

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Survey Lapangan

Berdasarkan hasil survey lapangan pada Stadion Utama Batunirwala, Kelurahan Welai Timur, Kecamatan Teluk Mutiara, Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur, ada beberapa permasalahan yang ditemui yaitu sistem drainase yang ada tidak berfungsi lagi, sudah terjadi penumpukan sedimen dan tumbuhan-tumbuhan liar pada saluran drainasenya dan beberapa bagian dari saluran drainasenya sudah mengalami kerusakan.

Tabel 4.1 Identifikasi Faktor Penyebab Genangan Air Pada Lapangan

No.	Masalah	Sumber	Foto
1.	Drainase bawah permukaan terdiri 5 saluran yang dibangun dengan posisi panjang lapangan, menggunakan pasangan batu ditutup dengan plat beton berlubang. Sistem drainase bawah permukaan lapangan ini tidak berfungsi lagi, sudah terjadi kerusakan dan penumpukan sedimen didalamnya.	Wawancara – Yulius Plaikol (Kepala Dinas Pemuda dan Olahraga Kabupaten Alor)	
2.	Terjadi kerusakan dan penumpukan sedimen serta tumbuhan pada saluran drainase permukaan.	Pengamatan	
3.	Tidak adanya perbedaan dimensi pada saluran drainase permukaan yang berada di pinggir lapangan. Jika melihat arah alirannya, seharusnya ada perbedaan dimensi saluran sehingga debit banjir dapat dialirkan secara optimal sesuai kapasitas saluran.	Pengukuran.	

Dalam survey lapangan ini, dilakukan pengamatan secara langsung kondisi eksisting serta melakukan pengukuran jarak pada lapangan, dimensi dan kemiringan saluran. Pada pengukuran ini menggunakan alat ukur meter rol 30 meter, meteran (meter kayu) 5 meter, batang kayu sebagai patok dan alat tulis. Dalam pengukuran ini juga dibantu oleh satu orang teman.

4.2 Pengumpulan Data

4.2.1 Data Primer

1. Lokasi Wilayah Study

Stadion Utama Batunirwala Kabupaten Alor satu-satunya stadion sepakbola yang berada di Kabupaten Alor sehingga perlu dilakukan penataan dalam suatu perencanaan sistem drainase yang baik dan efektif.

Stadion Utama Batunirwala terletak pada Kelurahan Welai Timur, Kecamatan Teluk Mutiara, Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pada dasarnya peta yang akan digunakan sebagai acuan dalam penelitian yang di ambil dari google earth.



Gambar 4.1 Lokasi Review Desain Sistem Drainase
Sumber : Google earth

2. Sarana dan Prasarana Stadion

- a. Lapangan sepak bola berukuran panjang 110 meter dan lebar 70 meter
- b. Dilengkapi dengan berbagai ruangan seperti ruang ganti, ruang pemanasan, toilet dan ruang transit VIP
- c. Tribun terletak pada sisi timur dan barat lapangan dengan berkapasitas 750 tempat duduk

3. Kondisi Lapangan Sepak Bola

- a. Gradasi warna permukaan lapangan sudah terlihat banyak yang menguning, bahkan ada yang gundul di beberapa titik

- b. Tidak ada perawatan khusus rumput pada permukaan lapangan karena rumput yang digunakan adalah rumput liar sehingga hanya menggunakan alat pemotong rumput untuk merapihkan atau dengan membakar
- c. Puntung rokok dan sampah-sampah kecil juga cukup banyak ditemukan di atas permukaan lapangan

4.2.2 Data Sekunder

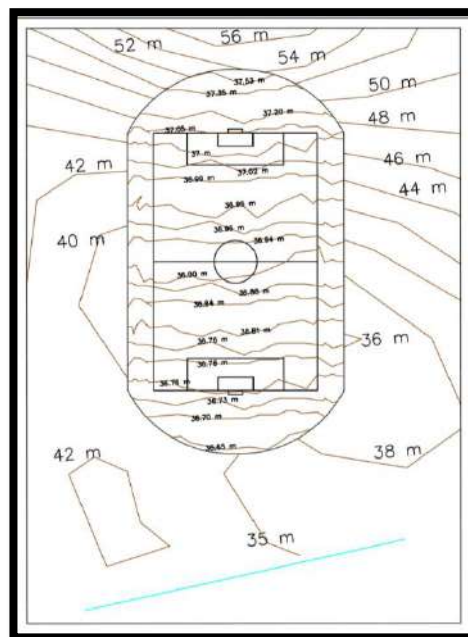
1. Denah Stadion

Denah stadion yang didapat berupa gambar manual menggunakan alat tulis bulpoin dan kertas HVS A4, sehingga digambar ulang menggunakan aplikasi autocad 2007.

2. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang saya peroleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Meteorologi Mali – Alor adalah data curah hujan harian 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2018

3. Data Topografi



Gambar 4.2 Topografi Lapangan Sepak Bola Batunirwala
Sumber : Global Mapper

4.3 Analisis Hidrologi

4.3.1 Perhitungan Curah Hujan Maksimum

4.3.1.1 Pemilihan Data Hujan

Hasil pengukuran data hujan alat pengukuran hujan pada stasiun merupakan data hujan pada suatu titik (*point rainfall*). Berikut ini merupakan data curah hujan harian yang di ambil dari stasiun Meteorologi Mali-Alor.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian

No.	Tahun	Data Curah Hujan Harian	
		Tanggal Hujan	Maksimum (mm)
1	2009	15-Jan	140.3
2	2010	6-Feb	103.8
3	2011	29-Jan	65.7
4	2012	2-Feb	95.1
5	2013	16-Feb	80.3
6	2014	25-Jan	65.9
7	2015	1-Jan	97.7
8	2016	25-Jan	121.4
9	2017	23-Nov	89
10	2018	11-Dec	95.6

Sumber : BMKG Stasiun Meteorologi Mali-Alor

4.3.1.2 Perhitungan Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diolah adalah data yang konsisten atau tidak.

Tahun 2009

Tanggal hujan maksimum = 15 Januari

Maksimum hujan = 140,3 mm

Kumulatif maksimum = Maksimum hujan

= 140,3 mm

Rata-rata = Kumulatif maksimum

= 140,3 mm

Kumulatif rata-rata = Rata-rata

= 140,3 mm

Tahun 2010

Tanggal hujan maksimum = 6 Februari

Maksimum hujan = 103,8 mm

Komulatif maksimum = Komulatif maks 2009 + Maksimum hujan 2010
 = 140,3 mm + 103,8 mm
 = 244,1 mm

Rata-rata = Komulatif maks
 = 244,1 mm

Komulatif rata-rata = Komulatif rata-rata 2009 + Rata-rata 2010
 = 140,3 + 244,1
 = 384,4 mm

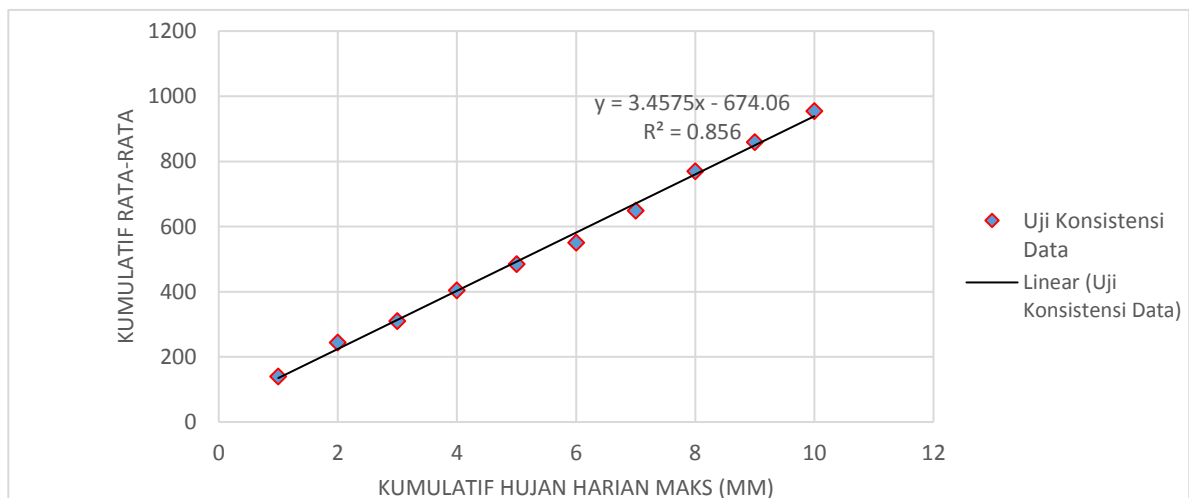
Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Data

No.	Tahun	Tanggal Hujan	Maksimum (mm)	Komulatif Maks (mm)	Rata-Rata	Komulatif Rata-Rata
1	2009	15-Jan	140.3	140.3	140.3	140.3
2	2010	6-Feb	103.8	244.1	244.1	384.4
3	2011	29-Jan	65.7	309.8	309.8	694.2
4	2012	2-Feb	95.1	404.9	404.9	1099.1
5	2013	16-Feb	80.3	485.2	485.2	1584.3
6	2014	25-Jan	65.9	551.1	551.1	2135.4
7	2015	1-Jan	97.7	648.8	648.8	2784.2
8	2016	25-Jan	121.4	770.2	770.2	3554.4
9	2017	23-Nov	89	859.2	859.2	4413.6
10	2018	11-Dec	95.6	954.8	954.8	5368.4

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Grafik 4.1 Uji Konsistensi Data



Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Berdasarkan grafik uji konsistensi data grafik 4.1 ada beberapa data hujan yang tidak linear hal ini dikarenakan adanya data hujan yang bernilai nol.

Kesimpulan dari Grafik 4.1 adalah data stasiun meteorologi Mali-Alor tidak dikoreksi, karena korelasinya $R^2 = 0,856$, mendekati nilai 1. Maka data tersebut dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

4.3.1.3 Pemilihan Distribusi Hujan Rencana

1. Parameter Statistik

Perhitungan parameter statistik dilakukan sebelum perhitungan dispersi.

Rumus parameter statistik :

$$(X_i - \bar{X}), (X_i - \bar{X})^2, (X_i - \bar{X})^3, (X_i - \bar{X})^4$$

Keterangan :

X_i = Besarnya Curah Hujan Daerah (mm)

$\bar{X}$ = Rata – rata curah hujan maksimum daerah (mm)

Tahun 2009

X_i = Nilai hujan maksimum

= 140,3 mm

X_{rt} = Rata-rata hujan maksimum 10 tahun

= 95,5 mm

$X_i - X_{rt}$ = 140,3 – 95,5

= 44,8 mm

$(X_i - X_{rt})^2$ = 44,8²

= 2008,8 mm²

$(X_i - X_{rt})^3$ = 44,8³

= 90035,9 mm³

$(X_i - X_{rt})^4$ = 44,8⁴

= 4035407,6 mm⁴

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Parameter Statistik Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Xi	Xi-Xrt	(Xi-Xrt) ²	(Xi-Xrt) ³	(Xi-Xrt) ⁴
1	2009	140.3	44.8	2008.8	90035.9	4035407.6
2	2010	103.8	8.3	69.2	575.9	4791.7
3	2011	65.7	-29.8	886.8	-26410.3	786500.1
4	2012	95.1	-0.4	0.1	-0.1	0.0
5	2013	80.3	-15.2	230.4	-3498.0	53099.1
6	2014	65.9	-29.6	875.0	-25881.8	765583.7
7	2015	97.7	2.2	4.9	10.9	24.3
8	2016	121.4	25.9	671.8	17414.3	451377.6
9	2017	89.0	-6.5	42.0	-272.1	1763.2
10	2018	95.6	0.1	0.0	0.0	0.0
Jumlah		954.8	-	4789.2	51974.7	6098547.3
n		10				
Xrt		95.5				

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Perhitungan dispersi untuk Parameter Statistik

Deviasi standar (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4789.2}{10-1}} = 23,07$$

Koefisien Skewness (Cs) :

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} = \frac{10 \times 51974.7}{(10-1)(10-2)23.07^3} = 0,59$$

Pengukuran kurtois (Ck) :

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} = \frac{10^2 \times 6098547.3}{(10-1)(10-2)(10-3)23.07^4} = 4,27$$

Koefisien Variasi :

$$Cv = \frac{S_d}{\bar{X}} = \frac{23.07}{95.5} = 0,24$$

2. Parameter Logaritma

Tahun 2009

Xi = Nilai hujan maksimum
= 140,3 mm

LogXrt = Rata-rata log hujan maksimum 10 tahun
= 1,97

$$\begin{aligned}
\text{LogXi} &= \text{Log } 140,3 \\
&= 2,147 \\
\text{LogXi-logXrt} &= \text{Log } 140,3 - 1,97 \\
&= 0,178 \\
(\text{LogXi-logXrt})^2 &= (\text{Log } 140,3 - 1,97)^2 \\
&= 0,032 \\
(\text{LogXi-logXrt})^3 &= (\text{Log } 140,3 - 1,97)^3 \\
&= 0,0057 \\
(\text{LogXi-logXrt})^4 &= (\text{Log } 140,3 - 1,97)^4 \\
&= 0,00101
\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Parameter Logaritma Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Xi	log Xi	logXi-logXrt	(logXi-logXrt) ²	(logXi-logXrt) ³	(logXi-logXrt) ⁴
1	2009	140.3	2.147	0.178	0.032	0.0057	0.00101
2	2010	103.8	2.016	0.048	0.002	0.0001	0.00001
3	2011	65.7	1.818	-0.151	0.023	-0.0034	0.00052
4	2012	95.1	1.978	0.010	0.000	0.0000	0.00000
5	2013	80.3	1.905	-0.064	0.004	-0.0003	0.00002
6	2014	65.9	1.819	-0.150	0.022	-0.0034	0.00050
7	2015	97.7	1.990	0.021	0.000	0.0000	0.00000
8	2016	121.4	2.084	0.116	0.013	0.0015	0.00018
9	2017	89.0	1.949	-0.019	0.000	0.0000	0.00000
10	2018	95.6	1.980	0.012	0.000	0.0000	0.00000
Jumlah			19.687	-	0.0978	0.0003	0.0022
n			10				
(logX)rt			1.97				

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Perhitungan dispersi untuk parameter Logaritma

Standart Deviasi (Sd) :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \bar{Xr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\log 0,0978}{10-1}} = 0,10$$

Koefisien Skewness (Cs) :

$$Cs = \frac{n \times (\log Xi - \bar{Xr})^2}{(n-1)(n-2)Sx^3} = \frac{10 \times \log 0,0978}{(10-1)(10-2)0,0003^3} = 0,03$$

Pengukuran Kurtois (Ck) :

$$Ck = \frac{n^2 \times (\log Xi - \bar{Xr})^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sx^4} = \frac{10^2 \times 0,0978}{(10-1)(10-2)(10-3)0,0022^4} = 3,76$$

Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} = \frac{0,10}{1,97} = 0,05$$

Tabel 4.6 Rekapitulasi Perhitungan Dispersi

No.	Dispersi	Parameter	
		Statistik	Logaritma
1	Sd	23.068	0.104
2	Cv	0.242	0.053
3	Cs	0.588	0.032
4	Ck	4.273	3.757

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Tabel 4.7 Evaluasi Perhitungan Dispersi

No.	Jenis	Syarat	Hasil Hitungan	Keterangan
1	Ej Gumbel	Cs = 1,14	0.588	tidak memenuhi
		Ck = 5,4	4.273	tidak memenuhi
2	Log Pearson III	Cs ≠ 0	0.032	memenuhi
		Cv ≈ 0.3	0.053	tidak memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Dalam persyaratan evaluasi perhitungan dispersi, jika distribusi yang lain tidak memenuhi syarat, maka untuk perhitungan selanjutnya menggunakan Metode Log Pearson III.

4.3.1.4 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

1. Metode Log Pearson III

Metode ini digunakan dalam analisis hidrologi terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim.

Persamaan yang digunakan untuk perhitungan distribusi Log Pearson Tipe III adalah :

$$\text{Log } X_t = \log X_{rt} + K \cdot S_d$$

Keterangan:

Log X_t = logaritma curah hujan (mm)

Log X_{rt} = hujan rata-rata (mm)

K = faktor frekuensi dimana nilai K tergantung dari nilai (Cs/Faktor kemiringan sample) yang diperoleh dari tabel 2.1

S_d = Standar deviasi

Selanjutnya, untuk hujan rencana dengan periode ulang (T) tahun (X_t) diperoleh dengan mencari antilog dari nilai Log X_t .

Bentuk perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Person III dengan rancangan selama 5 tahun sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Log } X_{rt} = 1,969 \text{ (tabel 4.5)}$$

$$C_s = 0,032 \text{ (tabel 4.6)}$$

$$G = 0,842 \text{ (tabel 2.5)}$$

$$\text{Slog } X = 0,104 \text{ (tabel 4.5)}$$

Jadi,

$$\text{Log } X_t = \text{log } X_{rt} + G \cdot \text{Slog } X$$

$$\text{Log } X_t = 1,969 + (0,842 \cdot 0,104)$$

$$\text{Log } X_t = 2,056 \text{ mm}$$

Untuk mendapatkan nilai X_t , maka hasil dari $\text{Log } X_t$ harus dicari anti log, maka anti log dari $\text{log } X_t = 2,056 \text{ mm}$, adalah sebagai berikut:

$$X_t = 10^{\text{Log } X_t}$$

$$X_t = 10^{2,056}$$

$$X_t = 113,880 \text{ mm}$$

Maka besar hujan rancangan dengan menggunakan Metode Log Person III, kala ulang 5 tahun adalah sebesar 113,880 mm. Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Metode Log Person III

No.	Periode	(log x) _{rt}	C _s	G	Slog(X)	log XT	X _T
1	5	1.969	0.032	0.842	0.104	2.056	113.880
2	25	1.969	0.032	1.761	0.104	2.152	141.994
3	50	1.969	0.032	2.054	0.104	2.183	152.342
4	100	1.969	0.032	2.326	0.104	2.211	162.622
5	200	1.969	0.032	2.576	0.104	2.237	172.681
6	1000	1.969	0.032	3.090	0.104	2.291	195.361

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Dari jenis sebaran yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya dengan beberapa metode. Hasil uji kecocokan sebaran menunjukan distribusinya dapat diteri Uji Sebaran Chi Kuadrat (Chi Square Test)

1. Uji Sebaran Chi Kuadrat (Chi Square Test)

a. Data Diurutkan Dari Yang Terkecil

Tabel 4.9 Pengurutan Jumlah Data Dari Terkecil Hingga Terbesar

No.	Tahun	(Xrt)mx	Urutan Data terkecil ke terbesar
1	2009	140.3	140.3
2	2010	244.1	244.1
3	2011	309.8	309.8
4	2012	404.9	404.9
5	2013	485.2	485.2
6	2014	551.1	551.1
7	2015	648.8	648.8
8	2016	770.2	770.2
9	2017	859.2	859.2
10	2018	954.8	954.8

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

b. Menghitung Jumlah Kelas

- i. Jumlah Data (n) = 10
- ii. Data terbesar = 954,8
- iii. Data Terkecil = 140,3
- iv. Kelas Distribusi (K) = $1 + 3,3 \log n$
= 8,649
= 9 kelas
- v. Rentang Data = Data Terbesar–Data Terkecil +1
= $814,50 + 1$
= 815,50
- vi. Rentang Kelas = Rentang Data : Jumlah Interval
= $8,649 : 815,50$
= 94,29
= 94

Tabel 4.10 Uji Keselarasan dengan Chi Kuadrat (Chi Square Test)

No.	Prob	Ef	Jml. Data	Ef-Of	(Ef - Of) ²	X ²
			Of			
1	$136.3 < x < 238.1$	1.111	1	0.111	0.012	0.011
2	$238.1 < x < 339.9$	1.111	2	-0.889	0.790	0.711
3	$339.9 < x < 441.7$	1.111	1	0.111	0.012	0.011
4	$441.7 < x < 543.6$	1.111	1	0.111	0.012	0.011
5	$543.6 < x < 645.4$	1.111	1	0.111	0.012	0.011
6	$645.4 < x < 747.2$	1.111	1	0.111	0.012	0.011
7	$747.2 < x < 849.0$	1.111	1	0.111	0.012	0.011
8	$849.0 < x < 950.8$	1.111	1	0.111	0.012	0.011
9	$950.8 < x < 1052.6$	1.111	1	0.111	0.012	0.011
Σ		10.000	10	-	-	0.800

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

c. Menghitung Derajat kebebasan (Δk) dan X_{cr}^2

i. Parameter (p) untuk uji Chi-Kuadrat adalah = 2

ii. Derajat Kebebasan (Δk) = $K - (p+1) = 9 - (2+1) = 6$

iii. Nilai X_{cr}^2 dengan jumlah data (n) = 10, $\alpha = 5\%$ dan $\Delta k = 6$ adalah = 12,592

Derajat Signifikasi (α) = 5%

X_h^2 hasil hitungan = 0,8

X_{cr}^2 = 12,592

Dilihat dari hasil perbandingan di atas bahwa ternyata X_h^2 hitungan $< X_{cr}^2$, maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

2. Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Tabel 4.11 Uji Keselarasan Sebaran dengan Smirnov-Kolmogorov

Xi	m	P(x)	P(x<)	ft=(x-xrt)/s	p'x	p'(x<)	D
1	2	3	4= nilai 1-3	5	6	7=nilai1-6	8=7-4
140.3	1	0.077	0.923	0.93	0.091	0.909	0.014
244.1	2	0.154	0.846	5.43	0.182	0.818	0.028
309.8	3	0.231	0.769	8.28	0.273	0.727	0.042
404.9	4	0.308	0.692	12.40	0.364	0.636	0.056
485.2	5	0.385	0.615	15.88	0.455	0.545	0.070
551.1	6	0.462	0.538	18.74	0.545	0.455	0.084
648.8	7	0.538	0.462	22.98	0.636	0.364	0.098
770.2	8	0.615	0.385	28.24	0.727	0.273	0.112
859.2	9	0.692	0.308	32.10	0.818	0.182	0.126
954.8	10	0.769	0.231	36.24	0.909	0.091	0.140
0.0	11	0.846	0.154	-5.15	1.000	0.000	0.154
0.0	12	0.923	0.077	-5.15	1.091	-0.091	0.168
Dmaks							0.168

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Dengan signifikasi = 0,05 (5%)

D Maks = 0,168

Do Kritis = 0,375 (untuk n = 12)

Dilihat dari perbandingan di atas bahwa $D_{maks} < D_o$ Kritis, maka metode sebaran yang dapat diuji dapat diterima.

4.3.2 Analisis Debit Banjir

4.3.2.1 Perhitungan Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Waktu konsentrasi dibagi atas 2 bagian :

- a. *Inlet time* (t_o) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- b. *Conduit time* (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

Sehingga waktu konsentrasi dapat dihitung dengan (Suripin, 2004):

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167}$$

$$t_d = \frac{L}{60v}$$

Dimana :

T_c	= Waktu Konsentrasi (jam)
t_o	= Inlet time ke saluran terdekat (menit)
t_d	= Conduit time sampai ke tempat pengukuran (menit)
nd	= Koefisien hambatan berdasarkan table 2.8
L_o	= Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
S	= Kemiringan Saluran (m)
L	= Panjang Saluran (m)
L_s	= Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)
V	= Kecepatan aliran di dalam saluran (m/dtk)

Perhitungan t_c lapangan sepak bola :

L_s	= 116 meter (panjang seluruh lapangan)
V	= 1,5 m/dtk (kecepatan aliran maksimum yang diizinkan)
L_o	= 58 meter (titik tengah lapangan sepak bola)
S	= 7,5 % (kemiringan maksimum saluran)
nd	= 0.025 (tabel 2.12)
t_d	$= \frac{L_s}{(60.V)} = \frac{116}{(60 \times 1,5)} = 1,29 \text{ menit}$
t_o	$= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 58 \times \frac{0,025}{\sqrt{5}} \right)^{0,167} = 1,51 \text{ menit}$
t_c	$= (t_o + t_d) = (1,51 + 1,29) = 2,79 \text{ menit} = 0,047 \text{ jam}$

4.3.2.2 Perhitungan Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lama hujan (jam)

R₂₄ = Tebal hujan maksimum harian, selama 24 jam (mm)

Tebal hujan maksimum harian (R₂₄) yang digunakan untuk menghitung intensitas hujan adalah curah hujan rencana berdasarkan hasil analisa distribusi Log Person-Type III yang sesuai dengan periode ulang dari masing-masing saluran yang direncanakan.

$$Q_{25} = 141,994 \text{ mm}$$

Perhitungan I lapangan sepak bola

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{141.994}{24} \times \left(\frac{24}{0.047} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 380.30 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

4.3.2.3 Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Debit air hujan / limpasan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus dialirkan melalui saluran drainase. Debit air limpasan terdiri dari tiga komponen yaitu koefisien *run off* (C), data intensitas curah hujan (I), dan *catchment area* (Aca). $Q = \frac{1}{3,6} C.I.A$

Dimana :

Q = Debit aliran air limpasan (m³/detik)

C = Koefisien *run off* (berdasarkan standar baku)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

(Jika A dalam Ha, maka persamaan tersebut dikali dengan 0.00278 dan jika A dalam Km², maka dikali dengan 0.278)

Metode ini dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa :

1. Curah hujan terjadi serentak dan seragam menurut waktu

2. Curah hujan terjadi tersebar seragam menurut ruang
3. Lamanya hujan setidaknya sama dengan lama waktu konsentrasi (t_c)

Koefisien Pengaliran, C_w

Koefisien ini menggambarkan keadaan permukaan DAS yang menunjukkan ada tidaknya tanaman yang dapat menyerap air ke dalam tanah. Koefisien pengaliran merupakan perbandingan komponen berikut.

$$C = \frac{\text{Volume air yang berhasil mencapai muara DAS}}{\text{Volume air hujan yang jatuh di atas DAS}}$$

Pada DAS yang akan direncanakan ini terdiri dari berbagai penggunaan lahan dengan koefisien yang berbeda-beda, sehingga penentuan nilai C dengan persamaan berikut.

$$C_w = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana :

C_w = Koefisien pengaliran gabungan
 A_1, A_2, A_n = Bagian luas DAS sebanyak n buah

Tabel 4.12 Nilai Koefisien Pengaliran (C_w)

Tata Guna Lahan	LUAS (M ²)	LUAS (KM ²)	C
Lapangan Sepak Bola	8816.00	0.008816000	0.17

Sumber : Hasil perhitungan 2019

Perhitungan Q lapangan sepak bola :

A = 0,0088 Ha
 C_w = 0,17
 I = 380,30 mm/jam
 Q = $0,17 \times 380,30 \times 0,0088$
= 158,036 l/dt
= 0,158 m³/dt

4.4 Perencanaan Drainase Lapangan Sepak Bola

4.4.1 Drainase Bawah Permukaan (*Sub surface Drainage*)

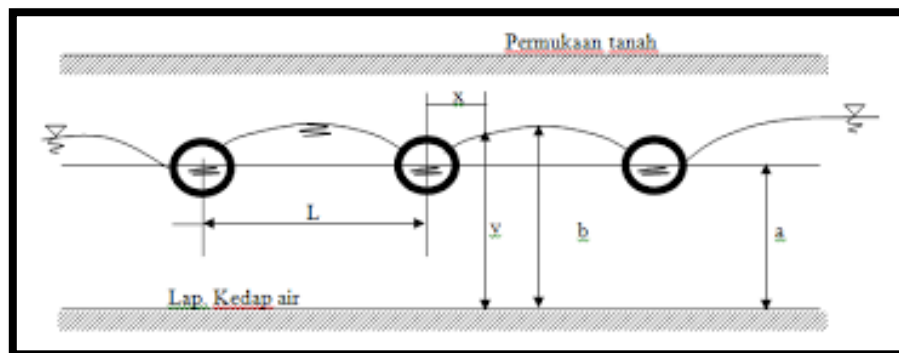
4.4.1.1 Jarak Pipa Drain

Pandang suatu sistem drainase dimana jarak antara pipa L meter, diatas impervious layer setinggi a . dan b adalah ketinggian maksimum water table diatas impervious layer. Hukum Darcy :

$$Q_y = K \cdot y \cdot \frac{dy}{dx}$$

Dimana :

Q_y = debit yang melewati penampang y . per unit panjang.



Gambar 4.3 Sket Definisi Penentuan Jarak Pipa Drain

Data-data perencanaan :

1. Diameter pipa drain di lapangan sepakbola dipakai 4 inch = 114 mm.
Jenis pipa drain yang digunakan adalah PVC AW.
2. Jarak impervious layer terhadap permukaan tanah = 5 m
3. Kedalaman pipa dari permukaan tanah = 0,8 m

Data-data yang diperoleh dari Dinas Pemuda dan Olahraga Kab.Alor :

4. Koefisien permeabilitas tanah K = 60 mm/jam
5. Laju infiltrasi tanah v = 100 mm/jam
6. Selisih muka air tanah maksimum = 0,3 m

Dengan menggunakan rumus Dupuit :

$$K = 6 \text{ cm/jam} :$$

$$v = 10 \text{ cm/jam}$$

$$a = 6 - 0,8$$

$$= 5,2 \text{ m}$$

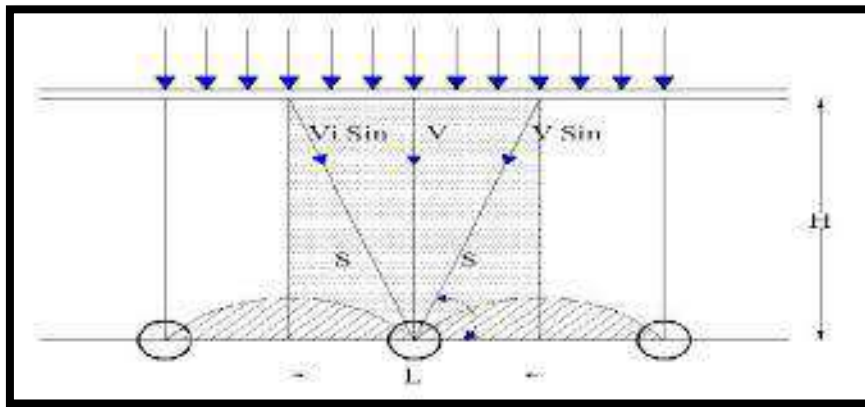
$$b = 5,2 + 0,3$$

$$= 5,5 \text{ m}$$

$$L = 2 \sqrt{\frac{K}{v} (b^2 - a^2)} = 2 \sqrt{\frac{6}{10} (5,5^2 - 5,2^2)} = 3,85 \text{ m}$$

Jadi, jarak antar pipa drain yang dipakai 4 meter.

4.4.1.2 Kapasitas Pipa Drain



Gambar 4.4 Sket Definisi Penentuan Pipa

Daya resap tanah :

$$q_1 = n.V_i = \text{laju infiltrasi (mm/hari).}$$

V_i = Kecepatan resap (mm/hari), searah S

N = Porositas

Data – data dari perancangan :

1. Diameter pipa = 4 inch = 114 mm
2. Kedalaman pipa = 0.8 m
3. Jarak antar pipa drain = 4 m
4. Panjang pipa drain = 38 m
5. Laju infiltrasi tanah = 100 mm/jam
6. Porositas tanah = 0.31

Penentuan kapasitas pipa drain :

$$H = 0.8 \text{ m}$$

$$q_1 = 100 \text{ mm/jam},$$

$$n = 0.31$$

Kecepatan resap :

$$V_i = \frac{q_1}{n} = \frac{100}{0,31} = 322.58 \text{ mm/jam}$$

$$h = 0.8 \text{ m} = 800 \text{ mm}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$P = 38 \text{ m}$$

$$\tan \alpha = \frac{H}{0,5L} = \frac{0,8}{0,5 \times 4} = 0,40$$

$$\alpha = 21,80$$

$$\sin^2 \alpha = 0,95$$

Debit yang dialirkan oleh pipa untuk setiap satuan luas permukaan tanah :

$$\begin{aligned} q &= 4/5 \cdot n \cdot V_i \cdot \sin^2 \alpha \\ &= 4/5 \times 0.31 \times 322.58 \times 0.95 \\ &= 76 \times 2.78 \\ &= 211,28 \text{ l/dt.ha} \end{aligned}$$

Untuk panjang pipa 38 m dengan jarak pipa 4 m, debit yang dialirkan adalah :

$$\begin{aligned} Q &= q \cdot L \cdot P \\ &= 211,28 \times 4 \times 38 \times \frac{1}{10000} \\ &= 3,21 \text{ l/dt} \end{aligned}$$

Jumlah pipa yang digunakan adalah 58 pipa. Jadi, total debit yang masuk kedalam pipa drain subsurface drainage di lapangan sepakbola adalah

$$\begin{aligned} &= 3.21 \times 58 \\ &= 186,18 \text{ l/dt} \end{aligned}$$

4.4.1.3 Diameter Pipa Drain

Perhitungan diameter pipa drain ini sebagai kontrol apakah dengan diameter pipa yang direncanakan diatas mampu mengalirkan debit sebesar 3,21 l/dt atau tidak.

Data yang digunakan :

$$\begin{aligned} Q &= 3,21 \text{ l/dt} &= 0,00321 \text{ m}^3/\text{dt} \\ s &= 0,002 \\ n &= 0,012 \text{ (tabel 2.17)} \end{aligned}$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

$$Q = V \times A$$

$$\begin{aligned}
&= 1/n \cdot r^{2/3} \cdot s^{1/2} \cdot A \\
0,00321 &= 1/0,012 \cdot r^{2/3} \cdot (0,002)^{1/2} \cdot \pi r^2 \\
0,00321 &= 83,333 \cdot r^{2/3} \cdot 0,043 \cdot 3,14 r^2 \\
0,00321 &= 11,252 \cdot r^{8/3} \\
r^{8/3} &= 0,000285 \\
r &= 0,047 \text{ m} \\
&= 4,683 \text{ cm} \\
d &= 9,367 \text{ cm} \\
&= 93,67 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jadi, pipa drain dengan diameter 4 inch = 114 mm mampu mengalirkan debit 3,21 l/dt.

4.4.2 Drainase Permukaan (*Surface Drainage*)

4.4.2.1 Perhitungan Kapasitas Saluran

Menurut Haryono (1999), kapasitas rencana saluran dihitung dengan menggunakan rumus Manning, yang merupakan dasar dalam menentukan dimensi saluran, yaitu sebagai berikut:

$$Q = A \times V$$

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

Dimensi saluran drainase dihitung dengan menggunakan rumus pengaliran berikut : Dimana:

Q	= Debit rancangan (m ³ /det)
A	= Luas penampang basah (m ²)
n	= Angka kekasaran saluran (koefisien Manning)
V	= Kecepatan aliran (m/det)
Rn	= Jari-jari hidrolis (m), (A/P)
P	= Keliling basah saluran (m)
I = S	= Kemiringan saluran (%)
b	= Lebar saluran (m)
h	= Dalam saluran yang tergenang air (m)
w	= Tinggi jagaan (m)

Koefisien kekasaran saluran, n manning (Open Channel Hydraulics, Ven te Chow) untuk saluran dengan material pembentuk sebagai berikut.

Perencanaan dimensi saluran :

Saluran 3

$$\begin{aligned} A &= B \times h \\ &= 0.30 \times 0.15 \\ &= 0.05 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= B + 2 \times h \\ &= 0.30 + 2 \times 0.15 \\ &= 0.60 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= A / P \\ &= 0.05 / 0.60 \\ &= 0.08 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= 1.006 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q.Ka &= A \times V \\ &= 0.05 \times 1.01 \\ &= 0.045 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Saluran 7

$$\begin{aligned} A &= B \times h \\ &= 0.50 \times 0.30 \\ &= 0.15 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= B + 2 \times h \\ &= 0.50 + 2 \times 0.30 \\ &= 1.10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= A / P \\ &= 0.15 / 1.10 \\ &= 0.14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= 1.499 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q.Ka &= A \times V \\ &= 0.38 \times 1.499 \\ &= 0.225 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13 Perhitungan Kapasitas Saluran

No.	Saluran	Petak	B (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	Rn (m)	S (%)	n	V (m/det)	Q Kapasitas (m ³ /det)
1	S3	I	0.30	0.15	0.05	0.60	0.08	2.0	0.025	1.006	0.045
2	S2	I	0.30	0.20	0.06	0.70	0.09	2.0	0.025	1.100	0.066
3	S1	I	0.30	0.25	0.08	0.80	0.09	2.0	0.025	1.167	0.088
4	S4	II	0.30	0.15	0.05	0.60	0.08	2.0	0.025	1.006	0.045
5	S5	II	0.30	0.20	0.06	0.70	0.09	2.0	0.025	1.100	0.066
6	S6	II	0.30	0.25	0.08	0.80	0.09	2.0	0.025	1.167	0.088
7	S7	III	0.50	0.30	0.15	1.10	0.14	2.0	0.025	1.499	0.225

Sumber : Hasil perhitungan 2019

4.4.2.2 Perhitungan Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit harus ditampung oleh saluran (Qs dalam m³/det) lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana (QT dalam m³/det). Kondisi demikian dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$Q_{ka} \geq Q_{ren}$$

Saluran 7

Lebar saluran (B)	= 0,50 m (table 4.13)
Tinggi saluran terhadap muka air (h)	= 0,30 m (table 4.13)
Luas penampang basah (A)	= B x h = 0,50 x 0,30 = 0,15 m ²
Keliling basah (P)	= B + (h x 2) = 0,50 + (0,30 x 2) = 1,10 m
Jari-jari hidrolis (Rn)	= $A/P = 0,15/1,10 = 0,14$ m
Kemiringan saluran (S)	= 2,0% (data perencanaan)
Kekasaran Manning (n)	= 0,025 (table 2.11)
Kecepatan Aliran Air (V)	= $\frac{1}{n} \times Rn^{2/3} \times \left(\frac{S}{100}\right)^{1/2}$ = $\frac{1}{0,025} \times 0,14^{2/3} \times \left(\frac{2,0}{100}\right)^{1/2}$ = 1,499 m/det

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Kapasitas}} &= V \times A \\
 &= 1,499 \times 0,15 \\
 &= 0,225 \text{ m}^3/\text{det} \\
 Q_{\text{total}} &= Q_{\text{banjir}} \\
 &= 0,156 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.19 dibawah ini.

Tabel 4.14 Perhitungan Dimensi Saluran Drainase

Saluran	Petak	B (m)	h (m)	w (m)	A (m ²)	P (m)	Rn (m)	S (%)	n	V (m ³ /det)	Q Kapasitas (m ³ /det)	Q Total (m ³ /det)	KET
S3	I	0.30	0.15	0.10	0.05	0.60	0.08	2.0	0.025	1.006	0.045	0.026	Ok
S2	I	0.30	0.20	0.10	0.06	0.70	0.09	2.0	0.025	1.100	0.066	0.052	Ok
S1	I	0.30	0.25	0.10	0.08	0.80	0.09	2.0	0.025	1.167	0.088	0.079	Ok
S4	II	0.30	0.15	0.10	0.05	0.60	0.08	2.0	0.025	1.006	0.045	0.026	Ok
S5	II	0.30	0.20	0.10	0.06	0.70	0.09	2.0	0.025	1.100	0.066	0.052	Ok
S6	II	0.30	0.25	0.10	0.08	0.80	0.09	2.0	0.025	1.167	0.088	0.079	Ok
S7	III	0.50	0.30	0.15	0.15	1.10	0.14	2.0	0.025	1.499	0.225	0.158	Ok

Sumber : Hasil perhitungan 2019

Perhitungan Q total :

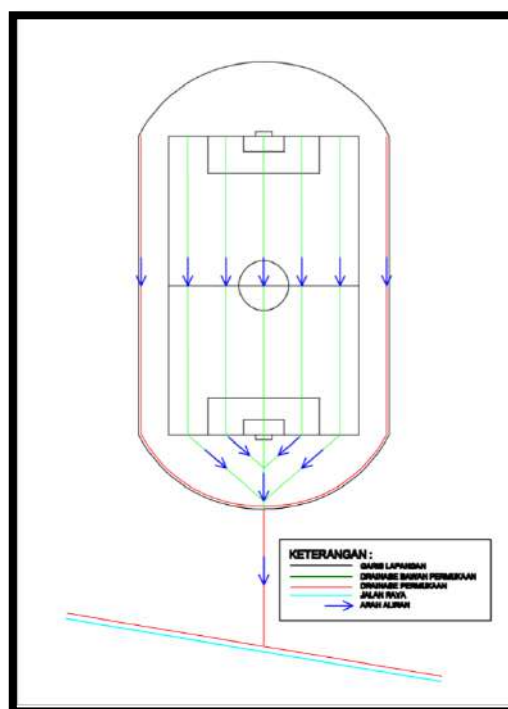
$$\begin{aligned}
 \text{Saluran 3} &= 0.026 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Saluran 2} &= 0.052 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Saluran 1} &= \text{Saluran 3} + \text{Saluran 2} \\
 &= 0.026 + 0.052 \\
 &= 0.079 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Saluran 4} &= 0.026 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Saluran 5} &= 0.052 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Saluran 6} &= \text{Saluran 4} + \text{Saluran 5} \\
 &= 0.026 + 0.052 \\
 &= 0.079 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Saluran 7} &= \text{Saluran 1} + \text{Saluran 6} \\
 &= 0.079 + 0.079 \\
 &= 0.158 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

4.5 Pembahasan

Hasil penelitian dan analisis tentang review desain sistem drainase lapangan sepak bola Batunirwala adalah sebagai berikut :

1. Lapangan sepak bola Batunirwala memiliki 5 saluran drainase bawah permukaan. Saluran tersebut terbuat dari pasangan batu yang ditutup dengan plat beton berlubang, Geo Textile, urugan tanah dan rumput di atasnya. Lapangan ini juga memiliki drainase permukaan dari pasangan batu yang mengelilingi lapangan.

Gambar 4.5 Sistem Drainase Eksisting Lapangan Sepak Bola Batnirwala



Sumber : Autocad 2007

Sejak 2005 dibangun hingga sekarang belum ada renovasi, padahal perencanaan kala ulangnya setiap 10 tahun. Untuk sistem drainase eksistingnya ini tidak memenuhi standar FIFA (*Federation International of Football Association*), rumput yang digunakan pada permukaan lapanganpun juga hanya mengandalkan rumput yang tumbuh liar. Oleh sebab, menurut hasil pengamatan dan wawancara, saat ini sistem drainasenya tidak berfungsi lagi secara baik untuk mengalirkan air, sistem drainase permukaan maupun bawah permukaan juga sudah terjadi penumpukan sedimen dan tumbuhnya tumbuhan-

tumbuhan liar serta ada beberapa bagian saluran juga sudah mengalami kerusakan.

2. Debit banjir yang ada pada lapangan sepak bola Batunirwala adalah 158,036 l/dt. Jadi, debit limpasan yang akan dialirkan melalui sistem drainase yang direncanakan adalah :

- a. Drainase bawah permukaan

Drainase bawah permukaan menggunakan 58 pipa, masing-masing berukuran panjang 38 m dengan diameter 4 inch dipasang lebar lapangan dengan jarak antar pipa 4 meter. Debit limpasan yang dialirkan masing-masing pipa adalah 3,21 l/dt. Jadi, total debit yang dialirkan drainase bawah permukaan adalah 186,18 l/dt.

- b. Drainase permukaan

Drainase bawah permukaan dibagi menjadi 7 saluran terdiri dari 6 saluran yang mengelilingi lapangan dan 1 saluran sebagai pembuang keluar lapangan. Setelah dari saluran pembuang keluar lapangan, masuk ke saluran yang mengalirkan seluruh limpasan didalam ataupun diluar stadion, lalu menuju ke saluran drainase jalan raya. Untuk saluran ini tidak direview, menggunakan saluran eksistingnya saja.

Untuk debit limpasan yang dialirkan drainase permukaan tiap salurannya dapat dilihat pada tabel 4.19 dibawah ini.

Tabel 4.15 Debit Limpasan

Jenis Saluran	Debit Limpasan (Q)	
	m ³ /det	l/det
Saluran 3	0.0453	45.272
Saluran 2	0.0660	65.982
Saluran 1	0.0876	87.556
Saluran 4	0.0453	45.272
Saluran 5	0.0660	65.982
Saluran 6	0.0876	87.556
Saluran 7	0.2248	224.801

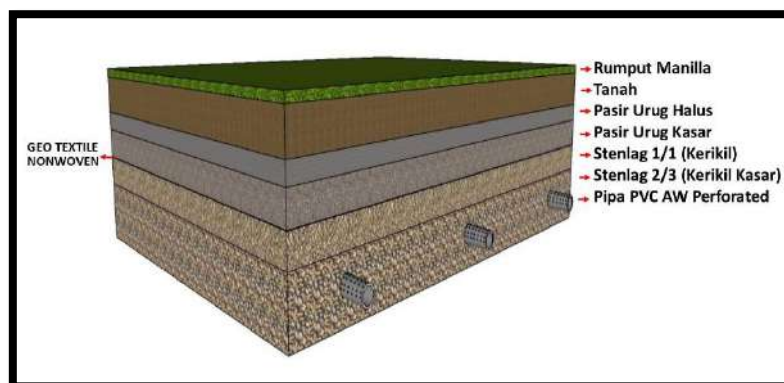
Sumber : Hasil perhitungan 2019

3. Dalam merencanakan drainase lapangan sepak bola Batunirwala, drainasenya harus bisa mengalirkan genaan air pada permukaan lapangan dengan baik. Untuk itu direncanakan sistem drainase sebagai berikut :

a. Drainase bawah permukaan

Drainase bawah permukaan menggunakan 58 pipa PVC AW Ø 4" (Pipa Perforated, Posisi Lubang diatas), lubang Ø 2 cm pada $\frac{1}{2}$ keliling pipa, stenlag 2/3 (kerikil kasar), stenlag 1/1 (kerikir), dilapisi Geo Textile Nonwoven F 150, pasir urug kasar dan halus, dengan lapisan drain setebal 0,8 m dengan jenis tanah *coarse gravelly sand* dengan laju infiltrasi sebesar 100 mm/jam. Dalam perencanaan ini juga menggunakan rumput Zoysia Martello atau rumput Manilla. Rumput ini masih masih paling baik dan sudah sesuai dengan standar FIFA. Standar FIFA memang menyarankan penggunaan rumput asli dibanding rumput sintesis. Rumput Manila tergolong banyak membutuhkan perawatan. Seminggu sekali, rumput harus dipupuk dan dipotong setinggi 3,5-4 cm. Rumput ini juga harus rutin mendapat obat khusus untuk memastikan kondisinya.

Gambar 4.6 Lapisan Bawah Permukaan



Sumber : Sketcup

b. Drainase permukaan

Drainase permukaan menggunakan pasangan batu penampang pesergi dengan dimensi yang berbeda tiap salurannya. Direncanakan mengelilingi lapangan dengan jarak 3 meter dari garis lapangan. Tiap saluran ditutup dengan plat besi. Untuk dimensi tiap salurannya dapat dilihat pada tabel 4.19 dibawah ini.

Tabel 4.16 Dimensi Saluran Drainase Permukaan

Saluran	L	B	h	w	H
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
S3	38	0.30	0.15	0.10	0.25
S2	116	0.30	0.20	0.10	0.30
S1	38	0.30	0.25	0.10	0.35
S4	38	0.30	0.15	0.10	0.25
S5	116	0.30	0.20	0.10	0.30
S6	38	0.30	0.25	0.10	0.35
S7	24.15	0.50	0.30	0.15	0.45

Sumber : Hasil perhitungan 2019