaan, Jakarta.

Hadiwiyoto, S, 1983, Penanganan dan Pemanfaatan Sampah, Yayasan Idayu, Jakarta.

Hasim. Dr, Kemampuan Eceng Gondok Dalam Menyerap Logam Berat

http:// WWW.Kompas.Com/Kompas-e epak/03106-19, Properti

Ircham, 1992, Kesehatan Lingkungan Sanitasi, Pedesaan dan Perkotaan, Dian Nasution, Yogyakarta.

Sudarso, 1985, Pembuangan Sampah, CV. Tiga Serangkai, Surabaya.

Standar Nasional Indonesia, SNI 03-3241-1994., Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah.

Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, ANDI, Yogyakarta.

Soufyan Moh. Noerhambang, Takeo Marimura, 1993, Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem, PT. Pradaya Paramita, Jakarta

Tchabanoglous, Theisen, Vigil, 1993, *Integrated Solid Waste Management*, Mc Graw-Hill, New York, hal 45.

Marianto L,U., 2001, Tanaman Air PT. Agro Media Pustaka,,Cetakan Pertama.

Muers, M. M., 1980, Biological Purificational Sollution, In Moenandir, J., dan Hidayat, S., Peranan Eceng Gondok dan Kangkung Air.

Metcalf and Eddy, 1979, Waste Water Engineering, New Delhi, Mc. Graw-Hill Publishing Company.

Yogyakarta Urban Development Project., 1995, Manual Operasi Dan Pemeliharaan TPA Piyungan.

Qasim, S, R., 1985., *Waste Water Treatment Plant*, CBS College Publishing, New York.

Pembangkit Listrik Tenaga Biogas http:// WWW.Google.Com.

Lampiran A.

Hasil Perhitungan Intensitas Hujan

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum pada Stasiun Pengamat

No	Tahun	Pleret	Prambanan	Patuk	Banguntapan
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	1990	1785	146	1929	583
2	1991	1555	235	1904	67
3	1992	2385	207	2172	676
4	1993	2849	130	2239	1192.3
5	1994	837	263	2340	1352.5
6	1995	1064	273	3174	2169
7	1996	422.25	160	2232	288.7
8	1997	206.4	157	1727	84
9	1998	698	230	4042	43
10	1999	1802	202	2086	346
11	2000	282	188	4192	1200
12	2001	604	210	326	750
13	2002	241	208	1315	220
14	2003	233	161	261	657
15	2004	574	216	1479	987

Tabel 5.2 Data Curah Hujan Metode Gumbel

Tahun	ST.A	ST.B	ST.C	ST.D	R rata-rata	R - Rrata^2	(R - Rrata^2)^2
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1990	1785	146	1929	583	1057	40	1621
1991	1555	235	1904	67	859	-158	24894
1992	2385	207	2172	676	1275	258	66473
1993	2849	130	2239	1192.3	1529	512	262485
1994	837	263	2340	1352.5	1272	255	65128
1995	1064	273	3174	2169	1804	787	618894
1996	422.3	160	2232	288.7	795	-222	49212
1997	206.4	157	1727	84	555	-462	213434
1998	698	230	4042	43	1257	240	57390
1999	1802	202	2086	346	1036	19	375
2000	282	188	4192	1200	1591	574	329741
2001	604	210	326	750	490	-527	277893
2002	241	208	1315	220	509	-508	257888
2003	233	161	261	657	364	-653	427032
2004	574	216	1479	987	867	-150	22503
			Jumlah		**15260**		**2674962**
			Rata-rata		**1017**		**178331**
			SD				**461**

Tabel 5.3 Data Curah Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel

T	Yt	Yn	Sn	K	R (mm)	SD	RT (mm)
5	1.5	0.5128	1.0206	0.9672	1017	461	1463
10	2.25	0.5128	1.0206	1.7023	1017	461	1802
15	2.674	0.5128	1.0206	2.1173	1017	461	1993
20	2.97	0.5128	1.0206	2.4078	1017	461	2127
25	3.199	0.5128	1.0206	2.6315	1017	461	2230

Tabel 5.4 Untuk Menentukan Nilai Xo dan SD

No	x	Log x	x + b	Log x + b	(Log x+b)^2
1	1057	3.024	1057	3.0241	9.1450
2	859	2.934	859	2.9340	8.6083
3	1275	3.106	1275	3.1055	9.6442
4	1529	3.184	1529	3.1844	10.1405
5	1272	3.104	1272	3.1045	9.6378
6	1804	3.256	1804	3.2562	10.6031
7	795	2.900	795	2.9004	8.4121
8	555	2.744	555	2.7443	7.5311
9	1257	3.099	1257	3.0993	9.6059
10	1036	3.015	1036	3.0154	9.0924
11	1591	3.202	1591	3.2017	10.2507
12	490	2.690	490	2.6902	7.2372
13	509	2.707	509	2.7067	7.3263
14	364	2.561	364	2.5611	6.5592
15	867	2.938	867	2.9380	8.6320
Jumlah		**44.4658**	**15260**	**44.4658**	**132.42582**
Rata-rata				**2.9644**	**8.8284**
SD					**3.076**

Tabel 5.5 Penentuan Harga b

No	Xs	Xt	Xs * Xt	Xs + Xt	Xo	$Xs*Xt-(Xo)^2$	(2Xo)-(Xs+Xt)	bi	bi/2
1	1804	364	656656	2168	2267.25	656643.05	2366.5	-1894.68	**-1836.04**
2	1591	490	779590	2081	2267.25	-4360832.56	2453.5	-1777.39	0
								-3672.08	

Tabel 5.6 Curah Hujan Harian Maksimum dengan Metode Iway Kadoya

PUH	ξ	1/c * ξ	Xo + (1/c * ξ)	antilog (D)	Xt (mm)
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F) = (E)-b
5	0.5951	0.1756	3.1396	1379	1379
10	0.9062	0.2673	3.2313	1703	1703
15	1.0614	0.3131	3.2771	1893	1893
20	1.1631	0.3431	3.3071	2028	2028
25	1.2379	0.3652	3.3292	2134	2134

Tabel 5.7 Data Curah Hujan Harian Maksimum Metode Log Pearson Type III

No	x	Xi = log x	Xi - Xrata2	$(z\text{-}Zrata2)^2$	$(z\text{-}Zrata2)^3$
1	1804	3.256	0.292	0.085	0.025
2	1591	3.202	0.237	0.056	0.013
3	1529	3.184	0.220	0.048	0.011
4	1275	3.106	0.141	0.020	0.003
5	1272	3.104	0.140	0.020	0.003
6	1257	3.099	0.135	0.018	0.002
7	1057	3.024	0.060	0.004	0.000
8	1036	3.015	0.051	0.003	0.000
9	867	2.938	-0.026	0.001	0.000
10	859	2.934	-0.030	0.001	0.000
11	795	2.900	-0.064	0.004	0.000
12	555	2.744	-0.220	0.048	-0.011
13	509	2.707	-0.258	0.066	-0.017
14	490	2.690	-0.274	0.075	-0.021
15	364	2.561	-0.403	0.163	-0.066
Jumlah		**44.466**		**0.612**	**-0.057**
Z		**2.9644**		**0.041**	
SD				**0.209**	

Tabel 5.8 Curah HHM dengan Metode Log Pearson Type III

PUH	Kx	Kx * Sx	Xt	Rt(mm)
5	0.836	0.1747	3.139	1377
10	1.282	0.2679	3.232	1714
15	1.438	0.3005	3.265	1841
20	1.595	0.3334	3.298	1986
25	1.751	0.3660	3.330	2138

Tabel 5.9 Perbandingan nilai HHM

PUH	Curah hujan harian maksimal (mm/jam)		
	Gumbel	**Iway-Kadoya**	**Log Pearson Type III**
5	1463	1379	1377
10	1802	1703	1714
15	1993	1893	1841
20	2127	2028	1986
25	2230	2134	2138

(angka adalah pembulatan dari masing-masing tabel sebelumnya)

Tabel 5.10 Distribusi Hujan dengan menggunakan Metode Hasper – Weduwen Untuk PUH 5 tahunan

Durasi	t	5 tahunan perencanaan	Rt(mm)	I(mm/jam)
(menit)	**(jam)**	**R1(mm)**		
5	0.0833	156.512	26.954	323.452
10	0.1667	262.716	62.889	377.333
20	0.3333	480.929	158.833	476.499
30	0.5	709.301	280.221	560.442
40	0.6667	948.559	423.087	634.630
60	1		766.187	766.187
80	1.3333		850.962	638.222
120	2		971.994	485.997

Tabel 5.11 Distribusi Hujan dengan menggunakan Metode Hasper – Weduwen Untuk PUH **10** tahunan

Durasi	**t**	**10 tahunan perencanaan**	**Rt(mm)**	**I(mm/jam)**
(menit)	**(jam)**	**R1(mm)**		
5	0.0833	159.407	27.331	327.972
10	0.1667	270.247	64.692	388.149
20	0.3333	510.000	168.434	505.302
30	0.5	777.310	307.089	614.178
40	0.6667	1077.220	480.473	720.710
60	1		943.725	943.725
80	1.3333		1048.144	786.108
120	2		1197.220	598.610

Tabel 5.12 Distribusi Hujan dengan menggunakan Metode Hasper – Weduwen Untuk PUH **15** tahunan

Durasi	**t**	**15 tahunan perencanaan**	**Rt(mm)**	**I(mm/jam)**
(menit)	**(jam)**	**R1(mm)**		
5	0.0833	160.334	27.490	329.878
10	0.1667	273.490	65.468	392.806
20	0.3333	523.077	172.753	518.258
30	0.5	809.408	319.770	639.540
40	0.6667	1141.242	509.029	763.544
60	1		1043.753	1043.753
80	1.3333		1159.240	869.430
120	2		1324.118	662.059

Tabel 5.13 Distribusi Hujan dengan menggunakan Metode Hasper – Weduwen Untuk PUH **20** tahunan

Durasi	t	20 tahunan perencanaan	Rt(mm)	I(mm/jam)
(menit)	(jam)	R1(mm)		
5	0.0833	160.889	27.585	331.022
10	0.1667	275.454	65.938	395.628
20	0.3333	531.173	175.426	526.279
30	0.5	829.774	327.816	655.631
40	0.6667	1183.033	527.669	791.504
60	1		1113.931	1113.931
80	1.3333		1237.182	927.886
120	2		1413.145	706.573

Tabel 5.14 Distribusi Hujan dengan menggunakan Metode Hasper – Weduwen Untuk PUH **25** tahunan

Durasi	t	25 tahunan perencanaan	Rt(mm)	I(mm/jam)
(menit)	(jam)	R1(mm)		
5	0.0833	161.274	27.651	331.812
10	0.1667	276.820	66.265	397.589
20	0.3333	536.881	177.312	531.935
30	0.5	844.369	333.582	667.163
40	0.6667	1213.561	541.286	811.929
60	1		1167.873	1167.873
80	1.3333		1297.092	972.819
120	2		1481.577	740.788

Tabel 5.15 Data Lengkung Intensitas hujan dengan metode Talbot untuk 5 tahun dengan durasi jam

Durasi (menit)	t (jam)	I(mm/jam)	I*t	I^2	I^2*t	I Talbot (mm/jam)
5	0.0833	323.452	26.954	726.536	60.545	264.010
10	0.1667	377.333	62.889	3955.005	659.168	184.489
20	0.3333	476.499	158.833	25227.922	8409.307	115.132
30	0.5	560.442	280.221	78523.809	39261.904	83.675
40	0.6667	634.630	423.087	179002.328	119334.885	65.719
60	1	766.187	766.187	587042.519	587042.519	45.984
80	1.3333	638.222	850.963	724137.460	965516.613	35.364
120	2	485.997	971.994	944772.336	1889544.672	24.191
Jumlah		**4262.762**	3541.128	2543387.915	3609829.613	818.565

a Talbot	b Talbot
51.042	0.110

Tabel 5.16 Data Lengkung Intensitas hujan dengan metode Talbot untuk 10 tahun dengan durasi jam

Durasi (menit)	t (jam)	I(mm/jam)	I*t	I^2	I^2*t	I Talbot (mm/jam)
5	0.0833	327.972	27.331	107565.633	8963.803	67.016
10	0.1667	388.149	64.692	150659.646	25109.941	37.726
20	0.3333	505.302	168.434	255330.111	85110.037	20.130
30	0.5	614.178	307.089	377214.616	188607.308	13.727
40	0.6667	720.71	480.473	519422.904	346281.936	10.415
60	1	943.725	943.725	890616.876	890616.876	7.024
80	1.3333	786.108	1048.144	617965.788	823954.384	5.299
120	2	598.22	1196.440	357867.168	715734.337	3.554
Jumlah		**4884.364**	**4236.328**	**3276642.742**	**3084378.621**	**164.890**

a Talbot	b Talbot
7.193	**0.024**

Tabel 5.17 Data Lengkung Intensitas hujan denan metode Talbot untuk 15 tahun dengan durasi jam

Durasi (menit)	t (jam)	I(mm/jam)	I*t	I^2	I^2*t	I Talbot (mm/jam)
5	0.0833	329.806	27.484	108771.998	9064.333	79.318
10	0.1667	392.806	65.468	154296.554	25716.092	45.537
20	0.3333	518.258	172.753	268591.355	89530.452	24.591
30	0.5	639.54	319.770	409011.412	204505.706	16.843
40	0.6667	763.544	509.029	582999.440	388666.293	12.808
60	1	1043.753	1043.753	1089420.325	1089420.325	8.659
80	1.3333	869.43	1159.240	755908.525	1007878.033	6.540
120	2	662.059	1324.118	438322.119	876644.239	4.391
Jumlah		**5219.196**	**4621.615**	**3807321.727**	**3691425.473**	**198.686**

a Talbot	b Talbot
8.910	**0.029**

Tabel 5.18 Data Lengkung Intensitas hujan denan metode Talbot untuk 20 tahun dengan durasi jam

Durasi (menit)	t (jam)	I(mm/jam)	I*t	I^2	I^2*t	I Talbot (mm/jam)
5	0.0833	331.022	27.585	109575.564	9131.297	87.702
10	0.1667	395.628	65.938	156521.514	26086.919	50.914
20	0.3333	526.279	175.426	276969.586	92323.195	27.687
30	0.5	655.631	327.816	429852.008	214926.004	19.013
40	0.6667	791.504	527.669	626478.582	417652.388	14.478
60	1	1113.931	1113.931	1240842.273	1240842.273	9.801
80	1.3333	927.886	1237.181	860972.429	1147963.239	7.408
120	2	706.573	1413.146	499245.404	998490.809	4.978
Jumlah		**5448.454**	**4888.693**	**4200457.361**	**4147416.124**	**221.982**

a Talbot	b Talbot
10.115	**0.032**

Tabel 5.19 Data Lengkung Intensitas hujan dengan metode Talbot Untuk 25 tahun dengan durasi jam

Durasi (menit)	t (jam)	I(mm/jam)	I*t	I^2	I^2*t	I Talbot (mm/jam)
5	0.0833	331.812	27.651	110099.203	9174.934	93.304
10	0.1667	397.589	66.265	158077.013	26346.169	54.749
20	0.3333	531.935	177.312	282954.844	94318.281	29.976
30	0.5	667.163	333.582	445106.469	222553.234	20.637
40	0.6667	811.929	541.286	659228.701	439485.801	15.735
60	1	1167.873	1167.873	1363927.344	1363927.344	10.668
80	1.3333	972.819	1297.092	946376.807	1261835.742	8.069
120	2	740.788	1481.576	548766.861	1097533.722	5.426
Jumlah		**5621.908**	**5092.636**	**4514537.242**	**4515175.227**	**238.563**

a Talbot	b Talbot
11.041	**0.035**

Tabel 5.20 Data untuk Lengkung Intensitas dengan metode Sherman PUH 5tahun

Durasi (jam)	I(mm)	log t	log I	$(\log t)^2$	log t*log I	I Sherman (mm/jam)
0.0833	323.452	-1.07918	2.50981	1.16463	-2.70854	353.824
0.1667	377.333	-0.77815	2.57672	0.60552	-2.00508	408.777
0.3333	476.499	-0.47712	2.67806	0.22764	-1.27776	472.264
0.5	560.442	-0.30103	2.74853	0.09062	-0.82739	513.879
0.6667	634.63	-0.17609	2.80252	0.03101	-0.49350	545.611
1	766.187	0.00000	2.88433	0.00000	0.00000	593.690
1.3333	638.222	0.12494	2.80497	0.01561	0.35045	630.350
2	485.997	0.30103	2.68663	0.09062	0.80876	685.896
Jumlah	**4262.762**	**-2.386**	**21.692**	**2.226**	**-6.153**	**4204.293**

log a	a	n
2.77356	**593.69**	**-0.20828**

Tabel 5.21 Data untuk Lengkung Intensitas dengan metode Sherman Untuk PUH 10tahun

Durasi (jam)	I(mm)	log t	log I	$(\log t)^2$	log t*log I	I Sherman (mm/jam)
0.0833	327.972	-1.07918	2.51584	1.16463	-2.71504	349.046
0.1667	388.149	-0.77815	2.58900	0.60552	-2.01463	424.242
0.3333	505.302	-0.47712	2.70355	0.22764	-1.28992	515.637
0.5	614.178	-0.30103	2.78829	0.09062	-0.83936	577.974
0.6667	720.71	-0.17609	2.85776	0.03101	-0.50323	626.722
1	943.725	0.00000	2.97485	0.00000	0.00000	702.489
1.3333	786.108	0.12494	2.89548	0.01561	0.36176	761.739
2	598.22	0.30103	2.77686	0.09062	0.83592	853.828
Jumlah	**4884.364**	**-2.386**	**22.102**	**2.226**	**-6.165**	**4811.677**
log a	**a**	**n**				
2.84664	**702.489**	**-0.28147**				

Tabel 5.22 Data untuk Lengkung Intensitas dengan metode Sherman Untuk PUH 15tahun

Durasi (jam)	I(mm)	log t	log I	$(\log t)^2$	log t*log I	I Sherman (mm/jam)
0.0833	329.806	-1.07918	2.51826	1.16463	-2.71766	345.794
0.1667	392.806	-0.77815	2.59418	0.60552	-2.01866	430.927
0.3333	518.258	-0.47712	2.71455	0.22764	-1.29517	537.019
0.5	639.54	-0.30103	2.80587	0.09062	-0.84465	610.807
0.6667	763.544	-0.17609	2.88283	0.03101	-0.50764	669.231
1	1043.753	0.00000	3.01860	0.00000	0.00000	761.185
1.3333	869.43	0.12494	2.93923	0.01561	0.36722	833.992
2	662.059	0.30103	2.82090	0.09062	0.84917	948.585
Jumlah	**5219.196**	**-2.386**	**22.294**	**2.226**	**-6.167**	**5137.541**
log a	**a**	**n**				
2.88149	**761.185**	**-0.31753**				

Tabel 5.23 Data untuk Lengkung Intensitas dengan metode Sherman Untuk PUH 20 tahun

Durasi (jam)	I(mm)	log t	log I	$(\log t)^2$	log t*log I	I Sherman (mm/jam)
0.0833	331.022	-1.07918	2.51986	1.16463	-2.71938	343.521
0.1667	395.628	-0.77815	2.59729	0.60552	-2.02108	435.061
0.3333	526.279	-0.47712	2.72122	0.22764	-1.29835	550.995
0.5	655.631	-0.30103	2.81666	0.09062	-0.84790	632.649
0.6667	791.504	-0.17609	2.89845	0.03101	-0.51039	697.822
1	1113.931	0.00000	3.04686	0.00000	0.00000	801.235
1.3333	927.886	0.12494	2.96749	0.01561	0.37076	883.775
2	706.573	0.30103	2.84916	0.09062	0.85768	1014.745
Jumlah	**5448.454**	**-2.386**	**22.417**	**2.226**	**-6.169**	**5359.803**
log a	**a**	**n**				
2.90376	**801.235**	**-0.34082**				

Tabel 5.24 Data untuk Lengkung Intensitas dengan metode Sherman Untuk PUH 25 tahun

Durasi (jam)	I(mm)	log t	log I	$(\log t)^2$	log t*log I	I Sherman (mm/jam)
0.0833	331.812	-1.07918	2.52089	1.16463	-2.72050	341.708
0.1667	397.589	-0.77815	2.59943	0.60552	-2.02275	437.903
0.3333	531.935	-0.47712	2.72586	0.22764	-1.30057	561.180
0.5	667.163	-0.30103	2.82423	0.09062	-0.85018	648.808
0.6667	811.929	-0.17609	2.90952	0.03101	-0.51234	719.160
1	1167.873	0.00000	3.06740	0.00000	0.00000	831.457
1.3333	972.819	0.12494	2.98803	0.01561	0.37332	921.614
2	740.788	0.30103	2.86969	0.09062	0.86386	1065.524
Jumlah	**5621.908**	**-2.386**	**22.505**	**2.226**	**-6.169**	**5527.354**
log a	**a**	**n**				
2.91984	**831.457**	**-0.35785**				

Tabel 5.29 Data untuk Lengkung Intensitas dengan metode Ishigoro Untuk PUH 25 tahun

Durasi (jam)	I	I^2	$t^{0,5}$	$I*t^{0,5}$	$I^2*t^{0,5}$	I(mm/jam)
0.0833	331.812	110099.203	0.2886751	95.78587	31782.902	327.648
0.1667	397.589	158077.013	0.408248	162.31503	64534.670	366.105
0.3333	531.935	282954.844	0.5773503	307.11282	163364.055	438.969
0.5	667.163	445106.469	0.707107	471.75548	314737.802	518.091
0.6667	811.929	659228.701	0.816497	662.93725	538257.980	610.922
1	1167.873	1363927.344	1.000000	1167.87300	1363927.344	873.466
1.3333	972.819	946376.807	1.154701	1123.31462	1092781.808	1369.705
2	740.788	548766.861	1.414214	1047.63244	776073.537	29169.188
jumlah	**5621.908**	**4514537.242**	**6.367**	**5038.727**	**4345460.101**	**33674.094**
a	**b**					
-372.97	**-1.42700**					

Tabel 5.30 Perbedaan Lengkung Intensitas hujan5ta

Durasi (jam)	I(10th)	Talbot	Beda	Sherman	Beda	Ishiguro	Beda
0.0833	322.015	256.554	65.461	354.726	-32.711	282.678	39.337
0.1667	373.958	176.978	196.980	404.028	-30.070	312.866	61.092
0.3333	467.863	109.222	358.641	460.182	7.681	368.522	99.341
0.5	545.002	78.983	466.019	496.582	48.420	426.779	118.223
0.6667	611	61.858	549.142	524.141	86.859	492.4	118.600
1	722.196	43.147	679.049	565.6	156.596	663.554	58.642
1.3333	601.577	33.127	568.450	596.989	4.588	938.591	-337.014
2	458.093	22.62	435.473	644.21	-186.117	3080.557	-3845.104
jumlah			**3319.215**		**55.246**		**-2622.243**
Rata-rata			**414.902**		**6.906**		**308.030**

Tabel 5.31 Perbedaan Lengkung Intensitas hujan 10tahun

Durasi (jam)	I(10th)	Talbot	Beda	Sherman	Beda	Ishiguro	Beda
0.0833	326.826	59.991	266.835	350.549	-23.723	307.203	19.623
0.1667	385.378	33.493	351.885	420.232	-34.854	340.699	44.679
0.3333	497.753	17.783	479.970	503.766	-6.013	403.249	94.504
0.5	599.751	12.105	587.646	560.131	39.620	469.372	130.379
0.6667	696.992	9.176	687.816	603.906	93.086	544.665	152.327
1	891.878	6.183	885.695	671.475	220.403	745.195	146.683
1.3333	742.92	4.662	738.258	723.953	18.967	1080.591	-337.671
2	565.723	3.125	562.598	804.953	-239.230	4410.827	-3845.104
jumlah			**4560.703**		**68.256**		**-3594.580**
Rata-rata			**570.088**		**8.532**		**449.323**

Tabel 5.32 Perbedaan Lengkung Intensitas hujan 15tahun

Durasi (jam)	I(15th)	Talbot	Beda	Sherman	Beda	Ishiguro	Beda
0.0833	328.925	73.29	255.635	347.518	-18.593	316.159	12.766
0.1667	390.471	41.59	348.881	427.578	-37.107	351.713	38.758
0.3333	511.719	22.3	489.419	526.081	-14.362	418.227	93.492
0.5	626.643	15.234	611.409	593.912	32.731	489.219	137.424
0.6667	741.578	11.568	730.010	647.278	94.300	570.917	170.661
1	991.382	7.81	983.572	730.735	260.647	793.099	198.283
1.3333	825.806	5.895	819.911	796.396	29.410	1180.351	-354.545
2	628.84	3.955	624.885	899.079	-270.239	6524.655	-5895.815
jumlah			**4863.722**		**76.787**		**5598.976**
Rata-rata			**607.965**		**9.598**		**699.872**

Lampiran B.

Reduced Mean dan Reduced Standard Deviation

Tabel 5.35 Reduced Mean, Yn

in	0		2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5015	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5201	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5256	0.5309	0.542	0.5532	0.5343	0.5355
30	0.5362	0.5171	0.538	0.5388	0.5396	0.5402	0.541	0.5418	0.5424	0.543
40	0.5485	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5401
50	0.5521	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5501	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.553	0.5533	0.5555	0.5538	0.554	0.5543	0.5543
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5555	0.5537	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.558	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5587	0.5591	0.5592	0.5591	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.56									

Tabel 5.36 Reduced Standard Deviation Sn

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.5015	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5201	0.5202	0.522
20	1.0628	1.0696	0.5268	0.5283	0.5256	0.5309	0.542	0.5532	0.5343	0.5355
30	1.1124	1.1159	0.538	0.5388	0.5396	0.5402	0.541	0.5418	0.5424	0.543
40	1.1413	1.1436	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5401
50	1.1607	1.1623	0.5493	0.5497	0.5501	0.5501	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	1.1747	1.1759	0.5527	0.553	0.5533	0.5555	0.5538	0.554	0.5543	0.5543
70	1.1854	1.1863	0.5552	0.5555	0.5537	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	1.1938	1.1945	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.558	0.5581	0.5583	0.5585
90	1.2007	1.2013	0.5587	0.5591	0.5592	0.5591	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	1.2065									

Lampiran E.

Perhitungan Timbunan Sampah, Volume Gas CH_4 dan CO_2 Terdekomposisi Cepat dan Terdekomposisi Lambat

Tabel 5.46 Hasil Perhitungan Volume Gas CH4 dan CO2

Tahun	Timbunan Sampah	Timbunan Sampah	Timbunan Sampah	Volume Gas CH4 dan CO2		Volume Gas CH4 dan CO2	
	(ton/hari)	(kg/hari)	(lb/hari)	Terdekomposisi Cepat (m3/Detik)	Terdekomposisi Lambat (m3/Detik)	Terdekomposisi Cepat (m3/hari)	Terdekomposisi Lambat (m3/hari)
2010	437.13	437130	9637	0.04	0.05	3798.87	4457.29
2011	493.55	493550	10881	0.05	0.06	4289.18	5145.50
2012	551.04	551040	12148	0.06	0.07	4788.80	5744.86
2013	609.58	609580	13439	0.06	0.07	5297.54	6355.17
2014	669.25	669250	14754	0.07	0.08	5816.10	6977.26
2015	717.51	717510	15818	0.07	0.09	6235.50	7480.39
2016	766.77	766770	16904	0.08	0.09	6663.60	7993.95
2017	816.75	816750	18006	0.08	0.10	7097.95	8515.01
2018	867.75	867750	19130	0.09	0.10	7541.16	9046.71
2019	919.69	919690	20275	0.09	0.11	7992.54	9588.21
2020	972.59	972590	21442	0.10	0.12	8452.27	10139.72
2021	1026.46	1026460	22629	0.10	0.12	8920.43	10701.34
2022	1056.99	1056990	23302	0.11	0.13	9185.75	11019.63
2023	1067.33	1067330	23530	0.11	0.13	9275.61	11127.43

Lampiran C.
Hasil Perhitungan Debit dan Dimensi Saluran

Tabel 5.37 Perhitungan Debit

Panjang saluran	Ld		Slope saluran	Jarak limpasan	Lo		Slope Limpasan	Luas	Cgab	td	to	tc	I	Q
Ld (m)	Muka tanah awal (m)	Muka tanah akhir (m)	Sd (m)	Lo (m)	Muka tanah awal (m)	Muka tanah akhir (m)	So (m)	(Ha)		(menit)	(menit)	(menit)	(mm)	(m^3/dtk)
375	137.5	125	0.0333	25	138	137.5	0.0200	1	0.3	2.500	48.04	50.54	720.82	0.62
375	125	112.5	0.0333	325	137.5	125	0.0385	4	0.3	2.500	139.29	141.79	1000.18	3.27
375	112.5	100	0.0333	325	125	112.5	0.0385	4	0.3	2.500	139.29	141.79	1000.18	3.06
375	100	87.5	0.0333	325	112.5	100	0.0385	4	0.3	2.500	139.29	141.79	1000.18	3.33
375	87.5	75	0.0333	325	100	87.5	0.0385	3.5	0.3	2.500	139.29	141.79	1000.18	2.92
375	75	62.5	0.0333	325	87.5	75	0.0385	3	0.3	2.500	139.29	141.79	1000.18	2.50
350	62.5	55	0.0214	325	75	62.5	0.0385	1	0.3	2.333	139.29	141.62	999.80	0.83
													953.62	

Keterangan:

td : Waktu detensi (menit)

to : Waktu limpasan (menit)

tc : Waktu konsentrasi (menit)

I : Intensitas hujan (mm/jam)

Q : Debit aliran (m^3/detik)

Tabel 5.38 Perhitungan Dimensi Saluran

Q (m^3/dtk)	h (m)	b (m)	A (m^2)	R (m)	f (m)	Vcek (m/s)
0.62	0.3	0.6	0.18	0.15	0.3	3.4
3.27	0.6	1.1	0.63	0.28	0.4	5.2
3.06	0.5	1.1	0.60	0.27	0.4	5.1
3.33	0.6	1.1	0.64	0.28	0.4	5.2
2.92	0.5	1.1	0.58	0.27	0.4	5.1
2.50	0.5	1.0	0.51	0.25	0.3	4.9
0.83	0.4	0.7	0.26	0.18	0.3	3.1

Keterangan:

h : Kedalaman (m)

b : Lebar saluran (m)

A : Luas penampang (m^2)

f : Freebroad (m)

Vcek : Kecepatan aliran (m^2/detik)

LAMPIRAN F.

Hasil Pengujian Heating Value dan Moisture Content Kota Yogyakarta, Kab. Sleman dan Kab. Bantul.

1. PENGUJIAN HEATING VALUE Kota Yogyakarta.

Tabel Hasil Pengujian Heating Value Kota Yogyakarta

No.	Kode Sampel Kota Yogyakarta	Macam Sampah (Kalori)	
		Ulangan I (Kal/g)	Ulangan II (Kal/g)
1	Organik dapur	3.848,013	3.892,895
2	Organik taman kota	3.369,669	3.925,784
3	Kertas campuran	3.504,266	3.482,271
4	Kardus	3.565,223	3.747,027
5	Kayu	3.676,981	3.527,712
6	Karet/ban	5.333,427	5.269,083
7	Tekstil	5.358,581	5.354,177

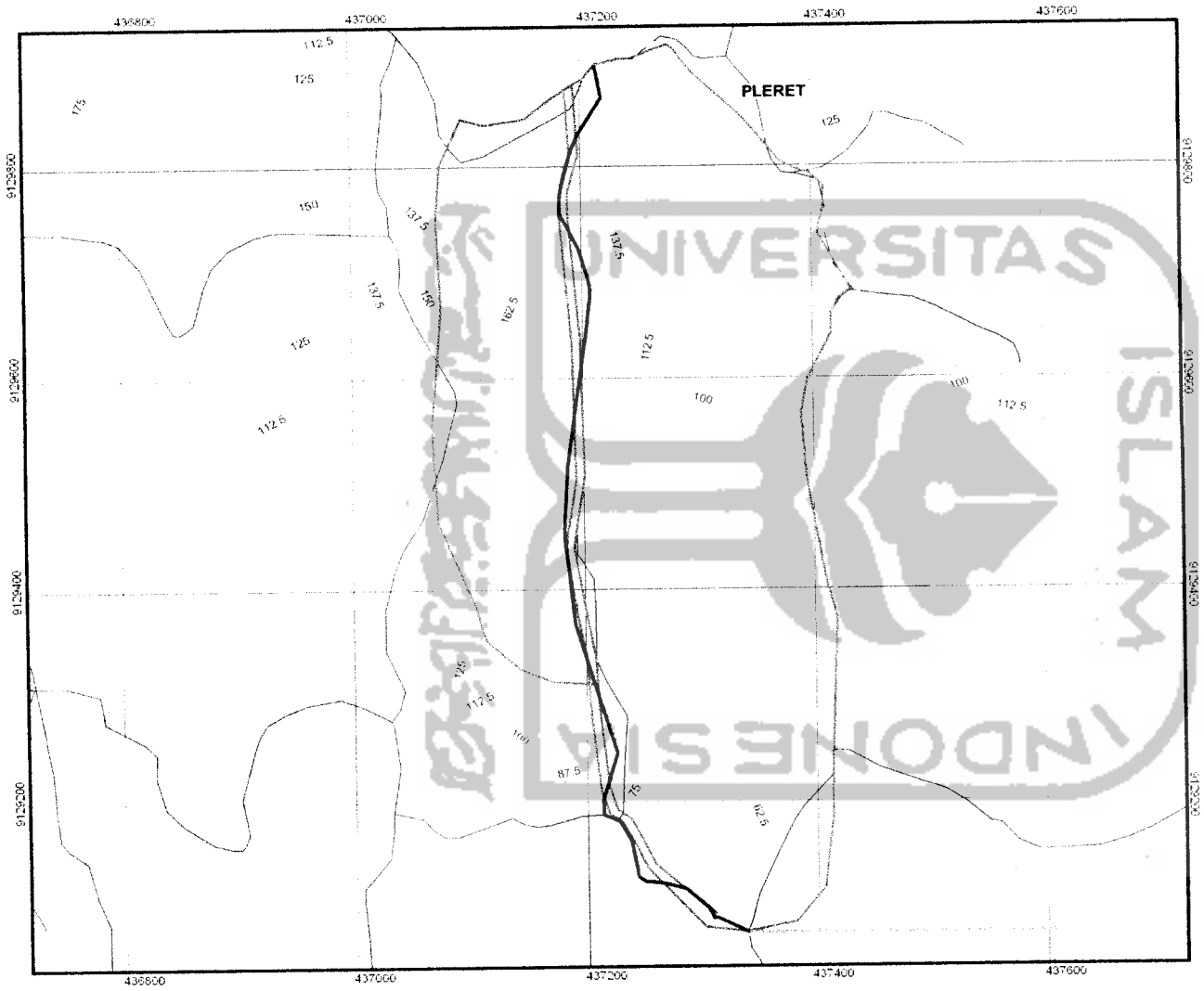
***Sumber** : Hasil Test Research Center For Biotechnology UGM 2005*

2. PENGUJIAN MOISTURE CONTENT

Tabel Hasil Uji Moisture Content Kota Yogyakarta

No.	Kode Sampel Kota Yogyakarta	Hasil Uji Moisture Content	
		Ulangan I (%)	Ulangan II (%)
1	Organik Dapur	0,810	0,810
2	Organik Taman Kota	0,717	0,719
3	Kertas Campuran	0,730	0,730
4	Karbon	0,720	0,725
5	Kayu	0,710	0,710
6	Karet/ Ban	0,727	0,726
7	Tekstil	0,714	0,716

***Sumber:** Research Center for Biotechnology UGM (14 November 2005)*



LAMPIRAN G
PERENCANAAN PAGAR, DRAINASE DAN JALAN DI LOKASI TPA BARU

Keterangan :

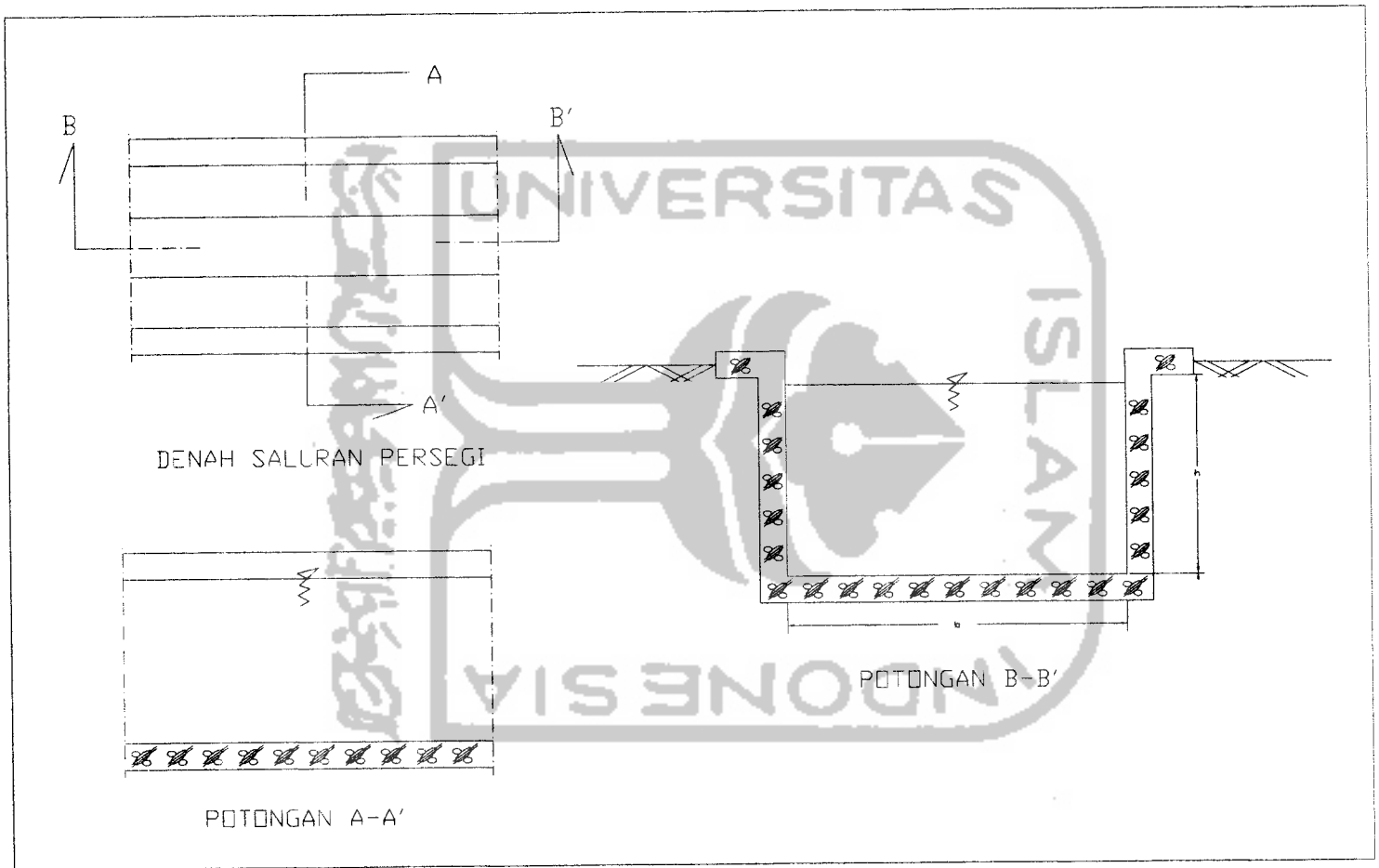
- Garis Kontur
- Sungai
- Lokasi Quarry
- Lokasi TPA Baru
- Lokasi TPA Lama
- Tegalan
- Rawa
- Pemukiman
- Sawah
- Akses Jalan
- Akses Jalan Utama
- Drainase
- Pagar
- Buangan akhir drainase

U

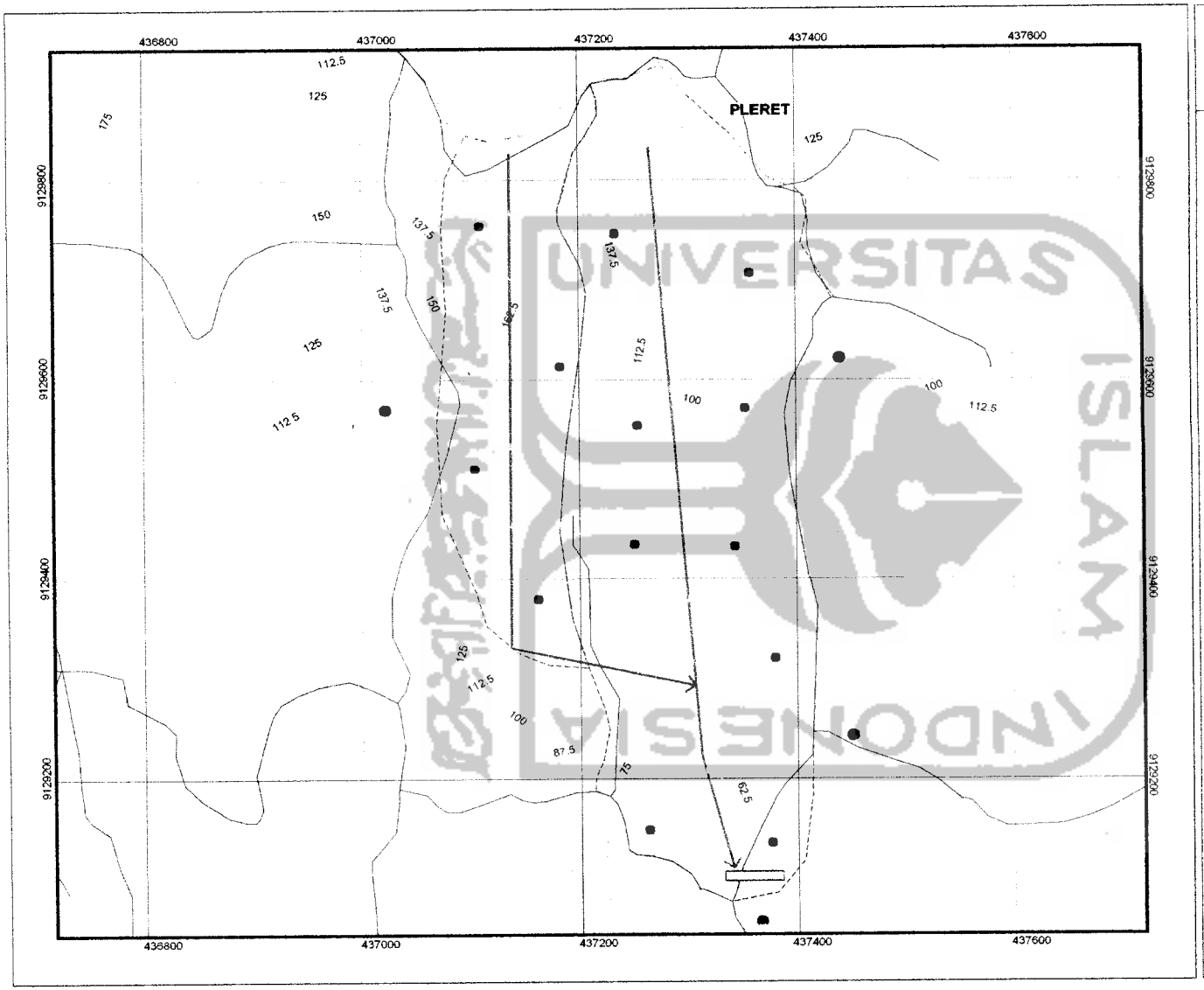
Sumber : Hasil Analisa & Peta RBI Bakosurtanal 1998

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

aa



aa-1



LAMPIRAN H
PERENCANAAN PIPA GAS, SUMUR UJI, PIPA SEKUNDER DAN PIPA PRIMER

Keterangan :

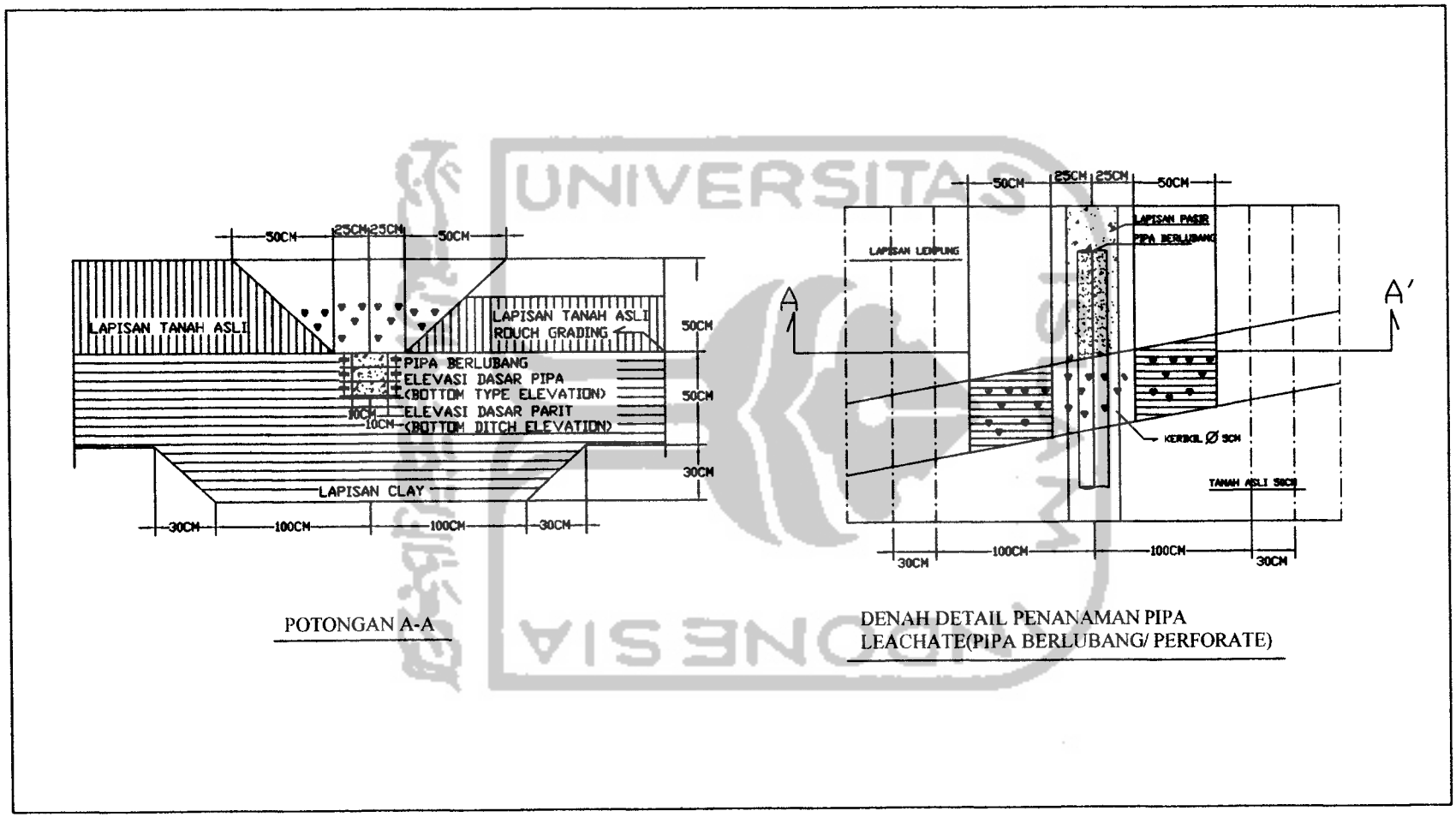
- Garis Kontur
- Sungai
- Lokasi Quarry
- Lokasi TPA Baru
- Lokasi TPA Lama
- Tegalan
- Rawa
- Pemukiman
- Sawah
- Pipa Primer Leachate
- Pipa Gas
- Sumur Uji
- Kolam Pengolahan Leachate
- Pipa Sekunder

U

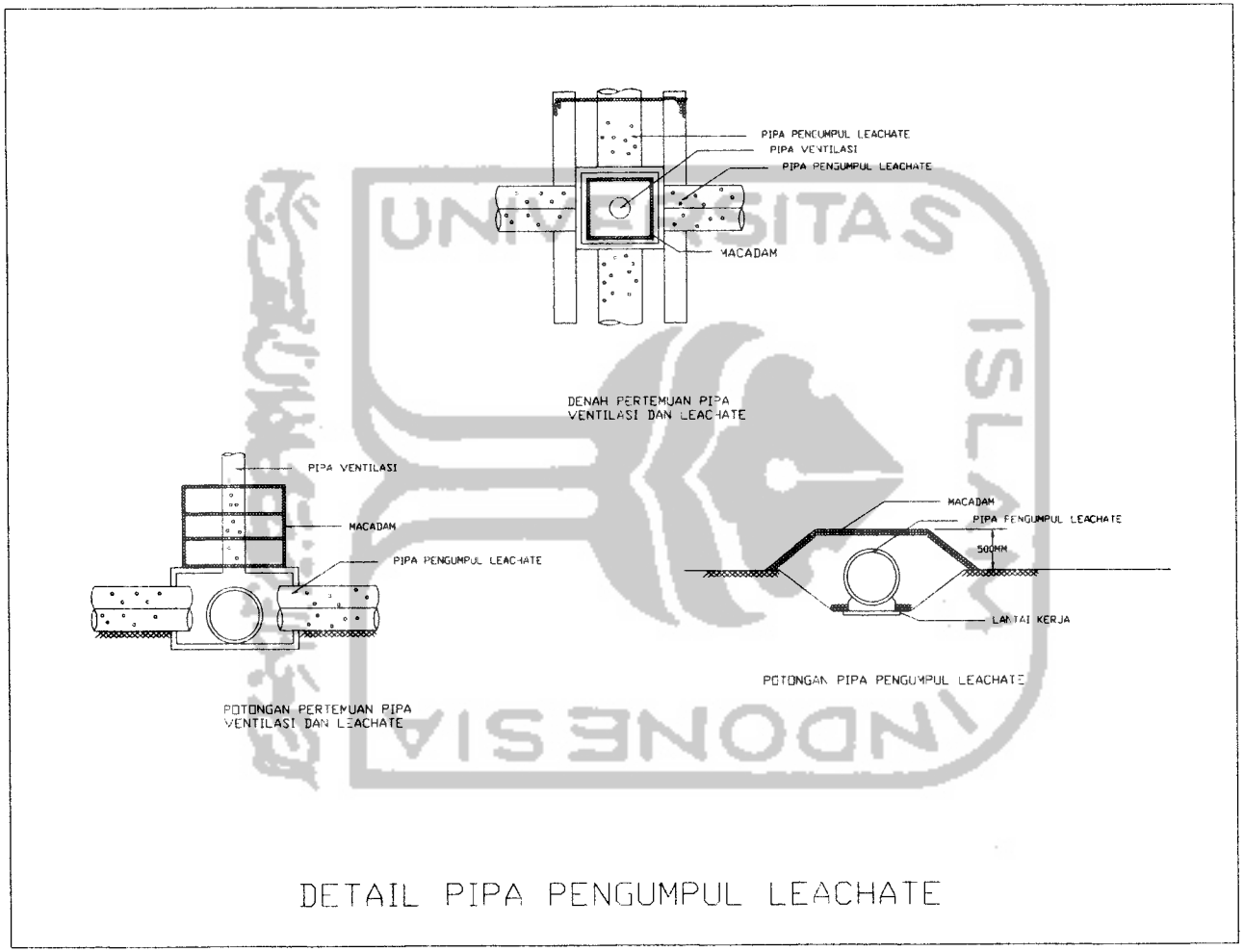
0 50 100 m

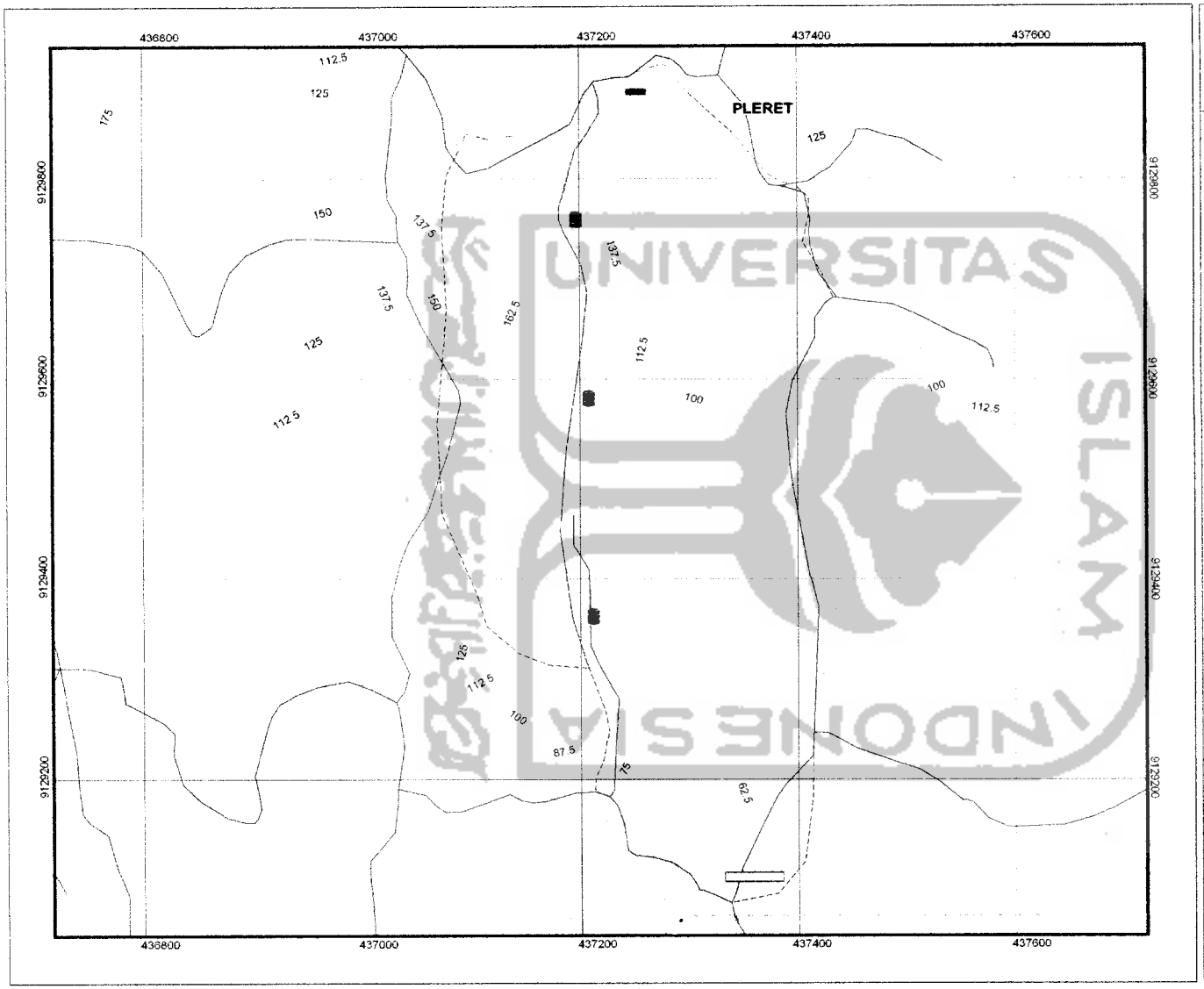
Sumber : Hasil Analisa & Peta RBI Bakosurtanal 1998

bb


30CM
25CM
25CM
50CM
LAPISAN TANAH ASLI
LAPISAN TANAH ASLI
ROUCH GRADING
50CM
PIPA BERLUBANG
ELEVASI DASAR PIPA
(BOTTOM TYPE ELEVATION)
50CM
10CM
10CM
ELEVASI DASAR PARIT
(BOTTOM DITCH ELEVATION)
30CM
LAPISAN CLAY
30CM
100CM
100CM
30CM
POTONGAN A-A
50CM
25CM
25CM
50CM
LAPISAN LEMPUNG
LAPISAN PASIR
PIPA BERLUBANG
A
A'
KERIKIL Ø 3CM
TANAH ASLI 50CM
30CM
100CM
100CM
30CM
DENAH DETAIL PENANAMAN PIPA
LEACHATE(PIPA BERLUBANG/ PERFORATE)

bb-1


PIPA PENCUMPUL LEACHATE
PIPA VENTILASI
PIPA PENGUMPUL LEACHATE
MACADAM
DENAH PERTEMUAN PIPA
VENTILASI DAN LEACHATE
PIPA VENTILASI
MACADAM
PIPA PENGUMPUL LEACHATE
POTONGAN PERTEMUAN PIPA
VENTILASI DAN LEACHATE
MACADAM
PIPA PENGUMPUL LEACHATE
500MM
LANTAI KERJA
POTONGAN PIPA PENGUMPUL LEACHATE
DETAIL PIPA PENGUMPUL LEACHATE



LAMPIRAN I
PERENCANAAN GARASI, BENGKEL, RUANG OPERASIONAL DAN DERMAGA

Keterangan :

- 137.5 — Garis Kontur
- Sungai
- Lokasi Quarry
- Lokasi TPA Baru
- Lokasi TPA Lama
- Tegalan
- Rawa
- Pemukiman
- Sawah
- Garasi, Bengkel dan Ruang Operasional
- Kolam Pengolahan Leachate
- Dermaga

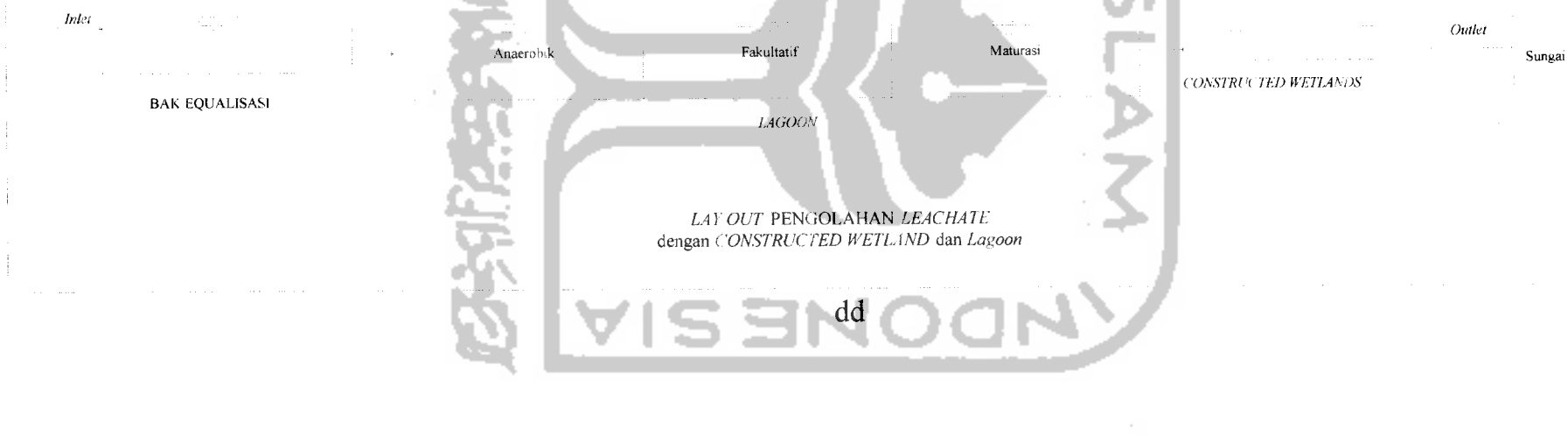
U

0 50 100 m

Sumber : Hasil Analisa & Peta RBI Bakosurtanal 1998

cc

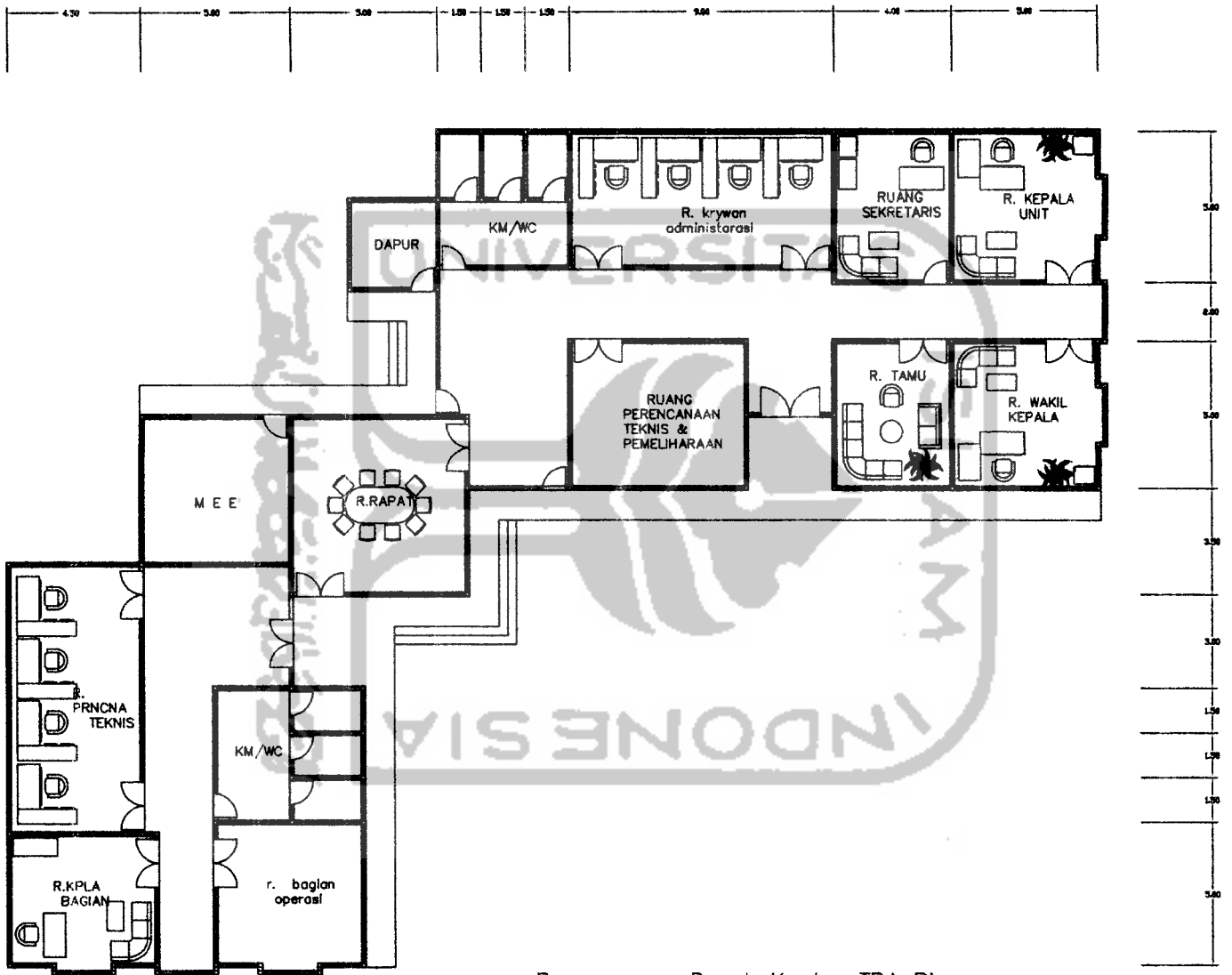
Lampiran J



LAY OUT PENGOLAHAN *LEACHATE*
dengan *CONSTRUCTED WETLAND* dan *Lagoon*

dd

Lampiran K



Perencenaan Denah Kantor TPA Piyungan

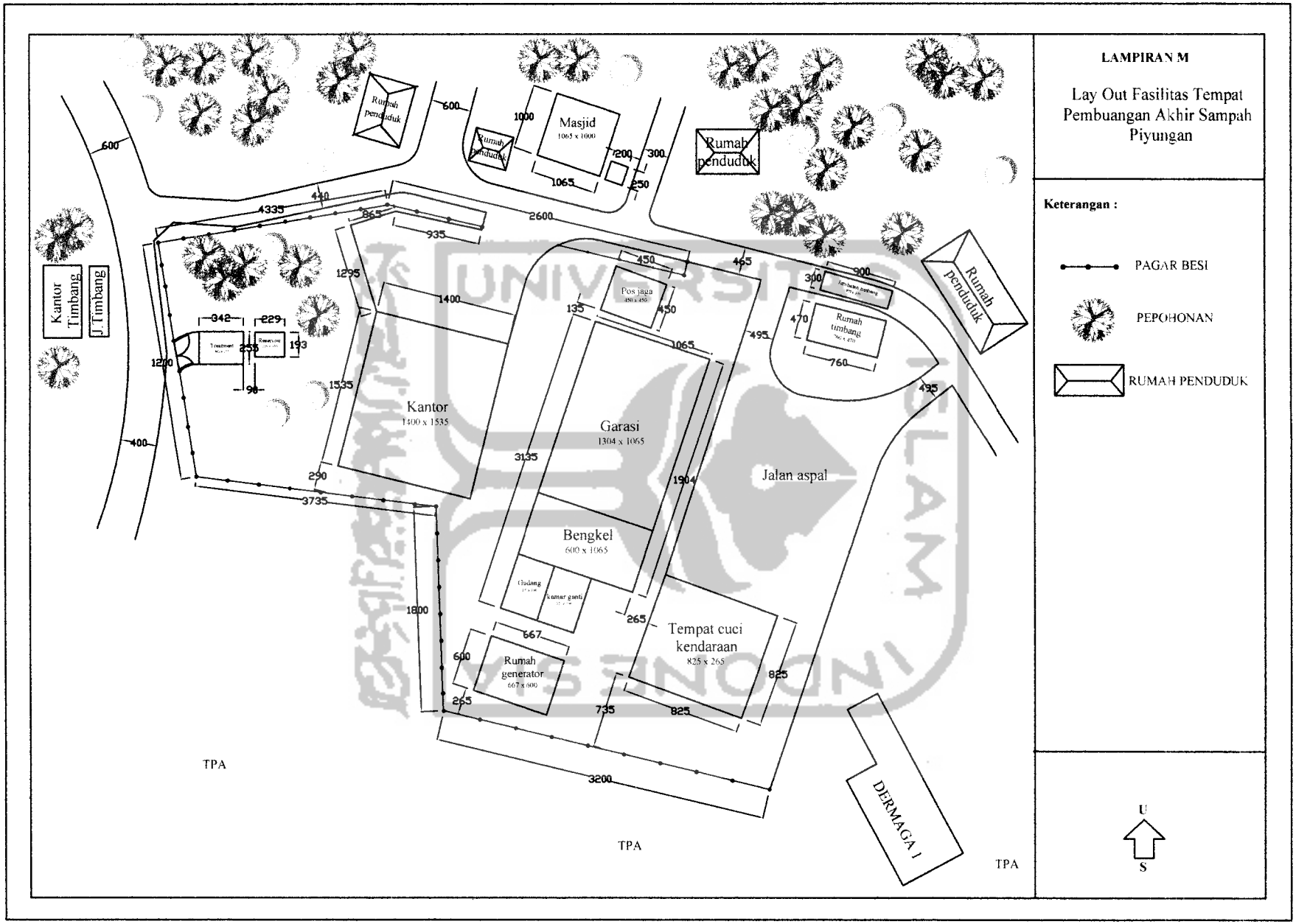
ee

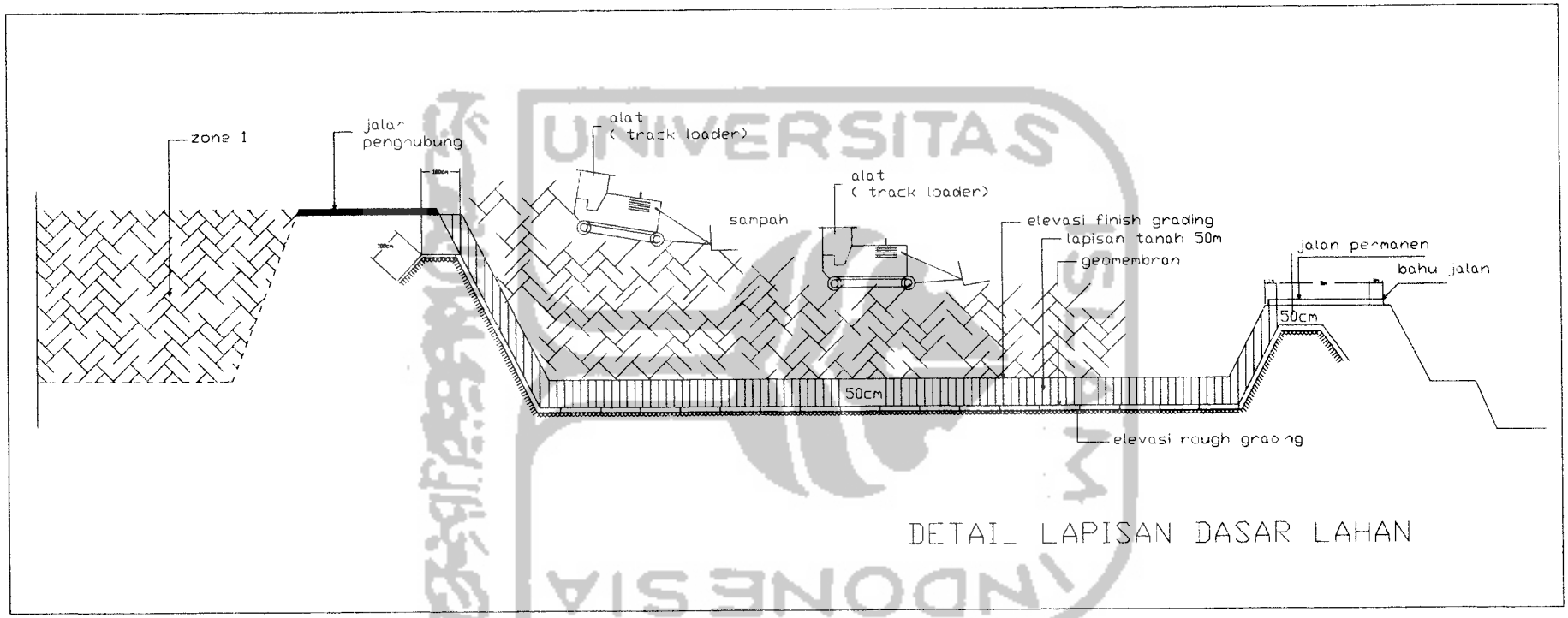
Lampiran L.

Tabel Kebutuhan Personil Untuk Unit Teknis O & M TPA

Bagian	Personil	Jumlah Personil
Pengolahan	Kepala Unit O&M Tpa	1
	Wakil Kepala	1
	Sekretaris/Asisten Eksekutif	1
	Subtotal Pengolahan	**3**
Bagian Administrasi Umum	Kapala Bagian	1
	Staf Asisten	1
	Personel Assistant	1
	Asisten Keuangan/Akunting	1
	Asisten Hubungan Masyarakat	1
	Subtotal Bagian Admistrasi Umum	**5**
Bagian Administrasi Teknis	Kepala Bagian	1
	Perencana (Planner)	1
	Asisten	1
	Juru Gambar (Draftsmen)	1
	Subtotal Bagian Perencanaan Teknis	**4**
Bagian Operasi	Kepala Bagian	1
	Pengawas Lokasi	1
	Sopir	4
	Operasional Jembatan Timbang	2
	Buruh	4
	Satpan	3
	Subtotal Bagian Operasi	**15**
Bagian Pemeliharaan	Kepala Bagian	1
	Mekanik	1
	Ahli Listrik	1
	Asisten	1
	Subtotal Bagian Pemeliharaan	**4**
Total Unit O&M TPA		**31**

Sumber : *YUDP, 1995.*

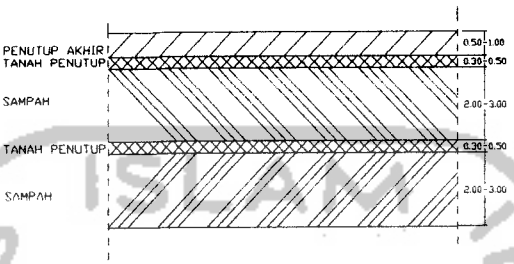

LAMPIRAN M
Lay Out Fasilitas Tempat Pembuangan Akhir Sampah Piyungan
Keterangan :
PAGAR BESI
PEPOHONAN
RUMAH PENDUDUK
U
S
Kantor Timbang
J Timbang
Rumah penduduk
Masjid
1065 x 1000
Kantor
1400 x 1535
Garasi
1304 x 1065
Pos jaga
Rumah timbang
Jalan aspal
Bengkel
600 x 1065
Tempat cuci kendaraan
825 x 265
Rumah generator
667 x 600
DERMAGA 1
TPA
TPA
TPA


zone 1
jalan penghubung
alat (track loader)
sampah
alat (track loader)
elevasi finish grading
lapisan tanah 50m
geomembran
jalan permanen
bahu jalan
50cm
50cm
elevasi rough grading
DETAIL LAPISAN DASAR LAHAN

gg-1

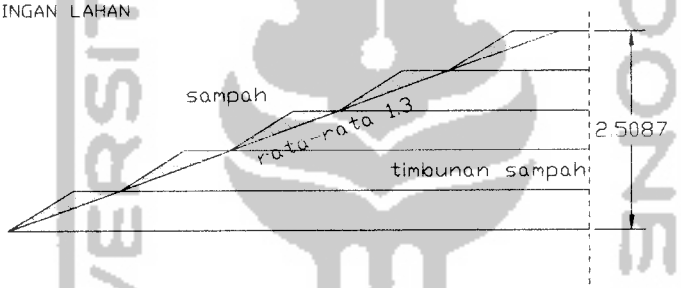
LAHAN LANDEFILL

A. LAPISAN SAMPAH DAN TANAH PENUTUP

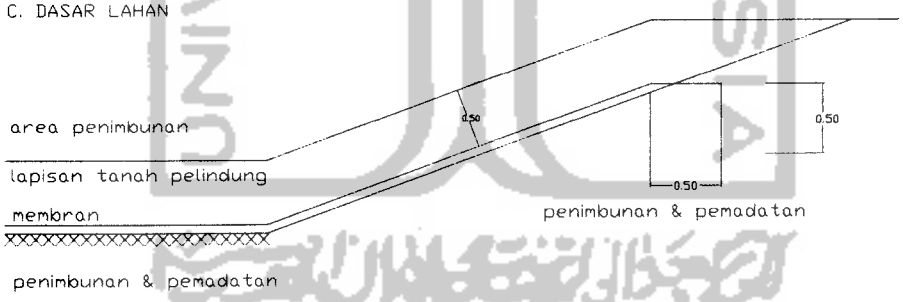


CATATAN: SAMPAH TIDAK DISEBARKAN DENGAN TEBAL < 60 CM DAN DIPADATKAN HINGGA MENCAPAI KETEBALAN 20-30CM

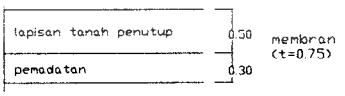
B. KEMIRINGAN LAHAN



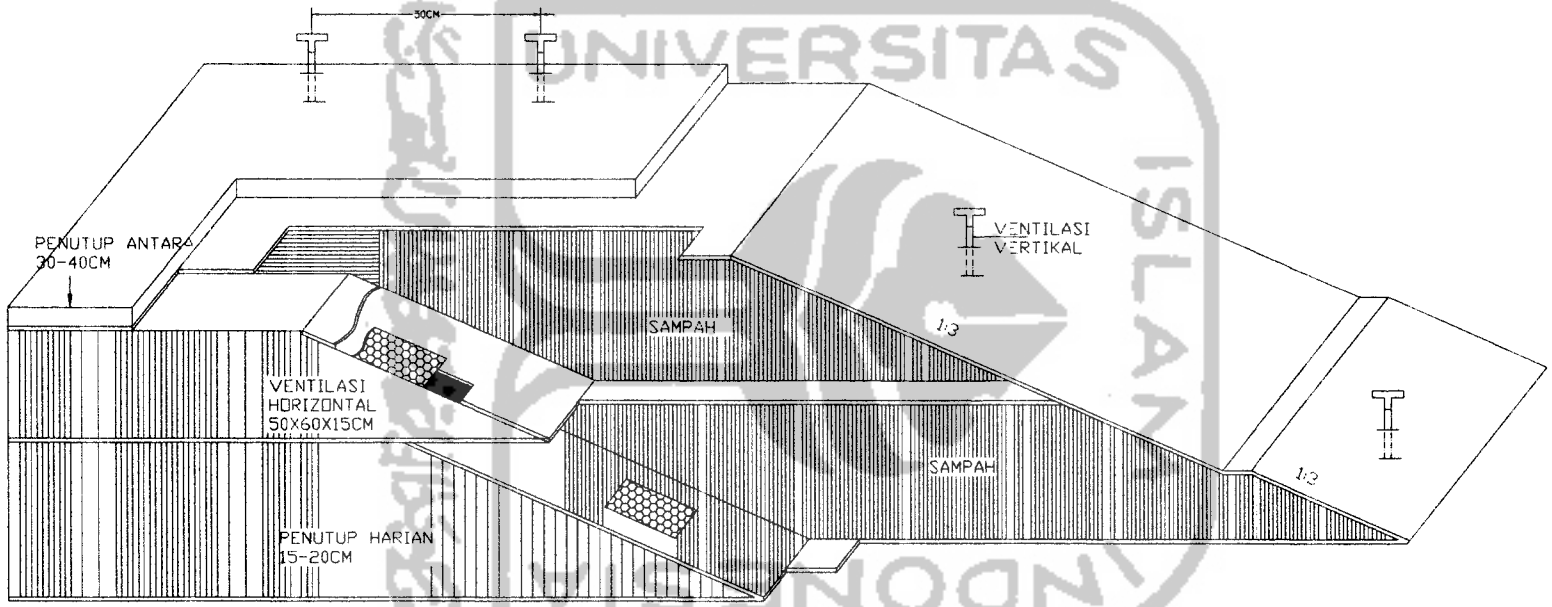
C. DASAR LAHAN



lahan urug



SISTEM DASAR LAHAN LANDFILL



TIPIKAL PEMASANGAN VENTILASI VERTIKAL DAN HORIZONTAL

Lampiran N.

Tabel 4.1 Langkah-langkah Perhitungan Fasilitas Prasarana, Kapasitas Luas lahan, Debit Leachate, Volume Gas dan Produksi Gas

No	Prasarana	Metode	Rumus	Referensi
1.	Saluran Drainase			Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan
	Luas daerah pengaruh	Poligon Thiessen	$P = \frac{\sum_{i=n}^{n} PiA_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$	
	Curah hujan harian maksimum	Gumbel	$R = \frac{\sum R}{n}$ $SD = \sqrt{\frac{\sum (R - \overline{R})^2}{n-1}}$ $Yt = -\left(LnxLnx\frac{T}{T-1} \right)$ $K = \frac{Yt - Yn}{Sn}$ $Rt = R + (K \times SD)$	
		Iway Kadoya	$X^2 = \frac{[\sum Log(x+b)]^2}{15}$ $Xo = \frac{\sum Log(x+b)}{15}$ $\frac{1}{c} = \sqrt{\frac{2n}{n-1}} x \sqrt{X^2 - X_o^2}$	
		Log Pearson 3	$X = \frac{\sum Xi}{N}$ $Cs = \frac{nx\sum (Xi - \overline{X})^3}{(n-1)x(n-2)x(\sigma x)^3}$ $SD = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X)^2}{n-1}}$	

No	Prasarana	Metode	Rumus	Referensi
		Sherman	Loga= $\frac{\sum \log Ix \sum (\log t)^2 - \left(\sum \log tx \log I\right) x \sum \log t}{Nx \sum (\log t)^2 - \left(\sum \log t\right)^2}$ n = $\frac{\sum \log Ix \sum \log t - Nx\left(\sum \log I \log t\right)}{Nx \sum (\log t)^2 - \left(\sum \log t\right)^2}$ I = $\frac{a}{t^n}$	Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan
		Ishigoro	a = $\frac{\sum \left(Ix\sqrt{t}\right) x \sum I^2 - \sum \left(I^2 x\sqrt{t}\right) x \sum I}{Nx \sum I^2 - \left(\sum I\right)^2}$ b= $\frac{\sum Ix \sum \left(Ix\sqrt{t}\right) - Nx \sum \left(I^2 x\sqrt{t}\right)}{Nx \sum I^2 - \left(\sum I\right)^2}$ I = $\frac{a}{\sqrt{t}+b}$	
	Waktu pengaliran		Td = $\frac{\left(\frac{Ld}{V}\right)}{\left(\frac{1}{60}\right)}$	
	Waktu konsentrasi		tc = to + td	
	Debit		Q= $\frac{\left(\frac{100}{36}\right) xCgabxAxI}{1000}$	
	Kedalaman		h = $\left\{\frac{Q}{83{,}995 \times (Sd)^{1/2}}\right\}^{3/8}$	
	Luas penampang		A = $2h^2$	
	Lebar		b = $2h$	
	Jari-jari hidrolis		R = $0{,}5h$	
	Freeboard		f = $\sqrt{c.h}$	
	Kecepatan		Vcek = $\left\{\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times Sd^{1/2}\right\}$,	
	Kecepatan		Vkontrol = $\frac{Q}{A}$	
	Headloss		Hf = $Ld \times Sd$	