

**KAJIAN SISTEM DRAINASE LAPANGAN SEPAK BOLA
STADION MINI UNIVERSITAS ISLAM RIAU**
(*Study football field drainage system of mini stadium in Riau Islamic University*)

Yolly Adriati

Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru- Riau 28284
yollyadriati@eng.uir.ac.id

Abstract

Stadium football field at the Islamic University of Riau Mini faced with the problem of water puddle when it rains due to the absence of drainage systems. Soccer field drainage plan aims to resolve the issue. UIR planned soccer field is equipped with an athletic track. Drainage system is planned to use drainage pipes with holes that are placed below the pore surface of the field. Soil structure on the soccer field is planned to use 3 pieces of layers, the layer of soil and manure, a layer of fine sand, and gravel layers with each layer thickness of 10 cm. From the analysis concluded that in order to drain the water due to rain at the Mini Stadium football field Riau Islamic University used 54 kinds of PVC drainage pipe \varnothing 4 "over 35 m. Long time to drain the water due to rain on the surface of a football field to the drainage pipe is 2.65 hours. To accommodate the runoff that occurs in the field area of 1.46 ha with a flow rate of 0.452 m³/det used an open channel with rectangular cross section with a channel width of 0.3 m, height 0.8 m channel along the circumference of the track athletic or 400 m.

Keywords : *Rainfall, Debit, Drainage.*

1. PENDAHULUAN

Stadion olah raga atau stadion utama umumnya digunakan untuk kepentingan olah raga sepak bola dan atletik. Lapangan sepak bola terletak di tengah yang juga digunakan untuk perlombaan atletik, dikelilingi oleh jalur lari (running track). Lapangan sepak bola berupa lapangan rumput, sedangkan jalur lari berupa tanah campuran dengan syarat-syarat tertentu. Guna mencegah air dari luar masuk ke stadion, maka di sekeliling stadion harus dibuat selokan terbuka di luar stadion, sedangkan di dalam stadion pada tepi lapangan dibuat selokan keliling untuk mendrain air hujan ke luar stadion.

Permasalahan yang sering terjadi pada hampir semua stadion sepak bola yang ada di Indonesia yaitu pada sistem drainase di lapangan utama sepak bolanya. Hal tersebut terlihat ketika hujan turun pada saat berjalannya pertandingan, air hujan menggenangi lapangan sepak bola sehingga menghambat laju bola. Genangan yang terjadi akibat waktu resapan air yang lama merupakan salah satu penyebab utama yang harus diperhitungkan secara cermat dalam perencanaan sistem drainase lapangan sepak bola. Analisis hidrologi merupakan faktor penting dalam perencanaan. Fasilitas drainase harus di desain untuk mengalirkan air akibat intensitas hujan yang tinggi.

Bangunan atau instalasi atau prasarana yang digunakan dalam proses pengaliran air pada lapangan sepak bola, harus mendukung berfungsinya suatu sistem drainase yang dirancang. Pemilihan jenis rumput sebagai top layer material pada lapangan sepak bola merupakan salah satu faktor utama untuk mempercepat waktu resapan air. Selain itu, kepadatan tanah, kondisi daerah

eksisting, dan material lainnya sebagai prasarana yang akan digunakan dalam perencanaan lapangan sepak bola harus diperhitungkan secara cermat. Akan tetapi harus dipertimbangkan juga aspek ekonomi dalam pembiayaannya. Karena bagaimanapun juga dalam suatu perencanaan haruslah ekonomis.

2. METODE PERENCANAAN

Penelitian ini dilakukan di Lapangan sepak bola Stadion Mini Universitas Islam Riau. Tahapan penelitian sebagai berikut:

2.1 Pengumpulan Data

Adapun data-data yang dikumpulkan antara lain :

1. Standar ukuran lapangan atletik dan lapangan sepak bola.

Diperoleh dari hasil *browsing* di *internet* berupa data standar luas lapangan atletik menurut IAAF (International Association of Athletics Federations) dan standar ukuran lapangan sepak bola menurut FIFA (Federation International of Football Association) selaku badan dunia yang berwenang dan diakui dalam cabang olahraga tersebut.

2. Standar perencanaan drainase lapangan sepak bola.

Diperoleh dari Kantor Kementerian Pemuda dan Olahraga berupa data standar struktur lapisan tanah serta dimensi pipa untuk drainase lapangan sepak bola.

3. Data Curah Hujan.

Diperoleh dari Stasiun Meteorologi Pekanbaru berupa data Curah Hujan Bulanan kawasan Pekanbaru selama 15 tahun yaitu dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2015

2.2 Analisa Data

Pada tahapan ini, dimulai mengolah data-data yang telah diperoleh sesuai dengan metode-metode perencanaan yang diperoleh dari hasil studi literatur dan observasi di lapangan.

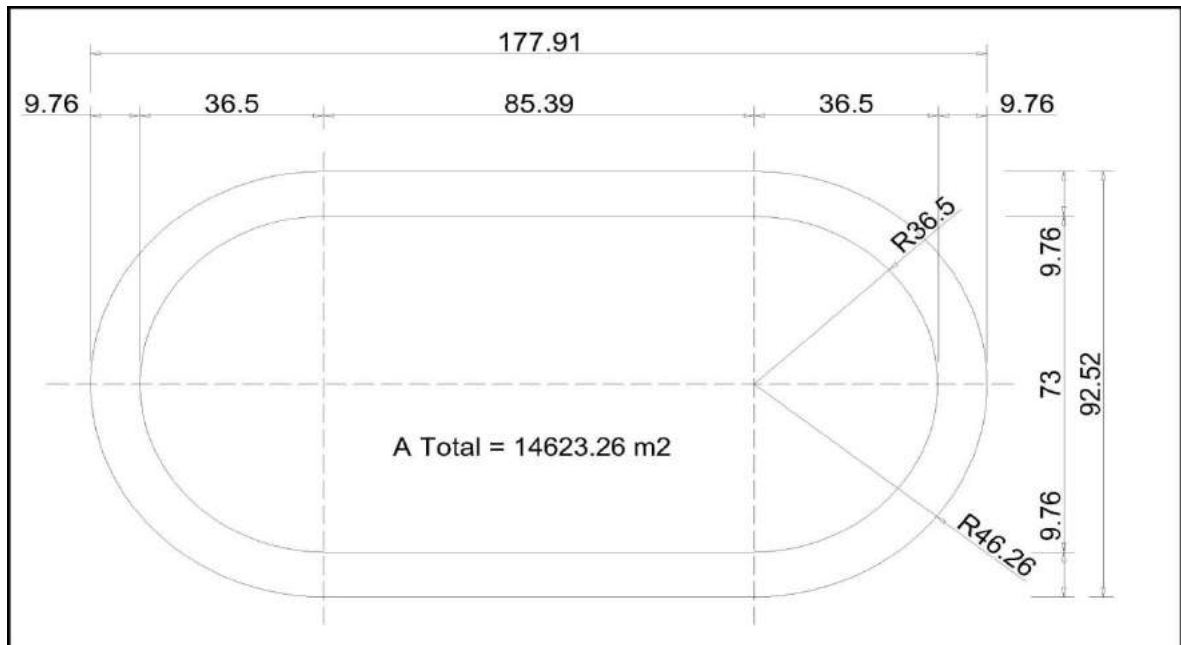
Adapun analisa-analisa tersebut yaitu :

- a. Analisa curah hujan rencana.
- b. Analisa debit aliran permukaan.
- c. Analisa dimensi saluran yang berfungsi menampung debit aliran permukaan.
- d. Analisa waktu yang diperlukan untuk meresapkan air akibat hujan dari permukaan lapangan sepak bola ke pipa drainase.
- e. Analisa debit aliran bawah permukaan.
- f. Analisa jumlah pipa drainase yang digunakan untuk mengeringkan air akibat hujan pada lapangan sepak bola.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Luas Area Lapangan

Lapangan sepak bola Universitas Islam Riau direncanakan dilengkapi dengan lapangan atletik. Oleh karena itu, luas area lapangan disesuaikan dengan standar dari IAAF dimana panjang lintasan atletik atau keliling dalam lintasan atletik adalah 400 m dengan jari-jari busur setengah lingkaran $R = 36,5$ m dan lebar lintasan atletik adalah 9,76 m. Luas area lapangan dapat dilihat



pada Gambar 1.

Gambar 1. Luas Area Lapangan

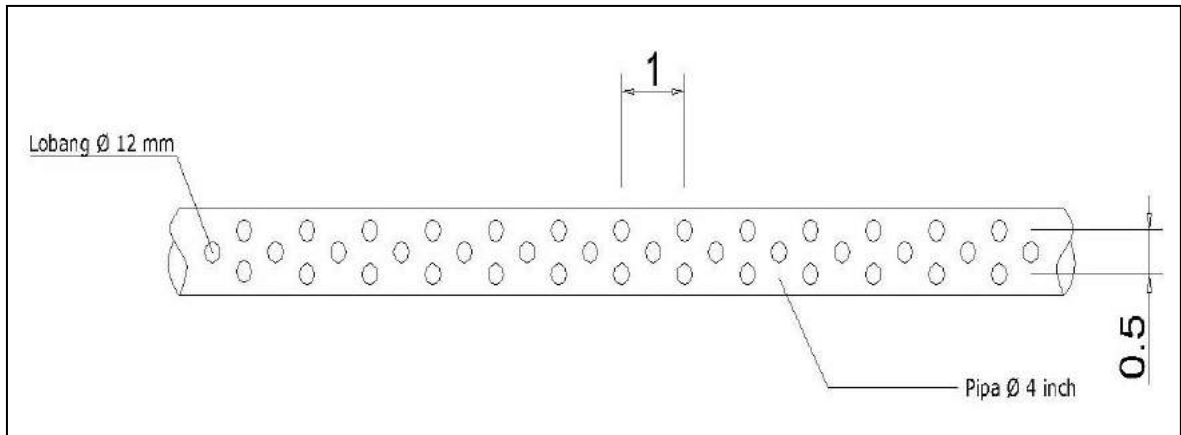
3.2 Rencana Konstruksi Saluran

Drainase lapangan sepak bola dengan lapangan atletik menggunakan 2 sistem, yaitu drainase permukaan (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan (*sub-surface drainage*). Hal ini mengingat permukaan lintasan atletik menggunakan bahan *sintetis* yaitu bahan kedap air sehingga tidak memungkinkan adanya aliran air tanah (*infiltrasi*). Sedangkan lapangan sepak bola terdiri atas lapisan-lapisan tanah yang *permeable*, sehingga diperlukan sebuah perencanaan drainase melalui bawah permukaan tanah.

Saluran-saluran yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Saluran Penerima (*Interceptor Drain*)

Sebagai *interceptor drain*, dalam perencanaan ini digunakan pipa PVC (*polyvinyl chlorida*) Ø 4" dengan lubang pori dipermukaannya. Jenis pipa, diameter lubang dan jarak antar lubang direncanakan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh Kementerian Pemuda dan Olahraga Republik Indonesia.



Gambar 2. Pipa Drainase (Kantor Kementerian Pemuda dan Olahraga Republik Indonesia)

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa diameter lubang pori pada pipa adalah 12 mm dengan jarak antar lubang 0,5 cm. Untuk 1 m panjang pipa dapat dianalisis bahwa jumlah lubang pori sama dengan ± 45 buah. Pipa drainase ini diletakkan dibawah struktur lapisan tanah yang direncanakan dengan permeabilitas tertentu sehingga air hujan yang jatuh dipermukaan rumput lapangan bisa meresap dan masuk ke dalam pipa drainase ini.

2. Saluran Pengumpul (*Collector Drain*)

Sebagai *collector drain*, direncanakan saluran dengan penampang berbentuk segi empat menggunakan beton bertulang K-225 dan tulangan/*wiremesh* \varnothing 6 mm dengan tebal dinding saluran direncanakan 10 cm.

Dalam perencanaan ini, *collector drain* berfungsi ganda, yaitu selain sebagai pengumpul/*collector* aliran air dari *infiltrasi*, juga sebagai penerima/*interceptor* pada aliran permukaan seluas lintasan atletik. Oleh karena itu permukaan *collector drain* dibuat terbuka. Namun dikarenakan saluran terletak diantara lapangan sepak bola dan lapangan atletik, maka permukaan *collector drain* perlu dibuatkan penutup untuk melancarkan aktivitas manusia di sekitar lapangan. Pada perencanaan ini, penutup *collector drain* menggunakan *grill* besi. Dimensi penutup *collector drain* direncanakan sesuai dengan hasil analisa dimensi salurannya seperti yang terlihat pada Gambar Detail *Grill Plat Besi*.

3. *Inlet*

Sebagai *inlet* yaitu saluran khusus untuk menghubungkan *collector drain* dengan saluran utama digunakan pipa PVC (*polyvinyl chlorida*) \varnothing 8". Kapasitas saluran ini direncanakan berdasarkan besar debit aliran drainase aliran permukaan, sehingga analisisnya tidak disertakan pada perencanaan ini.

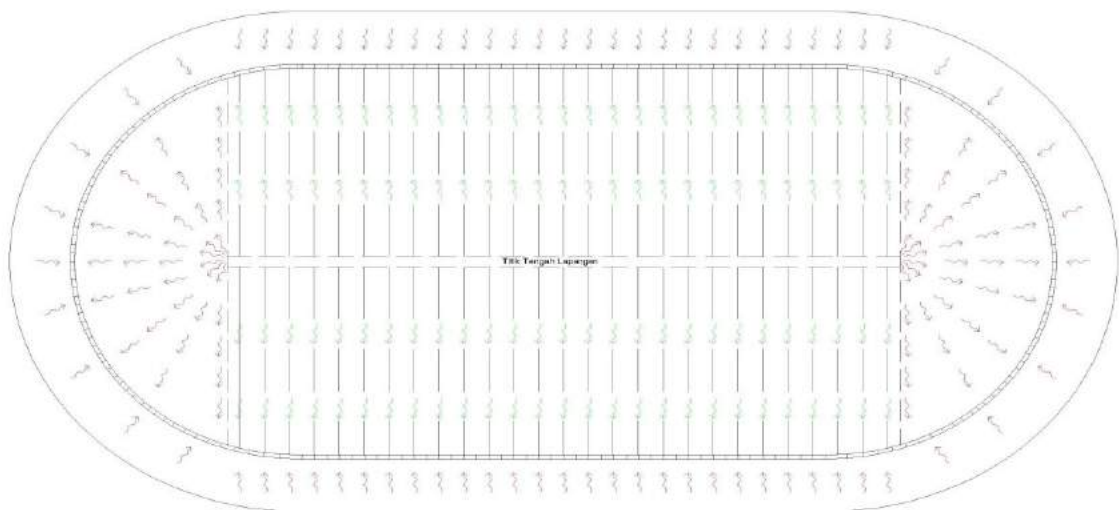
Inlet direncanakan menggunakan 4 buah titik seperti yang terlihat pada gambar Site Plan Lapangan Sepak Bola. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan tertutup/tersumbatnya salah satu *inlet* seperti oleh sampah, dan lain sebagainya.

4.. Saluran Utama (*Main Drain*)

Sebagai saluran utama, digunakan saluran (parit) yang terdapat pada bahu jalan disekeliling lokasi seperti yang terlihat pada Gambar Site Plan Lapangan Sepak Bola. Kapasitas salurannya tidak di analisa karena dianggap akan mampu menampung debit aliran dari drainase lapangan sepak bola

3.3 Pola Aliran Air

Air hujan yang jatuh dipermukaan lapangan dialirkan baik melalui aliran permukaan maupun aliran bawah permukaan. Arah alirannya disesuaikan dengan letak salurannya. Tata letak saluran pada perencanaan drainase lapangan sepak bola Universitas Islam Riau sesuai dengan Pola Jaringan Drainase Siku dimana pipa drainase ditempatkan tegak lurus arah aliran air pada *collector drain* seperti yang terlihat pada Gambar Pola Aliran Air. Aliran air baik dari permukaan lapangan atletik maupun dari pipa drainase akan menuju ke *collector drain* yang terletak disekeliling lintasan atletik.



Gambar 3. Pola Aliran Air

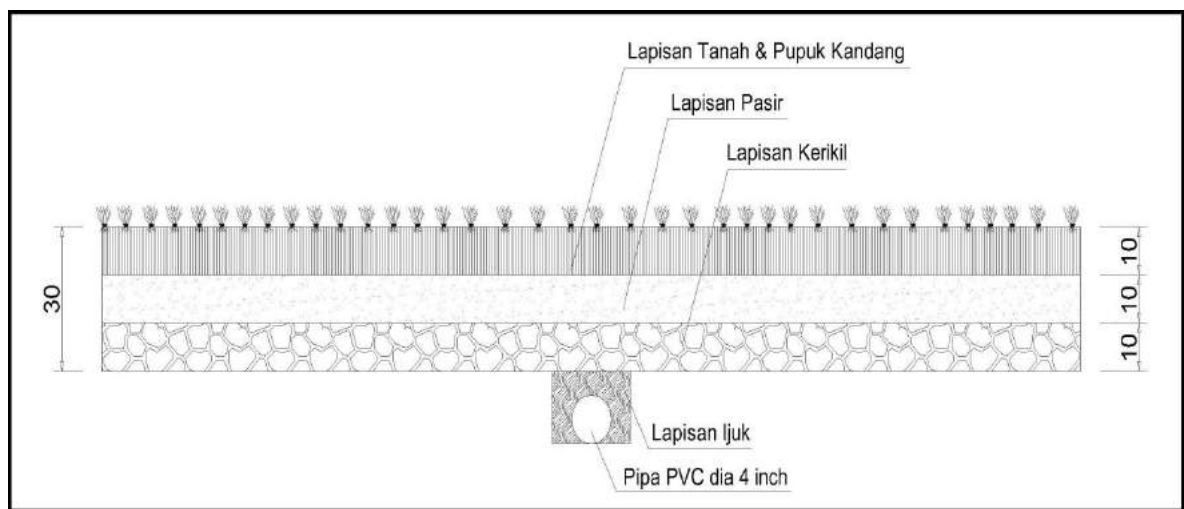
3.4 Struktur Lapisan Tanah Lapangan Sepak Bola

Struktur lapisan tanah pada lapangan sepak bola untuk drainase bawah permukaan disesuaikan dengan standar dari Kementerian Pemuda dan Olahraga Republik Indonesia mengenai jenis lapisan serta tebal masing-masing lapisan yang baik untuk sistem drainase bawah permukaan.

Guna mendapatkan desain yang efektif dan efisien disini Perencana melakukan beberapa penyesuaian dari segi jenis lapisan dan tebalnya namun tidak melewati standar yang ada. Untuk lapisan atas dibawah rumput, penulis menggunakan campuran tanah dan pupuk kandang mengingat diperlukannya pupuk kandang guna menunjang pertumbuhan rumput diatasnya. Tebal lapisan tanah dan pupuk kandang direncanakan 10 cm. Untuk lapisan tanah dibawahnya digunakan pasir

halus setebal 10 cm dan kerikil setebal 10 cm. Struktur lapisan tanah pada perencanaan drainase lapangan sepak bola UIR ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada perencanaan ini, Penulis tidak menggunakan geotekstil, dikarenakan harganya yang mahal. Sebagai pengganti, Penulis menggunakan ijuk, yang menutupi seluruh permukaan pipa drainase seluas galian tanah. Ijuk berfungsi sebagai *filter* atau penyaring aliran air yang masuk melalui celah pada permukaan pipa drainase agar celah tersebut tidak tertutup oleh kerikil maupun lapisan tanah yang lain. Penulis menggunakan ijuk karena harganya yang murah dan mudah ditemukan di pasaran.



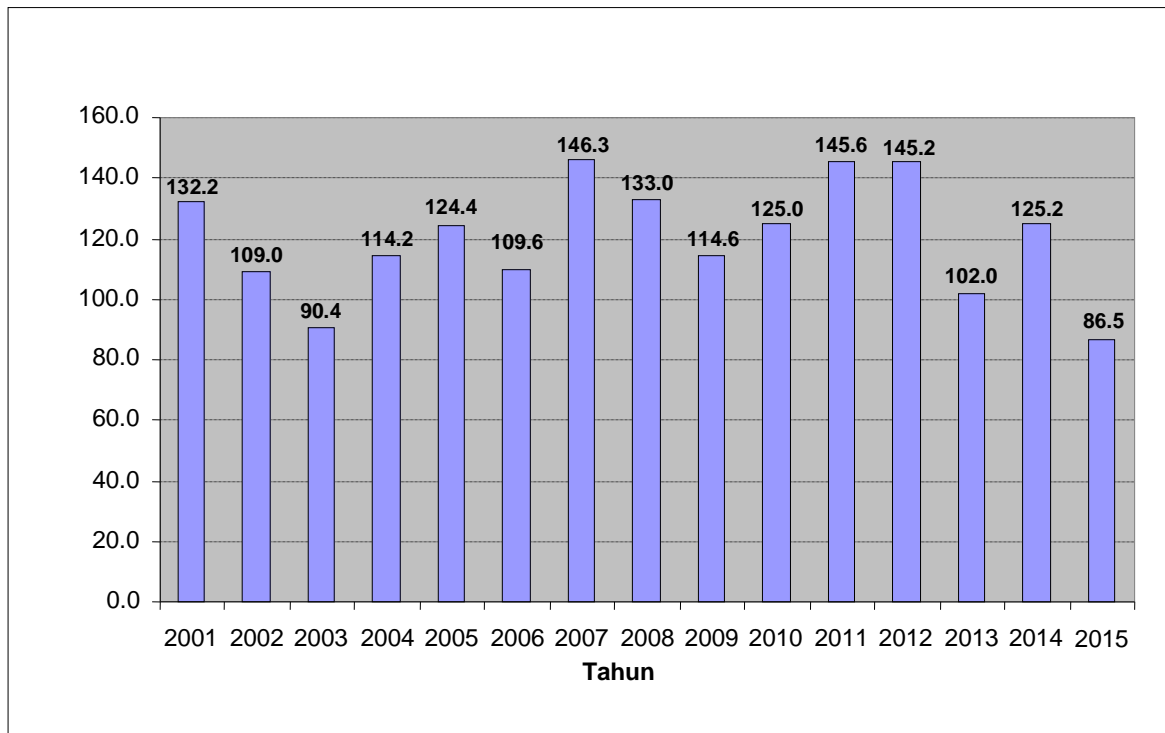
Gambar 4. Struktur Lapisan Tanah pada lapangan sepak bola

3.5 Luas *Catchment Area* Aliran Permukaan

Collector drain berfungsi menampung aliran permukaan dan aliran bawah permukaan. Oleh karena itu, debit rencana aliran permukaan yang digunakan diasumsikan berdasarkan luas keseluruhan area yaitu luas permukaan lintasan atletik ditambah luas permukaan lapangan bola sehingga diperoleh dimensi *collector drain* yang optimum atau aman untuk menerima debit maksimum baik dari aliran air bawah permukaan maupun dari aliran permukaan. Meskipun kenyataannya di lapangan, aliran permukaan hanya terjadi pada permukaan lapangan atletik. Dari analisa diperoleh luas *cathment area* aliran permukaan adalah sebesar 14623,26 m² atau 1,4 Ha

3.6 Curah Hujan Rencana

Data Curah hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan 15 tahunan yaitu tahun 2001 - 2015. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa debit Curah Hujan Harian Maksimum yang paling tinggi terjadi pada tahun 2007 sebesar 146,3 mm, dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2009 sebesar 86,5 mm.



Gambar 5. Grafik Curah Hujan Maksimum

Dari hasil analisa data Curah Hujan Harian Maksimum 15 tahunan (2001 - 2015) diperoleh :

- Curah hujan rata-rata (\bar{X}) = 120,21 mm
- Standar Deviasi (S) = 18,87 mm
- Koefisien Variasi (CV) = 0,157
- Koefisien Kemencengan (CS) = (-0,246)
- Koefisien *Kurtosis* (CK) = 2,876

Berdasarkan parameter-parameter statistik data tersebut, ditentukan jenis distribusi yang digunakan adalah Distribusi *Log-Person* Tipe III. Dari analisa data Curah Hujan Harian Maksimum dengan Ditribusi *Log-Person* Tipe III diperoleh besar Curah Hujan Rencana seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Curah Hujan Rencana (R_t atau X_t)
2 Tahun	117,383 mm

5 Tahun	135,831 mm
10 Tahun	147,571 mm
25 Tahun	161,808 mm

Curah hujan rencana yang digunakan dalam perencanaan dimensi *collector drain* adalah curah hujan rencana dengan kala ulang 10 tahun, yaitu 147,571 mm.

3.7 Waktu Konsentrasi

Waktu Konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di permukaan dari titik terjauh menuju saluran drainase. Analisa Waktu Konsentrasi didasarkan pada kondisi pengaliran di lapangan.

Jarak titik terjauh terjadinya aliran permukaan ke saluran drainase (L) adalah pada titik pusat lingkaran yang jaraknya sama dengan panjang jari-jari busur lingkaran dalam yaitu 36,5 m. Kemiringan daerah pengaliran (S) direncanakan = 0,5 % = 0,005. Dari analisa, diperoleh Waktu Konsentrasi adalah 2,393 menit atau 0,039 jam.

3.8 Intensitas Curah Hujan

Intensitas Curah Hujan adalah jumlah volume air akibat hujan per satuan waktu. Dari analisa, diperoleh Intensitas Curah Hujan sebesar $1,236 \cdot 10^{-4}$ m/det berdasarkan Curah Hujan Rencana yang dengan kala ulang 10 tahun yaitu $R_{10} = 147,571$ mm.

3.9 Debit Aliran Permukaan

Analisa Debit Aliran Permukaan didasarkan pada besar Intensitas Curah Hujan, Waktu Konsentrasi, Koefisien Pengaliran, dan Koefisien Penyebaran Hujan. Dari analisa, diperoleh Debit Rencana Aliran Permukaan sebesar $0,452$ m³/det. Debit aliran permukaan akan ditampung oleh *collector drain* untuk kemudian dilairkan menuju saluran utama melalui inlet.

3.10 Dimensi Collector Drain

Collector drain berfungsi menampung aliran air yang berasal dari pipa drainase dan mengalirkannya ke saluran utama. Pada pelaksanaannya, maka salah satu ujung pipa drainase tersebut akan menembus dinding *collector drain*. Oleh karena itu, dalam analisa dimensi *collector drain* perlu diperhatikan bahwa tinggi *collector drain* harus disesuaikan dengan letak pipa yang sudah direncanakan seperti yang terlihat pada Gambar 4 yaitu dibawah keseluruhan struktur lapisan tanah atau pada jarak 0,3 m dari permukaan lapangan.

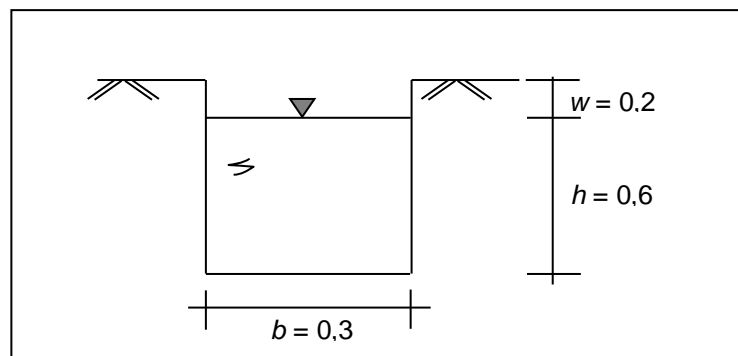
Pada perencanaan ini, besar luas lapangan sepak bola atau luas *catchment area* aliran bawah permukaan dipengaruhi lebar *collector drain*. Oleh karena itu, penampang ekonomis saluran direncanakan dengan acuan bahwa kedalaman air sama dengan dua kali lebar dasar saluran ($h =$

2b). Hasil analisa dimensi *collector drain* dapat dilihat pada Tabel 2 yang direncanakan berdasarkan penampang saluran ekonomis dan aman untuk menampung Debit Rencana Aliran Permukaan.

Tabel 2. Hasil Analisa Dimensi *Collector Drain*

Lebar Dasar Saluran (b)	Tinggi Muka Air Saluran (h)	Tinggi Jagaan (w)	Tinggi Saluran (H)	Kapasitas Saluran ($Q_{saluran}$)
30 cm	60 cm	20 cm	80 cm	0,505 m ³ /det

Dari hasil analisa tersebut maka bentuk penampang *collector drain* dapat digambarkan seperti yang terlihat pada Gambar 6.



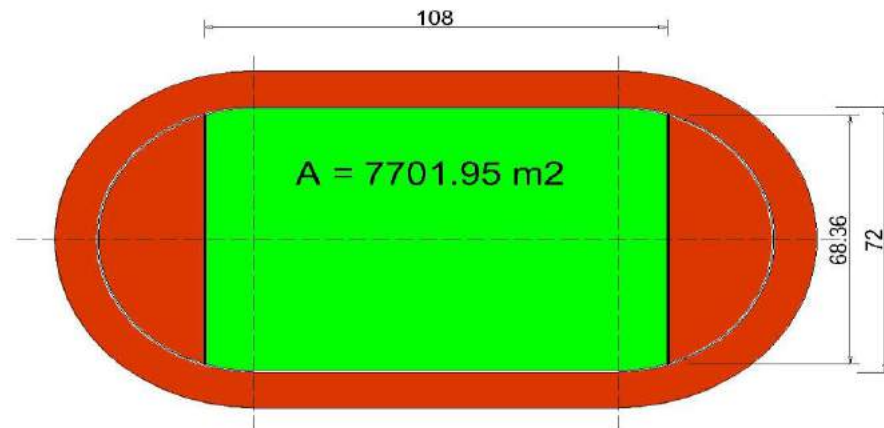
Gambar 6. Gambar Penampang *Collector Drain*

3.11 Ukuran Lapangan Sepak Bola

Ukuran lapangan sepak bola direncanakan sesuai dengan standar ukuran lapangan sepak bola menurut FIFA. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa ukuran lapangan sepak bolanya belum ditentukan. Area lapangan sepak bola yang dimaksud adalah area yang akan ditanami rumput dipermukaannya dan akan direncanakan sistem drainase bawah permukaan dengan pipa-pipa drainase.

Dari analisa dimensi *collector drain* diperoleh lebar *collector drain* adalah 0,3 m. Pada perencanaan ini, Penulis merencanakan tebal dinding saluran adalah 0,1 m, sehingga lebar konstruksi *collector drain* adalah 0,5 m. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa lebar lapangan sepak bola adalah 73 m. Setelah dikurangi lebar konstruksi *collector drain* di kedua sisi, maka lebar lapangan sepak bola menjadi 72 m.

Panjang lapangan sepak bola direncanakan sebesar 108 m. Dapat dilihat bahwa panjang dan lebar lapangan sepak bola masih memenuhi kisaran harga yang ditetapkan oleh FIFA yaitu panjang antara 90 – 120 m dan lebar 45 – 90 m.



Gambar 7. Ukuran Lapangan Sepak Bola

Selanjutnya, jika nilai panjang dan lebar lapangan tersebut diterapkan pada gambar, maka area lapangan sepak bola tidak lagi berbentuk persegi panjang. Hal ini disebabkan ada lekukan pada sudut lapangan yang diperoleh guna mendapatkan luasan yang sesuai dengan standar, baik untuk luas lapangan bola maupun untuk standar luas lapangan atletik.

3.12 Kapasitas Pipa Drainase

Untuk menampung aliran bawah permukaan akibat *infiltrasi* digunakan pipa jenis PVC Ø 4" sesuai dengan standar dari Kementerian Pemuda dan Olahraga Republik Indonesia dengan kemiringan 0,5 %. Dari analisa, diperoleh Kapasitas Pipa Drainase untuk 1 buah pipa drainase adalah sebesar $4,667 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{det}$.

Pada perencanaan ini, Kapasitas Pipa Drainase akan menjadi debit rencana untuk menghitung jarak antar pipa drainase. Sebaliknya, jika jarak antar pipa ditetapkan terlebih dahulu, maka Debit Aliran Bawah Permukaan akan menjadi debit rencana untuk menghitung dimensi pipa

3.13 Debit Aliran Bawah Permukaan

Area lapangan sepak bola menjadi dua luasan, dimana masing-masing luasan dipisahkan oleh spasi sejauh 2 m di titik tengah lapangan. Dengan demikian, pipa drainase tidak bertemu di tengah lapangan atau terpisah. Spasi tersebut dimaksudkan untuk memudahkan dalam proses memiringkan pipa drainase. Kemiringan pipa drainase dimulai dari titik tengah lapangan menuju *collector drain*. Oleh karena kapasitas pipa drainase telah diketahui maka dapat direncanakan besar Debit Aliran Bawah Permukaan berdasarkan area yang dilayani oleh satu buah pipa drainase. Luasan yang melayani satu buah pipa drainase adalah jarak antar pipa drainase (L) x 35 m.

Dari analisa diperoleh :

1. Jarak antar pipa drain (L) = 4 m.

2. Debit Aliran Bawah Permukaan Q_{aliran} seluas A (35 m x 4 m) = $4,407 \cdot 10^{-3} m^3 / det$
3. Waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari permukaan lapangan ke pipa drain atau waktu pengosongan (t) adalah 9529,86 detik atau 2,65 jam.

3.14 Jumlah Pipa Drain

Dari analisa diperoleh bahwa untuk mengeringkan lapangan sepak bola seluas 108 m x 72 m digunakan pipa drainase sepanjang 35 m sebanyak 54 buah.

Tata letak pipa drainase tersebut dapat dilihat pada Gambar Layout Lapangan Sepak Bola.

Di pasaran, pipa PVC 4" maksimal hanya memiliki panjang yaitu 4 – 8 m. untuk itu, panjang .pipa-pipa tersebut.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Dari hasil perencanaan diperoleh bahwa untuk menampung aliran permukaan yang terjadi akibat hujan seluas lapangan (1,46 Ha) dengan debit aliran sebesar $0,452 m^3/det$ digunakan saluran terbuka dengan penampang berbentuk persegi panjang dengan lebar saluran 0,3 m, tinggi saluran 0,8 m dimana panjang saluran sama dengan keliling lapangan sepak bola yaitu 400 m.
- b. Dari hasil perencanaan diperoleh bahwa waktu yang diperlukan untuk meresapkan air hujan dari permukaan lapangan sampai ke pipa drainase adalah selama 9529,86 detik atau 2,65 jam.
- c. Dari hasil perencanaan diperoleh bahwa untuk mengeringkan air akibat hujan pada lapangan sepak bola seluas $7701,95 m^2$ diperlukan 54 buah pipa PVC Ø 4" sepanjang pipa 35 m dengan jarak antar pipa adalah 4 m.

4.2 Saran

- a. Analisa curah hujan sebaiknya menggunakan data curah hujan jam-jaman atau harian sehingga diperoleh hasil analisa yang lebih akurat.
- b. Untuk mendapatkan tingkat akurasi perhitungan yang lebih tinggi atau nilai kesalahan yang kecil, sebaiknya koefisien permeabilitas ditentukan melalui sebuah percobaan di laboratorium menggunakan sampel tanah yang digunakan pada perencanaan.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sehingga diperoleh formulasi baru untuk menghitung kapasitas saluran bentuk lingkaran/pipa dengan lubang pori di sisi atasnya berdasarkan prinsip hidrolika yang mencakup diameter pipa, diameter lubang pori, kemiringan pipa, dan kedalaman pipa dari permukaan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Das, Braja M, 1985, *Mekanika Tanah Jilid 1 Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, Erlangga, Jakarta.
- [2] Dewan Standarisasi Nasional. 1994, *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- [3] Direktorat Perguruan Tinggi Swasta, 1997, *Drainase Perkotaan*, Gunadarma, Jakarta.
- [4] Hardiyatmo, Hary Christady, 2006, *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [5] Harto Br, Sri, 1993, *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [6] Hasmar, H.A. Halim, 2004, *Drainase Perkotaan*, UII Press, Yogyakarta.
- [7] Kalsim, Dedi Kusnadi, 2002, *Teknik Drainase Bawah Permukaan untuk Pengembangan Lahan Pertanian*, Laboratorium Teknik Tanah dan Air FATETA IPB, Bogor.
- [8] Kementrian Negara Pemuda dan Olahraga, 2002, *Standard Acuan Konstruksi Lapangan Olahraga*. Kantor Kementrian Negara Pemuda dan Olahraga, Jakarta.
- [9] Kodoatie, Robert J, 2009, *Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa*, Andi, Jakarta.
- [10] Nasjono, Judi K, dkk, 2007, *Formulasi Sistem Pipa Berpori Bawah Tanah dan Penerapannya*. Forum Teknik Sipil No. XVII, Yogyakarta.
- [11] Soedarmo, G. Djatmiko dan S.J. Edy Purnomo, 1997, *Mekanika Tanah 1*, Kanisius, Yogyakarta.
- [12] Soemarto, C.D. 1999, *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- [13] Soewarno, 1995, *Hidrologi Jilid 1 Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisis Data*, Nova, Bandung.
- [14] Sunggono, V, 1995, *Buku Teknik Sipil*, Nova, Bandung.
- [15] Subarkah, Iman, 1980, *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- [16] Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta.
- [17] Syahril B.K, M, 1986, *Rekayasa Hidrologi dan Drainase*, ITB, Bandung.