

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN ULANG SISTEM DRAINASE
LAPANGAN SEPAK BOLA
STADION SULTAN AGUNG (SSA) BANTUL
(*REDESIGN OF SULTAN AGUNG STADIUM'S
FOOTBALL FIELD DRAINAGE SYSTEM*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk
Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

**Nismara Luthfi Anindhita
17511212**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM DRAINASE LAPANGAN SEPAK BOLA STADION SULTAN AGUNG (SSA) BANTUL (*REDESIGN OF SULTAN AGUNG STADIUM'S FOOTBALL FIELD DRAINAGE SYSTEM*)

Disusun oleh

Nismara Luthfi Anindhita
17511212

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 19 November 2021

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

Bambang Sulistiono, Ir., MSCE.
NIK: 805110201

Penguji I

Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.
NIK: 885110101

Penguji II

D.A. Wahyu Wulan P., S.T., M.T.
NIK: 155111301

Mengesahkan,

Program Studi Teknik Sipil



Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 19 November 2021
Yang membuat pernyataan,



Nismara Luthfi Anindhita
17511212

KATA PENGANTAR

Puji syukur diungkapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga Tugas Akhir dengan judul Perancangan Ulang Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola Stadion Sultan Agung (SSA) Bantul dapat terselesaikan. Tugas Akhir dilaksanakan untuk melengkapi syarat dalam menyelesaikan studi pada tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada penyusunan Tugas Akhir terdapat beberapa hambatan, namun berkat saran, kritik, dan dorongan dari berbagai pihak. Alhamdulillah Tugas Akhir dapat terselesaikan, diucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Bambang Sulistiono, Ir., MSCE. selaku Dosen Pembimbing,
2. Mama dan Papa yang telah berkorban begitu banyak baik materi maupun spiritual sehingga Tugas Akhir dapat terselesaikan,
3. Odang yang telah menemani penulis dalam menyelesaikan tugas akhir, dan
4. Teman-teman yang telah membantu, mendukung, dan memberikan semangat hingga selesainya Tugas Akhir.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membutuhkan sebagai referensi dan dapat memberi sedikit sumbangan dalam pengelolaan sarana dan prasarana.

Yogyakarta, 19 November 2021
Penulis,

Nismara Luthfi Anindhita
17511212

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perancangan Ulang	2
1.4 Manfaat Perancangan Ulang	2
1.5 Batasan Perancangan Ulang	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daftar Pustaka Sejenis	4
2.1.1 Perencanaan Sistem Drainase Stadion Bukit Lengis Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik	4
2.1.2 Perencanaan Sistem Drainase Stadion Wergu Wetan Kabupaten Kudus	5
2.1.3 Evaluasi Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola Stadion Maguwoharjo Sleman	5
2.2 Rencana Perancangan Ulang Stadion Sultan Agung	6
2.3 Perbedaan dengan Sumber Pustaka Sejenis	8
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Lapangan Sepak Bola	10
3.2 Sistem Drainase	10
3.2.1 Pengertian Sistem Drainase	10

3.2.2 Karakteristik Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola.....	11
3.2.3 Permasalahan Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola.....	11
3.3 Karakteristik Hujan	11
3.3.1 Durasi Hujan.....	Error! Bookmark not defined. 11
3.3.2 Intensitas Hujan (<i>I</i>).....	12
3.5 Pengolahan Data Hujan	13
3.5.1 Kala Ulang Hujan (<i>Return Period</i>)	13
3.5.2 Analisis Frekuensi Hujan	13
3.6 Klasifikasi Aliran.....	17
3.6.1 Debit Saluran.....	17
3.6.2 Kekasaran Manning.....	19
3.6.3 Kemiringan Dasar Saluran	20
3.7 Tanah	20
3.7.1 Porositas Tanah	20
3.7.2 Berat Volume Tanah	23
3.7.3 Laju Infiltrasi.....	24
3.7.4 Koefisien Permeabilitas.....	25
BAB IV METODE PERANCANGAN	29
4.1 Lokasi Perancangan Ulang	29
4.2 Studi Literatur dan Teknik Pengumpulan Data.....	30
4.2.1 Studi Literatur.....	30
4.2.2 Teknik Pengumpulan Data	30
4.3 Pengumpulan Data.....	30
4.3.1 Subjek dan Objek Perancangan Ulang	31
4.3.2 Sumber dan Data Perancangan.....	31
4.4 Penggunaan Data	32
4.5 Bagan Alir Penelitian	33
BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN	34
5.1 Letak Wilayah	34
5.2 Data	34
5.3 Analisis Data Hujan.....	35
5.3.1 Distribusi Hujan	35

5.3.2 Analisis Frekuensi Hujan	35
5.3.3 Analisis Intensitas Hujan.....	42
5.4 Analisis Data Tanah	43
5.4.1 Analisis Berat Volume Tanah	43
5.4.2 Analisis Porositas Tanah	45
5.4.3 Analisis Laju Infiltrasi.....	48
5.4.4 Analisis Permeabilitas Tanah	51
5.5 Analisis Perhitungan Debit.....	57
5.5.1 Analisis Debit Resapan (Q_{re}).....	57
5.5.2 Analisis Debit Beban Hujan (Q_{bh}).....	64
5.5.3 Analisis Debit Pipa Eksisting (Q_{pe}).....	67
5.6 Analisis Saluran Pengumpul	68
5.7 Pembahasan	69
5.7.1 Hasil Analisis Data Hujan dan Infiltrasi.....	69
5.7.2 Hasil Analisis Permeabilitas Tanah.....	70
5.7.2 Hasil Analisis Porositas Tanah.....	70
5.7.3 Hasil Analisis Perhitungan Debit	71
5.7.3 Hasil Analisis Saluran Pengumpul.....	72
5.8 Perancangan Ulang Sistem Drainase.....	72
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	77
6.1 Kesimpulan.....	77
6.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan dengan Sumber Pusaka Sejenis	8
Tabel 3.1	Persyaratan Parameter Distribusi Sebaran	14
Tabel 3.2	Nilai K_T Distribusi Log Pearson III	15
Tabel 3.3	Nilai Koefisien Kekasaran Manning	19
Tabel 3.4	Berat Jenis Air terhadap Suhu	22
Tabel 3.5	Harga Angka Pori	23
Tabel 3.6	Perbandingan Koefisien Kekentalan Air pada Temperatur T dengan Temperatur 20°C	26
Tabel 3.7	Hubungan Nilai Koefisien Permeabilitas dengan Jenis Tanah	27
Tabel 3.8	Hubungan Nilai Koefisien Permeabilitas dengan Jenis Drainase	27
Tabel 5.1	Data Hujan Harian Maksimum Tahunan Stasiun Bedukan	34
Tabel 5.2	Parameter Statistik Hujan Rencana	35
Tabel 5.3	Syarat Penentuan Jenis Distribusi Hujan	37
Tabel 5.4	Hasil Perhitungan Syarat Penentuan Distribusi Hujan	39
Tabel 5.5	Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson III	39
Tabel 5.6	Rekapitulasi Durasi Hujan Dominan	41
Tabel 5.7	Data Uji Berat Volume Tanah	42
Tabel 5.8	Data Uji Kadar Air Tanah	42
Tabel 5.9	Hasil Perhitungan Kadar Air Sampel Tanah	43
Tabel 5.10	Data Pengujian Berat Jenis	44
Tabel 5.11	Pengujian Pengujian Berat Jenis	45
Tabel 5.12	Nilai Pengujian Laju Infiltrasi Titik 1	48
Tabel 5.13	Rekapitulasi Perhitungan Nilai Pengujian Laju Infiltrasi	49
Tabel 5.14	Data Pengujian <i>Constant Head Permeameter</i>	51
Tabel 5.15	Data Pengamatan <i>Constant Head Permeameter</i>	51
Tabel 5.16	Data Hasil Perhitungan <i>Constant Head Permeameter</i>	53
Tabel 5.17	Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas Sampel 1 Pengujian 1	53
Tabel 5.18	Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas Sampel 1 Pengujian 2	54

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas Sampel 2 Pengujian 1	54
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas Sampel 2 Pengujian 2	55
Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Debit Resapan pada Lapangan Sepak Bola	58
Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Debit Resapan pada Luar Lapangan Sepak Bola	60
Tabel 5.23 Rekapitulasi Perhitungan Debit Resapan pada <i>Running Track</i>	61
Tabel 5.24 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada Lapangan Sepak Bola	64
Tabel 5.25 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada Luar Lapangan Sepak Bola	63
Tabel 5.26 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada <i>Running Track</i>	62
Tabel 5.27 Rekapitulasi Perhitungan Perancangan Ulang	74
Tabel 5.28 Rekapitulasi Perhitungan Perancangan Ulang di Luar Lapangan dan <i>Running Track</i>	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Lokasi Perancangan Ulang	28
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	32
Gambar 5.1 Denah Lapangan Sepak Bola	33
Gambar 5.2 Titik Pengujian Infiltrasi	46
Gambar 5.3 Pengujian Infiltrasi di Lapangan	47
Gambar 5.4 Titik Pengambilan Sampel Tanah Permeabilitas	50
Gambar 5.5 Pengambilan Sampel Permeabilitas Tanah	50
Gambar 5.6 Pengujian <i>Constant Head Permeameter</i>	50
Gambar 5.7 Denah Pipa Drainase pada Lapangan Sepak Bola	56
Gambar 5.8 Detail Lapis Lapangan Sepak Bola	56
Gambar 5.9 Denah Pipa Drainase di Lapangan Sepak Bola	57
Gambar 5.10 Segitiga untuk Mencari Sudut α Tengah Lapangan	57
Gambar 5.11 Pipa Drainase di Luar Lapangan Sepak Bola dan <i>Running Track</i>	59
Gambar 5.12 Detail Potongan Lapisan Tampak Depan	76
Gambar 5.13 Detail Potongan Lapisan Tampak Samping	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hujan Jam – jaman Stasiun Badukan	80
Lampiran 2 Hasil Pengujian Laboratorium	91
Lampiran 3 Hasil Pengujian Infiltrasi di lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung	100
Lampiran 4 Gambar <i>Shopdrawing</i> Stadion Sultan Agung	102



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C	= celsius ($^{\circ}\text{C}$)
I	= intensitas hujan (mm/jam)
e	= angka pori
n	= koefisien kekasaran manning
m	= meter
cm	= centimeter
mm	= millimeter
ml	= milliliter
t	= durasi hujan (jam)
R_5	= hujan harian dengan kala ulang 5 tahun (mm)
\bar{X}	= rata – rata (mm)
X_i	= data hujan (mm)
S	= simpangan baku (mm)
n	= jumlah data
C_v	= koefisien variasi
C_s	= koefisien skewness
C_k	= koefisien <i>kurtosis</i>
X_T	= nilai besar kejadian dalam periode ulang T tahun (mm)
K_T	= faktor frekuensi
S	= standar deviasi data
H	= kedalaman saluran dari permukaan (m)
B	= jarak antar pipa <i>drain</i> (m)
T	= lama aliran dalam tanah (detik)
α	= sudut antara titik aliran terjauh dengan pipa <i>drain</i>
L	= panjang pipa <i>drain</i> (m)
p	= persentase pori
Q_{re}	= debit resapan (m^3/detik)
Q_{bh}	= debit beban hujan (m^3/detik)

Q_{pe}	= debit pipa eksisting ($m^3/detik$)
A	= luas penampang (m^2)
V	= kecepatan ($m^2/detik$)
R	= jari – jari hidrolis (m)
S_0	= kemiringan pipa
P	= keliling penampang basah (m)
e	= angka pori
t	= berat jenis tanah
γ_w	= berat volume air ($gram/cm^3$)
γ_d	= berat volume kering tanah ($gram/cm^3$)
K	= koefisien permeabilitas (cm/detik)
Vol	= volume air (m^3)
L	= tinggi sampel tanah (cm)
A	= luas sampel tanah (cm^2)
h	= tinggi energi hilang (cm)
t	= waktu (detik)
K_{20}	= koefisien permeabilitas pada temperatur 20^0C (cm/detik)
K_T	= koefisien permeabilitas pada temperatur T (cm/detik)
CPT	= <i>Cone Penetration Test</i>
$BBWS$	= Balai Besar Wilayah Sungai

ABSTRAK

Stadion Sultan Agung merupakan stadion berstandar internasional dengan sistem drainase bawah permukaan. Namun, ketika hujan turun masih terdapat beberapa genangan di permukaan. Untuk mengetahui pipa drainase yang terpasang di lapangan dapat menampung debit beban hujan serta merencanakan ulang sistem drainase saluran bawah permukaan yang aman, maka dilakukan perancangan ulang ini.

Analisis intensitas hujan menggunakan data sepuluh tahun terakhir dengan periode ulang 5 tahun, dihitung dengan rumus Mononobe. Pengujian di laboratorium dilakukan untuk mengetahui permeabilitas tanah lapangan, sedangkan laju infiltrasi diperoleh dari hasil pengujian langsung di lapangan. Debit pipa eksisting adalah kapasitas debit yang ada, debit resapan merupakan perhitungan luas tangkapan, laju infiltrasi, dan persentase pori. Debit beban hujan adalah hasil perkalian intensitas hujan dan luasan. Debit pipa eksisting harus lebih besar dari debit resapan dan debit beban hujan.

Dari perhitungan diketahui nilai laju infiltrasi 145,8321 mm/jam, lebih besar dari besar intensitas hujan 44,0482 mm/jam. Debit pipa eksisting sebesar $8,3394 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$ lebih besar dari debit resapan $4,4619 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$ dan debit beban hujan $1,7096 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$. Nilai debit beban hujan lebih besar dari debit resapan. Oleh karena itu, dilakukan perancangan ulang dengan mengganti lapisan tanah. Perhitungan dilakukan menggunakan persentase pori, kedalaman pipa, diameter pipa, panjang pipa, serta jarak antar pipa yang sama. Nilai kecepatan resap minimum $1,6667 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{detik}$ untuk bagian lapangan sepak bola dan $1,5834 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{detik}$ untuk bagian luar lapangan dan *running track*.

Kata kunci: Perancangan Ulang, Drainase Bawah Permukaan, Lapangan.

ABSTRACT

Sultan Agung Stadium is an international standard stadium with a subsurface drainage system. However, when it rains, there are still some puddles on the surface. To determine the ability of the drainage pipe installed in the field to accommodate the rain load discharge. And to redesign a safe subsurface drainage system, this redesign was carried out.

Rain intensity analysis used is data from the last ten years with a return period of 5 years, calculated by Mononobe formula. Laboratory tests were conducted to determine the soil permeability in the field. Meanwhile, the infiltration rate was obtained from the result of direct tests in the field. Existing pipe discharge is the existing discharge capacity, infiltration discharge is a calculation of catchment area, infiltration rate, and pore percentage. The rain load discharge is the multiplication of the rainfall intensity and the area. The discharge of the existing pipe must be greater than the discharge of the infiltration and the discharge of the rain load.

From the calculation, it's known that the value of the infiltration rate is 145.8321 mm/hour, which is bigger than the rainfall intensity of 44.0482 mm/hour. Existing pipe discharge of $8,3394 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{second}$ is greater than that of infiltration discharge $4,4619 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{second}$ and rain load discharge of $1,7096 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{second}$. The value of the rain load discharge is greater than the infiltration discharge. Therefore, a redesign was carried out by replacing the soil layer. Calculations were made with the percentage of pores, pipe depth, pipe diameter, pipe length, and the same distance between pipes. The minimum absorption speed value is $1.6667 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ for the soccer field and $1.5834 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ for the outside of the field and running track.

Keywords: *Drainage Redesign, Subsurface Drainage, Football Field.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stadion merupakan bangunan yang digunakan untuk menyelenggarakan kegiatan olahraga, salah satunya adalah sepak bola. Lapangan sepak bola berada di tengah stadion dan dikelilingi oleh *running track*. Menurut standar FIFA, lapangan sepak bola mempunyai panjang antara 90 hingga 120 meter dengan lebar 45 hingga 90 meter. Sepak bola profesional mempunyai standar khusus pada lapangan yang digunakan. Lapangan sepak bola ditumbuhi rumput dan terdapat drainase di bawahnya.

Drainase merupakan sebuah bentuk usaha untuk mengeringkan air hujan yang ada pada suatu wilayah agar tidak menimbulkan genangan yang mengganggu. Sistem drainase pada lapangan sepak bola merupakan aspek penting. Oleh karena itu, perlu perhitungan khusus supaya tidak terjadi genangan saat hujan. Sistem drainase yang sering digunakan pada lapangan sepak bola adalah drainase bawah permukaan. Sistem ini dipilih karena air hujan yang turun akan meresap langsung ke dalam tanah. Air akan mengalir melalui pipa yang berada di bawah tanah ke tempat pembuangan air. Drainase bawah permukaan sudah diterapkan pada beberapa stadion, termasuk Stadion Sultan Agung (SSA) Bantul. Namun, walaupun sistem tersebut sudah digunakan, masih ditemukan genangan pada beberapa titik dan hal ini mengganggu aktivitas pemain.

Ketika hujan mengguyur lapangan sepak bola, pemain dapat mengalami kesulitan untuk memaksimalkan pertandingan karena genangan air membuat bola susah bergerak. Hujan membuat permukaan lapangan menjadi lebih lembut sehingga dapat mengakibatkan pemain terpeleset. Menurut Bapak Edi, selaku penanggung jawab lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung, lapangan ini pernah tergenang pada tahun 2018. Genangan terjadi karena hujan yang turun secara terus menerus selama dua hari. Letak genangan berada di dekat kotak penalti. Sistem drainase yang kurang baik jika dipaksa untuk bermain akan memengaruhi performa

pemain. Wasit berhak memberhentikan pertandingan jika lapangan tergenang dan banjir. Berdasarkan kondisi di lapangan, maka perlu diadakan perancangan ulang untuk membuat sistem drainase yang lebih aman pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung (SSA) Bantul.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam perancangan ulang ini adalah sebagai berikut.

1. Apakah pipa drainase yang terpasang di lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung dapat menampung debit beban hujan?
2. Bagaimana desain sistem drainase bawah permukaan yang aman untuk mengatasi genangan di lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung?

1.3 Tujuan Perancangan Ulang

Berdasarkan pokok permasalahan, maka tujuan perancangan ulang ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kemampuan pipa drainase yang terpasang di lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung menampung debit beban hujan.
2. Merencanakan ulang sistem drainase saluran bawah permukaan yang aman untuk mengatasi genangan tersebut.

1.4 Manfaat Perancangan Ulang

Manfaat perancangan ulang ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai kondisi sistem drainase yang ada di lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung.
2. Menambah wawasan bagi para pembaca mengenai sistem drainase bawah permukaan untuk mengurangi genangan.

1.5 Batasan Perancangan Ulang

Untuk mempermudah variabel yang akan ditinjau, maka perancangan ulang ini memiliki batasan sebagai berikut.

1. Perancangan ulang sistem drainase sebatas lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung Bantul.

2. Sistem drainase yang digunakan adalah drainase bawah permukaan.
3. Data hujan yang digunakan berdasarkan data hujan sepuluh tahun terakhir.
4. Perhitungan hujan rencana dengan suatu kala ulang sesuai syarat parameter statistik.
5. Koefisien permeabilitas tanah dicari dengan menggunakan sampel tanah yang ada di Lapangan Sepak Bola SSA dengan pengujian laboratorium.
6. Nilai laju infiltrasi didapat dari pengujian langsung di lapangan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daftar Pustaka Sejenis

Beberapa penelitian terdahulu mengenai sistem drainase lapangan sepak bola yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut.

2.1.1 Perencanaan Sistem Drainase Stadion Bukit Lengis Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik

Satriya, A., Ismoyo, M., dan Chandrasasi, D. (2016) melakukan perencanaan sistem drainase dengan judul “Perencanaan Sistem Drainase Stadion Bukit Lengis Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik”. Perencanaan dibagi menjadi dua, yaitu sistem drainase bawah permukaan dan sistem drainase permukaan. Langkah pertama dalam perencanaan drainase stadion adalah melakukan analisis hidrologi. Perencanaan sistem drainase bawah permukaan selanjutnya yaitu melakukan perencanaan struktur tanah dan perencanaan pipa di bawah lapangan sepak bola. Memperhitungkan debit limpasan dan debit air kotor dari tribun dilakukan setelah perencanaan struktur tanah dan pipa untuk mendapatkan perencanaan sistem drainase permukaan.

Hasil perhitungan hujan rancangan dengan kala ulang 10 tahun menggunakan distribusi Log Pearson III adalah 116,0114 mm. Perencanaan struktur tanah di bawah lapangan sepak bola terdiri dari geokomposit, batu koral, pasir murni, pasir urug, dan pupuk kandang. Pada bagian bawah lapisan struktur tanah, direncanakan pipa PVC AW Ø 2”.

Sesuai dengan hasil penelitian, untuk merencanakan sistem drainase permukaan terdapat 3 saluran utama. Saluran I dengan dimensi 0,3 m dan tinggi 0,7 m, saluran II dengan lebar 0,3 m dan tinggi 0,45 m, dan Saluran III dengan dimensi 1,5 m dan tinggi 1,5 m. Besar saluran pembuang rencana sesuai debit total yang masuk adalah 3,90856 m³/detik dengan dimensi 1,25 m dan tinggi 1 m.

2.1.2 Perencanaan Sistem Drainase Stadion Wergu Wetan Kabupaten Kudus

Soaedy, Febbri H. (2017) melakukan perencanaan sistem drainase bawah permukaan dengan judul “Perencanaan Sistem Drainase Stadion Wergu Wetan Kabupaten Kudus”. Analisis yang digunakan yaitu analisis tanah, analisis hidrologi, dan analisis hidrolika. Analisis tanah digunakan untuk menentukan koefisien permeabilitas serta laju infiltrasi tanah, analisis hidrologi untuk mendapatkan debit saluran rencana, dan analisis hidrolika untuk menentukan jarak pipa, kapasitas, serta dimensi saluran.

Hasil analisis yang telah dilakukan, didapat nilai porositas sebesar 0,31, koefisien permeabilitas 50 mm/jam, laju infiltrasi 100 mm/jam, dan nilai hujan periode ulang 5 tahun sebesar 190,765 mm. Berdasarkan perhitungan, kedalaman pipa direncanakan 60 cm dari permukaan lapangan, dengan diameter 10 cm dan jarak antar pipa 2 m. Waktu konsentrasi 2,196 jam dengan debit banjir rencana 0,138 m³/detik.

Dimensi saluran permukaan pada hulu adalah 0,30 m x 0,40 m, sedangkan pada hilir sebesar 1 m x 1 m. Perencanaan saluran permukaan menggunakan beton pracetak. Debit ijin keluar stadion adalah 0,109 m³/detik sehingga tidak membebani saluran kota.

2.1.3 Evaluasi Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola Stadion Maguwoharjo Sleman

Evan, Rasyid (2019) melakukan penelitian pada lapangan sepak bola dengan judul “Evaluasi Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola Stadion Maguwoharjo Sleman”. Sistem drainase pada lapangan ini sudah menggunakan drainase bawah permukaan, akan tetapi saat hujan turun terdapat genangan pada beberapa titik. Analisis hujan dilakukan menggunakan metode distribusi dengan syarat parameter statistik dengan kala ulang 5 tahun. Pengujian permeabilitas di laboratorium untuk mengetahui koefisien permeabilitas dan penguji infiltrasi di lapangan menggunakan metode USDA. Perhitungan debit yang dilakukan adalah debit tangkapan, debit beban hujan, dan debit pipa eksisting.

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan, didapat nilai laju infiltrasi rata – rata sebesar 200,451 mm/jam sehingga sudah sesuai dengan standar FIFA. Nilai intensitas hujan sebesar 34,465 mm/jam. Debit tangkapan $8,791 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$ lebih kecil dari debit pipa eksisting yaitu $4,713 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$. Debit beban hujan yang didapat sebesar $8,193 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$.

Dari hasil analisis diketahui bahwa debit pipa eksisting tidak mampu menahan debit beban hujan sehingga lapangan sepak bola dapat tergenang saat hujan turun. Sistem drainase pada lapangan sepak bola ini perlu untuk dilakukan perancangan ulang. Sistem drainase baru yang direncanakan memiliki kedalaman, jenis lapisan tanah, serta nilai laju infiltrasi yang sama. Maka, didapat hasil dari perhitungan pipa drainase yang digunakan adalah jenis HDPE ukuran 4” dengan jarak antar pipa 10 m, panjang 38 m, dan kemiringan 1%.

2.2 Rencana Perancangan Ulang Stadion Sultan Agung

Perancangan ulang yang akan dilakukan membahas mengenai sistem drainase pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung dengan judul “Perancangan Ulang Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola Stadion Sultan Agung (SSA) Bantul”. Perancangan ulang dilakukan untuk mengetahui keadaan drainase pada lapangan terhadap hujan rancangan pada daerah tersebut. Lokasi, data hujan maksimum, dan metode pengambilan data tanah pada lapangan menjadi pembeda dari penelitian sebelumnya. Lokasi perancangan ulang dilaksanakan pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung (SSA) Bantul. Data hujan maksimum didapat dari stasiun hujan terdekat dari lokasi, dengan analisis metode distribusi sesuai syarat parameter statistik. Laju infiltrasi dicari dengan melakukan pengujian langsung di lapangan, sedangkan data tanah lapangan akan dilakukan uji laboratorium.

Koefisien permeabilitas berguna sebagai penentu jenis drainase pada lapangan sepak bola. Hasil laju infiltrasi yang diukur langsung di lapangan dibandingkan dengan nilai hujan rancangan setempat. Debit resapan dapat dihitung dengan laju infiltrasi yang didapat dari luas tangkapan hujan. Terdapat tiga debit dalam penelitian ini yaitu debit beban hujan, debit pipa eksisting, dan debit resapan. Debit beban hujan didapat dari intensitas hujan dikali dengan luas area, sedangkan

debit resapan adalah perhitungan luas tangkapan, laju infiltrasi, dan persentase pori. Debit pipa eksisting merupakan kapasitas saluran drainase yang terpasang di lapangan. Oleh karena itu, nilai debit eksisting harus lebih besar dari debit resapan dan debit beban hujan agar tidak membentuk genangan pada lapangan.



2.3 Perbedaan dengan Sumber Pustaka Sejenis

Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Metode	Hasil
1.	Perencanaan Sistem Drainase Stadion Bukit Lengis Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik (Satriya, A., Ismoyo, M., dan Chandrasasi, D. 2016)	Analisis perhitungan hujan rencana menggunakan data 10 tahun dengan distribusi Log Pearson III.	Hasil dari perhitungan hujan menggunakan distribusi Log Pearson III adalah 116,0114 mm. Pada bagian direncanakan pipa PVC AW Ø 2". Sesuai dengan hasil penelitian, untuk merencanakan sistem drainase permukaan terdapat 3 saluran utama. Saluran I dengan dimensi 0,3 m dan tinggi 0,7 m, saluran II dengan lebar 0,3 m dan tinggi 0,45 m, dan Saluran III dengan dimensi 1,5 m dan tinggi 1,5 m. Besar saluran pembuang rencana sesuai debit total yang masuk adalah 3,90856 m ³ /detik dengan dimensi 1,25 m dan tinggi 1 m.
2.	Perencanaan Sistem Drainase Stadion Wergu Wetan Kabupaten Kudus (Soaedry, Febbri H. 2017)	Analisis hidrologi, analisis tanah, dan analisis hidrolika. Analisis tanah untuk menentukan koefisien permeabilitas serta laju infiltrasi tanah, analisis hidrologi untuk mendapatkan debit saluran rencana, dan analisis hidrolika untuk menentukan jarak pipa, kapasitas, serta dimensi saluran.	Hasil dari analisis adalah nilai porositas sebesar 0,31, koefisien permeabilitas 50 mm/jam, laju infiltrasi 100 mm/jam, dan hujan dengan periode ulang 5 tahun sebesar 190,765 mm. Kedalaman pipa yang direncanakan 60 cm dari permukaan lapangan dengan diameter 10 cm dan jarak antar pipa 2 m.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Metode	Hasil
3.	Evaluasi Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola Stadion Maguwoharjo Sleman (Evan, Rasyid 2019)	Analisis hujan rencana menggunakan metode distribusi dengan kala ulang 5 tahun. Koefisien permeabilitas didapat dari uji laboratorium untuk mengetahui jenis drainase tanah, sedangkan laju infiltrasi didapat dari pengujian langsung.	Hasil infiltrasi yang sudah sesuai dengan standar FIFA, tetapi debit pipa eksisting tidak mampu menampung debit beban hujan sehingga sistem drainase lapangan sepak bola perlu dilakukan perancangan ulang. Sistem drainase baru yang direncanakan memiliki kedalaman, jenis lapisan tanah, serta nilai laju infiltrasi yang sama. Sesuai dengan hasil dari perhitungan, pipa drainase yang akan digunakan adalah jenis HDPE ukuran 4” dengan jarak antar pipa 10 m, panjang 38 m, dan kemiringan 1%.
4.	Perancangan Ulang Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola Stadion Sultan Agung Bantul (Anindhita, Nismara L. 2021)	Analisis perhitungan hujan rencana menggunakan data 10 tahun dan kala ulang 5 tahun dengan distribusi Log Pearson III. Pengujian laju infiltrasi dilakukan di lapangan, sedangkan pengujian permeabilitas dilakukan di laboratorium.	Hasil dari perhitungan diketahui pipa eksisting dapat menampung debit beban hujan. Debit pipa eksisting sebesar $8,3394 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$ lebih besar dari debit resapan $4,4619 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$ dan debit beban hujan $1,7096 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$. Nilai debit beban hujan lebih besar dari debit resapan. Perhitungan dilakukan menggunakan persentase pori, kedalaman pipa, diameter pipa, panjang pipa, serta jarak antar pipa yang sama. Nilai kecepatan resap minimum $1,6667 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{detik}$ untuk bagian lapangan sepak bola dan $1,5834 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{detik}$ untuk bagian luar lapangan dan <i>running track</i> .

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Lapangan Sepak Bola

Lapangan sepak bola atau lapangan hijau merupakan tanah lapang dengan bentuk persegi panjang yang berguna sebagai tempat berlangsungnya pertandingan sepak bola. Sepak bola sudah dianggap sebagai olahraga yang paling terkenal di dunia. Hanya dengan dua gawang dan satu bola, olahraga ini sudah dapat dimainkan. Pemain sepak bola tidak diperbolehkan untuk menyentuh bola dengan tangan, kecuali kiper. Oleh karena itu, untuk menggiring bola ke gawang pemain hanya diperbolehkan menendang dengan kaki maupun lutut dan menyundul bola menggunakan kepala.

Permainan ini mempunyai tujuan untuk memasukkan bola ke gawang lawan. Waktu yang diperlukan dalam permainan sepak bola berlangsung selama 2 x 45 menit. Standar ukuran lapangan sepak bola sesuai FIFA berkisar antara 90 hingga 120 meter dengan lebar 45 hingga 90 meter. FIFA juga mengatur kecepatan resapan tanah atau infiltrasi lebih dari 180 mm/jam serta nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,005.

3.2 Sistem Drainase

3.2.1 Pengertian Sistem Drainase

Drainase memiliki arti mengalirkan, mengeringkan, membuang, maupun menguras air. Secara umum, sistem drainase adalah serangkaian bangunan air yang berguna sebagai pembuangan kelebihan air pada suatu wilayah sehingga lahan tersebut dapat difungsikan secara optimal. Drainase dalam bidang teknik sipil merupakan suatu tindakan untuk mengurangi air berlebih, air yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari kawasan. Hal ini membuat fungsi kawasan tersebut tidak mengalami gangguan air.

3.2.2 Karakteristik Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola

Drainase lapangan sepak bola merupakan drainase yang dihadirkan khusus untuk memperhitungkan lapangan sepak bola. *Football Association* (FA) sudah menetapkan beberapa aturan resmi yang harus dipenuhi oleh suatu lapangan sepak bola dalam menggelar acara pertandingan. Lapangan sepak bola mempunyai sistem drainase yang didesain untuk meniadakan air pada permukaan lapangan dengan cepat agar tidak menimbulkan genangan.

Terdapat dua jenis sistem drainase, yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Sistem drainase yang digunakan pada drainase lapangan sepak bola adalah drainase bawah permukaan. Jenis drainage ini memiliki saluran pipa yang tersusun secara lateral pada bawah lapangan dengan jarak sesuai kondisi lapangan. Pipa lateral ini akan disambungkan dengan pipa perimeter yang terletak di luar lapangan, yang selanjutnya akan disalurkan menuju saluran pembuangan. Jenis drainase ini banyak digunakan untuk lapangan sepak bola karena tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak memperbolehkan adanya saluran di permukaan tanah.

3.2.3 Permasalahan Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola

Musim hujan merupakan musim yang tidak dapat dihindari, air hujan yang turun langsung ke lapangan dapat menyebabkan genangan. Beberapa lapangan sepak bola di Indonesia belum mempunyai sistem drainase. Lapangan sepak bola yang tidak memiliki sistem drainase dapat tergenang pada seluruh bagian. Kondisi lapangan yang tergenang rawan membuat pemain terjatuh karena terpeleset, salah jatuh saat melompat, dan terbentur dengan lawan main. Genangan juga dapat menghambat laju bola sehingga banyak strategi yang sulit dimainkan jika laju bola terhambat.

3.3 Hujan

3.3.1 Durasi Hujan

Durasi hujan merupakan lama waktu yang dibutuhkan untuk suatu kejadian hujan, dapat berupa menit, jam – jaman, maupun harian. Nilai durasi hujan dominan diperoleh dari hasil pencatatan alat ukur hujan otomatis yang terdapat

pada tiap stasiun hujan. Durasi hujan dapat dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan atau terapan diperlukan durasi hujan yang relatif pendek mengingat toleransi terhadap lama genangan. Pada perancangan ulang ini, nilai durasi hujan dominan yang digunakan merupakan dari hasil analisis data hujan jam – jaman sepuluh tahun terakhir.

3.3.2 Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan merupakan tingkat hujan yang terjadi pada kurun waktu saat kedalaman air hujan per satuan waktu. Semakin singkat hujan berlangsung maka intensitasnya semakin tinggi dan makin besar pula periode ulangnya. Data hujan didapatkan dari pos penakar hujan otomatis maupun manual. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan Rumus Mononobe seperti berikut.

$$I = \frac{R_5}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.1)$$

dengan:

I = intensitas hujan (mm/jam),

R_5 = hujan harian dengan kala ulang 5 tahun (mm), dan

t = lamanya curah hujan (jam).

Nilai R_5 diperoleh dari hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun. Penentuan kala ulang berdasarkan dengan luas daerah perancangan yang relatif kecil sehingga cukup menggunakan kala ulang 5 tahun.

Saat melakukan perancangan sistem drainase, data hujan termasuk dalam komponen penting untuk analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam. Alat penakar hujan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu alat penakar hujan manual dan alat penakar hujan otomatis (Suripin, 2004). Data – data dari alat penakar ini selanjutnya dikumpulkan oleh beberapa instansi, seperti Badan Meteorologi dan Geofisika, Dinas Pertanian, dan Dinas Pengairan.

Perbedaan penakar hujan manual dan penakar hujan otomatis terdapat pada cara pencatatannya. Pada penakar hujan manual, dalam 24 jam alat ini akan dibuka pada jam yang sama setiap harinya untuk dilakukan pencatatan. Kedalam hujan

yang didapat merupakan kedalaman hujan total yang terjadi dalam 24 jam, sedangkan penakar hujan otomatis akan melakukan pencatatan secara otomatis sehingga dapat menghasilkan *output* berupa grafik jumlah akumulasi hujan dengan waktu.

Data hujan yang digunakan dalam melakukan perancangan ulang lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung ini adalah data hujan jam – jaman. Data yang digunakan merupakan data hujan yang tercatat di Stasiun Bedukan Bantul selama sepuluh tahun terakhir. Data tersebut didapat dari Departemen Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (DPU BBWS SO).

3.4 Pengolahan Data Hujan

3.4.1 Kala Ulang Hujan (*Return Period*)

Periode ulang atau kala ulang adalah waktu hujan dalam besaran tertentu yang dapat terulang atau terlampaui sekali dalam suatu periode waktu tersebut. Kala ulang sebesar 5 tahun, maka hujan atau debit yang diperkirakan adalah 5 tahunan. Dapat diartikan bahwa hujan atau debit dengan besaran tersebut dapat diulang atau dilampaui rata – rata sekali dalam 5 tahun.

Perancangan ulang ini menggunakan kala ulang 5 tahun, penentuan kala ulang dipakai sesuai dengan luasan daerah yang diteliti. Kala ulang yang digunakan 5 tahun karena luasan daerah yang relatif kecil. Selain luasan daerah yang relatif kecil, pemilihan kala ulang 5 tahun ini berdasarkan pertimbangan akan risiko genangan yang mungkin terjadi karena hujan relatif lebih kecil dibanding banjir akibat luapan sungai. Luas lahan yang terbatas dan daerah perkotaan yang kerap mengalami perubahan sehingga tidak memungkinkan untuk merencanakan saluran dengan kala ulang lebih dari 5 tahun.

3.4.2 Analisis Frekuensi Hujan

Tujuan dari adanya analisis frekuensi yaitu untuk mencari hubungan besar kejadian ekstrim pada frekuensi kejadian dengan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi dihitung menggunakan sebaran dengan teori *probability distribution* dan sebaran Gumbel tipe 1, Log Pearson tipe III, Normal dan Log Normal. Besar hujan

dengan interval sepuluh tahun akan diperkirakan dengan analisis frekuensi. Perhitungan hujan dilakukan dengan sistematis seperti berikut.

1. Menentukan parameter statistik

Pada perhitungan analisis frekuensi parameter statistik yang digunakan antara lain adalah nilai rata – rata (\bar{X}), standar deviasi (S), koefisien variasi (C_v), koefisien kemiringan (C_s), dan koefisien *kurtosis* (C_k). Semua perhitungan berdasarkan pada data catatan tinggi hujan jam – jaman rata – rata maksimum sepuluh tahun terakhir. Parameter yang dibutuhkan dalam menentukan jenis distribusi probabilitas dirumuskan sebagai berikut.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.2)$$

$$S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad (3.3)$$

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (3.4)$$

$$C_s = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (3.5)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \quad (3.6)$$

dengan:

\bar{X} = rata – rata (mm),

X_i = data hujan (mm),

S = simpangan baku (mm),

n = jumlah data,

C_v = koefisien variasi,

C_s = koefisien *skewness*, dan

C_k = koefisien *kurtosis*.

2. Penentuan parameter distribusi sebaran

Jenis distribusi sebaran ditentukan setelah mendapat nilai dari tiap parameter statistik, pemilihan jenis sebaran yang salah dapat membuat kesalahan perkiraan juga. Beberapa persyaratan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Persyaratan Parameter Distribusi Sebaran

No.	Distribusi	Persyaratan
1.	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2.	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$
3.	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4.	Log <i>Pearson</i> III	Selain dari data di atas

Sumber : Triatmodjo (2008)

3. Mencari hujan rancangan dengan distribusi Log Pearson III

Terdapat tiga parameter yang dianggap penting dalam Log – Pearson III yaitu nilai rata – rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol, maka perhitungannya akan sama dengan Log Normal. Distribusi Log *Pearson* III ini paling banyak digunakan dalam hidrologi.

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (3.7)$$

dengan:

X_T = nilai besar kejadian dalam periode ulang T tahun (mm),

\bar{X} = nilai X rata – rata (mm),

K_T = faktor frekuensi (berdasarkan jenis distribusi), dan

S = standar deviasi data.

Nilai K_T atau faktor frekuensi tergantung dari jenis distribusi yang digunakan, tiap distribusi mempunyai nilai K_T yang berbeda. Koefisien kemiringan (C_s) dan nilai K_T fungsi dari probabilitas (5 tahun) dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Nilai K_T Distribusi Log Pearson III

Koefisien Kemiringan (C_s)	<i>Return Period in Years</i>		
	2	5	10
	<i>Exceedance Probability</i>		
	0,5	0,2	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180
2,9	-0,390	0,440	1,195

Lanjutan Tabel 3.2 Nilai K_T Distribusi Log Pearson III

Koefisien Kemiringan (C_s)	Return Period in Years		
	2	5	10
	Exceedance Probability		
	0,5	0,2	0,1
2,8	-0,384	0,460	1,210
2,7	-0,376	0,479	1,224
2,6	-0,368	0,499	1,238
2,5	-0,360	0,518	1,250
2,4	-0,351	0,537	1,262
2,3	-0,341	0,555	1,274
2,2	-0,330	0,574	1,284
2,1	-0,319	0,920	1,294
2,0	-0,307	0,609	1,302
1,9	-0,294	0,627	1,310
1,8	-0,282	0,643	1,318
1,7	-0,268	0,660	1,324
1,6	-0,254	0,675	1,329
1,5	-0,240	0,690	1,333
1,4	-0,225	0,705	1,337
1,3	-0,210	0,719	1,339
1,2	-0,195	0,732	1,340
1,1	-0,180	0,745	1,341
1,0	-0,164	0,758	1,340
0,9	-0,148	0,769	1,339
0,8	-0,132	0,780	1,336
0,7	-0,116	0,790	1,333
0,6	-0,099	0,800	1,328
0,5	-0,083	0,808	1,323
0,4	-0,066	0,816	1,317
0,3	-0,050	0,824	1,309
0,2	-0,033	0,830	1,301
0,1	-0,017	0,836	1,292
0,0	0,000	0,842	1,282

Sumber : Triatmodjo (2008)

Cara memperoleh hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson III adalah sebagai berikut.

- Data hujan maksimum tahunan disusun ke dalam tabel,
- Hitung nilai logaritma pada data hujan,
- Hitung nilai rerata, deviasi standar koefisien kemiringan dari nilai logaritma,

- d. Nilai dihitung untuk periode ulang yang dikehendaki,
- e. Hitung hujan maksimum untuk tiap periode ulang dengan nilai antilog.

3.5 Klasifikasi Aliran

3.5.1 Debit Saluran

Sistem drainase bawah permukaan memerlukan perhitungan debit resapan untuk mendapatkan besar dimensi saluran yang dibutuhkan. Besar air yang jatuh ke luasan daerah penerima air hujan dan akan dibuang disebut debit resapan. Pada perancangan ulang ini sudah terdapat besar luasan daerah, jarak antar pipa, dan kecepatan resapan tanah sehingga perhitungan debit resapan dapat dilakukan. Data untuk luasan daerah dan jarak antar pipa didapat langsung dari pengelola lapangan, sedangkan nilai laju infiltrasi tanah didapat dari pengujian di lapangan. Berikut adalah persamaan untuk debit resapan.

$$S = \sqrt{H^2 + \left(\frac{1}{2} B\right)^2} \quad (3.8)$$

$$T = \frac{S}{V \sin \alpha} \quad (3.9)$$

$$\text{Vol} = \frac{4}{5} \times B \times H \times p \times L \quad (3.10)$$

$$Q_{re} = \frac{\text{Vol}}{T} \quad (3.11)$$

dengan:

- S = Jarak tempuh aliran terjauh (m),
- H = kedalaman saluran dari permukaan (m),
- B = jarak antar pipa *drain* (m),
- T = lama aliran dalam tanah (detik),
- V = kecepatan resapan atau nilai infiltrasi tanah (m/detik),
- α = sudut antara titik aliran terjauh dengan pipa *drain*,
- Vol = volume air (m³),
- L = panjang pipa *drain* (m),
- p = persentase pori, dan
- Q_{re} = debit resapan (m³/detik).

Debit beban hujan adalah perhitungan dari beban air hujan yang jatuh dikali dengan luasan daerah. Perhitungan debit beban hujan dilakukan untuk mengetahui kapasitas pipa eksisting sudah cukup atau belum, dengan membandingkan hasil debit beban hujan dan debit pipa eksisting. Persamaan untuk menghitung nilai debit beban hujan adalah sebagai berikut.

$$Q_{bh} = I \times A \quad (3.12)$$

dengan:

Q_{bh} = debit beban hujan ($m^3/detik$),

I = intensitas hujan ($m/detik$), dan

A = luasan permukaan lapangan (m^2).

Debit resapan dan debit beban hujan harus dapat ditampung oleh debit pipa eksisting, debit ini didapat dari dimensi pipa yang terpasang di bawah permukaan lapangan. Terdapat muka air bebas, maka ini aliran ini adalah aliran terbuka yang mengalir pada pipa drainase. Oleh karena itu, pipa direncanakan terisi 30 – 70% dengan kemiringan menurut SNI sebesar 0,5 – 1%. Perhitungan dapat dilihat pada persamaan di bawah.

$$Q_{pe} = A \times V_{aliran} \quad (3.13)$$

$$V_{aliran} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S_o^{\frac{1}{2}} \quad (3.14)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.15)$$

Pipa yang terisi hanya 30 – 70%, maka nilai debit pipa terisi 100% dapat dicari dengan rumus berikut :

$$A = 0,25\pi D^2 \quad (3.16)$$

$$P = \pi D \quad (3.17)$$

$$Q_{pe} = \frac{1}{n} \times A^{\frac{5}{3}} \times P^{-\frac{2}{3}} \times S_o^{\frac{1}{2}} \quad (3.18)$$

Kemudian, berikut rumus pipa terisi 70%

$$(Q_{pe})_{70\%} = \frac{70\%}{100\%} \times Q_{pe} 100\% \quad (3.19)$$

dengan:

Q_{pe} = debit pipa eksisting ($m^3/detik$),

A = luas basah penampang (m^2),

V = kecepatan aliran rata-rata ($m^2/detik$),

n = koefisien kekasaran manning,

R = jari-jari hidrolis (m),

S_0 = kemiringan pipa, dan

P = keliling penampang basah (m).

3.5.2 Kekasaran Manning

Seseorang bernama Robert Manning pada tahun 1889 mengemukakan sebuah rumus yang disebut dengan rumus manning. Berikut adalah bentuk dari rumus manning.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (3.20)$$

dengan:

V = kecepatan rata – rata (m/detik),

R = jari – jari hidrolis saluran (m),

S = kemiringan dasar saluran, dan

n = koefisien kekasaran *manning*.

Terdapat kesulitan dalam menggunakan rumus di atas, karena tidak terdapat cara untuk menentukan nilai koefisien kekasaran manning yang akan digunakan. Maka dari itu, untuk mengetahui nilai koefisien kekasaran manning dapat dilakukan dengan pendekatan. Tahapan dalam melakukan pendekatan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Dilihat apa saja faktor yang menjadi pengaruh nilai n .
2. Nilai n dicocokkan dengan berbagai tipe saluran pada tabel.
3. Pahami sifat saluran dengan koefisien kekasaran yang sudah diketahui.

4. Analisis dilakukan berdasarkan kecepatan teoritis pada penampang serta mengukur kecepatan dan kekasaran.

Tabel untuk mengetahui berbagai jenis saluran serta besarnya nilai koefisien kekasaran manning dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah.

Tabel 3.3 Nilai Koefisien Kekasaran Manning

No	Bahan Saluran	Nilai Koef. Manning
1.	Kaca halus, plastik	0,010
2.	Beton, baja, galvanis	0,011
3.	Besi cor	0,012
4.	Saluran air basah	0,013
5.	Besi dengan mur, keramik, kayu	0,015
6.	Beton kasar	0,017

Sumber : Stephenson, D. (1984)

3.5.3 Kemiringan Dasar Saluran

Air hujan yang jatuh akan mengalir jika ada kemiringan. Penentuan kemiringan dasar saluran berdasarkan pada kemiringan permukaan tanah atau keadaan topografi pada daerah rencana. Kecepatan diperlukan untuk mengalirkan air. Semakin besar kemiringan dasar saluran, maka semakin besar pula debit aliran pembuangan air.

3.6 Tanah

Terdapat beberapa aspek penting dalam pemilihan lapangan sepak bola, salah satunya tanah. Selain sebagai media tanam untuk rumput, tanah juga harus cepat dalam menyerap air hujan. Oleh karena itu, nilai permeabilitas pada tanah harus direncanakan setepat mungkin agar tidak menimbulkan genangan di lapangan sepak bola.

3.6.1 Porositas Tanah

Porositas tanah merupakan kemampuan tanah dalam meloloskan air yang berlebih sehingga tidak ada air jenuh dan udara yang dapat masuk ke dalam tanah. Tanah tersusun dari butiran, pori air, dan pori udara. Volume tanah (V_t) terdiri dari volume butiran (V_s), pori air (V_w), dan pori udara (V_a). Porositas (p) berhubungan erat dengan angka pori (e). Angka pori adalah perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s).

$$p = \frac{V_v}{V_{ol}} \quad (3.21)$$

$$p = \frac{V_v}{V_s + V_v} \quad (3.22)$$

dibagi dengan V_s

$$p = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{\frac{V_s + V_v}{V_s}} \quad (3.23)$$

karena $e = \frac{V_v}{V_s}$, maka (3.24)

$$p = \frac{e}{1+e} \quad (3.25)$$

Dari persamaan di atas, dapat diketahui nilai porositas (p) dengan mencari nilai angka pori (e) terlebih dahulu.

$$e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1 \quad (3.26)$$

dengan:

e = angka pori,

t = berat jenis tanah,

γ_w = berat volume air (gram/cm^3), dan

γ_d = berat volume kering tanah (gram/cm^3).

Berat jenis tanah merupakan nilai perbandingan berat butiran tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama dan temperatur tertentu. Pengujian berat jenis tanah akan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII dengan langkah pengujian sebagai berikut.

1. Sampel tanah yang sudah dikeringkan di dalam oven selama 24 jam disiapkan, lalu dihaluskan dengan pastel hingga lolos saringan no. 10.
2. Pikometer dibersihkan bagian dalam dan luarnya, kemudian ditimbang beserta tutupnya, dan catat sebagai berat W_1 (gram).
3. Tanah kering yang lolos saringan no. 10 dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak seperempat dari volume piknometer. Timbang piknometer dengan tanah beserta tutupnya dan catat sebagai W_2 (gram).
4. Air destilasi dimasukkan ke dalam piknometer yang sudah terisi tanah hingga $2/3$ dari piknometer dan diamkan selama 30 menit.

5. Piknometer dimasukkan ke dalam pompa vakum tanpa tutup dengan tekanan tidak melebihi 100 cmHg sehingga gelembung udara dapat keluar dari pori – pori tanah dan air menjadi jernih.
6. Tambahkan air destilasi hingga volume piknometer penuh dan ditutup, lap bagian luar piknometer agar kering. Lalu timbang dan catat sebagai W_3 (gram).
7. Suhu air dalam piknometer diukur dengan termometer dan catat sebagai T.
8. Isi piknometer dibuang hingga bersih kemudian isi dengan air destilasi hingga penuh dan ditutup. Kemudian keringkan bagian luarnya dengan kain kering lalu ditimbang dan dicatat sebagai W_4 (gram).
9. Pengujian diulang dari awal hingga data cukup, hitung data yang telah didapat. Rumus untuk perhitungan angka pori adalah sebagai berikut.

$$\text{Berat kering } (W_s) = W_2 - W_1 \quad (3.27)$$

$$A = W_s + W_4 \quad (3.28)$$

$$a = A - W_3 \quad (3.29)$$

$$\text{Berat Jenis } (G_s) = \frac{W_s}{I} \quad (3.30)$$

$$\text{Berat Jenis pada } 20^\circ\text{C} = G_s \frac{\gamma_w(T^\circ\text{C})}{\gamma_w(20^\circ\text{C})} \quad (3.31)$$

γ_w adalah berat jenis air yang dibandingkan dari suhu pengujian dengan suhu 20°C sehingga didapat berat jenis tanah pada suhu tersebut. Untuk mengetahui berat jenis air pada suhu pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Berat Jenis Air terhadap Suhu

No.	Suhu ($^\circ\text{C}$)	γ_w (kg/m^3)	No.	Suhu ($^\circ\text{C}$)	γ_w (kg/m^3)
1.	15	999,19	10.	24	997,38
2.	16	999,03	11.	25	997,13
3.	17	998,86	12.	26	996,86
4.	18	998,68	13.	27	996,59
5.	19	998,49	14.	28	996,31
6.	20	998,29	15.	29	996,02
7.	21	998,08	16.	30	995,71
8.	22	997,86	17.	31	995,41
9.	23	997,62	18.	32	995,09

Setelah itu, berat jenis yang didapat dimasukkan ke dalam persamaan berat jenis untuk mendapatkan besarnya angka pori. Angka pori yang sudah didapat dibandingkan dengan yang ada pada Tabel 3.5 di bawah ini agar mengetahui jenis tanah pada lapangan.

Tabel 3.5 Harga Angka Pori

No.	Jenis Tanah	Angka Pori
1.	Pasir lepas dengan butiran seragam (<i>loose uniform sand</i>)	0,8
2.	Pasir padat dengan butiran seragam (<i>dense uniform sand</i>)	0,45
3.	Pasir berlanau yang lepas dengan butiran bersudut (<i>loose angular – grained silty sand</i>)	0,65
4.	Pasir berlanau yang padat dengan butiran bersudut (<i>dense angular-grained silty sand</i>)	0,4
5.	Lempung kaku (<i>stiff clay</i>)	0,6
6.	Lempung lembek (<i>soft clay</i>)	0,9 – 1,4
7.	Tanah (<i>loess</i>)	0,9
8.	Lempung organic lembek (<i>soft organic clay</i>)	2,5 – 3,2
9.	<i>Glacial till</i>	0,3

Sumber : BM. Das (1985)

3.6.2 Berat Volume Tanah

Berat volume tanah adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung di dalamnya dengan volume tanah total. Setiap tanah mempunyai berat volume yang berbeda. Jika berat volume tanah pada pengujian laboratorium sudah diketahui maka keadaan di lapangan dapat disesuaikan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan berat volume yaitu metode ring, metode penggalian tanah, metode bongkahan, dan metode radiasi. Pengujian berat volume tanah berguna untuk mengetahui berat volume tanah. Pada pengujian kali ini digunakan metode ring dengan *core*, langkah untuk mendapatkan berat volume adalah sebagai berikut.

1. Ukur tinggi (t), diameter (d), dan berat ring tabung (W_1),
2. Ambil sampel tanah yang tidak terganggu dengan ring dan timbang beratnya yang didapat dari berat tanah dengan ring dikurangi berat ring,
3. Melakukan perhitungan seperti persamaan di bawah.

$$\text{Volume ring} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \quad (3.32)$$

$$\text{Berat volume tanah} = \frac{\text{Berat (gram)}}{\text{Vol. ring (cm}^3\text{)}} \quad (3.33)$$

4. Mencari berat volume kering dengan persamaan berikut.

$$\text{Berat volume tanah kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma}{1 + \frac{w}{100}} \quad (3.34)$$

W adalah kadar air yang berasal dari berat air yang terkandung dalam tanah dibanding dengan berat tanah.

3.6.3 Laju Infiltrasi

Infiltrasi merupakan kecepatan air meresap dalam tanah. Laju masuknya air dibatasi oleh pori tanah, semakin banyak pori pada tanah maka semakin tinggi laju infiltrasinya. Pengujian laju infiltrasi di lapangan dilakukan dengan mengisi air pada paralon yang sudah masuk ke dalam tanah dengan kedalaman kurang lebih 20 cm. Pembacaan data dilakukan setiap terjadi penurunan air persatuan waktu. Alat dan bahan yang diperlukan adalah pipa paralon dengan angka ukur, *stopwatch*, dan bor tanah manual. Langkah pengujian uji infiltrasi di lapangan adalah sebagai berikut.

1. Tanah dilubangi dengan bor manual sampai kedalaman kurang lebih 20 cm.
2. Lubang diisi dengan air hingga sekeliling lubang dalam keadaan mendekati jenuh.
3. Paralon dimasukkan dengan angka ukur pada lubang tanah.
4. Isi paralon dengan air sampai angka 0 pada angka ukur.
5. Hitung penurunan yang terjadi.
6. Ulangi langkah 4 dan 5 hingga mencukupi data yang dibutuhkan.

Data yang terkumpul sudah cukup, maka dilakukan perhitungan dan diambil nilai rata – ratanya. Data yang terkumpul dalam satuan cm/detik diubah ke satuan mm/jam. Nilai laju infiltrasi didapatkan dari data yang dikali dengan porositas tanah. Salah satu ketentuan yang dibuat oleh FIFA yaitu, suatu lapangan sepak bola dapat mengeringkan air hingga >180 mm/jam untuk mencegah adanya genangan saat hujan turun.

3.6.4 Koefisien Permeabilitas

Tanah tersusun dari butiran – butiran dengan rongga yang saling berhubungan di antaranya. Kemampuan tanah untuk meloloskan air disebut dengan permeabilitas, dibagi menjadi dua yaitu permeabilitas tanah jenuh dan permeabilitas tanah tak jenuh. Permeabilitas jenuh adalah permeabilitas yang pengukurannya dilakukan saat seluruh pori tanah terisi air. Faktor yang memengaruhi permeabilitas ini antara lain ukuran, distribusi, dan hubungan pori. Berbeda dengan permeabilitas tak jenuh, permeabilitas tak jenuh dapat terjadi saat pori tidak terisi air. Oleh karena itu, aliran dapat terjadi pada tanah dalam kondisi kering. Permeabilitas tak jenuh hanya dipengaruhi oleh faktor kandungan air. Persyaratan yang dibuat oleh FIFA, lapangan sepak bola memiliki koefisien permeabilitas sebesar 0,005.

Mencari nilai permeabilitas tanah dalam perancangan ulang ini berguna untuk mengetahui nilai drainase tanah. Pengujian dilakukan dengan uji *Constant Head Permeameter*, yaitu metode yang didasari oleh tekanan tetap. Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Ukur berat, tinggi, dan diameter pipa gelas,
2. Ambil contoh tanah dari tabung yang sudah diketahui berat volumenya, lalu contoh tanah dimasukkan ke dalam pipa gelas permeabilitas dengan berat dan volume yang sama dengan keadaan lapangan,
3. Ukur berat tanah dan pipa gelas,
4. Bagian atas ditutup dengan sekrup berlubang, pasang pipa plastik ke empat sisi bagian atas, dan dua bagian bawah,
5. Ambil gelas ukur untuk mengukur tumpahan air,
6. Bak penampung diisi air dan perhatikan agar tinggi air selalu konstan, jika air mengalir keluar dari contoh tanah berarti sudah jenuh, pembacaan bisa dimulai,
7. Catat tinggi muka air mula – mula (h_1) dan hitung waktu saat itu juga (t_0),
8. Tinggi h_1 , tinggi h_2 , dan t dibaca dalam detik saat volume mencapai 50 cc, 100 cc, 150 cc, 200 cc, dan 250 cc.

Dari hasil pengujian didapat nilai koefisien permeabilitas dengan persamaan berikut.

$$K = \frac{\text{Vol} \times L}{A \times h \times t} \quad (3.35)$$

dengan:

- K = koefisien permeabilitas (cm/detik),
 Vol = volume air yang masuk ke dalam gelas ukur (cm^3),
 L = tinggi sampel tanah (cm),
 A = luas sampel tanah (cm^2),
 h = tinggi energi hilang (cm), dan
 t = waktu (detik).

Ambil rata – rata nilai permeabilitas dengan rumus berikut.

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n}{n} \quad (3.36)$$

dengan:

- K = koefisien permeabilitas rata – rata (cm/detik),
 K_1 = koefisien permeabilitas ke – 1 (cm/detik),
 K_2 = koefisien permeabilitas ke – 2 (cm/detik),
 K_3 = koefisien permeabilitas ke – 3 (cm/detik),
 K_n = koefisien permeabilitas ke – n (cm/detik), dan
 n = jumlah pembacaan koefisien permeabilitas.

Pada temperatur 20°C nilai koefisien permeabilitas dinyatakan, hal ini karena nilai koefisien kekentalan air pada temperatur mendekati 1 poise. Setiap pengujian disesuaikan dengan temperatur 20°C dengan rumus berikut.

$$K_{20} = K_T \frac{\mu_T}{\mu_{20}} \quad (3.37)$$

dengan:

- K_{20} = koefisien permeabilitas pada temperatur 20°C (cm/detik),
 K_T = koefisien permeabilitas pada temperatur T (cm/detik), dan
 μ_T / μ_{20} = perbandingan koefisien kekentalan air pada temperatur T terhadap temperatur 20°C .

Nilai perbandingan dari koefisien kekentalan air pada temperatur T terhadap temperatur 20°C dapat diketahui dengan mencermati Tabel 3.6 yang berada di bawah ini.

Tabel 3.6 Perbandingan Koefisien Kekentalan Air pada Temperatur T dengan Temperatur 20°C

Temperatur (°C)	μ_T / μ_{20}	Temperatur (°C)	μ_T / μ_{20}
10	1,298	21	0,975
11	1,263	22	0,952
12	1,228	23	0,930
13	1,195	24	0,908
14	1,165	25	0,887
15	1,135	26	0,867
16	1,106	27	0,847
17	1,078	28	0,829
18	1,051	29	0,811
19	1,025	30	0,793
20	1,000		

Sumber : Hardiyatmo (1992)

Nilai koefisien permeabilitas pada suhu 20°C yang didapat dari pengujian dicocokkan dengan Tabel 3.7 untuk menentukan jenis permeabilitas serta jenis tanahnya. Saat nilai permeabilitas sudah diketahui, maka jenis drainase yang digunakan pada lapangan sepak bola dapat diketahui pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.7 Hubungan Nilai Koefisien Permeabilitas dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	K (cm/detik)	Jenis Permeabilitas
Kerikil	$>10^{-4}$	Permeabilitas tinggi
Kerikil halus / pasir	$10^{-4} - 10^{-3}$	Permeabilitas menengah
Pasir sangat halus Pasir lunak Lanau tidak padat	$10^{-3} - 10^{-5}$	Permeabilitas rendah
Lanau padat Lanau lempung Lanau tidak murni	$10^{-5} - 10^{-7}$	Permeabilitas sangat rendah
Lempung	$<10^{-5}$	Kedap air / <i>Impervious</i>

Sumber : Santosa (1998)

Tabel 3.8 Hubungan Nilai Koefisien Permeabilitas dengan Jenis Drainase

K (m/detik)	Jenis Drainase
$K > 10^{-4}$	<i>Good</i>
$10^{-6} < K < 10^{-4}$	<i>Poor</i>
$K < 10^{-6}$	<i>Impervious</i>

Sumber : Santosa (1998)

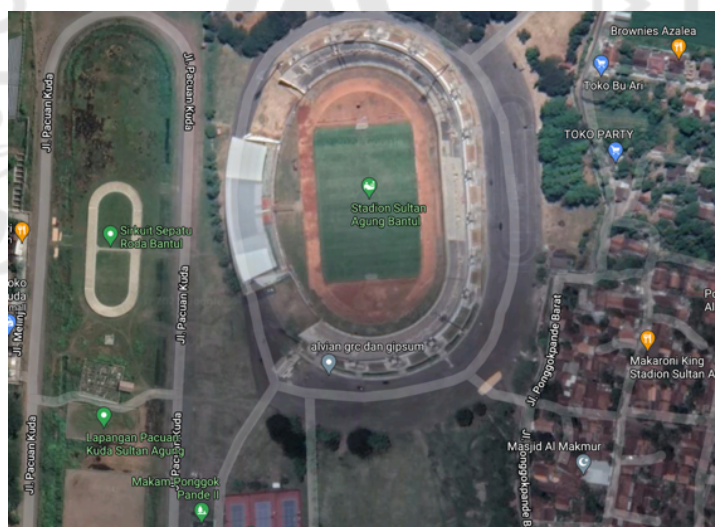


BAB IV METODE PERANCANGAN ULANG

Metode perancangan ulang merupakan pembaharuan dengan pedoman wujud desain lama diubah menjadi baru, dengan tujuan positif untuk mendapat kemajuan. Pada dasarnya perancangan ulang sama dengan proses desain pada umumnya, tetapi perancangan ulang dilakukan pada bangunan yang sudah terbangun yang berguna untuk memaksimalkan fungsi dari bangunan tersebut. Perancangan ulang dilakukan karena bangunan mengalami kerusakan atau tidak layak. Lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung memiliki sistem drainase yang kurang baik. Oleh karena itu, diperlukan perancangan ulang agar fungsi sistem drainase dapat kembali seperti awal dibuat.

4.1 Lokasi Perancangan Ulang

Lokasi perancangan ulang dilakukan pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung Bantul yang berada di Jalan Sultan Agung 18, Ponggok II, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Batasan yang digunakan dalam perancangan ulang hanya lapangan sepak bola serta saluran drainase yang ada. Lokasi perancangan ulang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Perancangan Ulang
Sumber: Google Satellite

4.2 Studi Literatur dan Teknik Pengumpulan Data

4.2.1 Studi Literatur

Studi literatur ini berfungsi sebagai pedoman awal untuk mendapatkan arahan serta wawasan dalam mengerjakan perancangan ini. Studi literatur bersumber dari buku – buku maupun jurnal sebagai pendukung yang berhubungan dengan perancangan yang akan dilakukan. Studi ini dimaksud untuk mempermudah jalannya perancangan, seperti survei lokasi perancangan, pengumpulan data, analisis serta pengolahan data, dan penyusunan laporan hasil pengolahan data.

4.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Terdapat beberapa cara dalam mengumpulkan data – data yang digunakan, antara lain adalah sebagai berikut.

1. Observasi

Teknik ini dilakukan dengan mengadakan penelitian atau pengamatan langsung di lapangan.

2. Wawancara

Data didapatkan dari hasil melakukan tanya jawab mengenai parameter maupun hal yang bersangkutan dengan perancangan ulang yang akan dilakukan. Wawancara dapat dilakukan dengan pihak – pihak yang terlibat langsung dalam perkembangan Stadion Sultan Agung Bantul, khususnya yang berhubungan dengan drainase lapangan sepak bola.

3. Dokumentasi

Pengumpulan data dilakukan dengan mencari serta meneliti dokumen dan data – data yang memiliki hubungan dengan perancangan ulang yang akan dilakukan.

4.3 Pengumpulan Data

Beberapa hal yang perlu dilakukan sebelum mengumpulkan data yaitu pemaparan subjek dan objek penelitian, jenis dan sumber data, waktu yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data, dan kesulitan yang mungkin dihadapi saat pengumpulan data.

4.3.1 Subjek dan Objek Perancangan Ulang

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, subjek merupakan benda, orang, atau hal yang dijadikan oleh penulis sebagai sumber informasi atau sumber data untuk perancangan yang sedang dilakukan. Subjek dalam perancangan ini adalah Stadion Sultan Agung (SSA) Bantul.

Objek perancangan sendiri adalah keadaan suatu benda, orang, atau yang berperan sebagai pusat perhatian dalam perancangan serta sasaran perancangan. Objek dalam perancangan ini adalah drainase lapangan sepak bola. Berdasarkan penjelasan tersebut selanjutnya akan dijelaskan mengenai sumber dan data perancangan.

4.3.2 Sumber dan Data Perancangan

Data perancangan dibagi menjadi data primer dan data sekunder seperti berikut.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapat penulis dari observasi langsung di lapangan pada lokasi maupun sekitarnya. Data primer yang diperlukan dalam perancangan ini adalah sampel tanah untuk uji permeabilitas dan nilai laju infiltrasi yang didapat dari pengujian langsung di lapangan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber yang tidak dapat memberikan data secara langsung, misalnya melalui dokumen lain atau orang lain (Sugiyono, 2012). Data sekunder berasal dari sumber kedua, tujuan pengambilan data sekunder untuk menguatkan tinjauan pustaka dan landasan teori. Adapun data sekunder dalam perancangan ini adalah sebagai berikut.

- a. Data hujan jam-jaman Stasiun Bedukan sepuluh tahun terakhir dari Departemen Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (DPU BBWS SO).
- b. Laju infiltrasi dari perencanaan.
- c. Koefisien permeabilitas dari sampel tanah lapangan yang diuji di laboratorium.

- d. Data dimensi drainase bawah permukaan dan data luas lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung Bantul didapat dari Dinas Pendidikan, Pemuda, dan Olahraga Kabupaten Bantul.

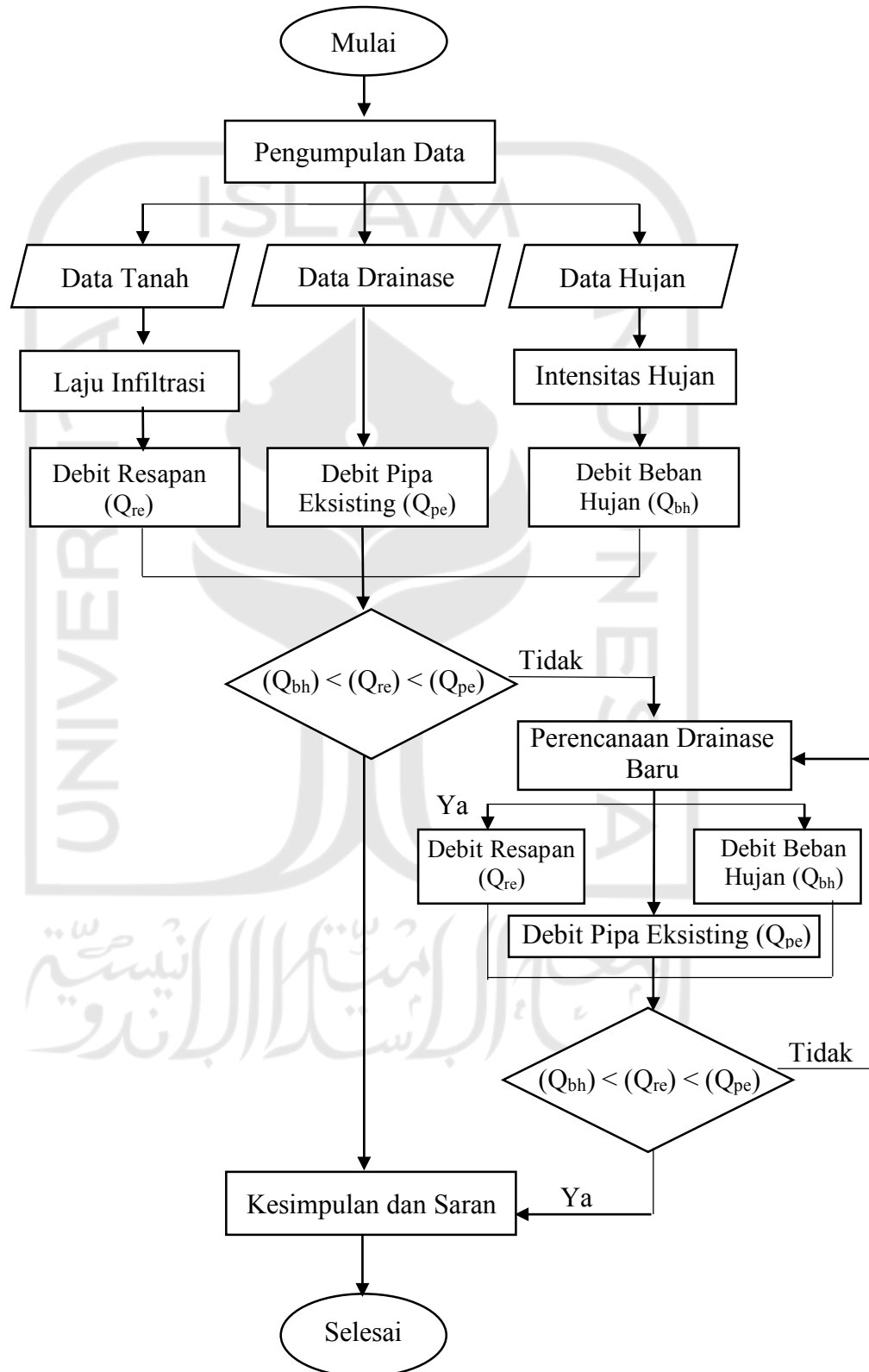
4.4 Penggunaan Data

Data yang sudah didapatkan kemudian diolah dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, maka teknik analisis data ini berkenaan dengan perhitungan untuk menjawab rumusan masalah dan kajian hipotesis yang telah diajukan. Rangkaian pengolahan data adalah sebagai berikut.

1. Data hujan sepuluh tahun terakhir didapat dari Stasiun Bedukan, lalu dianalisis dengan syarat jenis distribusi yang ada untuk mengetahui besaran hujan rancangan.
2. Berat volume tanah digunakan untuk mengetahui berat jenis tanah dan permeabilitas tanah.
3. Porositas tanah berfungsi untuk menentukan kecepatan resap air pada tanah.
4. Laju infiltrasi didapat dari melakukan pengujian langsung di lapangan sepak bola, kemudian untuk mengetahui laju infiltrasi tanah dapat dilakukan dengan cara mengalikan kecepatan resap air dan porositas tanah.
5. Permeabilitas tanah dapat diketahui dengan melakukan uji CPT di laboratorium untuk mengetahui jenis tanah pada drainase.
6. Perhitungan debit yang dihitung adalah debit resapan, debit beban hujan, dan debit pipa eksisting.
7. Analisis saluran pengumpul dicari untuk mengetahui dimensi saluran dengan menyesuaikan debit yang terbesar antara debit resapan dengan debit beban hujan.

4.5 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.

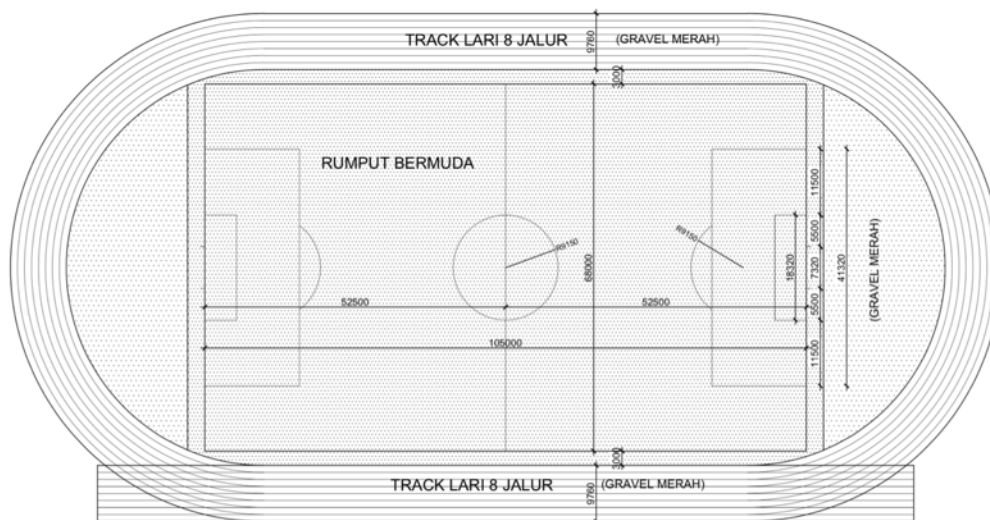


Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1 Letak Wilayah

Stadion Sultan Agung di Jalan Sultan Agung 18, Ponggok II, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Luas Stadion Sultan Agung sendiri berkisar antara 25 ha atau 2,5 km². Stadion ini dilengkapi dengan *running track* yang mengelilingi lapangan sepak bola sebagaimana terlihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Denah Lapangan Sepak Bola

5.2 Data

Analisis perancangan ulang ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah sampel tanah lapangan untuk uji permeabilitas di laboratorium dan nilai laju infiltrasi yang didapat dari pengujian langsung di lapangan. Berbeda dengan data sekunder, data sekunder yang digunakan adalah dimensi saluran drainase serta luas lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung, data hujan Stasiun Bedukan sepuluh tahun terakhir yang didapat dari BBWS SO, laju infiltrasi dari perancangan, dan nilai koefisien permeabilitas dari pengujian di laboratorium. Tahap untuk dapat melanjutkan perhitungan selanjutnya yaitu, data yang ada harus diolah terlebih dahulu.

5.3 Analisis Data Hujan

5.3.1 Distribusi Hujan

Data hujan pada perancangan ulang ini didapat dari Stasiun Bedukan yang terletak di Pleret, Bantul. Data hujan yang digunakan adalah data hujan sepuluh tahun terakhir. Rekapitulasi data nilai hujan maksimum tahunan yang digunakan terdapat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Data Hujan Harian Maksimum Tahunan Stasiun Bedukan

No	Tahun	Hujan (mm)
1	2009	53
2	2011	53
3	2012	55,3
4	2013	114,2
5	2014	76,9
6	2015	77,9
7	2016	62,8
8	2017	244
9	2018	172
10	2019	81,6

5.3.2 Analisis Frekuensi Hujan

Tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis frekuensi hujan, dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis frekuensi merupakan data hujan maksimum tahunan pada Tabel 5.1. Analisis frekuensi dilakukan dengan menggunakan metode yang sudah ditentukan.

1. Perhitungan statistik hujan maksimum.

Contoh perhitungan parameter statistik hujan maksimum yang digunakan dalam menentukan distribusi probabilitas adalah sebagai berikut.

Diketahui:

Tahun 2009

$$X_i = 53$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{53}{10} = 5,3$$

$$X_i - \bar{X} = 53 - 99,070 = -46,07$$

$$(X_i - \bar{X})^2 = (-46,07)^2 = 2122,445$$

$$(X_i - \bar{X})^3 = (-46,07)^3 = -97781,037$$

$$(X_i - \bar{X})^4 = (-46,07)^4 = 4504772,354$$

Perhitungan untuk tahun 2009 – 2019 dilakukan menggunakan cara yang sama seperti perhitungan pada tahun 2009. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Parameter Statistik Hujan Maksimum

Tahun	Hujan (X_i) (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2009	53	-46,07	2122,445	-97781,037	4504772,354
2011	53	-46,07	2122,445	-97781,037	4504772,354
2012	55,3	-43,77	1915,813	-83855,131	3670339,068
2013	114,2	15,13	228,917	3463,513	52402,947
2014	76,9	-22,17	491,509	-10896,752	241580,999
2015	77,9	-21,17	448,169	-9487,736	200855,363
2016	62,8	-36,27	1315,513	-47713,653	1730574,190
2017	244	144,93	21004,705	3044211,881	441197627,936
2018	172	72,93	5318,785	387898,983	28289472,812
2019	81,6	-17,47	305,201	-5331,860	93147,589
Jumlah	990,7	0,00	35273,501	3082727,172	484485545,612

Setelah mendapatkan nilai pada data di atas, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis frekuensi hujan yang digunakan untuk mendapat nilai parameter statistik. Perhitungan parameter statistik untuk menentukan distribusi probabilitas adalah sebagai berikut.

Jumlah data (n)

$$n = 10$$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \\ &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} X_i\end{aligned}$$

$$= \frac{990,7}{10}$$

$$= 99,07 \text{ mm}$$

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\frac{1}{10-1} 35273,501 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 62,604 \text{ mm}$$

$$C_v = \frac{s}{\bar{X}}$$

$$= \frac{62,604}{99,070}$$

$$= 0,632$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

$$= \frac{10 \times 3082727,172}{(10-1)(10-2)62,604^3}$$

$$= 1,745$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$$

$$= \frac{10^2 \times 638837243,796}{(10-1)(10-2)(10-3)889^4}$$

$$= 6,258$$

2. Pemilihan jenis distribusi hujan

Parameter statistik harus memenuhi syarat untuk menentukan distribusi probabilitas. Penentuan jenis distribusi probabilitas dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Syarat Penentuan Jenis Distribusi Hujan

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$(\bar{X} \pm s) = 68,27\%$
	$(\bar{X} \pm 2s) = 95,44\%$
	$C_s \approx 0$
	$C_k \approx 3$
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$

Lanjutan Tabel 5.3 Syarat Penentuan Jenis Distribusi Hujan

Jenis Distribusi	Syarat
Gumbel	$C_s = 1,14$
	$C_k = 5,4$
Log Pearson III	Selain nilai di atas

Perhitungan syarat penentuan distribusi probabilitas adalah sebagai berikut.

a. Syarat Distribusi Normal

$$1) (\bar{X} \pm s) = 68,27\%$$

Pada syarat ini, kemungkinan data hujan berada pada $(\bar{X} + s)$ dan $(\bar{X} - s)$ yaitu 68,27%. Oleh karena itu, nilai $(\bar{X} + s)$ dan $(\bar{X} - s)$ didapat dengan.

$$(\bar{X} + s) = 99,070 - 62,604 = 36,466$$

$$(\bar{X} - s) = 99,070 + 62,604 = 161,674$$

Sesuai dengan hasil dari perhitungan, jumlah data yang ada di antara 36,466 – 161,674 adalah 8 data. Perhitungan nilai $(\bar{X} \pm s)$ dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned} (\bar{X} \pm s) &= \left(\frac{8}{10} \times 100\% \right) \\ &= 80\% \end{aligned}$$

Hasil tidak memenuhi syarat.

$$2) (\bar{X} \pm 2s) = 95,44\%$$

Pada syarat ini, kemungkinan data hujan berada pada $(\bar{X} + 2s)$ dan $(\bar{X} - 2s)$ yaitu 95,44%. Oleh karena itu, nilai $(\bar{X} + 2s)$ dan $(\bar{X} - 2s)$ didapat dengan:

$$(\bar{X} + 2s) = 99,070 - (2 \times 62,604) = -26,1383$$

$$(\bar{X} - 2s) = 99,070 + (2 \times 62,604) = 224,2783$$

Sesuai dengan hasil dari perhitungan, jumlah data yang ada di antara -26,1383 – 224,2783 adalah 9 data. Perhitungan nilai $(\bar{X} \pm 2s)$ dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned} (\bar{X} \pm 2s) &= \left(\frac{9}{10} \times 100\% \right) \\ &= 90\% \end{aligned}$$

Hasil tidak memenuhi syarat.

3) $C_s \approx 0$

Dari perhitungan di atas diketahui C_s sebesar 1,745

4) $C_k \approx 3$

Dari perhitungan di atas diketahui C_k sebesar 6,258

b. Syarat Distribusi Log Normal

1) $C_s = C_v^3 + 3C_v$

Dari perhitungan diketahui C_s sebesar 1,105 dan C_v sebesar 0,117.

Perhitungan syarat Log Normal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_v^3 + 3C_v &= 0,117^3 + (3 \times 0,117) \\ &= 0,352 \end{aligned}$$

Maka $C_s \neq C_v^3 + 3C_v$

2) $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$

Dari perhitungan diketahui C_k sebesar 4,234 dan C_v sebesar 0,117.

Perhitungan syarat Log Normal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 &= ((0,117^8 + 6 \times 0,117^6) + (15 \times \\ &0,117^4) + (16 \times 0,117^2) + 3) \\ &= 3,221 \end{aligned}$$

Maka $C_k \neq C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$

c. Syarat Distribusi Gumbel

1) $C_s = 1,14$

Dari perhitungan diketahui nilai C_s sebesar 1,745

2) $C_k = 5,4$

Dari perhitungan diketahui nilai C_k sebesar 6,258

d. Distribusi Log Pearson III

Dari uraian perhitungan di atas, hasil perhitungan tidak ada yang memenuhi syarat distribusi yang digunakan. Oleh karena itu, distribusi yang digunakan adalah Distribusi Log Pearson III.

Perhitungan syarat penentuan distribusi probabilitas dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Syarat Penentuan Distribusi Hujan

Jenis Distribusi	Syarat	Nilai	Keterangan
Normal	$(\bar{X} \pm s) = 68,27\%$	$68,27\% \neq 80\%$	Tidak
	$(\bar{X} \pm 2s) = 95,44\%$	$95,44\% \neq 90\%$	Tidak
	$C_s \approx 0$	$0 \neq 1,745$	Tidak
	$C_k \approx 3$	$3 \neq 6,258$	Tidak
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	$1,105 \neq 0,352$	Tidak
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	$6,258 \neq 3,221$	Tidak
Gumbel	$C_s = 1,14$	$1,14 \neq 1,745$	Tidak
	$C_k = 5,4$	$5,4 \neq 6,258$	Tidak
Log Pearson III	Selain nilai di atas		Memenuhi

Dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan syarat penentuan distribusi probabilitas adalah Distribusi Log Pearson III. Nilai hujan rancangan yang digunakan didapat dari antilog dengan kala ulang 5 tahun.

3. Pengujian data

Tahapan untuk mencari parameter statistik hujan dengan distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson III

Tahun	Hujan (Xi)	$Y_i = \log(X_i)$	$(Y_i - \bar{Y})$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^3$	$(Y_i - \bar{Y})^4$
2009	53	1,724	-0,212	0,045	-0,009	0,002
2011	53	1,724	-0,212	0,045	-0,009	0,002
2012	55,3	1,743	-0,193	0,037	-0,007	0,001
2013	114,2	2,058	0,122	0,015	0,002	0,000
2014	76,9	1,886	-0,050	0,002	0,000	0,000
2015	77,9	1,892	-0,044	0,002	0,000	0,000
2016	62,8	1,798	-0,138	0,019	-0,003	0,000
2017	244	2,387	0,451	0,204	0,092	0,042

Lanjutan Tabel 5.5 Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson III

Tahun	Hujan (Xi)	Yi = log(Xi)	(Yi - \bar{Y})	(Yi - \bar{Y}) ²	(Yi - \bar{Y}) ³	(Yi - \bar{Y}) ⁴
2018	172	2,236	0,300	0,090	0,027	0,008
2019	81,6	1,912	-0,024	0,001	0,000	0,000
Jumlah	990,7	19,483	0,000	0,459	0,092	0,056

Berdasarkan tabel di atas, perhitungan parameter statistik dihitung dengan rumus yang sama seperti perhitungan sebelumnya. Nilai parameter statistik yang didapat sesuai perhitungan adalah sebagai berikut.

$$\bar{Y} = 1,936 \text{ mm}$$

$$S_y = 0,226 \text{ mm}$$

$$C_v = 0,117$$

$$C_s = 1,105$$

$$C_k = 4,234$$

Tahapan selanjutnya adalah mencari nilai hujan rencana dengan kala ulang 5 tahun dengan perhitungan seperti di bawah.

$$\text{Kala ulang (T)} = 5 \text{ tahun}$$

$$C_s = 1,105$$

$$\text{Log } \bar{X} = 1,936 \text{ mm}$$

$$S_y = 0,226 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} K_T &= K_{T1,2} + \left(\frac{1,2 - C_s}{1,2 - 1,1} \times (K_{T1,1} - K_{T1,2}) \right) \\ &= 0,732 + \left(\frac{1,2 - 1,105}{1,2 - 1,1} \times (0,745 - 0,732) \right) \\ &= 0,744 \end{aligned}$$

Nilai hujan rencana dapat dicari menggunakan perhitungan seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{Log } \bar{X}_5 &= \bar{X} + (K_T \times s) \\ &= 1,936 + (0,744 \times 0,226) \\ &= 2,104 \\ X_5 &= 10^{2,104} \\ &= 127,057 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapat hasil perhitungan hujan dengan kala ulang 5 tahun adalah 127,057 mm.

5.3.3 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan (I) dicari menggunakan Persamaan 3.1 dengan durasi hujan dominan sebesar 1 jam. Nilai durasi hujan dominan diperoleh dari analisis data hujan jam – jaman sepuluh tahun terakhir pada Stasiun Bedukan. Rekapitulasi hasil perhitungan durasi hujan dominan dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Durasi Hujan Dominan

Jumlah Jam	Tahun										Total
	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
1	44	44	26	40	42	27	35	19	21	13	311
2	16	16	28	38	37	25	44	19	10	27	260
3	15	15	13	28	21	15	34	16	23	17	197
4	2	2	11	21	21	14	14	30	19	11	145
5	3	3	6	14	6	19	26	17	7	6	107
6	0	0	8	14	5	8	18	13	14	8	88
7	0	0	2	10	4	7	9	8	7	8	55
8	0	0	6	2	5	6	12	12	11	7	61
9	0	0	4	1	6	3	7	4	5	1	31
10	0	0	1	2	2	5	4	7	1	1	23
11	0	0	2	2	0	2	0	7	1	4	18
12	0	0	1	1	0	1	4	0	1	2	10
13	0	0	2	0	0	1	0	4	0	0	7
14	0	0	0	0	0	0	2	3	0	1	6
15	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1	6
16	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	4
17	0	0	1	0	0	0	3	1	1	1	7
18	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	3
19	0	0	2	0	1	0	1	0	0	1	5
20	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	4
21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
22	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0	5
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Perhitungan nilai intensitas hujan adalah sebagai berikut.

$$R_5 = 127,057 \text{ mm}$$

$$t = 0,0463 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{127,057}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 44,0482 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka nilai intensitas hujan adalah 44,0482 mm/jam.

5.4 Analisis Data Tanah

5.4.1 Analisis Berat Volume Tanah

Pengujian berat volume tanah dilakukan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah. Berat volume tanah merupakan nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang ada di dalamnya dengan volume tanah total. Data yang digunakan untuk mencari berat volume tanah dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Data Uji Berat Volume Tanah

No	Pengujian	Satuan	Sampel	
			1	2
1	Diameter ring (d)	cm	5	5
2	Tinggi ring (t)	cm	2	2
3	Berat ring (W_1)	gram	39,14	39,14
4	Berat ring + tanah basah (W_2)	gram	116,31	110,61

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah basah (} W_3 \text{)} &= W_2 - W_1 \\ &= 116,31 - 39,14 \\ &= 77,17 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ring} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= 39,270 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume tanah} &= \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume ring}} \\ &= 1,965 \text{ gram/ cm}^3 \end{aligned}$$

Sampel 2 juga diperhitungkan seperti di atas sehingga didapat nilai berat volume untuk sampel 2 sebesar 1,820 gram/cm³

$$\begin{aligned} \text{Berat volume tanah} &= \frac{\text{Berat volume 1} + \text{berat volume 2}}{2} \\ &= 1,893 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

Dari data di atas, maka didapat nilai berat volume rata – rata pada kedua sampel tanah adalah 1,893 gram/cm³. Perhitungan kadar air sampel tanah dilakukan dengan mengeringkan tanah sampel menggunakan oven terlebih dahulu. Kadar air tanah merupakan perbandingan berat air dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Data yang diperoleh dari pengujian kadar air tanah dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Data Uji Kadar Air Tanah

No	Pengujian	Satuan	Sampel	
			1	2
1	Berat cawan (W ₁)	gram	12,86	9,45
2	Berat tanah basah + cawan (W ₂)	gram	65,91	64,59
3	Berat tanah kering + cawan (W ₃)	gram	56,22	59,98

1. Kadar air sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat air (W}_w) &= (\text{berat cawan} + \text{tanah basah}) - (\text{berat cawan} + \text{tanah} \\ &\quad \text{kering}) \\ &= 65,91 - 56,22 \\ &= 9,69 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah kering (W}_s) &= (\text{berat cawan} + \text{tanah kering}) - \text{berat cawan} \\ &= 56,22 - 12,86 \\ &= 43,36 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar air} = 22,348\%$$

2. Kadar air sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat air (W}_w) &= (\text{berat cawan} + \text{tanah basah}) - (\text{berat cawan} + \text{tanah} \\ &\quad \text{kering}) \\ &= 64,59 - 59,98 \\ &= 4,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat tanah kering (W}_s\text{)} &= (\text{berat cawan} + \text{tanah kering}) - \text{berat cawan} \\ &= 56,22 - 12,86 \\ &= 43,36 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\text{Kadar air} = 9,123\%$$

$$3. \text{ Kadar air rata - rata} = 15,735\%$$

Dari data di atas, maka didapat nilai kadar air rata – rata pada kedua sampel tanah adalah 15,735%. Hasil rekapitulasi perhitungan kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Kadar Air Sampel Tanah

No	Pengujian	Satuan	Sampel	
			1	2
1	Berat cawan (W1)	gram	12,86	9,45
2	Berat tanah basah + cawan (W2)	gram	65,91	64,59
3	Berat tanah kering + cawan (W3)	gram	56,22	59,98
4	Berat tanah basah	gram	53,05	55,14
5	Berat tanah kering (W _s + W3 - W1)	gram	43,36	50,53
6	Berat air (W _w = W2 - W3)	gram	9,69	4,61
7	Kadar air (w = (W _w /W _s) x 100%)	%	22,348	9,123
8	Kadar air rata - rata (w)	%	15,735	

Setelah mendapatkan nilai berat volume dan kadar air tanah, maka tahap selanjutnya adalah menghitung berat volume tanah kering. Berat volume tanah kering dihitung sesuai dengan Persamaan 3.34. Perhitungan berat volume tanah kering adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Berat volume tanah kering} &= \frac{\gamma}{1 + \frac{\omega}{100}} \\ &= \frac{1,893}{1 + \frac{15,735}{100}} \\ &= 1,635 \text{ gram/cm}^3\end{aligned}$$

5.4.2 Analisis Porositas Tanah

Nilai porositas tanah dapat dicari menggunakan Persamaan 3.25 dengan sampel tanah lapangan Stadion Sultan Agung. Sedangkan nilai angka pori dapat dicari menggunakan Persamaan 3.26. Pengujian tanah dilakukan untuk mencari

berat jenis tanah. Data yang didapatkan dari pengujian berat jenis di laboratorium terlihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Data Pengujian Berat Jenis

No	Pengujian	Satuan	Sampel		
			1	2	3
1	Berat piknometer (W1)	gram	39,2	41,87	38,42
2	Berat piknometer + tanah kering (W2)	gram	70,19	73,69	68,1
3	Berat piknometer + tanah kering + air (W3)	gram	159,16	163,24	157,28
4	Berat piknometer + air (W4)	gram	138,97	142,98	138,09
5	Suhu air	⁰ C	27	27	27

Perhitungan untuk mendapatkan nilai berat jenis tanah dengan data – data di atas adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tanah kering (W}_s) &= W_2 - W_1 \\
 &= 70,19 - 39,2 \\
 &= 30,99 \text{ gram} \\
 a &= W_s - W_4 \\
 &= 30,99 - 138,97 \\
 &= 169,96 \\
 A &= a - W_3 \\
 &= 169,96 - 159,16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 10,8 \\
 \text{Berat Jenis (G}_s) &= \frac{W_s}{A} \\
 &= \frac{30,99}{10,8} \\
 &= 2,869
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis pada suhu } 20^0\text{C} &= G_s \frac{\gamma(T^{\circ}\text{C})}{\gamma(20^{\circ}\text{C})} \\
 &= 2,869 \frac{996,59}{998,29} \\
 &= 2,864
 \end{aligned}$$

Sampel 2 dan 3 dihitung dengan perhitungan yang sama sehingga didapat rekapitulasi data ketiga sampel sebagaimana terlihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Jenis

No	Pengujian	Satuan	Sampel		
			1	2	3
1	Berat piknometer (W1)	gram	39,2	41,87	38,42
2	Berat piknometer + tanah kering (W2)	gram	70,19	73,69	68,1
3	Berat piknometer + tanah kering + air (W3)	gram	159,16	163,24	157,28
4	Berat piknometer + air (W4)	gram	138,97	142,98	138,09
5	Suhu air	⁰ C	27	27	27
6	gamma w pada suhu 27	gram/cm ³	0,9966		
7	gamma w pada suhu 20	gram/cm ³	0,9983		
8	Berat tanah kering (Ws = W3 – W1)	gram	30,99	31,82	29,68
9	A= Ws + W4	gram	169,96	174,8	167,77
10	I = A – W3	gram	10,8	11,56	10,49
11	Berat jenis tanah suhu (Gs = Ws / I)		2,869	2,753	2,829
12	Berat jenis tanah suhu 20 (Gs = Ws / I)		2,864	2,748	2,825
13	Berat jenis (Gs)		2,812		

Rata – rata dari ketiga sampel tanah yang sudah diuji dihitung dengan perhitungan seperti di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Rata – rata} &= \frac{G_{s1} + G_{s2} + G_{s3}}{3} \\ &= \frac{2,869 + 2,753 + 2,829}{3} \\ &= 2,812 \end{aligned}$$

Maka, nilai yang didapat dari berat jenis adalah 2,812.

Kemudian setelah mengetahui nilai berat jenis, dapat mencari angka pori dengan persamaan yang sudah tertera pada landasan teori. Porositas tanah dapat dihitung setelah mendapat angka pori. Perhitungan untuk mencari nilai angka pori dan porositas adalah sebagai berikut.

$$\text{Berat volume } (\gamma_d) = 1,635$$

$$\text{Berat jenis } (G_s) = 2,812$$

$$\text{Angka pori } (e) = \frac{(G_s \times \gamma_w)}{\gamma_d} - 1$$

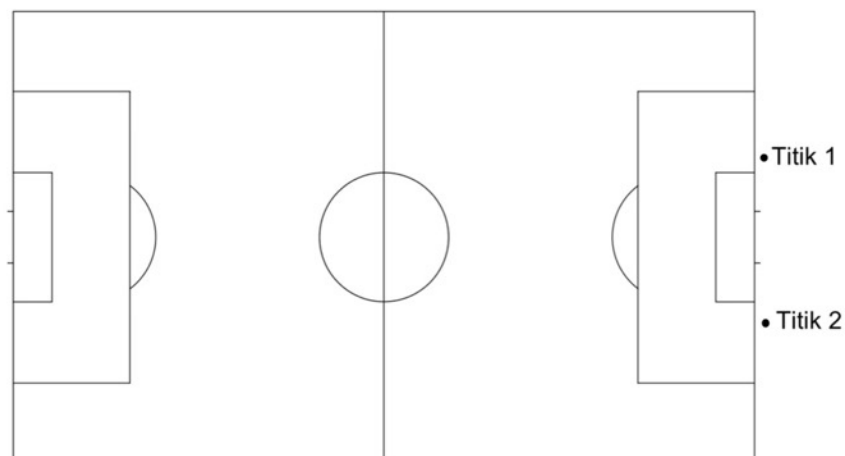
$$\begin{aligned}
 &= \frac{(2,812 \times 1)}{1,635} - 1 \\
 &= 0,7198 \\
 \text{Porositas (p)} &= \frac{e}{e+1} \\
 &= \frac{0,7198}{0,7198+1} \\
 &= 0,4186
 \end{aligned}$$

Maka didapat nilai porositas tanah dari pengujian adalah 0,4186.

5.4.3 Analisis Laju Infiltrasi

Pengujian ini dilakukan untuk menghitung kelolosan atau rembesan air pada lapangan sepak bola. Nilai laju infiltrasi dicari dengan menggunakan metode *Inversed Auger Hole*. Tentukan titik tanah yang akan digali sebelum melakukan pengujian infiltrasi. FIFA memiliki standar untuk nilai laju infiltrasi, yaitu sebesar >180 mm/jam.

Titik pengujian yang dipilih terletak pada sisi pinggir selatan lapangan, karena akan diadakan pertandingan sepak bola dalam waktu dekat. Pengujian dilakukan sebanyak dua titik sampel, kedua titik dianggap sudah mewakili tanah di lapangan. Pemilihan titik dapat dilihat pada Gambar 5.2 di bawah ini.



Gambar 5.2 Titik Pengujian Infiltrasi

Alat dan bahan yang diperlukan dalam melakukan pengujian adalah sebagai berikut.

1. Pipa paralon dengan garis ukur

Digunakan untuk tempat pengujian infiltrasi yang dimasukkan ke dalam permukaan tanah, sedalam 20 cm. Batas resapan air dapat diketahui dari penurunan air dalam pipa tiap 1 cm.

2. *Stopwatch*

Berguna untuk mengukur kecepatan air yang masuk ke dalam tanah.

3. Bor tanah manual

Sebagai alat untuk membuat lubang agar pipa paralon dapat masuk ke dalam permukaan tanah.

4. Form dan alat tulis

Digunakan untuk melakukan pencatatan hasil pengujian.

Pengujian laju infiltrasi yang dilakukan di lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung Bantul dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Pengujian Infiltrasi di Lapangan

Pada tiap titik yang sudah dipilih hanya dilakukan satu kali pengujian. Hasil pengujian infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 5.12 di bawah ini.

Tabel 5.12 Nilai Pengujian Laju Infiltrasi Titik 1

Volume (cm)	Waktu (detik)	Nilai infiltrasi (cm/detik)	Nilai infiltrasi (mm/jam)
1	57,73	0,0173	623,5926
1	91,15	0,0110	394,9534
1	127,28	0,0079	282,8410
1	167,59	0,0060	214,8100
1	213,22	0,0047	168,8397

Tahapan perhitungan yang dilakukan untuk mendapat nilai laju infiltrasi pada Titik 1 adalah sebagai berikut.

$$\text{Tinggi} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Waktu} = 57,73 \text{ detik}$$

$$\text{Nilai infiltrasi} = \frac{\text{Volume (cm)}}{\text{Waktu (detik)}}$$

$$= \frac{1}{57,73}$$

$$= 0,0173 \text{ cm/detik}$$

$$= 623,5926 \text{ mm/jam}$$

Nilai laju infiltrasi pada Titik 2 dihitung dengan menggunakan perhitungan yang sama. Setelah itu nilai rata – rata dari pengujian kedua titik dapat diketahui. Rekapitulasi perhitungan kedua titik pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Perhitungan Nilai Pengujian Laju Infiltrasi

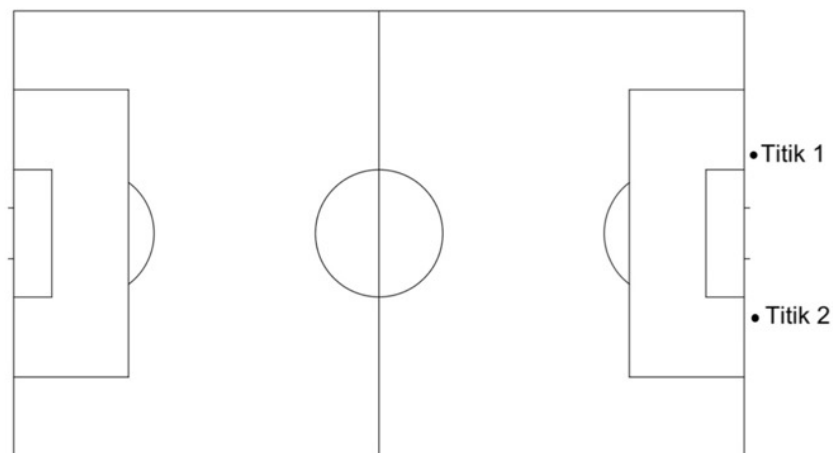
Lokasi	Waktu (detik)	Nilai infiltrasi (cm/detik)	Nilai infiltrasi (mm/jam)	Rata – rata (mm/jam)
Titik 1	57,73	0,0173	623,5926	337,0073
	91,15	0,0110	394,9534	
	127,28	0,0079	282,8410	
	167,59	0,0060	214,8100	
	213,22	0,0047	168,8397	
Titik 2	53,67	0,0186	670,7658	359,7540
	85,79	0,0117	419,6293	
	120,56	0,0083	298,6065	
	157,23	0,0064	228,9639	
	199,11	0,0050	180,8046	

Berdasarkan hasil pengujian pada kedua titik, nilai rata – rata laju infiltrasi pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung di Titik 1 adalah 337,0073 mm/jam dan Titik 2 359,7540 mm/jam. Nilai rata – rata laju infiltrasi untuk kedua titik lapangan sebesar 348,3807 mm/jam. Intensitas hujan yang membebani lapangan dibandingkan dengan infiltrasi rerata dan dikali angka pori, untuk mengetahui terjadi genangan atau tidak. Maka, nilai infiltrasi rerata dikali dengan porositas 0,4186. Sehingga, didapat nilai laju infiltrasi sebesar 145,8321 mm/jam atau

$4,0509 \times 10^{-5}$ m/detik. Nilai laju infiltrasi yang didapat dari perhitungan masih kurang dari standar FIFA, yaitu >180 mm/jam.

5.4.4 Analisis Permeabilitas Tanah

Nilai permeabilitas tanah pada penelitian ini berguna untuk mengetahui kondisi suatu drainase yang berada di bawah permukaan lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung. Sampel tanah digunakan sebanyak dua titik, kedua sampel ini dianggap sudah mewakili tanah di lapangan. Pengambilan titik sampel dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Titik Pengambilan Sampel Tanah Permeabilitas

Peralatan yang dibutuhkan dalam mengambil sampel tanah agar tanah tidak terganggu adalah sebagai berikut.

1. Tabung silinder
Digunakan sebagai tempat menyimpan sampel tanah dari stadion menuju laboratorium, hal ini dilakukan supaya tanah tidak terganggu.
2. Palu karet
Diperlukan untuk mengambil tanah sampel dengan memukul salah satu ujung silinder agar dapat masuk ke dalam tanah.
3. Plastik dan karet gelang
Digunakan untuk menutup kedua ujung silinder agar tanah tidak terganggu dan meminimalisir perubahan kadar air tanah. Gambar pengambilan sampel tanah

permeabilitas serta pengujian *Constant Head Permeameter* di laboratorium, dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 di bawah ini.



Gambar 5.5 Pengambilan Sampel Tanah Permeabilitas



Gambar 5.6 Pengujian *Constant Head Permeameter*

Kemudian sampel tanah tersebut diuji untuk mengetahui koefisien permeabilitas dengan metode *Constant Head Permeameter* pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII. Hasil dari pengujian permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Data Pengujian Constant Head Permeameter

No	Keterangan	Satuan	Nilai
1	Diameter pipa gelas (D)	cm	6,3
2	Tinggi contoh tanah (L)	cm	6,5
3	Suhu air	⁰ C	27
4	Tinggi muka air (h ₁)	cm	70
5	Berat volume (γ)	gram/cm ³	1,893

Tabel 5.15 Data Pengamatan Constant Head Permeameter

No	Tanah	Pengujian	Volume (ml)				
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
			20	40	60	80	100
1	Sampel 1	1 waktu (detik)	143,4	172,2	180	213,6	219
		2 waktu (detik)	153,6	211,8	219	221,4	248,5
2	Sampel 2	1 waktu (detik)	145,8	169,8	173,4	215,4	235,2
		2 waktu (detik)	161,4	223,8	234,6	264,6	286,8

Tahapan perhitungan yang dilakukan untuk mendapat nilai koefisien permeabilitas adalah sebagai berikut.

Pengujian koefisien permeabilitas untuk sampel 1 pengujian 1

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Luas contoh tanah (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 6,3^2 \\
 &= 31,173 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Volume contoh tanah (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 6,3^2 \times 6,5 \\
 &= 202,621 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Berat contoh tanah (W)} &= \gamma \times V \\
 &= 1,893 \times 202,621 \\
 &= 383,469 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

4. Koefisien permeabilitas (K)

$$K_1 = \frac{\text{Vol}_1 \times L}{A \times h \times t_1} = \frac{20 \times 6,5}{31,173 \times 70 \times 143,3} = 0,000415$$

$$K_2 = \frac{\text{Vol}_2 \times L}{A \times h \times t_2} = \frac{40 \times 6,5}{31,173 \times 70 \times 172,2} = 0,000692$$

$$K_3 = \frac{Vol_3 \times L}{A \times h \times t_3} = \frac{60 \times 6,5}{31,173 \times 70 \times 180} = 0,000993$$

$$K_4 = \frac{Vol_4 \times L}{A \times h \times t_4} = \frac{80 \times 6,5}{31,173 \times 70 \times 213,6} = 0,001116$$

$$K_5 = \frac{Vol_5 \times L}{A \times h \times t_5} = \frac{100 \times 6,5}{31,173 \times 70 \times 219} = 0,001360$$

5. Koefisien permeabilitas rerata (K_{rt})

$$K_{rt} = \frac{\sum K}{n}$$

$$= \frac{0,000415 + 0,000692 + 0,000993 + 0,001116 + 0,001360}{5}$$

$$= 0,00092 \text{ cm/detik}$$

6. Koefisien permeabilitas pada suhu 20°C

$$K_{20^{\circ}\text{C}} = K_{rt} \frac{\mu T}{\mu_{20}}$$

$$= 0,00092 \times 0,847$$

$$= 0,00078 \text{ cm/detik}$$

Hasil perhitungan *Constant Head Permeameter* dapat dilihat pada Tabel 5.16 sedangkan untuk hasil pengujian koefisien permeabilitas terdapat pada Tabel 5.17 hingga Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.16 Data Hasil Perhitungan *Constant Head Permeameter*

No	Keterangan	Satuan	Nilai
1	Diameter pipa (D)	cm	6,3
2	Luas contoh tanah (A)	cm	31,173
3	Tinggi contoh tanah (L)	cm	6,5
4	Volume contoh tanah (V)	cm	202,621
5	Berat contoh tanah (W)	gram	383,469
6	Kadar air tanah (w)	%	15,736
7	Suhu air	C	27
8	Tinggi muka air (h)	cm	70

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas Sampel 1 Pengujian 1

No	Keterangan	Pengamatan				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	Waktu pengamatan (detik)	T1	T2	T3	T4	T5
		143,4	172,2	180	213,6	219
2	Volume air (ml ³)	V1	V2	V3	V4	V5
		20	40	60	80	100
3	Koefisien permeabilitas (cm/detik)	$4,15 \times 10^{-4}$	$6,92 \times 10^{-4}$	$9,93 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-3}$	$1,36 \times 10^{-3}$
4	koefisien permeabilitas rata - rata (cm/detik)	$9,2 \times 10^{-4}$				
5	Perbandingan Kekentalan Air Suhu 27 dengan Suhu 20	0,847				
6	Koefisien permeabilitas suhu 20 (cm/detik)	$7,8 \times 10^{-4}$				

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas Sampel 1 Pengujian 2

No	Keterangan	Pengamatan				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	Waktu pengamatan (detik)	T1	T2	T3	T4	T5
		153,6	211,8	219	221,4	248,5
2	Volume air (ml ³)	V1	V2	V3	V4	V5
		20	40	60	80	100
3	Koefisien permeabilitas (cm/detik)	$3,88 \times 10^{-4}$	$5,63 \times 10^{-4}$	$8,16 \times 10^{-4}$	$1,08 \times 10^{-3}$	$1,19 \times 10^{-3}$
4	koefisien permeabilitas rata - rata (cm/detik)	$8,1 \times 10^{-4}$				
5	Perbandingan Kekentalan Air Suhu 27 dengan Suhu 20	0,847				
6	Koefisien permeabilitas suhu 20 (cm/detik)	$6,8 \times 10^{-4}$				

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas Sampel 2 Pengujian 1

No	Keterangan	Pengamatan				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	Waktu pengamatan (detik)	T1	T2	T3	T4	T5
		145,8	169,8	173,4	215,4	235,2
2	Volume air (ml ³)	V1	V2	V3	V4	V5
		20	40	60	80	100
3	Koefisien permeabilitas (cm/detik)	$4,09 \times 10^{-4}$	$7,02 \times 10^{-4}$	$1,03 \times 10^{-3}$	$1,11 \times 10^{-3}$	$1,27 \times 10^{-3}$
4	koefisien permeabilitas rata - rata (cm/detik)	$9,0 \times 10^{-4}$				
5	Perbandingan Kekentalan Air Suhu 27 dengan Suhu 20	0,847				
6	Koefisien permeabilitas suhu 20 (cm/detik)	$7,6 \times 10^{-4}$				

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas Sampel 2 Pengujian 2

No	Keterangan	Pengamatan				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	Waktu pengamatan (detik)	T1	T2	T3	T4	T5
		161,4	223,8	243,6	264,6	286,8
2	Volume air (ml ³)	V1	V2	V3	V4	V5
		20	40	60	80	100
3	Koefisien permeabilitas (cm/detik)	$3,69 \times 10^{-4}$	$5,32 \times 10^{-4}$	$7,34 \times 10^{-4}$	$9,01 \times 10^{-3}$	$1,04 \times 10^{-3}$
4	koefisien permeabilitas rata - rata (cm/detik)	$7,1 \times 10^{-4}$				
5	Perbandingan Kekentalan Air Suhu 27 dengan Suhu 20	0,847				
6	Koefisien permeabilitas suhu 20 (cm/detik)	$6,1 \times 10^{-4}$				

Dari perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa nilai koefisien permeabilitas untuk sampel tanah 1 pengujian 1 adalah 0,00078 cm/detik dan pengujian 2 0,00068. Sedangkan, nilai untuk sampel tanah 2 pengujian 1 adalah 0,00076 dan pengujian

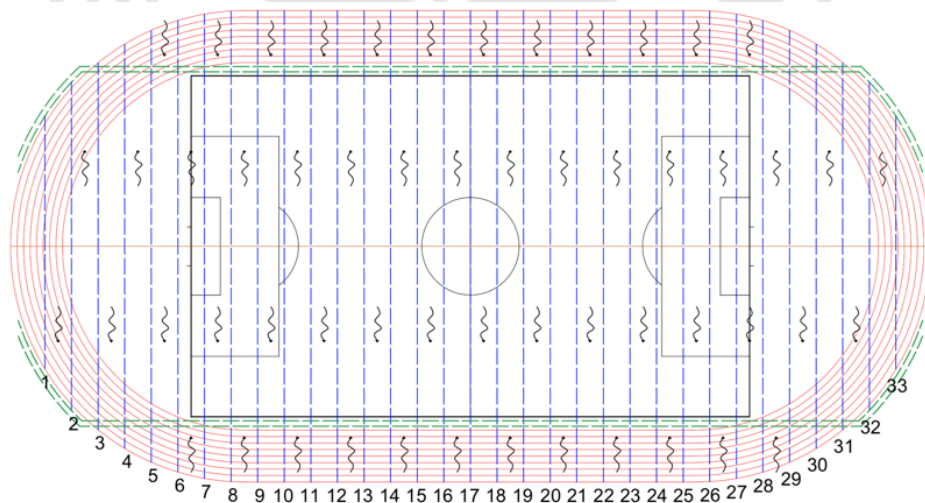
2 0,00061. Hasil dari perhitungan permeabilitas sudah sesuai dengan standar FIFA, karena tidak melebihi 0,005.

5.5 Analisis Perhitungan Debit

5.5.1 Analisis Debit Resapan (Q_{re})

Perhitungan debit resapan digunakan untuk mengetahui besarnya debit air yang tertangkap menuju saluran pembuangan. Data sekunder yang digunakan untuk menghitung debit resapan adalah *as built drawing* dari perancangan sistem drainase yang sudah ada. Gambar ini didapat dari Dinas Pendidikan, Pemuda, dan Olahraga Kabupaten Bantul.

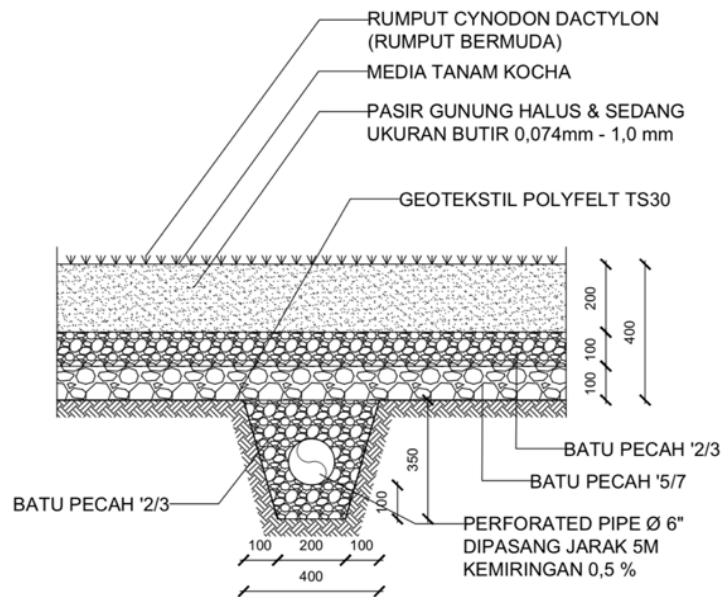
Pada gambar diketahui bahwa pipa drainase yang dipakai dalam sistem drainase adalah pipa perforated. Pipa dengan diameter 6 inci dan panjang 34 meter. Jarak antar pipa sepanjang 5 meter serta kemiringan pipa pada sistem drainase sebesar 0,5%. Gambar *as built drawing* lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung serta detail lapis lapangan dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.7 Denah Pipa Drainase pada Lapangan Sepak Bola

Keterangan:

- - - = pipa eksisting
- - - = saluran pengumpul
- = *running track*
- = garis tengah lapangan
- ~ = arah aliran air



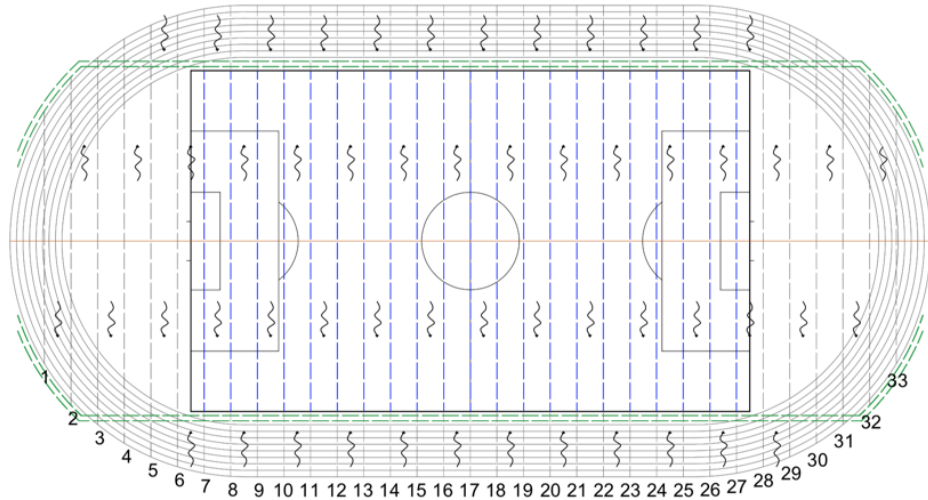
Gambar 5.8 Detail Lapis Lapangan Sepak Bola

Pada gambar diketahui bahwa:

Panjang pipa (L)	= 34 meter
Jarak antar pipa (B)	= 5 meter
Kedalaman saluran (H)	= 0,620 meter
Persentase pori (p)	= 0,4186
Kecepatan resapan (v)	= $4,0509 \times 10^{-5}$ m/detik

Perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai debit resapan adalah dengan Persamaan 3.8 – 3.11. Jumlah pipa yang digunakan sesuai Gambar 5.7 dengan ukuran pipa sebesar 6 inci. Perhitungan pipa drainase dikelompokkan berdasarkan luasan debit resapannya. Perhitungan kelompok debit resapan adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan debit resapan yang berada di lapangan sepak bola.



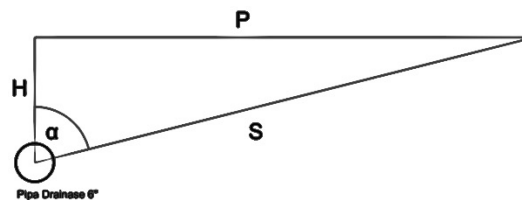
Gambar 5.9 Denah Pipa Drainase di Lapangan Sepak Bola

Perhitungan pipa drainase yang terpasang pada bagian lapangan sepak bola dihitung mulai dari Pipa 7 hingga Pipa 27. Persamaan untuk perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{2}B\right)^2} \\ &= \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{2}5\right)^2} \\ &= 2,6926 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak aliran terjauh (S)} &= \sqrt{H^2 + P^2} \\ &= \sqrt{0,620^2 + 2,6926^2} \\ &= 2,7630 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapat bentuk segitiga sehingga mendapat nilai sudut α yang dapat digunakan untuk perhitungan berikutnya. Sudut α terlihat pada Gambar 5.10 sebagai berikut.



Gambar 5.10 Segitiga untuk Mencari Sudut α Tengah Lapangan

$$\cos \alpha = \frac{H}{S}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,620}{2,7630} \\
 &= 0,2244 \\
 \alpha &= \cos^{(-1)}(0,2244) \\
 &= 77,0330^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lama Aliran dalam Tanah (T)} &= \frac{S}{v \sin \alpha} \\
 &= \frac{2,7630}{4,0509 \times 10^{-5} \sin(77,0330)} \\
 &= 69993,0787 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Air (Vol)} &= \frac{4}{5} \times B \times H \times p \times L \\
 &= \frac{4}{5} \times 5 \times 0,620 \times 0,4186 \times 34 \\
 &= 35,2964 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Resapan (Q}_{re}\text{)} &= \frac{\text{Vol}}{T} \\
 &= \frac{35,2964}{69993,0787} \\
 &= 5,0428 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Nilai debit resapan pada satu ruas pipa yang berada di tengah lapangan adalah $5,0428 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$. Pipa 7 dan Pipa 27 merupakan bagian tepi dari drainase tengah lapangan, sehingga memiliki jarak antar pipa yang berbeda dengan pipa lainnya. Rekapitulasi perhitungan untuk Pipa 7 hingga Pipa 27 dapat dilihat pada Tabel 21 berikut.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Debit Resapan pada Lapangan Sepak Bola

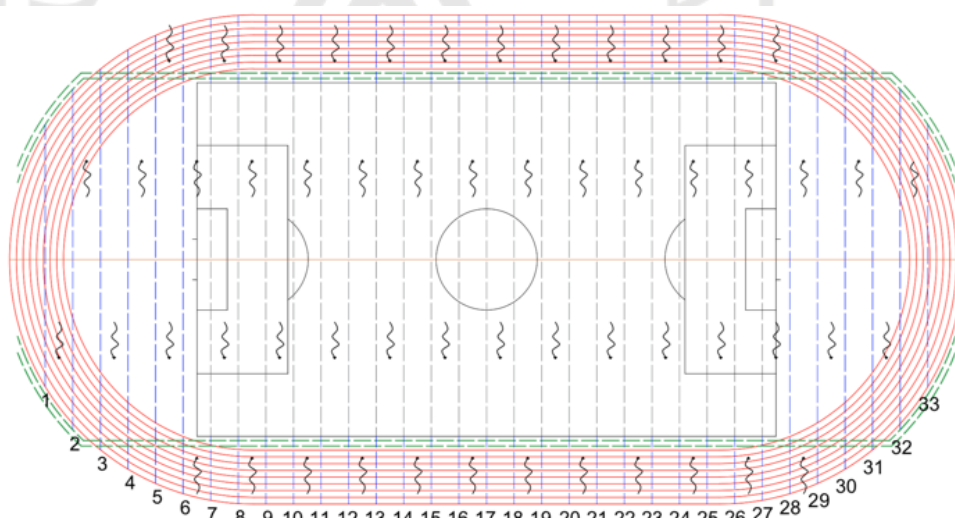
No. Pipa	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Kedalaman Saluran (m)	Volume Air (m ³)	Lama Aliran dalam Tanah (detik)	Debit Resapan (m ³ /detik)
7	2,5	34	0,620	17,6482	45444,6383	0,00038834
8	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
9	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
10	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
11	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
12	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
13	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
14	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428

Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Debit Resapan pada Lapangan Sepak Bola

No. Pipa	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Kedalaman Saluran (m)	Volume Air (m ³)	Lama Aliran dalam Tanah (detik)	Debit Resapan (m ³ /detik)
15	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
16	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
17	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
18	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
19	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
20	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
21	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
22	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
23	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
24	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
25	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
26	5	34	0,620	35,2964	69993,0787	0,00050428
27	2,5	34	0,620	17,6482	45444,6383	0,00038834

Angka yang tertulis pada tabel di atas hanya perhitungan dari setengah lapangan, maka hasilnya harus dikali dengan dua. Begitu juga untuk perhitungan selanjutnya, angka yang tertera pada tabel hanya setengah lapangan, maka perlu dikali dua. Oleh karena itu, total debit resapan untuk 42 pipa yang berada di lapangan sepak bola adalah $2,0716 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$.

2. Perhitungan debit resapan yang berada di luar lapangan dan *running track*



Denah Gambar 5.11 Pipa Drainase di Luar Lapangan Sepak Bola dan *Running Track*

Perhitungan untuk bagian luar lapangan sepak bola menggunakan persamaan yang sama seperti perhitungan sebelumnya. Namun, karena bagian luar lapangan sepak bola tidak ditumbuhi rumput maka angka pori diasumsikan sebesar 0,8 sesuai dengan Tabel 3.5 Harga Angka Pori yaitu pasir lepas dengan butiran seragam. Tanah dengan angka pori 0,8 memiliki nilai persentase pori sebesar 0,4445. Pipa yang berada di luar lapangan adalah Pipa 2 – Pipa 6 dan Pipa 28 – Pipa 32. Rekapitulasi untuk hasil perhitungan debit resapan pipa di luar lapangan sepak bola dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Debit Resapan pada Luar Lapangan Sepak Bola

No. Pipa	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Kedalaman Saluran (m)	Volume Air (m ³)	Lama Aliran dalam Tanah (detik)	Debit Resapan (m ³ /detik)
2	5	15,6416	0,620	17,2427	65914,7694	0,00026159
3	5	23,5455	0,620	25,9557	65914,7694	0,00039378
4	5	28,4426	0,620	31,3540	65914,7694	0,00047567
5	5	31,8225	0,620	35,0799	65914,7694	0,00053220
6	2,5	34,1472	0,620	18,8213	42796,7009	0,00043978
28	2,5	34,1472	0,620	18,8213	42796,7009	0,00043978
29	5	31,8225	0,620	35,0799	65914,7694	0,00053220
30	5	28,4426	0,620	31,3540	65914,7694	0,00047567
31	5	23,5455	0,620	25,9557	65914,7694	0,00039378
32	5	15,6416	0,620	17,2427	65914,7694	0,00026159

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan debit resapan di atas, diketahui bahwa besar debit resapan yang berada pada luar lapangan adalah $8,4121 \times 10^{-3}$ m³/detik.

Perhitungan debit resapan yang dilakukan untuk *running track* yang mengelilingi lapangan sepak bola juga menggunakan Persamaan 3.8 – 3.11. sama seperti sebelumnya. Pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung *running track* yang ada menggunakan tanah yang sama seperti tanah di bagian luar lapangan, oleh karena itu harga persentase pori yang digunakan juga 0,4445. Hasil rekapitulasi perhitungan *running track* sesuai dengan Gambar 5.11 dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Resapan pada *Running Track*

No. Pipa	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Kedalaman Saluran (m)	Volume Air (m ³)	Lama Aliran dalam Tanah (detik)	Debit Resapan (m ³ /detik)
1	6,455	43,3542	0,620	61,6994	81195,1383	0,00075989
2	5	16,9152	0,620	18,6467	65914,7694	0,00028289
3	5	13,3853	0,620	14,7554	65914,7694	0,00022386
4	5	11,7743	0,620	12,9796	65914,7694	0,00019691
5	5	10,8473	0,620	11,9576	65914,7694	0,00018141
6	5	20,5627	0,620	22,6675	65914,7694	0,00034389
7	5	19,8961	0,620	21,9326	65914,7694	0,00033274
8	5	9,7890	0,620	10,7910	65914,7694	0,00016371
9	5	9,7602	0,620	10,7593	65914,7694	0,00016323
10	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
11	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
12	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
13	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
14	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
15	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
16	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
17	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
18	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
19	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
20	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
21	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
22	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
23	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
24	5	9,76	0,620	10,7590	65914,7694	0,00016323
25	5	9,76	0,620	10,7593	65914,7694	0,00016323
26	5	9,7890	0,620	10,7910	65914,7694	0,00016371
27	5	19,8961	0,620	21,9326	65914,7694	0,00033274
28	5	20,5627	0,620	22,6675	65914,7694	0,00034389
29	5	10,8473	0,620	11,9576	65914,7694	0,00018141
30	5	11,7743	0,620	12,9796	65914,7694	0,00019691
31	5	13,3853	0,620	14,7554	65914,7694	0,00022386
32	5	16,9152	0,620	18,6467	65914,7694	0,00028289
33	6,455	43,3542	0,620	61,6994	81195,1383	0,00075989

Hasil perhitungan maka dapat diketahui nilai debit resapan untuk 66 pipa yang terpasang pada *running track* sebesar $1,5491 \times 10^{-2}$ m³/detik.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa besar debit resapan yang berada pada lapangan sepak bola adalah $2,0716 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$, luar lapangan sebesar $8,4121 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$, dan *running track* $1,5491 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$.

5.5.2 Analisis Debit Beban Hujan (Q_{bh})

Kapasitas air hujan yang akan dibuang dapat diketahui dari perhitungan debit beban hujan. Luas lapangan dikali dengan intensitas hujan yang turun, maka akan diketahui debit air yang harus dibuang. Sesuai data yang didapat, ukuran lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung yaitu 105 x 68 meter. Nilai intensitas hujan yang diketahui dari perhitungan adalah 44,0482 mm/jam atau $1,2236 \times 10^{-5} \text{ m}/\text{detik}$. Perhitungan debit beban hujan dibagi menjadi tiga bagian seperti perhitungan debit resapan, dengan menggunakan gambar pembagian letak pipa yang sama.

1. Debit beban hujan yang berada pada lapangan sepak bola.

Luas tangkapan pada pipa yang berada di tengah lapangan adalah 5 x 34 meter, maka perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{bh} &= I \times A_{tp} \\ &= (1,2236 \times 10^{-5}) \times (5 \times 34) \\ &= 2,0208 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Nilai debit beban hujan pada satu ruas pipa di tengah lapangan adalah $2,0208 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$. Rekapitulasi perhitungan debit beban hujan pada bagian lapangan sepak bola dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada Lapangan Sepak Bola

No. Pipa	Intensitas Hujan (m/detik)	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Debit Beban Hujan (m^3/detik)
7	$1,2236 \times 10^{-5}$	2,5	34	0,0010400
8	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	34	0,0020801
9	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	34	0,0020801
10	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	34	0,0020801
11	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	34	0,0020801
12	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	34	0,0020801
13	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	34	0,0020801

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada Lapangan Sepak Bola

No. Pipa	Intensitas Hujan (m/detik)	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Debit Beban Hujan (m ³ /detik)
14	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
15	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
16	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
17	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
18	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
19	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
20	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
21	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
22	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
23	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
24	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
25	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
26	1,2236x10 ⁻⁵	5	34	0,0020801
27	1,2236x10 ⁻⁵	2,5	34	0,0010400

Besar debit beban hujan untuk 42 pipa pada lapangan sepak bola adalah $8,3202 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$.

- Debit beban hujan yang berada pada luar lapangan sepak bola dan *running track*.

Perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan pada lapangan sepak bola, perbedaannya hanya terletak pada panjang pipa. Rekapitulasi perhitungan debit beban hujan bagian luar lapangan adalah seperti Tabel 5.25 di bawah.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada Luar Lapangan Sepak Bola

No. Pipa	Intensitas Hujan (m/detik)	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Debit Beban Hujan (m ³ /detik)
2	1,2236x10 ⁻⁵	5	15,6416	0,0009569
3	1,2236x10 ⁻⁵	5	23,5455	0,0014405
4	1,2236x10 ⁻⁵	5	28,4426	0,0017401
5	1,2236x10 ⁻⁵	5	31,8225	0,0019468
6	1,2236x10 ⁻⁵	2,5	34,1472	0,0010445
28	1,2236x10 ⁻⁵	2,5	34,1472	0,0010445
29	1,2236x10 ⁻⁵	5	31,8225	0,0019468
30	1,2236x10 ⁻⁵	5	28,4426	0,0017401

**Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada
Luar Lapangan Sepak Bola**

No. Pipa	Intensitas Hujan (m/detik)	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Debit Beban Hujan (m ³ /detik)
31	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	23,5455	0,0014405
32	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	15,6416	0,0009569

Nilai total debit dari 20 pipa yang berada di luar lapangan sebesar $2,8515 \times 10^{-2}$ m³/detik. Perhitungan debit beban hujan pada *running track* dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada *Running Track*

No. Pipa	Intensitas Hujan (m/detik)	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Debit Beban Hujan (m ³ /detik)
1	$1,2236 \times 10^{-5}$	6,455	43,3542	0,0034242
2	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	16,9152	0,0010348
3	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	13,3853	0,0008189
4	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	11,7743	0,0007203
5	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	10,8473	0,0006636
6	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	20,5627	0,0012580
7	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	19,8961	0,0012172
8	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,7890	0,0005989
9	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,7602	0,0005971
10	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
11	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
12	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
13	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
14	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
15	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
16	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
17	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
18	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
19	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
20	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
21	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
22	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
23	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971
24	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,76	0,0005971

**Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Perhitungan Debit Beban Hujan pada
*Running Track***

No. Pipa	Intensitas Hujan (m/detik)	Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Debit Beban Hujan (m ³ /detik)
25	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,7602	0,0005971
26	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	9,7890	0,0005989
27	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	19,8961	0,0012172
28	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	20,5627	0,0012580
29	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	10,8473	0,0006636
30	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	11,7743	0,0007203
31	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	13,3853	0,0008189
32	$1,2236 \times 10^{-5}$	5	16,9152	0,0010348
33	$1,2236 \times 10^{-5}$	6,455	43,3542	0,0034242

Total nilai debit beban hujan pada 66 pipa yang berada pada *running track* adalah $5,9245 \times 10^{-2}$ m³/detik.

Berdasarkan hasil perhitungan ketiga kelompok debit beban hujan di atas, diketahui bahwa besar debit beban hujan yang berada pada lapangan adalah $8,3202 \times 10^{-2}$ m³/detik, luar lapangan sebesar $2,8515 \times 10^{-2}$ m³/detik, dan *running track* $5,9245 \times 10^{-2}$ m³/detik.

5.5.3 Analisis Debit Pipa Eksisting (Q_{pe})

Besar kapasitas maksimum pada pipa saluran yang terpasang dapat diketahui dengan menghitung debit pipa eksisting. Perhitungan debit pipa eksisting ini memerlukan data sekunder berupa *as built drawing* sistem drainase pada lapangan sepak bola. Pada Gambar 5.7 dapat diketahui jumlah pipa yang terpasang pada lapangan sepak bola adalah sebanyak 66 pipa. Data yang digunakan untuk analisis debit pipa eksisting adalah sebagai berikut.

Diameter pipa (D) = 0,165 m (6 inci asumsi dalam merk dagang 'Wavin')

Koefisien kekasaran manning (n) = 0,010 (jenis pipa PVC)

Kemiringan pipa (S_0) = 0,5%

Pada data yang didapat, tidak diketahui rencana berapa persen pipa akan terisi. Oleh karena itu, diasumsikan pipa terisi 70%. Dengan perhitungan debit dihitung dari

luas terisi air 100%, lalu dicari debit dengan pipa terisi 70%. Perhitungan untuk debit terisi air 100% adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Luas basah penampang (A)} &= 0,25 \pi D^2 \\ &= 0,25 \pi 0,165^2 \\ &= 2,1382 \times 10^{-2} \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Keliling basah penampang (P)} &= \pi D \\ &= \pi 0,165 \\ &= 0,5184 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit pipa eksisting (Q}_{pe}\text{) 100\%} &= \frac{1}{n} \times A^{5/3} \times P^{-2/3} \times S_0^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,01} \times (2,1382 \times 10^{-2})^{5/3} \times 0,5184^{-2/3} \times \left(\frac{0,5}{100}\right)^{1/2} \\ &= 1,8051 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka sudah didapat nilai debit terisi 100%, kemudian mencari debit terisi 70% dengan perbandingan berikut.

$$\begin{aligned}\text{Debit pipa eksisting (Q}_{pe}\text{) 70\%} &= \frac{70\%}{100\%} \times \text{Debit pipa eksisting 100\%} \\ &= \frac{70\%}{100\%} \times 1,8051 \times 10^{-2} \\ &= 1,2634 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka nilai debit pipa eksisting adalah $1,2634 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$. Total debit dari 66 pipa yang berada pada lapangan sebesar $8,3394 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$.

5.6 Analisis Saluran Pengumpul

Saluran yang dapat mengalirkan air buangan menuju saluran pembuangan adalah saluran pengumpul. Lapangan sepak bola dikelilingi oleh saluran pengumpul, dengan kapasitas lebih besar dari debit yang akan dibuang. Pada *as built drawing* diketahui bahwa dimensi saluran pengumpul secara memanjang adalah lebar 1 meter, tinggi 0,770 meter, dan panjang 105 meter. Bahan utama saluran pengumpul ialah beton, saluran ini memiliki kemiringan sebesar 0,9%. Diketahui bahwa angka manning untuk beton sebesar 0,011 dengan luas pipa yang

diasumsikan sudah terisi 70%. Perhitungan debit saluran pengumpul adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= A \times V \\
 &= (1 \times t \times 70\%) \times \left(\frac{1}{n} R^{2/3} \times S_0^{1/2} \right) \\
 &= (1 \times t \times 70\%) \times \left(\frac{1}{0,011} \left(\frac{1 \times t \times 70\%}{1+2t} \right)^{2/3} \times S_0^{1/2} \right) \\
 &= (1 \times 0,770 \times 70\%) \times \left(\frac{1}{0,011} \left(\frac{1 \times 0,770 \times 70\%}{1+(2 \times 0,770)} \right)^{2/3} \times \frac{0,9^{1/2}}{100} \right) \\
 &= 1,6538 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai debit saluran pengumpul sebesar 1,6538 m³/detik untuk satu sisi lapangan saja. Nilai untuk dua sisi memanjang saluran pengumpul adalah 3,3076 m³/detik.

5.7 Pembahasan

Pembahasan adalah pemaparan hasil analisis yang dapat dilakukan setelah mendapatkan hasil analisis secara teoritis maupun standar yang sudah ada. Hasil analisis yang sudah diperhitungkan oleh penulis adalah sebagai berikut.

5.7.1 Hasil Analisis Data Hujan dan Laju Infiltrasi

Hasil analisis data hujan dihitung dengan metode Log Pearson III sehingga didapat nilai hujan dengan kala ulang 5 tahun sebesar 127,057 mm. Setelah itu, perhitungan intensitas hujan dengan menggunakan durasi dominan hujan yang dihitung dari data hujan jam – jaman sepuluh tahun terakhir pada Stasiun Bedukan sebesar 1 jam dan kala ulang 5 tahun, didapat besarnya intensitas hujan adalah 44,0482 mm/jam. Oleh karena itu, tanah pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung harus dapat meresapkan air sebesar intensitas hujan agar tidak terjadi genangan.

Laju infiltrasi dilakukan langsung di lapangan sepak bola pada 2 titik, kedua titik dianggap dapat mewakili nilai infiltrasi seluruh lapangan. Intensitas hujan yang membebani lapangan dibandingkan dengan infiltrasi rerata dan dikali angka pori, untuk mengetahui terjadi genangan atau tidak. Maka, nilai infiltrasi rerata dikali dengan porositas 0,4186. Nilai infiltrasi pada Titik 1 sebesar 141,0713 mm/jam dan

Titik 2 150,5930 mm/jam. Didapat nilai rata – rata untuk laju infiltrasi sebesar 145,8321 mm/jam. Dari perhitungan yang sudah dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai laju infiltrasi lebih besar dari nilai intensitas hujan. Maka air hujan yang turun dapat langsung meresap ke dalam permukaan tanah. Namun, kedua titik pada pengujian infiltrasi tidak memenuhi kategori standar FIFA yaitu nilai laju infiltrasi >180 mm/jam.

5.7.2 Hasil Analisis Permeabilitas Tanah

Sampel tanah yang sudah diambil dari lapangan, kemudian dilakukan pengujian permeabilitas di Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII. Sampel tanah diambil pada kedalaman 10 cm dari permukaan tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak dua kali, kedua sampel tanah dianggap dapat mewakili tanah yang terdapat di Stadion Sultan Agung. Sampel tanah tersebut selanjutnya diuji menggunakan metode *Constant Head Permeameter* karena tanah yang digunakan masuk ke dalam kategori pasir.

Tiap sampel dilakukan pengujian sebanyak dua kali, setelah dilakukan pengujian terdapat perbedaan hasil dari kedua sampel. Sampel tanah pada Titik 1 didapat nilai hasil permeabilitas sebesar 0,00092 cm/detik dan 0,00081 cm/detik, sedangkan Titik 2 didapat nilai hasil permeabilitas sebesar 0,00076 cm/detik dan 0,00061 cm/detik. Dari kedua hasil tersebut, dapat diketahui bahwa tanah yang digunakan pada lapangan sepak bola merupakan tanah kerikil halus atau pasir dengan permeabilitas menengah. Menurut Tabel 3.8 kedua sampel tanah menunjukkan bahwa drainase yang diterapkan masuk dalam kategori “*Good*” atau bagus. Permeabilitas tanah pada lapangan sepak bola sudah sesuai dengan standar FIFA, nilainya kurang dari 0,005.

5.7.3 Hasil Analisis Porositas Tanah

Nilai porositas tanah didapat dari angka pori, porositas tanah ini berguna untuk perhitungan analisis lainnya. Angka pori diketahui dari berat jenis serta berat volume tanah tersebut. Nilai berat jenis tanah yang sudah melalui pengujian adalah 2,812. Kemudian berat jenis dihitung dengan berat volume air dan berat volume tanah, sehingga mendapatkan nilai angka pori sebesar 0,7198. Pada Tabel 3.5

diketahui jenis tanah yang digunakan masuk dalam kategori pasir lepas dengan butiran seragam. Angka pori kemudian dimasukkan dalam Persamaan 3.26, maka didapat nilai porositas sebesar 0,4186.

5.7.4 Hasil Analisis Perhitungan Debit

Terdapat tiga perhitungan untuk debit, yaitu debit resapan, debit beban hujan, dan debit pipa eksisting. Perhitungan debit resapan diperoleh dari analisis luas tangkapan hujan pada suatu pipa drainase. Jarak antar pipa pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung adalah 5 m dengan panjang pipa yang berbeda – beda. Luasan tersebut dapat digunakan untuk menghitung debit resapannya. Nilai debit resapan pada 42 pipa yang berada di tengah lapangan adalah $2,0716 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$, 20 pipa di luar lapangan $8,4121 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$, dan 66 pipa di *running track* sebesar $1,5491 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$. Nilai total debit resapan yang ada pada lapangan sepak bola adalah $4,4619 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$.

Perhitungan debit beban hujan berguna untuk mendapatkan nilai beban air yang akan dibuang saat hujan. Cara mencari nilai debit beban hujan adalah dengan mengalikan intensitas hujan dengan luasan lapangan. Nilai debit yang didapatkan harus dapat menampung dan mengalirkan pipa yang ada pada drainase lapangan. Setelah dilakukan perhitungan, nilai debit beban hujan untuk 42 pipa yang berada di tengah lapangan adalah $8,3202 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$, 20 pipa di luar lapangan $2,8515 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$, dan 66 pipa di *running track* sebesar $5,9245 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$. Oleh karena itu, total debit beban hujan yang harus dibuang adalah $1,7096 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$.

Perhitungan debit pipa eksisting digunakan untuk mengetahui kemampuan pipa dalam menampung aliran air buangan. Untuk mendapatkan nilai debit pipa eksisting adalah menghitung luas pipa dengan panjang, kemiringan, dan koefisien kekasaran manning. Luasan pipa diasumsikan hanya terisi 70%. Nilai debit pipa eksisting untuk satu pipa adalah $1,2634 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$. Total debit dari 66 pipa yang berada pada lapangan sebesar $8,3394 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$. Nilai debit pipa eksisting sudah lebih besar dari debit resapan dan debit beban hujan.

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa nilai debit resapan di tengah lapangan adalah $2,0716 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan nilai debit beban hujan di tengah lapangan $8,3202 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$. Nilai debit resapan di luar lapangan $8,4121 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan nilai debit beban hujan di luar lapangan $2,8515 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$. Debit resapan di *running track* bernilai $1,5491 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan debit beban hujan di *running track* sebesar $5,9245 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil dari perhitungan debit pada tiap luasan bagian dapat disimpulkan bahwa, ketiga luasan memiliki debit beban hujan yang lebih besar dari debit resapan. Oleh karena itu, diperlukan perancangan ulang agar memenuhi syarat $Q_{bh} < Q_{re} < Q_{pe}$.

5.7.5 Hasil Analisis Saluran Pengumpul

Saluran pengumpul yang berada pada pinggir lapangan berfungsi untuk menampung air dari tengah lapangan serta mengalirkan air ke saluran pembuang. Oleh karena itu, kapasitas saluran ini harus mempunyai nilai lebih besar dari debit yang akan dibuang dari lapangan. Dari hasil analisis, diketahui bahwa nilai debit saluran pengumpul sebesar $1,6538 \text{ m}^3/\text{detik}$ untuk satu sisi lapangan. Maka, nilai debit saluran pengumpul untuk seluruh sisi lapangan adalah $3,3076 \text{ m}^3/\text{detik}$. Nilai debit tangkapan dan debit beban hujan lebih kecil dari debit saluran pengumpul sehingga saluran pengumpul dapat menampung seluruh buangan air dengan baik.

5.8 Perancangan Ulang Sistem Drainase

Perancangan ulang merupakan opsi untuk memperbaiki sistem drainase bawah permukaan lapangan sepak bola agar lebih aman. Supaya debit aliran pada pipa dapat mengalirkan air lebih lancar dari permukaan lapangan ke dalam pipa drainase yang terdapat di bawah tanah lalu mengalir ke saluran pembuangan. Debit beban hujan yang ada seharusnya memiliki nilai lebih kecil dari debit resapan, serta debit resapan bernilai lebih kecil dari debit pipa eksisting.

Permasalahan yang terjadi pada lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung ini adalah nilai debit beban hujan lebih besar dari debit resapan. Debit resapan yang lebih kecil menyebabkan air hujan yang turun tidak dapat terserap dengan baik. Jika perancangan ulang yang dilakukan hanya mendekatkan jarak antar pipa, memperbanyak jumlah pipa, maupun memperbesar diameter pipa, hal ini tidak akan

menyelesaikan masalah yang ada. Ketiga hal tersebut hanya akan membuat debit semakin kecil. Lapangan sepak bola ini membutuhkan lapisan tanah baru. Pergantian lapisan tanah ini dengan maksud agar berganti juga nilai kecepatan resapnya.

Perancangan ulang ini dilakukan dengan menggunakan beberapa variabel yang dianggap sama seperti persentase pori, diameter pipa, kedalaman pipa, panjang pipa, dan jarak antar pipa. Analisis untuk perhitungan perancangan ulang ini menggunakan *trial* dengan Persamaan 3.8 – Persamaan 3.11 untuk mencari debit yang dapat memenuhi syarat. Contoh perhitungan yang dilakukan di bawah merupakan perhitungan untuk Pipa 10 untuk debit resapan di lapangan sepak bola.

$$\text{Asumsi kecepatan resap} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m/detik}$$

$$\text{Jarak antar pipa (B)} = 5 \text{ meter}$$

$$\text{Kedalaman saluran (H)} = 0,620 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{2}B\right)^2} \\ &= \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{2}5\right)^2} \\ &= 2,6926 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak aliran terjauh (S)} &= \sqrt{H^2 + P^2} \\ &= \sqrt{0,620^2 + 2,6926^2} \\ &= 2,7630 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{H}{S} \\ &= \frac{0,620}{2,7630} \\ &= 0,2244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \cos^{(-1)}(0,2244) \\ &= 77,0330^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lama aliran dalam tanah (T)} &= \frac{S}{v \sin \alpha} \\ &= \frac{2,7630}{5,0 \times 10^{-5} \sin(77,0330)} \\ &= 56706,8996 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air (Vol)} &= \frac{4}{5} \times B \times H \times p \times L \\
 &= \frac{4}{5} \times 5 \times 0,620 \times 0,4186 \times 34 \\
 &= 35,2964 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit resapan (Q}_{re}\text{)} &= \frac{\text{Vol}}{T} \\
 &= \frac{35,2964}{56706,8996} \\
 &= 6,2243 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Total debit di lapangan sepak bola = $2,5567 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa besarnya kecepatan resap memengaruhi nilai debit resapan. Pada perhitungan di atas, hasil debit resapan di lapangan sepak bola $2,5567 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$, masih lebih kecil dari debit beban hujan di lapangan sepak bola $8,3202 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$ sehingga tanah dengan kecepatan resap $5,0 \times 10^{-5} \text{ m}/\text{detik}$ tidak cocok untuk menjadi lapisan tanah baru. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan ulang untuk mencari porositas tanah yang cocok. Tanah di lapangan sepak bola dengan luar lapangan dan *running track* memiliki nilai porositas yang berbeda. Maka, kecepatan resap yang dibutuhkan juga berbeda. Pada bagian luar lapangan dan *running track* dianggap sama karena asumsi memiliki besar porositas yang sama. Rekapitulasi hasil *trial* untuk kecepatan resap tanah di lapangan sepak bola dapat dilihat pada Tabel 5.27, sedangkan kecepatan resap tanah di luar lapangan serta *running track* dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Perhitungan Perancangan Ulang di Lapangan Sepak Bola

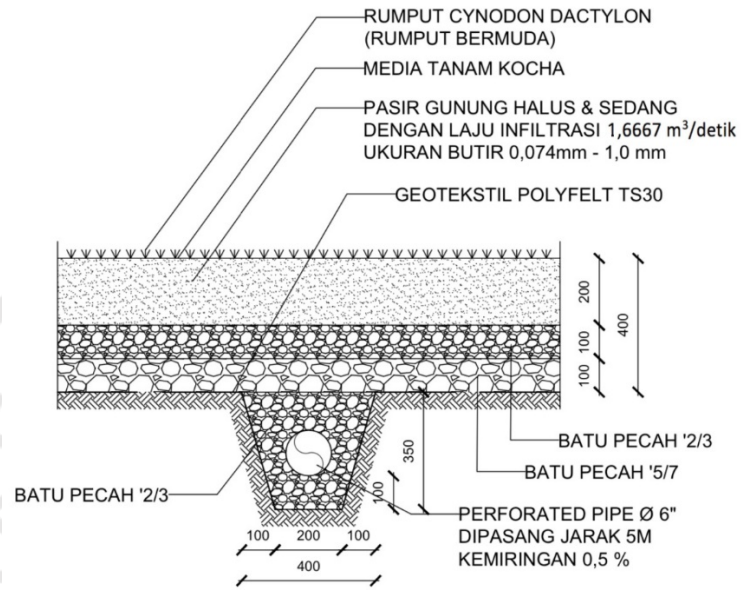
Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Kecepatan Resapan (m/detik)	Q _{re} Lapangan (m ³ /detik)	Q _{bh} Lapangan (m ³ /detik)
5	34	$5,0000 \times 10^{-5}$	$2,5567 \times 10^{-2}$	$8,3202 \times 10^{-2}$
5	34	$1,1112 \times 10^{-4}$	$1,2402 \times 10^{-2}$	$8,3202 \times 10^{-2}$
5	34	$1,2500 \times 10^{-4}$	$1,3952 \times 10^{-2}$	$8,3202 \times 10^{-2}$
5	34	$1,5000 \times 10^{-4}$	$7,8414 \times 10^{-2}$	$8,3202 \times 10^{-2}$
5	34	$1,5334 \times 10^{-4}$	$8,5233 \times 10^{-2}$	$8,3202 \times 10^{-2}$

Tabel 5.28 Rekapitulasi Perhitungan Perancangan Ulang di Luar Lapangan dan *Running Track*

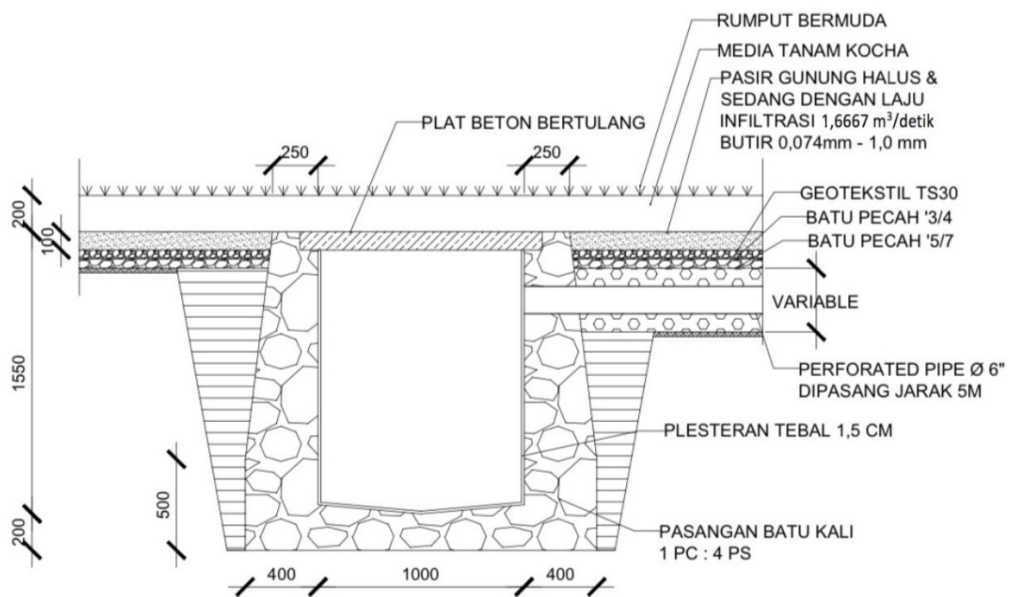
Jarak antar Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Kecepatan Resapan (m/detik)	Total Q_{re} ($m^3/detik$)	Total Q_{bh} ($m^3/detik$)
5	34	$5,0000 \times 10^{-5}$	$3,0238 \times 10^{-2}$	$8,7760 \times 10^{-2}$
5	34	$1,0000 \times 10^{-4}$	$6,0476 \times 10^{-2}$	$8,7760 \times 10^{-2}$
5	34	$1,1111 \times 10^{-4}$	$6,7196 \times 10^{-2}$	$8,7760 \times 10^{-2}$
5	34	$1,2500 \times 10^{-4}$	$7,5595 \times 10^{-2}$	$8,7760 \times 10^{-2}$
5	34	$1,5834 \times 10^{-4}$	$9,0477 \times 10^{-2}$	$8,7760 \times 10^{-2}$

Pada perhitungan perancangan ulang nilai porositas untuk luar lapangan dan *running track* diasumsikan 0,4445, sama seperti pada perhitungan sebelumnya. Debit resapan setelah dilakukan perancangan ulang di lapangan sepak bola sebesar $8,5233 \times 10^{-2} m^3/detik$, luar lapangan $3,1841 \times 10^{-2} m^3/detik$, dan *running track* $5,9636 \times 10^{-2} m^3/detik$. Debit beban hujan di lapangan sepak bola $8,3202 \times 10^{-2} m^3/detik$, luar lapangan $2,8515 \times 10^{-2} m^3/detik$, dan *running track* $5,9245 \times 10^{-2} m^3/detik$. Debit resapan pada tiap bagian jika dibandingkan dengan debit beban hujan, debit resapan sudah memiliki nilai yang lebih besar. Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa perancangan ulang tanah baru harus mempunyai nilai kecepatan resap minimum $1,6667 \times 10^{-4} m/detik$ untuk bagian lapangan sepak bola dan $1,5834 \times 10^{-4} m/detik$ untuk bagian luar lapangan dan *running track*. Nilai kecepatan resap minimum $1,6667 \times 10^{-4} m/detik$ dan $1,5834 \times 10^{-4} m/detik$ dapat digunakan karena nilai debit resapan sudah lebih besar dari debit beban hujan, sehingga tidak menimbulkan genangan. Semakin besar nilai kecepatan resap maka semakin cepat untuk mengalirkan air. Faktor yang memengaruhi kecepatan resap tanah antara lain adalah kejenuhan tanah, karakter tanah, dan kondisi permukaan tanah.

Perancangan ulang yang dilakukan sebatas mengganti lapisan tanah saja, sehingga jaringan pipa tidak berubah. Dimensi pipa yang digunakan sudah cukup untuk menampung besarnya debit. Oleh karena itu, yang tidak memenuhi syarat hanya lapisan tanah. Lapisan tanah yang akan digunakan pada lapangan sepak bola dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.12 Detail Potongan Lapisan Tampak Depan



Gambar 5.12 Detail Potongan Lapisan Tampak Samping

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, hasil akhir untuk lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung adalah sebagai berikut.

1. Dimensi pipa drainase yang terpasang di lapangan sepak bola Stadion Sultan Agung sudah dapat menampung debit beban hujan. Namun, debit resapan pada lapangan sepak bola belum dapat menampung besarnya debit beban hujan. Debit pipa eksisting sebesar $8,3394 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$ sudah lebih besar dari debit beban hujan dan debit resapan. Nilai debit beban hujan $1,7096 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{detik}$ lebih besar dari debit resapan $4,4619 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$, artinya masih terdapat air yang menggenangi akibat hujan yang jatuh ke permukaan tanah tidak terserap dengan baik. Peresapan pada lapisan permukaan tanah lapangan sepak bola mengalami penurunan kualitas sehingga lapisan tanah perlu diganti. Oleh karena itu, perlu dilakukan perancangan ulang agar memenuhi syarat $Q_{bh} < Q_{re} < Q_{pe}$.
2. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa genangan terjadi karena hujan yang jatuh tidak meresap dengan baik. Perancangan ulang dengan mengganti diameter pipa dan mendekatkan jarak antar pipa hanya akan memperkecil nilai debit yang ada. Perancangan ulang yang aman untuk mengatasi genangan adalah dengan mengganti lapisan tanah menggunakan tanah yang mempunyai kecepatan resap lebih besar dari sebelumnya. Lapangan sepak bola ini membutuhkan lapisan tanah baru untuk memperbesar nilai laju infiltrasi, agar air hujan dapat meresap dengan cepat. Hasil akhir yang didapatkan untuk angka minimum kecepatan resap tanah yang dibutuhkan adalah sebesar $1,6667 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{detik}$ untuk bagian lapangan sepak bola dan $1,5834 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{detik}$ untuk bagian luar lapangan dan *running track*.

6.2 Saran

Terdapat beberapa saran yang berguna untuk memperbaiki serta menambah analisis penelitian, antara lain sebagai berikut.

1. Pengambilan sampel untuk laju infiltrasi diharap dapat dilakukan pada titik yang lebih banyak.
2. Beberapa data seperti kedalaman dan jalak saluran sebaiknya dapat diambil dari pengujian langsung di lapangan.



DAFTAR PUSTAKA

- Adriati, Y., Studi, P., Sipil, T., & Islam, U. (2017). *Kajian Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola*. 3(2), 1–12.
- Aspara, W. A. N., & Fitriani, E. N. (2016). Pengaruh Jarak Dan Pola Prefabricated Vertical Drain (Pvd) Pada Perbaikan Tanah Lempung Lunak = Effect of Distance and Pattern of Prefabricated Vertical Drain for Improvement of Soft Clay Soil. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 10(1), 41–50. <https://doi.org/10.29122/mipi.v10i1.102>
- Coşkun, N. (2009). Nondestructive Electrical Resistivity Method to Map the Drainage System of Football Playgrounds. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 23(5), 303–308. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0000037](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0000037)
- Dvorak, J., Kramer, E. B., Schmied, C. M., Drezner, J. A., Zideman, D., Patricios, J., Correia, L., Pedrinelli, A., & Mandelbaum, B. (2013). The FIFA medical emergency bag and FIFA 11 steps to prevent sudden cardiac death: Setting a global standard and promoting consistent football field emergency care. *British Journal of Sports Medicine*, 47(18), 1199–1202. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092767>
- Federation International Football Association (FIFA). 2015. Quality Programme for Football Turf : Handbook of Requirements. FIFA. Zurich.
- Kusuma, M. N., & Yulfiah, D. (2018). Hubungan Porositas Dengan Sifat Fisik Tanah Pada Infiltration Gallery. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 6, 43–50.
- Paripurno, M. Y. Y. (2014). SURVEI KUALITAS RUMPUT LAPANGAN STADION PENYELENGGARA PERTANDINGAN SEPAKBOLA (Stadion Tempat Peserta Liga Resmi PSSI yang Ada di Jawa Timur) Muhammad Yusuf Yudho Paripurno S-1 Ilmu Keolahragaan , Fakultas Ilmu Keolahragaan , Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal Kesehatan OlahRaga*, 02(3).
- Ramadhan, N. W., S, M. M., & Ekaputra, Y. D. (2015). *PERANCANGAN STADION SEPAK BOLA DI KOTA SEMARANG (Dengan Pendekatan Desain Arsitektur Modern)*. 1–15.
- Satrio, Rasyid. 2019. Evaluasi Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola Stadion Maguwoharjo Sleman. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta

Satriya, A., Ismoyo, M., & Chandrasasi, D. (2016). *Perencanaan Sistem Drainase Stadion Bukit Lengis Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik*.

Soaedy, F. H. (2017). *Perencanaan Sistem Drainase Stadion Wergu Wetan Kabupaten Kudus*. <http://repository.its.ac.id/1778/>

Sofyan, Z. Analisis Peresapan Air pada Lapangan Sepak Bola Stadion Olahraga Kabupaten Pasaman Barat. *Jurnal Ilmiah*. Institut Teknologi Padang.

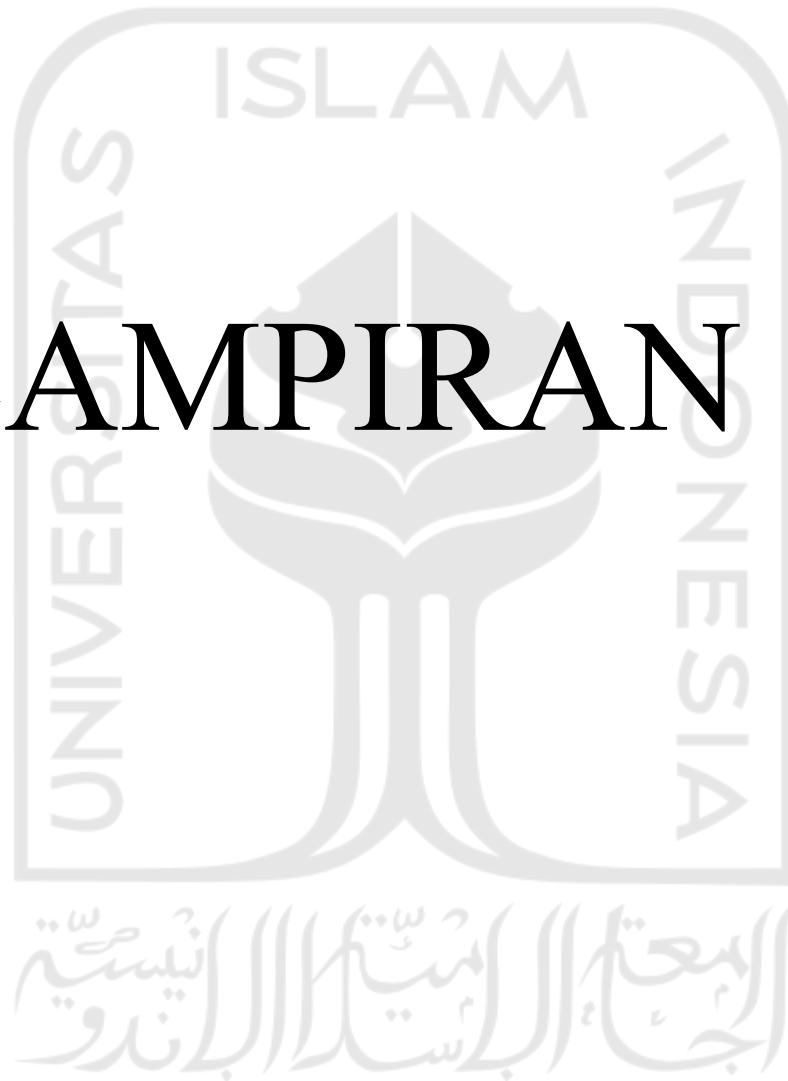
Suripin., 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Penerbit Andi.

Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.

Wigati, R., & Prihatini, K. T. (2012). Terhadap Distribusi Kecepatan Dan Debit Aliran Pada Variasi Ambang Lebar. *Jurnal Fondasi*, 1(1), 1–12.



LAMPIRAN 1



DATA HUJAN D.I.YOGYAKARTA TAHUN : 2009

Stasiun	: BEDUKAN	Kecamatan	: Pleret	Pada Dasar	: Kali Opak	Tinggi Dari Muka Laut	: 18 Meter
Bulan	: Februari	Kabupaten	: Bantul	No. Stasiun	:	Tahun Pendirian	: 10/1984
Tahun	: 2009	Propinsi	: D.I.Yogyakarta	Lokasi Stasiun	: 7.58.30.LS/110.16.20.BT.	Dibangun Oleh	: DPUP.DIY.
No.Kad.	:						

Tanggal	H.B	H.O	J A M																														
			7/	8/	9/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	18/	19/	20/	21/	22/	23/	24/	01/	02/	03/	04/	05/	06/							
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7							
1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,5	0	1,5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0						
2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						
3	0	25,5	0	0	1,5	0	3,5	0	11,5	0	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
4	0	10,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
8	0	3,1	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0						
9	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
11	0	17	0	0	0	0	9	0	1,5	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
12	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5	0	4,5	0	4	0	1,5	0	0	0	0	0	30,5	0						
13	0	24,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	5	0	0	0	8,5	0	6	0						
14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
15	0	7,2	0	0	0	0	0	0	0,5	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0						
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
17	0	14,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0						
18	0	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	0	0	0	0						
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
22	0	1,5	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
24	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
25	0	31,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	21,5	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0						
26	0	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5,5	0	0	0	0	0	0	0						
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
28	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	14,5	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Jumlah	0	276																															
Ratra -2	0,00	9,52	Keterangan :		H.H	: Jumlah Hari Hujan										: Tidak Ada Data																	
Maximum	0	53			H.O	: Hujan Otomatik										* : Data Diragukan																	
Minimum	0	1,5			H.B	: Hujan Biasa										Hujan dalam mm (milimeter)																	
H.H	0	18																															

DATA HUJAN D.I.YOGYAKARTA TAHUN : 2011

Stasiun : **BEDUKAN**
 Bulan : **Februari**
 Tahun : **2011**
 No.Kad. :

Kecamatan : **Pleret**
 Kabupaten : **Bantul**
 Propinsi : **D.I.Yogyakarta**

Pada Dasar : **Kali Opak**
 No. Stasiun :
 Lokasi Stasiun : **7.58.30.LS/110.16.20.BT.**

Tinggi Dari Muka Laut : **18 Meter**
 Tahun Pendirian : **10/1984**
 Dibangun Oleh : **DPUP.DIY.**

Tanggal	H.B	H.O	J A M																							
			7/	8/	9/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	18/	19/	20/	21/	22/	23/	24/	01/	02/	03/	04/	05/	06/
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,5	0	1,5	0	5	0	0	0	0	0	0	
2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
3	0	25,5	0	0	1,5	0	3,5	0	11,5	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	10,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,2	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	3,1	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	
9	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	17	0	0	0	0	9	0	1,5	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5	0	4,5	0	4	0	1,5	0	0	0	0	0	30,5	
13	0	24,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	5	0	0	0	8,5	0	6	
14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	7,2	0	0	0	0	0	0	0,5	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	14,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	10	0	1	0	0	0	0	0	0	
18	0	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	1,5	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	31,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	21,5	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	
26	0	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5,5	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	14,5	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Jumlah	0	276																								
Ratra -2	0,00	9,52	Keterangan :		H.H : Jumlah Hari Hujan										: Tidak Ada Data											
Maximum	0	53			H.O : Hujan Otomatik										* : Data Diragukan											
Minimum	0	1,5			H.B : Hujan Biasa										Hujan dalam mm (milimeter)											
H.H	0	18																								

DATA HUJAN D.I.YOGYAKARTA TAHUN : 2013

Stasiun : BEDUKAN	Kecamatan : Pleret	Pada Dasar : Kali Opak	Tinggi Dari Muka Laut : 18 Meter
Bulan : Desember	Kabupaten : Bantul	No. Stasiun : 	Tahun Pendirian : 10/1984
Tahun : 2013	Propinsi : D.I.Yogyakarta	Lokasi Stasiun : 07.86288 LS/110.40177 BT.	Dibangun Oleh : DPUP.DIY.

Tanggal	H.B	H.O	J A M																											
			7/	8/	9/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	18/	19/	20/	21/	22/	23/	24/	01/	02/	03/	04/	05/	06/				
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6	4	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7	4	4,8	0	0	0	0	0	0	4,2	0,2	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8	19	8,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	6	1,9	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
9	18	8,7	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	4,5	2,3	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0			
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11	70	65,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
13	40	30,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,9	0	24	2	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
14	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17	2	2,1	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0			
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19	0	19,7	0	1,4	0,4	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7			
20	110	114,2	4,8	1,2	0,7	3,6	5	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8	1	7,4	3,7	0	3,2	1	50	6			
21	39	19,3	0	0	0	0	0	0	0,5	7	5	3	1,7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1			
22	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
23	45	25,5	0	0	1,4	4	7	6	2	1,6	2,1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0,3	0	0,1			
24	11	4,1	0	0	0	0	0,3	0	0	0	2,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
30	20	17,9	0	0	0	0	0	0	16	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
31	8	4,5	0	0	0	0	0	0	0	4	0,4	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Jumlah	390	331,5		
Ratra -2	12,58	10,69	Keterangan :	H.H : Jumlah Hari Hujan : Tidak Ada Data
Maximum	110	114,2		H.O : Hujan Otomatik * : Data Diragukan
Minimum	0	4		H.B : Hujan Biasa Hujan dalam mm (milimeter)
H.H	13	17		

DATA HUJAN D.I.YOGYAKARTA TAHUN : 2014

Stasiun	: BEDUKAN	Kecamatan	: Pleret	Pada Dasar	: Kali Opak	Tinggi Dari Muka Laut	: 18 Meter
Bulan	: Desember	Kabupaten	: Bantul	No. Stasiun	:	Tahun Pendirian	: 10/1984
Tahun	: 2014	Propinsi	: D.I.Yogyakarta	Lokasi Stasiun	: S. 07.86288 /E. 110.40177	Dibangun Oleh	: DPUP.DIY.
No.Kad.	:						

Tanggal	H.B	H.O	J A M																								
			7/	8/	9/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	18/	19/	20/	21/	22/	23/	24/	01/	02/	03/	04/	05/	06/	
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	
1	2	2,1	0	0	1,4	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	17	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	5,3	1,2	0,4	
3	39	21,8	6,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
4	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	
5	1	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,3	0	0,4	0	0	0,1	0,2	0,3	0	0,1	0	
6	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	10	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	
9	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	
10	24	11,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1	0	3,7	1,8	5,2	0	0	0	0	0	0	0	
11	87	76,9	7,2	1,9	2,1	1	7	6	15	9	2,3	1,1	7	3,9	2,1	0,4	3,4	3,8	2,3	0,1	0	0,1	0,3	0	0,1	0,8	
12	0	14,6	8,3	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,2	0,1	0,3	0,1	0	1	
13	32	16,6	0	0	0	0	9,3	3,7	0,1	0	2	0	0,4	0,2	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	6	5,5	0	0	0	0	0	1,7	1,4	0	1,6	0,7	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	14	3,9	0	0,1	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	42	25,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	4	14	7,5	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	2,6	0,4	0	0	0	0	
18	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	58	30,3	0	0	0	0	0	0	0	0	24,1	4	2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	2	2	0	0	0,1	0	0	1,2	0	0	0	0,4	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	
22	92	55,8	0	0	0	0	0	0	0	0	11,5	37	0	0,3	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	
23	8	21,9	0,1	0	0	0	0	0	0	2,2	0,1	0	0,5	0,8	0	0,2	0	0	0	13	5	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	45	17,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,3	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	95	66,9	0	0	0,1	2	0,7	0	2,3	6,3	2,7	3	2	15	5	9	2,6	0,6	0	0,4	2,3	6	2,3	1,6	0	0	
28	38	17	0	0	0	0	4,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,2	2	0,4	0,2	0	0,1	0	0	0	0	
29	14	9,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0,1	0,3	0,6	5	0,1	1,3	1	0	0	0	0	0,6	0,3	0	
30	15	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0
31	5	6,7	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,9	
Jumlah	646	424,6																									
Ratra -2	20,84	13,70	Keterangan	:	H.H	:	Jumlah Hari Hujan																				
Maximum	95	76,9			H.O	:	Hujan Otomatik							*													
Minimum	0	4			H.B	:	Hujan Biasa																				
H.H	21	29																									

DATA HUJAN D.I.YOGYAKARTA TAHUN : 2015

Stasiun	: BEDUKAN		Kecamatan	: Pleret		Pada Dasar	: Kali Opak		Tinggi Dari Muka Laut	: 18 Meter																
Bulan	: Maret		Kabupaten	: Bantul		No. Stasiun	:		Tahun Pendirian	: 10/1984																
Tahun	: 2015		Propinsi	: D.I.Yogyakarta		Lokasi Stasiun	: S. 07.86288 /E. 110.40177		Dibangun Oleh	: DPUP.DIY.																
No.Kad.																										
Tanggal	H.B	H.O	J A M																							
			7/	8/	9/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	18/	19/	20/	21/	22/	23/	24/	01/	02/	03/	04/	05/	06/
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
1	2	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	25	15,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,6	1	1,5	4,5	0	0	0,1	0	0	0	0	0	
3	35	26,4	0,1	0	0	0	0	0	0,2	2	0	8,4	15,4	0,2	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	
4	16	17,4	1	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	8,8	6,1	1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	16	7,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	3,8	2,1	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	
7	73	77,9	0	0	0	0	0	0	0	0	8,7	40	20	1,2	0	6,5	0,8	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	26	32,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	22	4	0	0	0	0	0	0	
10	0	13,1	0	0	0	0	0	0	9,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0,9	0	0	0	0	
11	20	25,7	0	0	0	0	0	0	0	0	7,4	0,2	0,2	0,2	1,7	6,9	2,6	1,4	0,2	0	0	0	1,6	3,3	0	
12	35	22,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,6	7	4	1,8	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0	
13	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	25	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	1,3	0	0	0	0,3	0,1	0,3	
15	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,3	0,7	0	0	0	0	
16	3	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	5	0																								
19	9	0																								
20	5	0																								
21	0	0																								
22	6	0																								
23	2	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	20	13,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	7,2	1,2	0,8	3,3	0	0	0	0	0	0	
25	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0,2	0,2	0,1	0	0	
26	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	5	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	84	62,4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5,4	0	6,7	1,7	15,6	6	8,7	15,3	0	0	0	0	0	0	
29	0	5,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1,3	1,8	0,5	0,2	0	
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Jumlah	412	348,7																								
Ratra -2	13,29	11,25	Keterangan	:	H.H	:	Jumlah Hari Hujan	:	Tidak Ada Data																	
Maximum	84	77,9																								
Minimum	0	2,1																								
H.H	19	21																								

DATA HUJAN D.I.YOGYAKARTA TAHUN : 2017

Stasiun : BEDUKAN	Kecamatan : Pleret	Pada Dasar : Kali Opak	Tinggi Dari Muka Laut : 18 Meter
Bulan : Nopember	Kabupaten : Bantul	No. Stasiun : :	Tahun Pendirian : 10/1984
Tahun : 2017	Propinsi : D.I.Yogyakarta	Lokasi Stasiun : S. 07.86288 /E. 110.40177	Dibangun Oleh : DPUP.DIY.
No.Kad. : :			

Tanggal	H.B	H.O	J A M																							
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	
5	32	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1,3	3,9	0,1	0	13,3	6,9	2,8	0,9	0	0	0	
6	3	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0,7	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	4	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	1,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	4	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	
13	24	29,7	3,6	5,9	7,7	2,8	1,7	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0,1	2,3	1,5	2,3	0,3	0	
14	7	5,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,9	0	0	0	0	0	
15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	21	24,2	0	0	0,7	1	0,1	0,1	0,4	0	0	0,1	1,6	2,6	3,6	10,2	0,8	0,6	1,7	0,5	0,1	0,1	0	0	0	
17	6	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1,3	0,2	1,1	1	1	1,3	0,2	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	18	19,9	0	0	0	4,9	4,6	5,7	1,5	0,5	0	0	0,4	2	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	3	9,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	4,6	1,6	0,5	0,4	0,2	1,7	
21	24	13,8	3,8	5,1	0,3	0	1,1	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	1,4	0	0	0	
23	10	23,6	0	0	1,2	4,2	1,2	4,9	5,7	2,3	1,2	1,1	0,9	0,1	0	0	0,1	0,2	0,3	0	0	0	0	0,1	0	
24	15	33	1,1	3,2	0	0	0,2	0,1	0,3	4,6	4,6	4	2,9	1,8	1,6	1,1	1,4	1,6	0,4	0,4	0,4	1,4	1	0,2	0,3	
25	37	2,8	0,8	1,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	25	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	3,4	2,8	6,5	0,4	0	0	0	0	0,1	0	
27	118	70,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	8,7	9,2	7,3	5,5	2,4	1,1	2,6	0,9	0,3	5,8	5,7	4	9,5	5,9
28	381	244	2,6	0,2	0,1	0	0	7,3	11,9	15,8	17	28,7	24,7	18,7	24	22,2	11,1	3,5	6,2	5,1	7,8	15,3	3,7	3,9	8	6,2
29	17	22,6	1,8	2,5	0,6	0,6	1,2	0,2	0	0	0,2	0	0,1	1,6	1,4	0	0	0	0,2	0,3	7,1	2,9	1,2	0,6	0,1	0
30	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0,1
Jumlah	757	563,2																								
Rata -2	25,23	18,77																								
Maximum	381	244																								
Minimum	1	0,1																								
H.H	21	22																								

Keterangan : H.H : Jumlah Hari Hujan
H.O : Hujan Otomatik
H.B : Hujan Biasa
* : Tidak Ada Data
: Data Diragukan
Hujan dalam mm (milimeter)

DATA HUJAN D.I.YOGYAKARTA TAHUN : 2018

Stasiun	: BEDUKAN	Kecamatan	: Pleret	Pada Dasar	: Kali Opak	Tinggi Dari Muka Laut	: 18 Meter
Bulan	: Desember	Kabupaten	: Bantul	No. Stasiun	:	Tahun Pendirian	: 10/1984
Tahun	: 2018	Propinsi	: D.I.Yogyakarta	Lokasi Stasiun	: S. 07.86288 /E. 110.40177	Dibangun Oleh	: DPUP.DIY.
No.Kad.	:						

Tanggal	H.B	H.O	J A M																								
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	3	3	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	1,6	1	0,1	0	0	0	
5	81	72,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0,5	5,1	63,3	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	41	5,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,1	0	0	0	0	0	
8	0	12,3	1	0,1	5	1,1	3,6	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	1	1,7	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	1	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,2	0	0	0	0	
15	172	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47,5	89,9	35,2	24,2	30,5	1,6	0,1	0	0	
16	5	6,5	0	0	0	0	0	0	0,4	4	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	2,6	1,4	1,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	22	22,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1	13	4,3	1,7	0	0	0	0	0	0	0	
21	2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	21	10,3	0	1,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,9	1	
23	1	3,8	1,4	0,1	0,1	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	34	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	13,7	0	0	0	0	0	1,1	8,8	2,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	
26	6	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0	0,1	0		
27	0	5	0	0,4	0,2	0	1,8	2,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	56	33,6	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,1	1,4	0,1	7,1	5,7	10,5	3,1	0,3	0	0	0	0	0	1,2	3,9	
31	0	6,2	4,5	0,1	1,1	0,1	0	0	0,2	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Jumlah	447	428,7																									
Rata -2	14,42	13,83																									
Maximum	172	229																									
Minimum	1	0,1																									
H.H	15	21																									

Keterangan : H.H : Jumlah Hari Hujan : Tidak Ada Data
H.O : Hujan Otomatik * : Data Diragukan
H.B : Hujan Biasa Hujan dalam mm (milimeter)

DATA HUJAN D.I.YOGYAKARTA TAHUN : 2019

Stasiun : BEDUKAN	Kecamatan : Pleret	Pada Dasar : Kali Opak	Tinggi Dari Muka Laut : 18 Meter
Bulan : Maret	Kabupaten : Bantul	No. Stasiun :	Tahun Pendirian : 10/1984
Tahun : 2019	Propinsi : D.I.Yogyakarta	Lokasi Stasiun : S. 07.86288 / E. 110.40177	Dibangun Oleh : DPUP.DIY.
No.Kad. :			

Tanggal	HB	H.O	J A M																							
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	22	27,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	6,3	2,9	4,5	4,6	6,7	1,6	0,4	0,3	
2	101	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0,7	4,5	7,2	1,4	0,5	0,3	0,4	
3	36	2,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
4	2	0,7	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	17,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10,7	0,1	0	0,3	0,3	0,8	1,6	
6	24	34,8	2,7	1,5	1,2	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	2,7	3	3,1	1,6	2,3	2,8	4	4,2	4,6
7	96	5,7	2,8	1,1	0,9	0,3	0,2	0,1	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	7,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,7	0	0,3	0	0	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	43	81,6	0	0	0,2	0,4	3,4	12,4	0	0	0	2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	23,3	28,7	5,6	4,9
16	144	4,1	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	0,7	0,1	0	0,8	0,1	0	0	0	0	0,1
17	10	69,4	0,4	3,5	0	0	0	0,7	1,7	0	4,5	5,3	3,1	0,3	0	0,2	4,1	5,9	6,8	7,9	6,9	4,9	4,2	3	3	3
18	180	7,7	3,6	3,1	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	24,6	0	0	0	0	0	0	0	5,7	12,5	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1,4	1,6	1,1	0,2	0	
20	60	12,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	12,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	13	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,4	0,1	0	
22	1	36,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23	6,4	2	
23	109	30	1,2	0	0,8	0,9	0,4	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	2,2	1,8	12,4	6	2,4	1,2	
24	93	11,4	0,8	0,5	2	0	0	0	1,5	1,7	0	0,4	1,1	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	2,2
25	52	18,1	1,3	3,3	5,2	3,8	3,3	0,7	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	19,4	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,4	6,7	0,2	0	0	0	0	0	0
27	40	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
28	2	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	7,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	1,9	3,4	0	0	0	0	0	0
Jumlah	1051	440,8																								
Rata -2	33,90	14,22	Keterangan : H.H : Jumlah Hari Hujan : Tidak Ada Data																							
Maximum	180	81,6	H.O : Hujan Otomatik * : Data Diragukan																							
Minimum	1	0,7	H.B : Hujan Biasa Hujan dalam mm (milimeter)																							
H.H	21	24																								

LAMPIRAN 2





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT VOLUME

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 31 Maret 2021
Sampel : Tanah Asli

No.	Pengujian	Satuan	Sampel	
			1	2
1	Diameter ring (d)	cm	5	5
2	Tinggi ring (t)	cm	2	2
3	Volume ring (V)	cm ³	39,270	39,270
4	Berat ring (W1)	gram	39,14	39,14
5	Berat ring + tanah basah (W2)	gram	116,31	110,61
6	Berat tanah basah (W3 = W2 - W1)	gram	77,17	71,47
7	Berat volume tanah (γ_b)	gr/ cm ³	1,965	1,820
8	Berat volume rata - rata (γ_b rata-rata)	gr/ cm ³	1,893	

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

(M. Rifqi Abdurrozaq, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 6 September 2021
Peneliti

(Nismara Luthfi Anindhita)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KADAR AIR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 1 April 2021
Sampel : Tanah Asli

No.	Pengujian	Satuan	Sampel	
			1	2
1	Berat cawan (W_1)	gram	12,86	9,45
2	Berat tanah basah + cawan (W_2)	gram	65,91	64,59
3	Berat tanah kering + cawan (W_3)	gram	56,22	59,98
4	Berat tanah basah	gram	53,05	55,14
5	Berat tanah kering ($W_s + W_3 - W_1$)	gram	43,36	50,53
6	Berat air ($W_w = W_2 - W_3$)	gram	9,69	4,61
7	Kadar air ($w = (W_w/W_s) \times 100\%$)	%	22,348	9,123
8	Kadar air rata - rata (w)	%	15,735	

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

(M. Rifqi Abdurozzak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 6 September 2021
Peneliti

(Nismara Luthfi Anindhita)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT JENIS

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 1 April 2021
Sampel : Tanah Asli

No.	Pengujian	Satuan	Sampel		
			1	2	
1	Berat piknometer (W1)	gram	39,2	41,87	38,42
2	Berat piknometer + tanah kering (W2)	gram	70,19	73,69	68,1
3	Berat piknometer + tanah kering + air (W3)	gram	159,16	163,24	157,28
4	Berat piknometer + air (W4)	gram	138,97	142,98	138,09
5	Suhu air	⁰ C	27	27	27
6	gamma w pada suhu 27	gr/cm ³	0,9966	0,9966	0,9966
7	gamma w pada suhu 20	gr/cm ³	0,9983	0,9983	0,9983
8	Berat tanah kering (Ws = W3 - W1)	gram	30,99	31,82	29,68
9	A = Ws + W4	gram	169,96	174,8	167,77
10	I = A - W3	gram	10,8	11,56	10,49
11	Berat jenis tanah suhu (Gs = Ws / I)		2,869	2,753	2,829
12	Berat jenis tanah suhu 20 (Gs = Ws / I)		2,864	2,748	2,825
13	Berat jenis (Gs)		2,812		

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

(M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 6 September 2021
Peneliti

(Nismara Luthfi Anindhita)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH
(CONSTANT HEAD PERMEAMETER)

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 1 April 2021
Sampel : Tanah Asli

Data Contoh Tanah

No.	Keterangan	Satuan	Nilai
1	Diameter pipa (D)	cm	6,3
2	Luas contoh tanah (A)	cm ²	31,173
3	Tinggi contoh tanah (L)	cm	6,5
4	Volume contoh tanah (V)	cm ³	202,621
5	Berat contoh tanah (W)	gram	383,469
6	Berat volume tanah	gr/cm ³	1,635
7	Kadar air tanah (w)	%	15,736
8	Berat jenis tanah (Gs)		2,812
9	Angka pori (e)		0,7198
10	Suhu air	⁰ C	27
11	Tinggi muka air (h)	cm	70
12	Berat volume tanah kering	gr/cm ³	1,893

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

(M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 6 September 2021
Peneliti

(Nismara Luthfi Anindhita)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH
(CONSTANT HEAD PERMEAMETER)

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 1 April 2021
Sampel : Tanah Asli

Data Pengamatan Tanah Titik 1 Sampel 1

No.	Pengamatan	Pengamatan				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	Waktu pengamatan (detik)	143,4	172,2	180	213,6	219
2	Volume air (cm ³)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
		20	40	60	80	100
3	Koefisien permeabilitas	0,000415	0,000692	0,000993	0,001116	0,001360
4	Koefisien permeabilitas rata – rata	0,00092				
5	Koefisien permeabilitas suhu 20 ⁰ C (cm/dt)	0,847				
6	Perb. Vt (27 ⁰ C)	0,00078				

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

(M. Rifa'i Abdurrozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 6 September 2021
Peneliti

(Nismara Luthfi Anindhita)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH
(CONSTANT HEAD PERMEAMETER)

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 1 April 2021
Sampel : Tanah Asli

Data Pengamatan Tanah Titik 1 Sampel 2

No.	Pengamatan	Pengamatan				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	Waktu pengamatan (detik)	153,6	211,8	219	221,4	248,5
2	Volume air (cm ³)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
		20	40	60	80	100
3	Koefisien permeabilitas	0,000388	0,000563	0,000816	0,001076	0,001199
4	Koefisien permeabilitas rata – rata	0,00081				
5	Koefisien permeabilitas suhu 20 ⁰ C (cm/dt)	0,847				
6	Perb. Vt (27 ⁰ C)	0,00068				

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

(M. Rifai Abdurrozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 6 September 2021
Peneliti

(Nismara Luthfi Anindhita)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH
(CONSTANT HEAD PERMEAMETER)

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 1 April 2021
Sampel : Tanah Asli

Data Pengamatan Tanah Titik 2 Sampel 1

No.	Pengamatan	Pengamatan				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	Waktu pengamatan (detik)	145,8	169,8	173,4	215,4	235,2
2	Volume air (cm ³)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
		20	40	60	80	100
3	Koefisien permeabilitas	0,0004086	0,0007017	0,0010307	0,0011063	0,0012665
4	Koefisien permeabilitas rata – rata	0,00090				
5	Koefisien permeabilitas suhu 20 ⁰ C (cm/dt)	0,847				
6	Perb. Vt (27 ⁰ C)	0,00076				

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

(M. Rifqi Abdurrozaq, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 6 September 2021
Peneliti

(Nismara Luthfi Anindhita)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH
(CONSTANT HEAD PERMEAMETER)

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 1 April 2021
Sampel : Tanah Asli

Data Pengamatan Tanah Titik 2 Sampel 2

No.	Pengamatan	Pengamatan				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	Waktu pengamatan (detik)	161,4	223,8	243,6	264,6	286,8
2	Volume air (cm ³)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
		20	40	60	80	100
3	Koefisien permeabilitas	0,0003691	0,0005324	0,0007337	0,0009006	0,0010386
4	Koefisien permeabilitas rata – rata	0,00071				
5	Koefisien permeabilitas suhu 20 ⁰ C (cm/dt)	0,847				
6	Perb. Vt (27 ⁰ C)	0,00061				

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

(M. Rifqi Abdurrozaq, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 6 September 2021
Peneliti

(Nismara Luthfi Anindhita)

LAMPIRAN 3





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN INFILTRASI DI LAPANGAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Stadion Sultan Agung Bantul
Dikerjakan : Nismara Luthfi Anindhita
Tanggal : 1 April 2021
Sampel : Tanah Asli

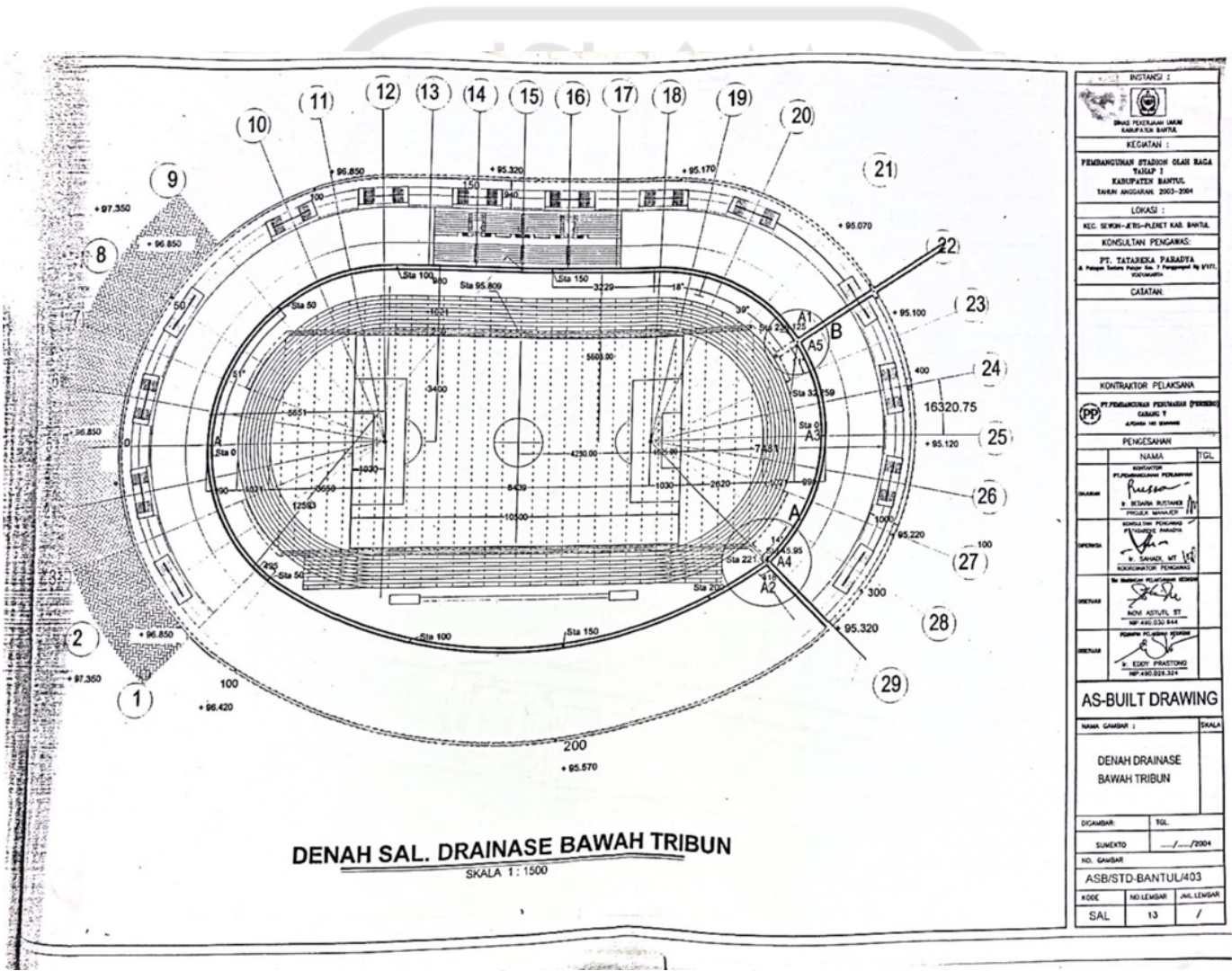
No.	Waktu (detik)	Nilai Infiltrasi (cm/detik)	Nilai Infiltrasi (mm/jam)	Rata – rata (mm/jam)
Titik 1	57,73	0,0173	623,5926	337,0073
	91,15	0,0110	394,9534	
	127,28	0,0079	282,8410	
	167,59	0,0060	214,8100	
	213,22	0,0047	168,8397	
Titik 2	53,67	0,0186	670,7658	359,7540
	85,79	0,0117	419,6293	
	120,56	0,083	298,6065	
	157,23	0,0064	228,9639	
	199,11	0,0050	180,8046	

Yogyakarta, 3 Juni 2021
Peneliti



(Nismara Luthfi Anindhita)

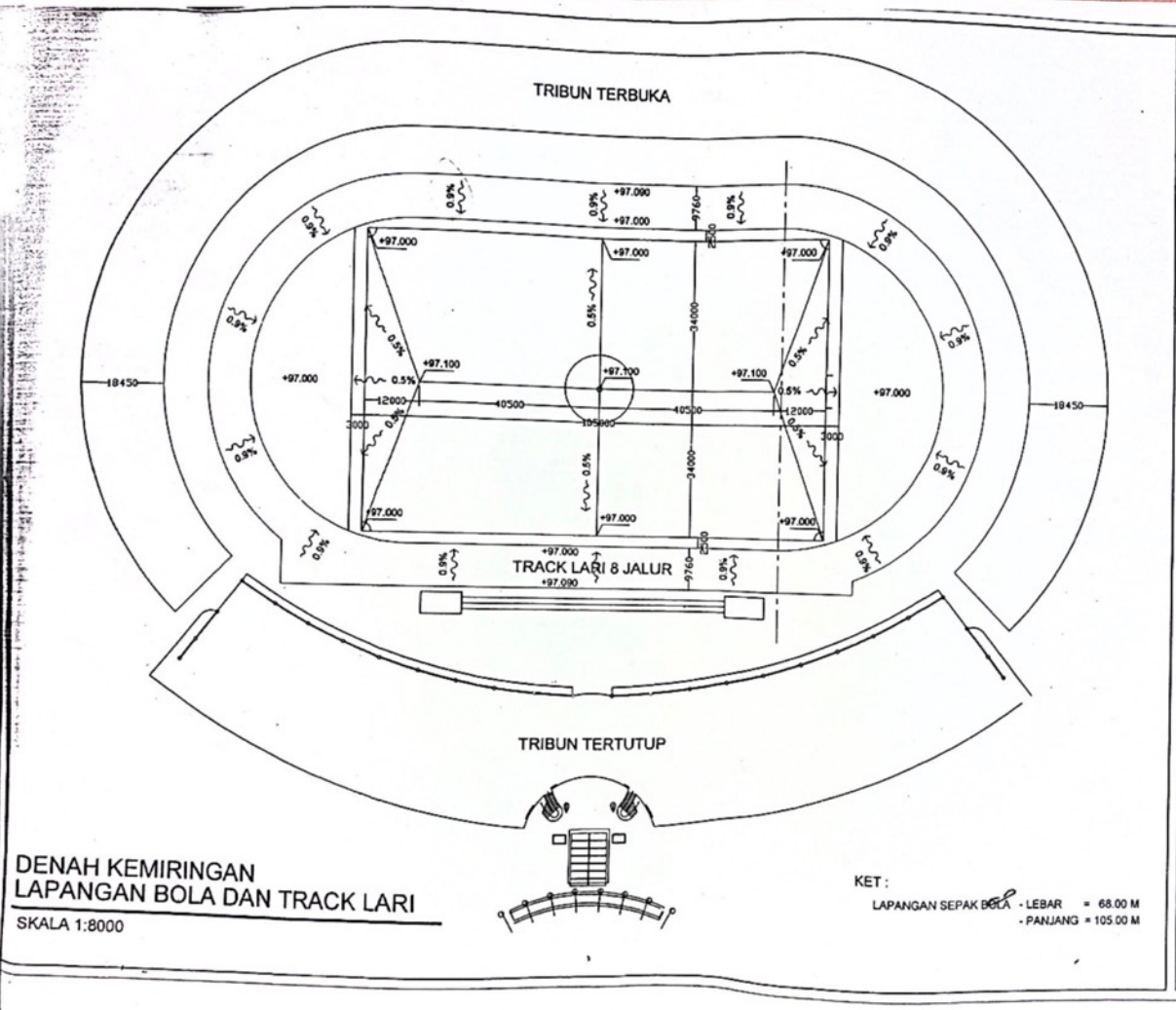
LAMPIRAN 4







DENAH SAL. DRAINASE BAWAH TRIBUN
 SKALA 1:1500

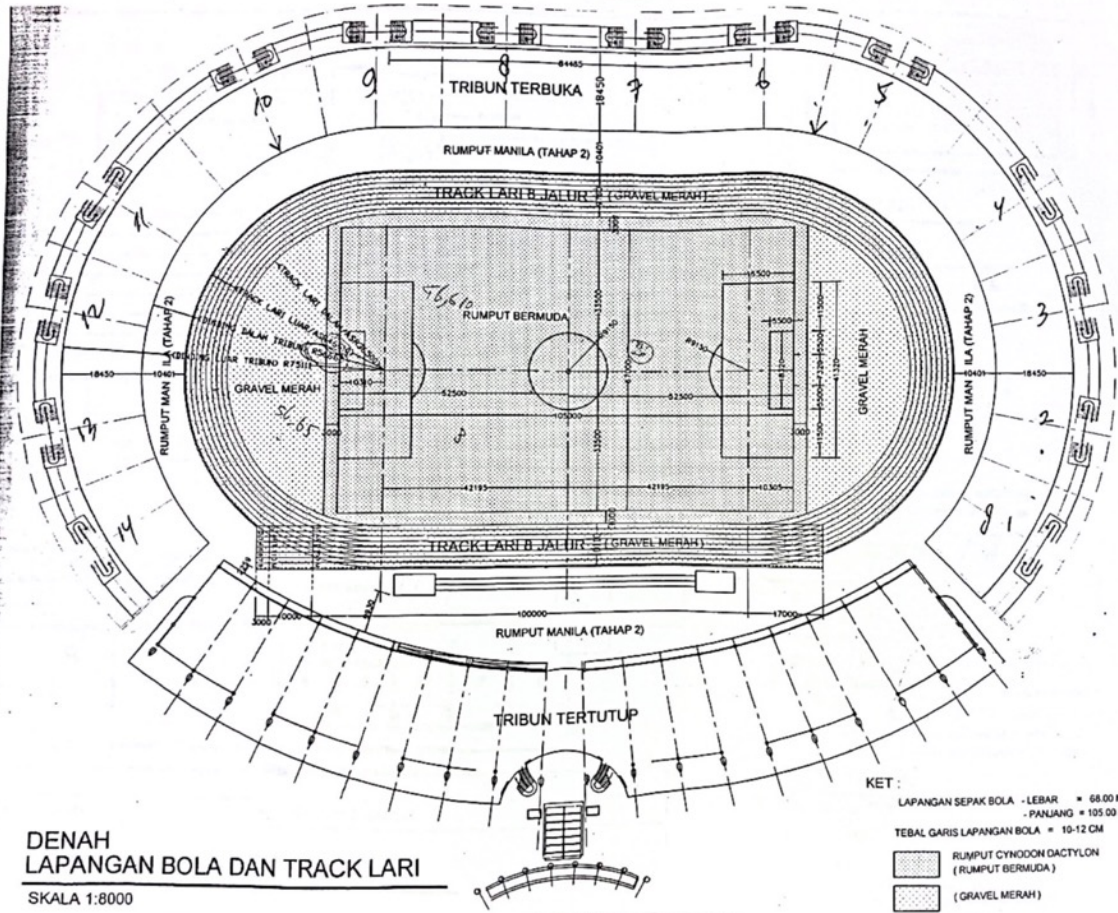
INSTANSI :	
	
KEGIATAN :	
PEMBANGUNAN STADION GELAR RAGA TINGKAT I KABUPATEN BANTUL TAHUN ANGGARAN 2003-2004	
LOKASI :	
KEC. SEWMAN - KEB. PLEMET KAB. BANTUL KONSULTAN PENGARAH : PT. TATARIEKA PARADITA & Papan Sertifikat Pengar. No. 1 Pengantar No 9771 Yogyakarta	
CATATAN :	
KONTRAKTOR PELAKSANA	
 PT. PEMBANGUNAN PERTANAHAN PERSEKUTUAN GABUNG 1 Jl. Medan 101 Semarang	
PENGESEHAHAN	
NAMA	TGL.
KONTRAKTOR PEMBANGUNAN PERANAMA <i>[Signature]</i> H. SETIWA BUSTAMUS PEKERJA MANAJEMEN STRUKTUR DAN PERENCANAAN PT. TATARIEKA PARADITA	
KONTRAKTOR KONSULTAN PENGARAH <i>[Signature]</i> H. SAWADI UT KONSULTAN PENGARAH	
PEKERJA STRUKTUR DAN PERENCANAAN <i>[Signature]</i> NORA ASTUTI ST NIP. 480.524.844	
PEKERJA PERENCANAAN STRUKTUR <i>[Signature]</i> H. EDDY PRATONO NIP. 480.524.314	
AS-BUILT DRAWING	
NAMA GAMBAR :	SKALA
DENAH DRAINASE BAWAH TRIBUN	
DICAMBAH :	TGL.
SUMBER :	.../.../2004
NO. GAMBAR	
ASB/STD-BANTUL/403	
KODE	NO. LEMBAR
SAL	13 /



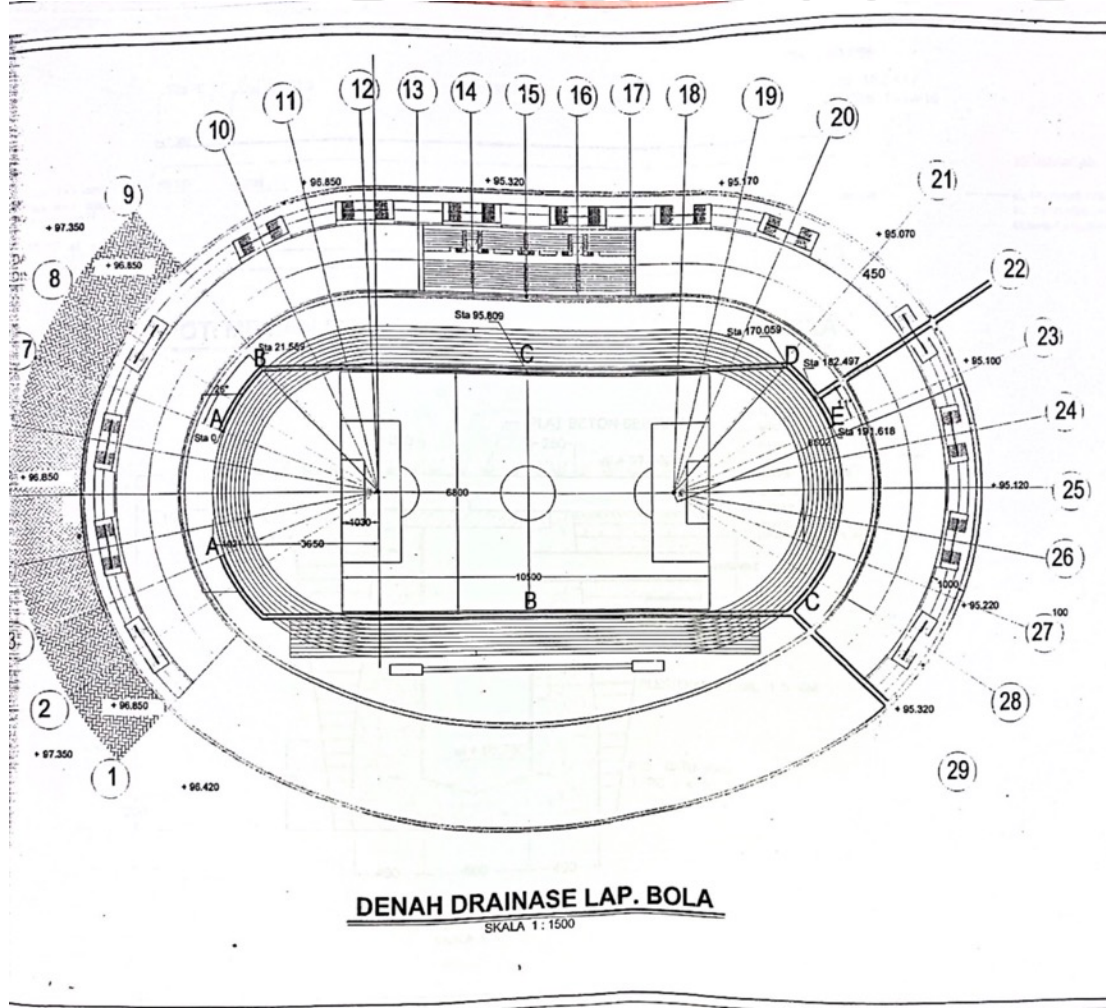
DENAH KEMIRINGAN
LAPANGAN BOLA DAN TRACK LARI
SKALA 1:8000



KET :
LAPANGAN SEPAK BOLA - LEBAR = 68.00 M
- PANJANG = 105.00 M

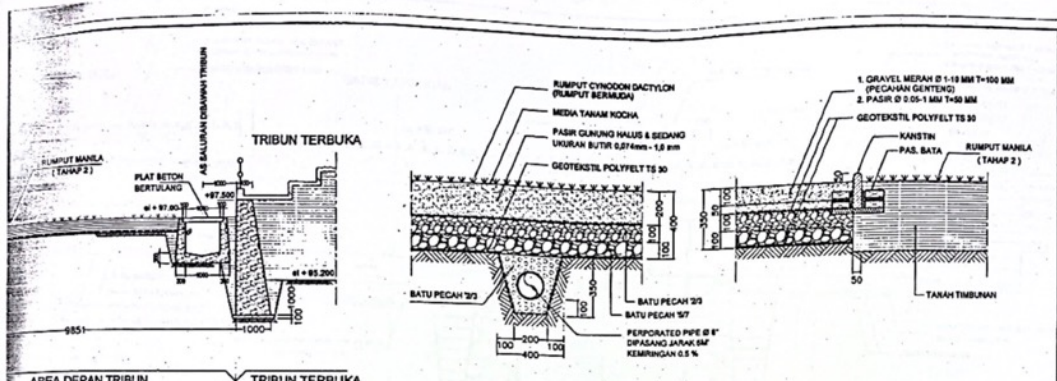
INSTANSI :	
 DINAS PEKERJAAN UMUM KABUPATEN BANTUL	
KECAMATAN :	
PEMBANGUNAN STADION OLAH RAGA TAMAP 1 KADIPATEN BANTUL TAHUN ANGGARAN: 2003-2004	
LOKASI :	
REC. SEMIN-ATIS-PIKET KAB. BANTUL KONSULTAN PENGARAH:	
PT. TATARAJA PARADYA & Pangeran Satrio Puger Sm. 7 Pengapuran By UPTD KODIRAJA	
CATATAN:	
KONTRAKTOR PELAKSANA	
 PT. TATARAJA PARADYA (PERUSAHAAN) GABUNG 1 JALAN HR. ROBINSON	
PENGESAHAN	
NAMA	TGL
KORPORAT PT. TATARAJA PARADYA	
DIKORUSUHI Y. BUDHAR SUTAWAN PROJEK MANAJER	
DIKORUSUHI Y. SAHADI, MT KOORDINATOR PERENCANAAN	
DIKORUSUHI SONA ASTUTI, ST IP-140300484	
DIKORUSUHI S. EDY PRALITONO IP-140300324	
AS-BUILT DRAWING	
NAMA GAMBAR :	SKALA :
DENAH STADION SEPAK BOLA DAN TRACK LARI	1:8000
DIGAMBAR :	TGL :
SUMIKTO	---/---/2004
NO. GAMBAR	
ASB/STD-BANTUL/102	
KODE :	NO. LEWISAR / JAL. LEWISAR
ARS	4 /



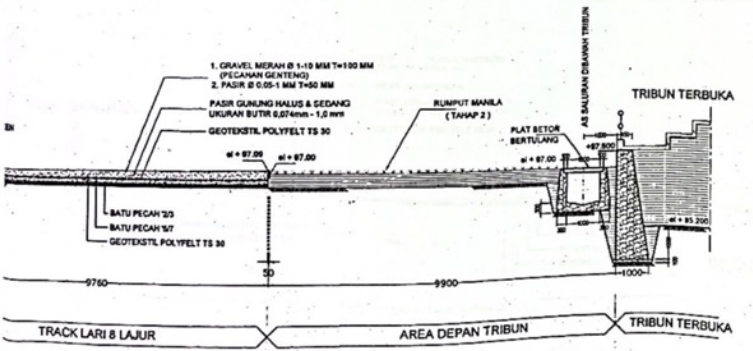
 DINAS PEKERJAAN UMUM KABUPATEN BANTUL	
KECATAN :	
PEMBANGUNAN STADION OLIMPIA RAGA TAHAP 2 KABUPATEN BANTUL TAHUN ANGGARAN 2003-2004	
LOKASI :	
KEC. SEMI-REJO-PIKET KAB. BANTUL	
KONGSIAN PENGARAS :	
PT. TATARAKA PARADITA & Purna Karya Jalan No. 2 Perumahan G. VIII, Yogyakarta	
CATATAN :	
KONTRAKTOR PELAKSANA	
 PT. TATARAKA PARADITA GABUNG 10 Bantul	
PENGESEHAN	
NAMA	TOL
DIREKTOR PEMBANGUNAN PERUMAHAN DAN KAWASAN PERUMAHAN & BUDAYA BANTUL PRULU MANDIRI	
KEPALA DINAS PEKERJAAN UMUM KABUPATEN BANTUL	
MANAJER PT. TATARAKA PARADITA GABUNG 10 Bantul	
MANAJER PT. EDY PRASANTO NP. 48124.324	
AS-BUILT DRAWING	
Nomor Gambar :	TAK
DENAH LAPANGAN BOLA DAN TRACK LARI	
DISAMBAH :	TOL
SANGKUT :	/2004
NO. GAMBAR	/
ASB/STD-BANTUL/101	
KODE	NO LEMBAR
ARS	2 /




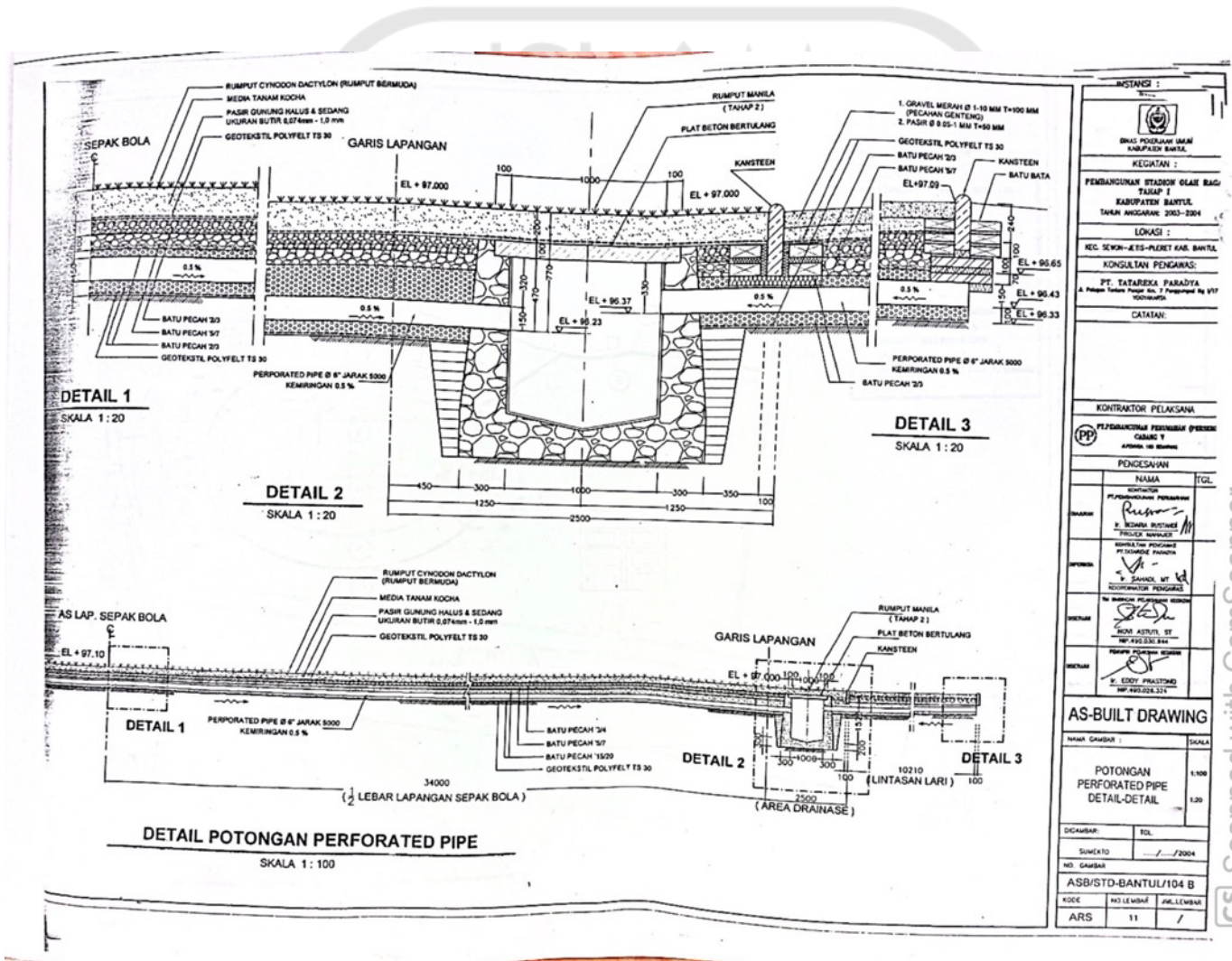
INSTANSI :  DINAS PEKERJAAN UMUM KABUPATEN BANTUL	
KEGIATAN : PEMBANGUNAN STADION GLAS BAGA TAHAP 1 KABUPATEN BANTUL TAHUN ANGGARAN 2003-2004	
LOKASI : KEC. SEWON-JEJIS-PLISET KAB. BANTUL KONSULTAN PENGAMAS : PT. TATARAKA PARADYA Jl. Pangeran Tumenggung Km. 7 Perumahan No. 117/1, Yogyakarta	
CATATAN :	
KONTRAKTOR PELAKSANA  PT. PERKANTORAN PERUMAHAN (PERSID) CANGRU 9 JANTORO DE SOERABOYO	
PENCEKSAAN	
NAMA :	TGL :
JAWABAN : S. EDY PRADITONO NIP. 490.028.324	TGL :
AS-BUILT DRAWING	
NO. GAMBAR :	SKALA :
DENAH DRAINASE LAP. SEPAK BOLA	
DISAIBAR :	TGL :
SUMBER :	/ / 2004
NO. GAMBAR :	
ASB/STD-BANTUL/402	
KODE :	NO. LEMBAR :
SAL :	/ /



DETAIL KONSTRUKSI LAPISAN
LAPANGAN SEPAKBOLA **LINTASAN LARI** **DEPAN TRIBUN**
 SKALA 1 : 10



INSTANSI :	
 PT. TATA REKA PARADITA	
KEGIATAN :	
PELAKSANAAN STADION OLIMPIKA RAGA	
TAHAP I	
KABUPATEN BANTUL	
TAMAN JANGKARAN: 2003-2004	
LOKASI :	
REG. SEMEN-ATIS-PILET KAB. BANTUL	
KONSULTAN PENGAWAS :	
PT. TATA REKA PARADITA	
A. Prinsip, Teknik Peng. dan P. Perancangan dg. IYTL	
KODING	
KONTRAKTOR PELAKSANA	
PT. PERUSAHAAN PERENCANAAN (PERENKA)	
GABUNG V	
Jl. Raya 100 Bantul	
PENGESAHAN	
NAMA	TGL.
REVISI 1. PERUBAHAN PERENCANAAN 2. PERUBAHAN RENCANA 3. PERUBAHAN RENCANA 4. PERUBAHAN RENCANA 5. PERUBAHAN RENCANA 6. PERUBAHAN RENCANA 7. PERUBAHAN RENCANA 8. PERUBAHAN RENCANA 9. PERUBAHAN RENCANA 10. PERUBAHAN RENCANA	
NAMA N. EDDY PRATONO NIP. 19620324	
AS-BUILT DRAWING	
NAMA GAMBAR :	SKALA
POTONGAN MEMANJANG	1:100
& MELINTANG LAP. BOLA	
DAN TRACK LARI	1:10
DIGAMBAR :	TGL.
SLAMKOTO	11/11/2004
NO. GAMBAR	
ASB/STD-BANTUL/104 A	
KODE	NO. LEMBAR
ARS	10



INSTANSI :

ORANG PEKERJAAN UMAM
KABUPATEN BANTUL

KEGIATAN :

PEMBANGUNAN STADION OLIMPIA RAGU
TASAP I
KABUPATEN BANTUL
TAHAN ANGGARAN 2003-2004

LOKASI :

REC. SEWAH-AEIS-PELET KAR. BANTUL

KONSULTAN PENGARAS :

PT. TATAREKA PARADITA
A. Purnomo Teknik Sipil Ins. / Perencana No. 017
100100010

CATATAN :

KONTRAKTOR PELAKSANA

PEKERJAAN PERENCANAAN PERENCANA
CABANG I
ARAHAN 10 BANTUL

PONDOKAN

NAMA	TGL.
KONSULTAN PERENCANAAN PERENCANA A. Purnomo S. BANTUL PROFESOR TEKNIK SIPIL	
KONSULTAN PERENCANAAN PERENCANA PERENCANA S. BANTUL S. BANTUL KONSULTAN PERENCANA PERENCANA	
PEKERJAAN PERENCANA PERENCANA S. BANTUL S. BANTUL S. BANTUL	
PEKERJAAN PERENCANA PERENCANA S. BANTUL S. BANTUL S. BANTUL	

AS-BUILT DRAWING

NAMA GAMBAR	SKALA
POTONGAN PERFORATED PIPE DETAIL-DETAIL	1:100 1:20

DICAMBAIR	TGL.	
SIMEXTO	/ / 2004	
NO. GAMBAR		
ASB/STD-BANTUL/104 B		
KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
ARS	11	/