

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

4.1.1. Hujan Rerata Daerah

Pada studi ini, data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan yang berasal dari stasiun hujan Pendem dengan koordinat $7^{\circ}91'78''\text{LS} / 112^{\circ}59'03''$.

Tabel 4.1. Data Curah Hujan Tahunan Maksimum St. Pendem Tahun 2005-2014

Tahun	Hujan Maks (mm)
2005	88
2006	96
2007	75
2008	110
2009	80
2010	110
2011	53
2012	81
2013	125
2014	80

Sumber: Dinas Pengairan Kabupaten Malang, 2015

4.1.2. Uji Homogenitas Data Hujan

Data-data hujan yang ada sebelum digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan, perlu diuji terlebih dahulu kualitas dari data tersebut dengan menggunakan uji homogenitas data.

Adapun metode yang akan digunakan untuk menghitung uji homogenitas data adalah dengan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) sebagai berikut:

1. Dari data hujan yang ada, diambil data hujan harian maksimum untuk setiap tahunnya dalam periode hujan tahun 2005-2014. Tabel hujan harian maksimum

2. untuk setiap tahunnya dalam periode hujan tahun 2005-2014 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Hujan Pendem

Tahun	Hujan Maks (mm)
2005	88
2006	96
2007	75
2008	110
2009	80
2010	110
2011	53
2012	81
2013	125
2014	80

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Data hujan maksimum di atas nantinya akan digunakan dalam perhitungan uji homogenitas data dengan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Contoh perhitungan:

- Misalkan data yang digunakan sebagai contoh perhitungan adalah data tahun 2010 dengan hujan harian maksimum dalam satu tahun sebesar 110 mm dan curah hujan rerata sebesar 89,80 mm.

$$\begin{aligned}
 - S_k^* &= (x - \bar{x}) \\
 &= (110 - 89,80) \\
 &= 20,20
 \end{aligned}$$

$$- [S_k^*] = \text{nilai mutlak dari } S_k^* = 20,20$$

$$\begin{aligned}
 - D_y^2 &= \frac{S_k^2}{n} \\
 &= \frac{20,20^2}{10} \\
 &= 40,804
 \end{aligned}$$

$$- D_y = \sqrt{\sum D_y^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{393,96} \\
 &= 19,848 \\
 - S_k^{**} &= \frac{|S_k^*|}{D_y} \\
 &= \frac{20,20}{19,848} \\
 &= 1,018 \\
 - [S_k^{**}] &= \text{nilai mutlak dari } S_k^{**} = 1,018
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan metode RAPS lainnya ditabelkan dalam tabel 4.3. berikut:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Uji Homogenitas

No	Tahun	Curah Hujan	Sk*	[Sk*]	D _y ²	D _y	Sk**	[Sk**]
1	2005	88.00	-1.80	1.80	0.324	19.848	0.091	0.091
2	2006	96.00	6.20	6.20	3.844		0.312	0.312
3	2007	75.00	-14.80	14.80	21.904		0.746	0.746
4	2008	110.00	20.20	20.20	40.804		1.018	1.018
5	2009	80.00	-9.80	9.80	9.604		0.494	0.494
6	2010	110.00	20.20	20.20	40.804		1.018	1.018
7	2011	53.00	-36.80	36.80	135.424		1.854	1.854
8	2012	81.00	-8.80	8.80	7.744		0.443	0.443
9	2013	125.00	35.20	35.20	123.904		1.773	1.773
10	2014	80.00	-9.80	9.80	9.604		0.494	0.494
Rerata		89.80		16.36		Max	1.854	1.854
Jumlah					393.96	Min	0.091	0.091

Sumber: Hasil Perhitungan

4. Kehomogenitasan dari data di atas. Hasil dari analisa tersebut adalah sebagai berikut:

- n = 10 (jumlah data)
- [S_k**] maksimum = 1,773
- [S_k**] minimum = 0,091
- Q = |S_k** maks| = 1,773
- R = S_k** maks – S_k** min
= 1,773 – 0,09
= 1,763

- $\frac{Q}{\sqrt{n}} = \frac{1,763}{\sqrt{10}} = 0,586 < \text{dari } \frac{Q}{\sqrt{n}} \text{ tabel} = 1,05$
 $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ tabel diambil dengan probabilitas 90% dan $n = 15$
- $\frac{R}{\sqrt{n}} = \frac{1,763}{\sqrt{10}} = 0,558 < \text{dari } \frac{R}{\sqrt{n}} \text{ tabel} = 1,38$
 $\frac{R}{\sqrt{n}}$ tabel diambil dengan probabilitas 99% dan $n = 15$

5. Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai $Q/\sqrt{n} = 0,586 < \text{dari } Q/\sqrt{n} \text{ tabel} = 1,05$ dan nilai $R/\sqrt{n} = 0,558 < R/\sqrt{n} \text{ tabel} = 1,38$. Karena data hujan yang diuji masih berada dalam nilai batas maka data yang ada bersifat homogen.

4.1.3. Abnormalitas Data (*Inlier-Outlier*)

Setelah dilakukan uji homogenitas data, langkah selanjutnya adalah melakukan uji abnormalitas data dengan menggunakan metode *Inlier-Outlier*. Adapun uraian uji tersebut akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

Data yang telah konsisten kemudian perlu diuji lagi dengan uji abnormalitas. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji *Inlier-Outlier*. Dimana data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah (X_L) dan ambang atas (X_H) akan dihilangkan. Rumus untuk mencari ambang tersebut adalah sebagai berikut:

Langkah-langkah untuk menghitung uji abnormalitas data dengan menggunakan metode *Inlier-Outlier* adalah sebagai berikut:

1. Data-data yang akan diuji adalah data hujan harian maksimum untuk setiap tahunnya dalam periode hujan tahun 2005-2014. Tujuan dari uji abnormalitas data adalah untuk menghilangkan data-data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah (X_L) dan ambang atas (X_H).

Contoh perhitungan untuk uji *Inlier-outlier*:

- Misalkan data yang digunakan sebagai contoh perhitungan adalah data tahun 2010 dengan tinggi hujan maksimum satu harian dalam satu tahun sebesar 110 mm.
- Kemudian dihitung nilai log dari data tersebut, $\log 110 = 2,041$
- Hitung nilai standart deviasi dan rata-rata dari keseluruhan nilai log x, dalam perhitungan ini diperoleh nilai standart deviasi sebesar 0,106 dan rata-rata dari keseluruhan nilai log x sebesar 1,942
- Untuk jumlah data (n) sebesar 10 diperoleh nilai K_n sebesar 2,036.
- Nilai batas ambang atas (X_H) = $\text{Exp} \cdot (X_{\text{rerata}} + (K_n \cdot S))$

$$= \text{Exp} . (1,942 + (2,036 \times 0,106))$$

$$= 143,94$$

$$- \text{Nilai batas ambang bawah } (X_L) = \text{Exp} . (X_{\text{rerata}} - (K_n . S))$$

$$= \text{Exp} . (1,942 - (2,036 \times 0,106))$$

$$= 53,20$$

Hasil uji abnormalitas data tersebut setelah ditabelkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Uji *Inlier-Outlier*

No	Tahun	Hujan	Log x	Keterangan
		(mm)		
1	2005	88	1.944483	Nilai ambang atas, $X_h = 143,94$
2	2006	96	1.982271	
3	2007	75	1.875061	
4	2008	110	2.041393	
5	2009	80	1.90309	
6	2010	110	2.041393	Nilai ambang bawah, $X_i = 53,20$
7	2011	53	1.724276	
8	2012	81	1.908485	
9	2013	125	2.09691	
10	2014	80	1.90309	
	Stdev.	=	0.106154	
	Mean	=	1.942045	
	K_n	=	2.036	

Sumber: Hasil Perhitungan

- Dari perhitungan pada tabel di atas diperoleh nilai batas ambang atas dan nilai batas ambang bawah. Data yang nantinya digunakan dalam analisa hidrologi adalah data hujan yang nilainya berada diantara batas ambang atas dan batas ambang bawah.
- Dalam perhitungan di atas diperoleh nilai batas ambang atas (X_H) sebesar 143,94 dan nilai batas ambang bawah (X_L) sebesar 53,20, karena data hujan yang diuji masih berada dalam nilai batas ambang atas dan nilai batas ambang bawah maka data hujan yang ada dapat digunakan secara keseluruhan.

4.1.4. Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan perhitungan yang paling penting dari analisa hidrologi. Metode yang digunakan dalam studi akhir ini adalah Log Pearson Tipe III dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data serta umum digunakan dalam perhitungan maupun analisa curah hujan rancangan.

Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut:

1. Dari data hujan yang ada, diambil data hujan harian maksimal untuk setiap tahunnya dalam periode hujan tahun 2005-2014. Tabel hujan harian maksimal terurut untuk setiap tahunnya dalam periode 2005-2014 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data Curah Hujan Harian Maksimum Terurut Stasiun Hujan Pendem

Tahun	Curah Hujan (mm)
2013	125
2008	110
2010	110
2006	96
2005	88
2012	81
2009	80
2014	80
2007	75
2011	53

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Dari hasil analisa pada tabel di atas nantinya akan digunakan dalam perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson tipe III. Tabel di bawah ini merupakan hasil dari perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson Tipe III.

Contoh perhitungan:

- Misal digunakan data hujan harian tahun 2010 dengan tinggi curah hujan maksimalnya sebesar 110 mm.
- $\text{Log } x = \log 110$
= 2,041
- Menghitung nilai standart deviasi dan rata-rata dari keseluruhan nilai log x, dalam perhitungan ini diperoleh standart deviasi sebesar 0,106 dan rata-rata dari keseluruhan nilai log x sebesar 1,942.
- Hitung nilai $\text{Log } x - \overline{\text{Log } x}$ = 2,041 – 1,942
= 0,099
- Hitung nilai $(\text{Log } x - \overline{\text{Log } x})^3$ = (0,099)³
= 0,0009

$$\begin{aligned}
 \text{Hitung nilai kemencengan (Cs)} &= \frac{n \sum (\text{Log } x - \overline{\text{Log } x})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \\
 &= \frac{10 \times (0,0009)}{(10-1)(10-2)(0,106)^3} \\
 &= -0,586
 \end{aligned}$$

Perhitungan curah hujan lainnya ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.6 Analisis Nilai Kemencengan (Cs)

No	Rmax (mm)	Peluang (%)	Log X	[Log X - Log Xrerata]	[Log X - Log Xrerata] ²	[Log X - Log Xrerata] ³
1	125.000	9.09	2.097	0.155	0.0240	0.0037
2	110.000	18.18	2.041	0.099	0.0099	0.0010
3	110.000	27.27	2.041	0.099	0.0099	0.0010
4	96.000	36.36	1.982	0.040	0.0016	0.0001
5	88.000	45.45	1.944	0.002	0.0000	0.0000
6	81.000	54.55	1.908	-0.034	0.0011	0.0000
7	80.000	63.64	1.903	-0.039	0.0015	-0.0001
8	80.000	72.73	1.903	-0.039	0.0015	-0.0001
9	75.000	81.82	1.875	-0.067	0.0045	-0.0003
10	53.000	90.91	1.724	-0.218	0.0474	-0.0103
Jumlah Rerata Log x			19.420		0.1014	-0.0050
Yn			1.942			
Sn			0.495			
Standart Deviasi			0.106			
Cs			-0.586			

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Setelah didapatkan besarnya nilai kemencengan, standart deviasi, dan tinggi hujan rata-rata, maka dapat dihitung besarnya curah hujan rancangan dengan menggunakan kala ulang tertentu. Contoh perhitungan mencari besarnya curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson tipe III adalah sebagai berikut:

- Dalam studi ini karena yang akan direncanakan adalah drainase bawah permukaan lapangan sepak bola maka yang akan digunakan adalah curah hujan rancangan dengan kala ulang 10 tahun.
- Nilai-nilai standart deviasi, rata-rata, dan kemencengan diperoleh dari perhitungan sebelumnya.
- Dari nilai peluang atau probabilitas 1% dan kemencengan -0,586 diperoleh nilai K (tabel 2.3) = 1,891

$$\text{Log } x = \overline{\text{Log } x} + k S$$

$$= 1,942 + (1,891 \times 0,106)$$

$$= 2,070$$

Tabel 4.7 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

No	Tr	Rerata	Sd (log)	Kemencengan (Cs)	P (%)	K	Curah Hujan Rencana	
							(log)	(mm)
1	2	1.942	0.106	-0.586	50.00	0.097	1.952	89.600
2	5	1.942	0.106	-0.586	20.00	0.857	2.033	107.896
3	10	1.942	0.106	-0.586	10.00	1.202	2.070	117,388
4	20	1.942	0.106	-0.586	5.00	1.478	2.099	125.598
5	50	1.942	0.106	-0.586	2.00	1.728	2.126	133.507
6	100	1.942	0.106	-0.586	1.00	1.891	2.143	138.919
7	200	1.942	0.106	-0.586	0.50	2.029	2.157	143.701
8	500	1.942	0.106	-0.586	0.20	2.227	2.178	150.820
9	1000	1.942	0.106	-0.586	0.10	2.293	2.185	153.270

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan di atas maka curah hujan rancangan yang digunakan kala ulang 10 tahun sebesar 117,388 mm. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji kesesuaian distribusi dengan tujuan untuk mengetahui kebenaran dari hipotesa yang telah dilakukan. Uji kesesuaian distribusi ini dibahas dalam sub bab berikutnya.

4.1.5. Uji Kesesuaian Distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi.

Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui:

1. Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diperoleh secara teoritis.
2. Kebenaran hipotesa diterima atau ditolak.

Dalam studi akhir ini, uji kesesuaian distribusi yang digunakan adalah uji Smirnov Kolmogorov dan uji *Chi Square*.

4.1.5.1 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Contoh perhitungan untuk uji kesesuaian distribusi dengan menggunakan metode Smirnov Kolmogorov sebagai berikut:

1. Perhitungan ini bertujuan untuk menganalisa kebenaran dari sebuah hipotesa distribusi frekuensi dalam studi ini distribusi yang digunakan adalah Log Pearson tipe III, sehingga hasil dari perhitungan curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson

tipe III yang nantinya akan diuji. Dalam contoh perhitungan ini dipakai data hujan satu harian tahun 2010 dengan tinggi hujan satu harian sebesar 110 mm.

$$\begin{aligned} 2. \quad \text{Log } x &= \log 110 \\ &= 2,041 \end{aligned}$$

3. Menghitung nilai probabilitas berdasarkan rumus Weibull.

$$\begin{aligned} \text{Pr (Weibull)} &= \frac{m}{1+n} \\ &= \frac{5}{1+10} \\ &= 0,4545 \text{ atau } 45,455\% \end{aligned}$$

4. Hitung nilai standart deviasi dan rata-rata dari keseluruhan nilai log x, dalam perhitungan ini diperoleh nilai standart deviasi sebesar 0,106, dan rata-rata dari keseluruhan nilai log x sebesar 1,942.

$$\begin{aligned} 5. \quad \text{Hitung nilai } \text{Log } x - \overline{\text{Log } x} &= 2,041 - 1,942 \\ &= 0,099 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \quad \text{Hitung nilai } (\text{Log } x - \overline{\text{Log } x})^3 &= (0,099)^3 \\ &= 0,0009 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7. \quad \text{Hitung nilai kemencengan (Cs)} &= \frac{n \sum (\text{Log } x - \overline{\text{Log } x})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \\ &= \frac{10 \times (-0,0009)}{(10-1)(10-2)(0,106)^3} \\ &= -0,586 \end{aligned}$$

8. Menghitung faktor frekuensi (k), rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Log } x &= \overline{\text{Log } x} + k S \\ k &= \frac{\text{Log } x - \overline{\text{Log } x}}{S} \\ &= \frac{2,041 - 1,942}{0,106} \\ &= 0,936 \end{aligned}$$

9. Mencari besarnya nilai probabilitas (Pr), nilai Pr dapat dicari dengan melihat tabel distribusi Log Pearson dari hubungan nilai kemencengan (Cs) dengan faktor frekuensi (k), dengan cara interpolasi maka didapat nilai probabilitas sebesar 17,71%.

10. Menghitung nilai Pt yang didapat dari rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pt} &= 100 - \text{Pr} \\ &= 100 - 17,71 \\ &= 82,29\% \end{aligned}$$

11. Menghitung harga mutlak dari selisih nilai probabilitas Weibull dengan probabilitas tabel.

$$\frac{|P_t - P_w|}{100} = \frac{|82,29 - 27,27|}{100} \\ = 0,096$$

12. Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:



Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Nilai Probabilitas *Weibull*

No	Rmax(mm)	Pe (%)	Log X	Rerata Log X	Standart Deviasi	k	Pr (%)	Pt (%)	D
1	125.00	9.09	2.097	1.942	0.106	1.459	5.35	94.65	0.037
2	110.00	18.18	2.041	1.942	0.106	0.936	17.71	82.29	0.005
3	110.00	27.27	2.041	1.942	0.106	0.936	17.71	82.29	0.096
4	96.00	36.36	1.982	1.942	0.106	0.379	38.86	61.14	0.025
5	88.00	45.45	1.944	1.942	0.106	0.023	52.46	47.54	0.070
6	81.00	54.55	1.908	1.942	0.106	-0.316	63.79	36.21	0.092
7	80.00	63.64	1.903	1.942	0.106	-0.367	65.49	34.51	0.019
8	80.00	72.73	1.903	1.942	0.106	-0.367	65.49	34.51	0.072
9	75.00	81.82	1.875	1.942	0.106	-0.631	74.31	25.69	0.075
10	53.00	90.91	1.724	1.942	0.106	-2.051	96.10	3.90	0.052
D max									0.096

Sumber: Hasil Perhitungan

13. Mencari nilai maksimum dari $|P_t - P_w|$ sebagai D_{\max} kemudian dicocokkan dengan D_{kritis} (tabel 2.5), jika $D_{\max} < D_{\text{kritis}}$ maka distribusi diterima.
14. Untuk perhitungan lainnya ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.9 Perbandingan Nilai D Maksimal Tabel dengan Hasil Perhitungan

No	a (%)	D kritis	D max	Ket
1	1	0.404	0.096	Diterima
2	5	0.338	0.096	Diterima
3	10	0.304	0.096	Diterima
4	15	0.283	0.096	Diterima
5	20	0.266	0.096	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

15. Dari hasil perhitungan di atas diperoleh nilai D_{\max} sebesar 0,096. Nilai D_{\max} lebih kecil dari D_{kritis} sehingga distribusi dapat diterima (memenuhi syarat distribusi).

4.1.5.2 Uji Chi Square

Uji *Chi Square* digunakan untuk menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara sistematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teorinya.

Contoh perhitungan:

- Membagi data pengamatan menjadi beberapa kelas

$$\begin{aligned} k &= 1 - 3,22 \log n \\ &= 1 + 3,22 \log 10 \\ &= 4,22 \approx 5 \text{ (kelas)} \end{aligned}$$

- Misal dipakai data dengan nilai probabilitas 0,20 yang didapat dari rumus Weibull

$$\begin{aligned} Pr &= \frac{m}{1+n} \\ &= \frac{1}{1+4} \\ &= 0,20 \end{aligned}$$

- $C_s = -0,586$ (diambil dari nilai sebelumnya)

- Diketahui:

$$\begin{aligned} Pr &= 0,20 \\ C_s &= -0,586 \end{aligned}$$

- Dengan cara interpolasi diperoleh nilai k sebesar 0,857

$$\begin{aligned} - \log x &= \overline{\log x} + k S \\ &= 1,942 + (0,857 \times 0,106) \end{aligned}$$

$$= 2,033$$

- $\text{Exp}(2,033) = 107,90 \text{ mm}$
- Frekuensi teoritis (E_j) $= \frac{n}{k} = \frac{10}{4,22} = 2,4$
- Frekuensi pengamatan (O_j) diperoleh dari pengelompokan data pengamatan sesuai dengan batas kelasnya. Pada studi ini jumlah data yang nilai lebih dari 107,90 adalah 3.
- Nilai *Chi Square* $= \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$
 $= \frac{(4 - 2,4)^2}{2,4}$
 $= 0,168$
- Dari keseluruhan nilai *Chi Square* dijumlahkan (X^2_{\max}) dan dicocokkan dengan nilai X^2_{tabel} . Nilai X^2_{tabel} diperoleh dari tabel 2.4 dari hubungan nilai derajat bebas (v) dan nilai probabilitas. Misal diambil nilai α (*level of significance*) sama dengan satu persen (berarti nilai probabilitasnya adalah $1 - 0,01 = 0,99$) dan nilai derajat bebas (v) $= 5 - 1 = 4$, maka didapat nilai X^2_{tabel} sebesar $x = 13,277$, jika $X^2_{\max} < X^2_{\text{tabel}}$ maka distribusinya diterima.
- Perhitungan lainnya, langkah dan teorinya sama dengan contoh perhitungan di atas sedangkan hasil dari perhitungan ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil Penentuan Kelas

No	P (%)	Tr	K	Log x	CH Rancangan (mm)
1	20	1.25	0.857	2.033	107.90
2	40	1.67	0.350	1.979	95.33
3	60	2.50	-0.203	1.921	83.28
4	80	5.00	-0.801	1.857	71.94

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Frekuensi Kelas

Interval Kelas	E_j	O_j	$(O_j - E_j)^2 / E_j$
< 71.94	2.4	1	0.792
71.94 - 83.28	2.4	4	1.122
83.28 - 95.33	2.4	1	0.792
95.33 - 107.90	2.4	1	0.792
> 107.90	2.4	3	0.168
Jumlah			3.664

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.12 Perbandingan Nilai X^2_{tabel} dan X^2_{hitung}

No	a (%)	D kritis	D max	Ket
1	1	13.277	3.664	Diterima
2	5	9.488	3.664	Diterima
3	10	7.779	3.664	Diterima
4	20	5.989	3.664	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

- Dari hasil perhitungan di atas diperoleh nilai D_{max} sebesar 1,305. Nilai D_{max} lebih kecil dari D_{kritis} (lihat tabel 2.4) sehingga distribusi dapat diterima (memenuhi syarat distribusi).

4.2. Sistem Drainase Bawah Permukaan

4.2.1. Umum

Dalam studi perencanaan ini membahas tentang fungsi geotekstil pada aplikasi drainase bawah permukaan. Salah satu penyebab kegagalan sistem drainase adalah tererosinya lapisan tanah atas, kemudian butiran tanah yang tererosi tersebut masuk ke saluran drainase dan mengakibatkan penyumbatan. Kestabilan tanah juga harus diperhitungkan dalam perencanaan lapangan sepak bola, karena genangan banyak disebabkan oleh topografi tanah yang tidak rata. Keadaan ini dapat disebabkan oleh kurang stabilnya struktur tanah lapisan bawah, bahkan sering kita jumpai adanya penurunan pada bagian tertentu karena tanah tidak mampu menahan beban di atasnya. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan drainase bawah permukaan adalah :

- Hidrolika geotekstil
- Kemampuan hidrolis tanah
- Jarak Pipa (*drain spacing*)
- Debit maksimum yang dilayani tiap pipa

4.2.2. Perencanaan Struktur Tanah

Pada studi ini digunakan *Polypropylene Non Woven Geotextile* yang diproduksi di Indonesia. Geotekstil ini dipilih karena mempunyai ukuran *opening size* yang sesuai dengan butiran tanah yang digunakan dalam perencanaan lapisan tanah pada lapangan tersebut. Dengan ukuran *opening size* sebesar 0,18 mm, geotekstile ini mampu untuk menahan agar butiran tanah tidak terjadi penurunan muka tanah sehingga permukaan tanah tetap stabil. Adapun keunggulan dari bahan geotekstil ini adalah sebagai berikut (Van Genuchten, 1980) :

1. Mempertahankan kestabilan tanah
2. Sangat porus sehingga dapat dengan mudah mengalirkan air

3. Struktur kuat dan tidak mudah rusak
4. Dapat dipasang pada kemiringan curam karena mampu menahan gaya vertikal
5. Berfungsi sebagai filter yang dapat menyaring agregat tanah

Keuntungan lain yang dapat diperoleh dari penggunaan geotekstil

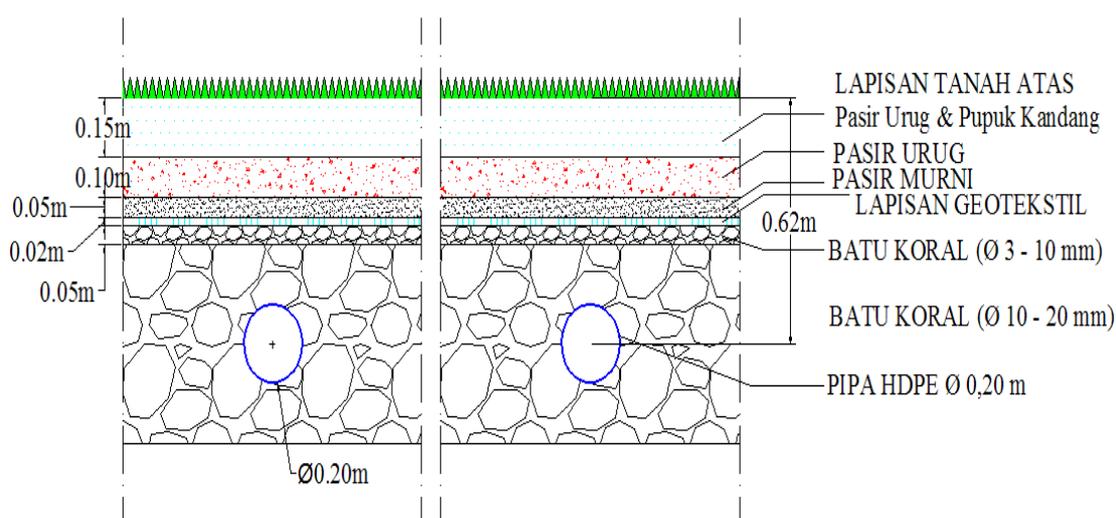
1. Penggunaan agregat batuan menjadi lebih sedikit
2. Memungkinkan penggunaan agregat drainase yang lebih terbuka
3. Memungkinkan tidak digunakannya pipa-pipa kolektor
4. Memelihara kontinuitas sistem pada areal yang luas

Karena geotekstil merupakan bahan dengan kinerja yang setara dengan filter granuler yang relatif murah, mempunyai telah banyak digunakan sebagai filter untuk menggantikan filter tanah konvensional.

Berikut ini profil Polypropylene Non Woven geotekstil :

Agen/Pabrik	: PT. Teknindo Geosistem Unggul
Nama Produk	: <i>Polypropylene Nonwoven Geotextile</i>
Polimer inti	: Polypropylene
Ukuran roll	: 4 x 400 m = 400m ²
Ketebalan	: 2,0 mm (ASTM D 5199)
Opening Size	: 0,16 mm (ASTM D 4751)
Flow rate (q)	: 40 l/m ²

Susunan tanah dengan menggunakan geotekstil direncanakan seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 4.1 Potongan melintang drainase bawah permukaan lapangan

Perencanaan sistem drainase dengan menggunakan geotekstil adalah sebagai berikut (Prodjopangarso, 1987) :

A. Lapisan atas

Lapisan atas dari lapangan adalah rumput dan dibawahnya terdapat lapisan penutup yang terdiri dari pasir urug dan pupuk kandang dengan perbandingan 4 : 1. Tebal lapisan tersebut adalah 15 cm. Nilai koefisien permeabilitas (k) = 0,007 cm/detik, dan besarnya $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$.

B. Lapisan pasir urug

Lapisan pasir urug ini terletak dibawah lapisan atas yang komposisinya terdiri dari 75% pasir (*sand*), 15% lumpur (*silt*), 10% lempung (*clay*) setebal 10 cm. Nilai koefisien permeabilitas (k) = 0,00095 cm/detik dan besarnya $\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$.

C. Pasir murni

Lapisan pasir murni terletak dibawah lapisan pasir urug. Tebal lapisan ini adalah 5 cm. Nilai koefisien permeabilitasnya (k) = 0,04 cm/detik dan besarnya $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

D. Lapisan Geotekstil

Merupakan bagian dari sistem drainase yang berfungsi sebagai filter dan mampu mempertahankan kestabilan tanah sehingga tidak terjadi penurunan pada bagian tertentu. Terbuat dari bahan *Polypropylene Nonwoven Geotextile* yang diproduksi oleh PT. Teknindo Sistem Unggul. Nilai koefisien permeabilitasnya (k) = 0,16 cm/detik.

E. Batu koral

Lapisan ini terdiri dari dua jenis batu koral dengan diameter yang berbeda. Bagian atas terdiri dari batu koral dengan diameter 3 – 10 mm dan tebal lapisan 5 cm. dengan nilai (k) = 1,5 cm/detik. Sedangkan bagian bawah tersusun oleh batu koral dengan diameter 10 – 20 mm dan tebalnya 25 cm. Nilai koefisien permeabilitas (k) = 4 cm/detik. Dibagian tengah dari lapisan koral tersebut diletakkan pipa drainase.

F. Saluran *sub surface* (pipa)

Pada lapisan batu koral terdapat saluran pipa bawah tanah yang berfungsi untuk membuang air yang meresap untuk selanjutnya disalurkan ke *collector drain* yang terletak di pingir lapangan.

G. Tanah asli

Tanah asli adalah tanah yang berada pada lapisan paling bawah dari sistem drainase, dan merupakan tanah asli daerah tersebut. Nilai koefisien permeabilitasnya (k) = 0,00067 cm/detik

4.2.3. Perencanaan Struktur Lapisan Tanah

Dari hasil perencanaan struktur tanah dengan menggunakan geotekstil, maka direncanakan kedalaman pipa berada 85,2 cm dari permukaan tanah. Dengan perencanaan diatas diketahui bahwa tanah yang digunakan terdiri dari beberapa lapisan dan memiliki koefisien permeabilitas yang berbeda-beda. Maka, diperlukan perhitungan besarnya koefisien permeabilitas tanah *ekivalen* (kv_{eq}) dengan arah aliran vertikal. Untuk ketebalan masing-masing lapisan sesuai dengan perencanaan sistem drainase dihitung dengan rumus (Braja M. Das, 1998:92). Berikut perhitungan konduktivitas hidrolik lapisan tanah di atas level drainase (Ka_{eq}) :

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| a) Lapisan tanah 1 | : pasir urug dan pupuk kandang |
| Koefisien permeabilitas | : 0,007 cm/detik |
| b) Lapisan tanah 2 | : pasir urug |
| Koefisien permeabilitas | : 0,00095 cm/detik |
| c) Lapisan tanah 3 | : pasir murni |
| Koefisien permeabilitas | : 0,04 cm/detik |
| d) Lapisan tanah 4 | : Geotekstil |
| Koefisien permeabilitas | : 0,16 cm/detik |
| e) Lapisan tanah 5 | : batu koral 3 – 10 mm |
| Koefisien permeabilitas | : 1,5 cm/detik |
| f) Lapisan tanah 6 | : Batu koral 10 – 20 mm |
| Koefisien permeabilitas | : 1,5 cm/detik |

$$Ka_{eq} = \frac{H}{\left(\frac{H_1}{kv_1}\right) + \left(\frac{H_2}{kv_2}\right) + \left(\frac{H_3}{kv_3}\right) + \dots + \left(\frac{H_n}{kv_n}\right)}$$

$$Ka_{eq} = \frac{60,2}{\left(\frac{15}{0,007}\right) + \left(\frac{10}{0,00095}\right) + \left(\frac{5}{0,04}\right) + \left(\frac{0,2}{0,16}\right) + \left(\frac{5}{1,5}\right) + \left(\frac{20}{4}\right)}$$

$$Ka_{eq} = \frac{60,2}{12805,0063} = 0,004701 \text{ cm/detik}$$

Konduktivitas hidrolik di bawah level drainase (Kb_{eq})

$$Kb_{eq} = \frac{H}{\left(\frac{H_1}{kv_1}\right) + \left(\frac{H_2}{kv_2}\right) + \left(\frac{H_3}{kv_3}\right) + \dots + \left(\frac{H_n}{kv_n}\right)}$$

$$Kb_{eq} = \frac{100}{\left(\frac{25}{4}\right) + \left(\frac{75}{0,00067}\right)}$$

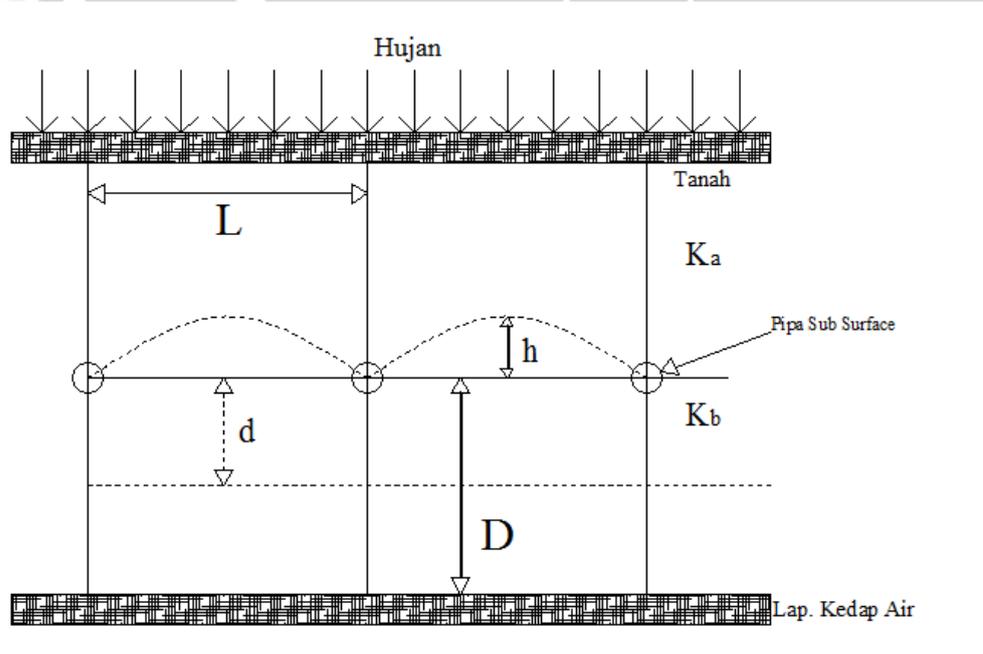
$$Kb_{eq} = \frac{100}{111946,55} = 0,00089 \text{ cm/detik}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai Ka_{eq} tanah sebesar 0,0047 cm/detik, sehingga nilai Ka_{eq} tanah di lapangan sepakbola Akademi sepakbola ASIFA sesuai dengan rekomendasi FIFA (*Federation International Football Associaton*) yaitu untuk koefisien Permeabilitas tanah sebesar 0,005 cm/detik.

4.3 Perencanaan Pipa Drainase Bawah Tanah

4.3.1. Jarak Pipa Drain

Perencanaan pipa drainase bawah tanah pada lapangan sepak bola digunakan untuk mengetahui kemampuan sistem drainase dalam mereduksi genangan yang terjadi, sehingga dapat diketahui apakah sistem drainase nantinya mampu secara maksimal menampung debit buangan air hujan yang terjadi. Adapun tahap-tahap perhitungannya adalah :



Gambar 4.2 Perletakan Saluran Drainase Bawah Permukaan

Sumber : Prodjopangarso, 1987

keterangan :

L = jarak saluran (m)

K_a = konduktivitas hidrolis untuk lapisan di atas saluran (m/detik)

K_b = konduktivitas hidrolis untuk lapisan di bawah saluran (m/detik)

h = tinggi muka air resapan diatas saluran dan tengah – tengah kedua saluran (m)

D = Jarak dari lapisan kedap ke muka air pada saluran drainase (m)

d = *Equivalentent depth* yaitu fungsi dari L , r_o , dan D sebagai pengganti ketebalan D (m)

- Perhitungan Diameter Pipa (*Interceptor Drain*)

Untuk menghitung diameter pipa, digunakan debit limpasan permukaan lapangan sehingga air limpasan hujan yang menggenang dapat segera di buang melalui sistem drainase bawah permukaan. Berikut perhitungan debit limpasan permukaan :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 37,5 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,005 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

$$= \left(\frac{0,87 \times 0,0375^2}{1000 \times 0,005} \right)^{0,385}$$

$$= 0,0407 \text{ jam}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

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

$$= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0407} \right)^{2/3}$$

$$= 343,936 \text{ mm/jam}$$

6. Perhitungan Debit limpasan lapangan, dengan data yang digunakan :

$$\text{Koefisien Pengaliran (c)} = 0,08$$

$$\text{Luas lapangan (A)} = 0,825 \text{ ha}$$

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,00278 \cdot 0,08 \cdot 343,936 \cdot 0,825$$

$$= 0,063 \text{ m}^3/\text{detik}$$

data-data lain yang digunakan adalah :

$$\text{Koefisien hidrolis untuk lapisan di atas saluran (ka)} = 0,00470 \text{ cm/detik}$$

$$\text{Koefisien hidrolis untuk lapisan di bawah saluran (kb)} = 0,00089 \text{ cm/detik}$$

$$\text{Jarak antar muka air tertinggi dengan muka air di saluran (h)} = 40,2 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi antara air di pipa ke lapisan kedap air (D)} = 100 \text{ cm}$$

$$n = 0,009 \text{ (HDPE Perforated Corrugated Pipe)}$$

$$s = 0,007$$

$$Q = 0,063 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Luas} = \pi r^2$$

$$P = 2 \pi r$$

$$\begin{aligned}
 R &= A/P \\
 &= r \\
 Q &= (1/n) \times (r^{2/3}) \times s^{0,5} \times A \\
 0,063 &= (1/0,009) \times (r^{2/3}) \times 0,007 \times \pi r^2 \\
 0,063 &= (1/0,009) \times r^{2/3} \times (0,007)^{1/2} \times \pi r^2 \\
 r^{8/3} &= 0,00216 \\
 r_0 &= 0,10013 \text{ m} \\
 r &= 10,013 \text{ cm} \\
 d &= 20,025 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan jarak pipa

Pada studi ini, perencanaan jarak pipa drainase dicari menggunakan rumus hooghoudt. Jarak pipa dihitung dengan cara coba-coba, langkah perhitungannya adalah

- mencari nilai d berdasarkan fungsi (L, r_0 , D) pada tabel lampiran
- q menggunakan debit limpasan permukaan di lapangan = 0,0000076 m³/detik
- Menghitung jarak pipa

$$R = q = \frac{4 K_a h^2 + 8 K_b d h}{L^2}$$

Persamaan tersebut dapat diubah menjadi :

$$L^2 = \frac{4 K_a h^2 + 8 K_b d h}{q}$$

$$L^2 = \frac{4 \cdot 0,000047 \cdot 0,402^2 + 8 \cdot 0,0000089 \cdot d \cdot 0,402}{0,0000076}$$

$$L^2 = 3,97298 + 3,75572d$$

- **Coba 1**

L = 5 m, dari tabel : d = 0,67 m

$$L^2 = 3,97298 + 3,75572 \times 0,67$$

$$L^2 = 6,489$$

L = 2,6 m \neq 5 m, sehingga L terlalu kecil

- **Coba 2**

L = 2,5 m, dari tabel : d = 0,60 m

$$L^2 = 3,97298 + 3,75572 \times 0,60$$

$$L^2 = 6,22$$

L = 2,495 m \approx 2,5 m

Dari langkah diatas nilai L harus sama atau mendekati, jika belum sama atau mendekati maka harus dicari lagi dengan cara coba-coba.

- Mengoreksi nilai d dengan menggunakan tabel nilai d ekuivalen (terlampir)

$$\Delta = \frac{D}{r_o} = \frac{1}{0,094} = 10,7$$

$$\lambda = \frac{L}{r_o} = \frac{2,5}{0,094} = 26,7$$

Dari tabel untuk $\Delta = 10,7$ dan $\lambda = 26,7$ didapat $\delta = 6,3$

$$\delta = \frac{d}{r_o}$$

$$d = r_o \times \delta$$

$$= 0,094 \times 6,3$$

$$= 0,59 \text{ m} \approx 0,60 \text{ m}$$

Maka, dengan $d = 0,60 \text{ m}$ yang didapat dari tabel hooghoudt nilainya mendekati d koreksi, sehingga diambil *drain spacing* $L = 2,5 \text{ m}$

4.3.2. Perhitungan Diameter Pipa Saluran Pengumpul (*Collector Drain*) B

Di saluran ini, air drainase berasal dari sistem drainase bawah permukaan yang dialirkan melalui tiap-tiap pipa resapan (*Interceptor Drain*) menuju ke saluran *collector drain* pada pinggir lapangan. Saluran pipa *collector* di sisi lapangan ini merupakan saluran tertutup berbahan buis beton berbentuk lingkaran.

Debit yang dialirkan melalui saluran *collector drain* pada pinggir lapangan merupakan debit kumulatif dari sistem drainase bawah permukaan. Pipa *collector drain* yang debitnya berasal dari pipa *interceptor drain* 1-22 diberi nama Saluran *Collector drain* B Timur 1, sedangkan Pipa *collector drain* yang debitnya berasal dari pipa *interceptor drain* 23-44 diberi nama Saluran *Collector drain* B Timur 2. Begitu juga penamaan pada saluran *collector drain* di sisi barat, Pipa *collector drain* yang debitnya berasal dari pipa *interceptor drain* 45-66 diberi nama Saluran *Collector drain* B Barat 1 dan Pipa *collector drain* yang debitnya berasal dari pipa *interceptor drain* 67-88 diberi nama Saluran *Collector drain* B Barat 2.

4.3.2.1. Perhitungan Saluran *Collector Drain* B Area Timur 1

Pada saluran *collector* B timur 1 ini menggunakan debit kumulatif pipa *interceptor drain* nomor 1 - 22 yang alirannya menuju ke bak penampung (*water tank*) untuk nantinya air yang tertampung dapat digunakan kembali. Perhitungan debit pipa dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan debit tiap pipa menuju saluran *collector B* Timur 1

No.Pipa	Debit pipa per satuan luas permukaan	Jarak antar pipa	Panjang Pipa	Debit
	(q)	(L)	(P)	(Q)
	(m/s)	(m)	(m)	(m ³ /detik)
1	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
2	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
3	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
4	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
5	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
6	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
7	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
8	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
9	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
10	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
11	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
12	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
13	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
14	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
15	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
16	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
17	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
18	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
19	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
20	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
21	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
22	0.00000765	2.5	37.5	0.000717

Sumber :Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan total saluran *interceptor drain* dapat diketahui debit saluran *collector drain* sebesar 0,0158 m³/dtk, maka perhitungan diameter saluran *collector drain* timur B 1 sebagai berikut :

Data yang digunakan adalah :

$$Q = 0,0158 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$s = 0,001$$

$$n = 0,010$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

$$Q = V \times A$$

$$= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$0,0158 = (1/0,010) \cdot r^{2/3} \cdot (0,001)^{1/2} \cdot \pi r^2$$

$$0,0158 = 8,275 r^{8/3}$$

$$0,0019 = r^{8/3}$$

$$r = 0,096 \text{ m}$$

$$= 9,552 \text{ cm}$$

$$d = 19,10 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diameter saluran *collector* yang berada di sisi lapangan sebelah timur didapatkan diameter 19,10 cm, karena diasumsi air hanya memenuhi 0,5 dari diameter pipa maka akan digunakan *buis* beton dengan diameter 40 cm.

4.3.2.2. Perhitungan Saluran *Collector Drain B Area Timur 2*

Pada saluran *collector* timur 2 ini menggunakan debit kumulatif pipa *interceptor* no 23 - 44 yang alirannya menuju ke bak penampung (*watertank*) untuk nantinya air yang tertampung dapat digunakan kembali. Perhitungan debit pipa dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Perhitungan debit tiap pipa menuju saluran *collector* timur 2

No.Pipa	Debit pipa per satuan luas permukaan	Jarak antar pipa	Panjang Pipa	Debit
	(q)	(L)	(P)	(Q)
	(m/s)	(m)	(m)	(m ³ /detik)
23	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
24	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
25	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
26	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
27	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
28	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
29	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
30	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
31	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
32	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
33	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
34	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
35	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
36	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
37	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
38	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
39	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
40	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
41	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
42	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
43	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
44	0.00000765	2.5	37.5	0.000717

Sumber :Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan total saluran *interceptor drain* dapat diketahui debit saluran *collector drain* sebesar 0,0158 m³/dtk, maka perhitungan diameter saluran *collector* timur 2 sebagai berikut :

Data yang digunakan adalah :

$$Q = 0,0158 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$s = 0,001$$

$$n = 0,010$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

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

$$0,0158 = (1/0,010) \cdot r^{2/3} \cdot (0,001)^{1/2} \cdot \pi r^2$$

$$0,0158 = 8,275 r^{8/3}$$

$$0,0019 = r^{8/3}$$

$$r = 0,096 \text{ m}$$

$$= 9,552 \text{ cm}$$

$$d = 19,10 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diameter saluran *collector* yang berada di sisi lapangan sebelah timur didapatkan diameter 19,10 cm, karena diasumsi air hanya memenuhi 0,5 dari diameter pipa maka akan digunakan buis beton dengan diameter 40 cm.

4.3.2.3. Perhitungan Saluran Collector Drain B Area Barat 1

Pada saluran *collector* barat 2 ini menggunakan debit kumulatif pipa *interceptor* no 45 - 66 yang alirannya menuju ke bak penampung (*watertank*) untuk nantinya air yang tertampung dapat digunakan kembali. Perhitungan debit pipa dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel 4.15 Perhitungan debit tiap pipa menuju saluran *collector* barat 1

No.Pipa	Debit pipa per satuan luas permukaan	Jarak antar pipa	Panjang Pipa	Debit
	(q)	(L)	(P)	(Q)
	(m/s)	(m)	(m)	(m ³ /detik)
45	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
46	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
47	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
48	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
49	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
50	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
51	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
52	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
53	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
54	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
55	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
56	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
57	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
58	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
59	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
60	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
61	0.00000765	2.5	37.5	0.000717

62	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
63	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
64	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
65	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
66	0.00000765	2.5	37.5	0.000717

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan total saluran *interceptor drain* dapat diketahui debit saluran *collector* sebesar 0,0158 m³/dtk, maka perhitungan diameter saluran *collector* barat 1 sebagai berikut :

Data yang digunakan adalah :

$$Q = 0,0158 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$s = 0,001$$

$$n = 0,010$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

$$Q = V \times A$$

$$= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$0,0158 = (1/0,010) \cdot r^{2/3} \cdot (0,001)^{1/2} \cdot \pi r^2$$

$$0,0158 = 8,275 r^{8/3}$$

$$0,0019 = r^{8/3}$$

$$r = 0,096 \text{ m}$$

$$= 9,552 \text{ cm}$$

$$d = 19,10 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diameter saluran *collector* yang berada di sisi lapangan sebelah timur didapatkan diameter 19,10 cm, karena diasumsi air hanya memenuhi 0,5 dari diameter pipa maka akan digunakan buis beton dengan diameter 40 cm.

4.3.2.4. Perhitungan Saluran *Collector Drain B Area Barat 2*

Pada saluran *collector* barat 2 ini menggunakan debit kumulatif pipa *interceptor* no 67 - 88 yang alirannya menuju ke bak penampung (*watertank*) untuk nantinya air yang tertampung dapat digunakan kembali. Perhitungan debit pipa dapat dilihat pada tabel 4.16

Tabel 4.16 Perhitungan debit tiap pipa menuju saluran *collector* barat 2

No.Pipa	Debit pipa per satuan luas permukaan	Jarak antar pipa	Panjang Pipa	Debit
	(q)	(L)	(P)	(Q)
	(m/s)	(m)	(m)	(m ³ /detik)
67	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
68	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
69	0.00000765	2.5	37.5	0.000717

70	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
71	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
72	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
73	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
74	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
75	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
76	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
77	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
78	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
79	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
80	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
81	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
82	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
83	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
84	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
85	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
86	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
87	0.00000765	2.5	37.5	0.000717
88	0.00000765	2.5	37.5	0.000717

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan total saluran *interceptor drain* dapat diketahui debit saluran *collector* sebesar 0,0158 m³/dtk, maka perhitungan diameter saluran *collector barat 2* sebagai berikut :

Data yang digunakan adalah :

$$Q = 0,0158 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$s = 0,001$$

$$n = 0,010$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

$$Q = V \times A$$

$$= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$0,0158 = (1/0,010) \cdot r^{2/3} \cdot (0,001)^{1/2} \cdot \pi r^2$$

$$0,0158 = 8,275 r^{8/3}$$

$$0,0019 = r^{8/3}$$

$$r = 0,096 \text{ m}$$

$$= 9,552 \text{ cm}$$

$$d = 19,10 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diameter saluran *collector* yang berada di sisi lapangan sebelah timur didapatkan diameter 19,10 cm, karena diasumsi air hanya memenuhi 0,5 dari diameter pipa maka akan digunakan buis beton dengan diameter 40 cm.

4.3.3. Perhitungan Dimensi Bak Penampung Saluran *Collector Drain*

Terdapat dua bak penampung yang menyesuaikan dengan letak *water tank*. Bak penampung direncanakan dapat menampung air yang berasal dari saluran *Collector Drain* area barat dan timur sebelum disalurkan menuju *water tank*. Terdapat 2 bak penampung yang direncanakan, yaitu bak penampung Timur dan bak penampung Barat. Bak penampung Timur mengakomodir debit yang berasal dari *Collector drain* B timur sebelum disalurkan menuju *water tank* timur, lalu Bak penampung Barat menampung debit yang berasal dari *collector drain* B barat sebelum disalurkan menuju *water tank* barat. Berikut perhitungannya :

4.3.3.1 Perhitungan Dimensi Bak Penampung Saluran *Collector Drain* Timur

Debit total yang diterima bak penampung timur dari saluran *collector* timur 1 dan 2 = $0,0315 \text{ m}^3/\text{detik}$

Dari debit total bak penampung di atas, maka direncanakan kapasitas bak penampung, yaitu:

$$\text{Panjang (p)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (b)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, didapat volume bak penampung sebesar} &= b \times p \times h \\ &= 1 \times 1 \times 1 \\ &= 1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas bak penampung lebih besar daripada debit yang masuk. Sehingga dimensi yang direncanakan untuk kedua bak penampung dapat digunakan.

4.3.3.2 Perhitungan Dimensi Bak Penampung Saluran *Collector Drain* Barat

Debit total yang diterima bak penampung barat dari saluran *collector* barat 1 dan 2 = $0,0315 \text{ m}^3/\text{detik}$

Dari debit total bak penampung di atas, maka direncanakan kapasitas bak penampung, yaitu:

$$\text{Panjang (p)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (b)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, didapat volume bak penampung sebesar} &= b \times p \times h \\ &= 1 \times 1 \times 1 \\ &= 1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas bak penampung lebih besar daripada debit yang masuk. Sehingga dimensi yang direncanakan untuk kedua bak penampung dapat digunakan.

4.3.4. Perhitungan Saluran Terusan *Collector Drain B* Menuju *Water tank*

Saluran ini berfungsi untuk mengalirkan debit kumulatif saluran *collector* pada pinggir lapangan menuju *water tank* dan membuang kelebihan air pada *water tank* untuk dialirkan menuju saluran *conveyor*.

Dari hasil di atas dapat diketahui debit saluran pengumpul sebesar $0,0315 \text{ m}^3/\text{dtk}$, maka perhitungan diameter saluran *collector* sebagai berikut:

Data yang digunakan adalah :

$$Q = 0,0315 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$s = 0,005$$

$$n = 0,010$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

$$Q = V \times A$$

$$= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$0,0315 = (1/0,016) \cdot r^{2/3} \cdot (0,005)^{1/2} \cdot \pi r^2$$

$$0,0315 = 22,203 r^{8/3}$$

$$0,0014 = r^{8/3}$$

$$r = 0,086 \text{ m}$$

$$= 8,555 \text{ cm}$$

$$d = 17,11 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diameter saluran *collector* didapatkan saluran dengan diameter 17,11 cm, maka akan digunakan pipa pvc dengan diameter 20 cm.

4.4. Perhitungan Debit limpasan

Debit limpasan adalah debit yang mengalir di permukaan dan tidak mengalami pengurangan akibat peresapan ke dalam tanah. Debit limpasan yang terjadi di area sekitar lapangan berasal dari air hujan yang harus dibuang secepatnya melalui sistem drainase bawah permukaan, namun untuk mengantisipasi bilamana sistem drainase bawah permukaan mengalami penyumbatan dan tidak dapat membuang air limpasan permukaan maka diperlukan saluran terbuka dengan penampang segi empat untuk menerima limpasan dari lapangan dan trek atletik. Saluran ini terletak di antara trek atletik dan lapangan, dari saluran tersebut debit drainase akan dialirkan menuju saluran utama kompleks Arhanud di sekeliling area lapangan.

4.4.1. Debit Limpasan Area Barat

4.4.1.1. Perhitungan Debit Limpasan Lapangan

Dalam perhitungan debit limpasan lapangan area barat, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 42,5 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,005 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 0,0425^2}{1000 \times 0,005} \right)^{0,385} \\
 &= 0,0448 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0407} \right)^{2/3} \\
 &= 322,533 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan lapangan, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,08
 - Luas lapangan (A) = 0,372 ha
- $$\begin{aligned}
 Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\
 &= 0,00278 \cdot 0,08 \cdot 322,533 \cdot 0,3720 \\
 &= 0,0267 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

4.4.1.2. Perhitungan Debit Limpasan Trek Atletik

Dalam perhitungan debit limpasan, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 4 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,007 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 0,004^2}{1000 \times 0,007} \right)^{0,385} \\
 &= 0,006 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{24}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,006} \right)^{2/3} \\
 &= 1182,849 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan trek atletik, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,15
 - Luas track atletik (A) = 0,047 ha
- $$\begin{aligned}
 Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\
 &= 0,00278 \cdot 0,15 \cdot 1182,849 \cdot 0,047 \\
 &= 0,023 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

4.4.1.3. Perhitungan Dimensi Saluran Penerima (*Interceptor Drain*) A Area Barat

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

- Diketahui data-data sebagai berikut :

$$n = 0,013 \text{ (Beton cor)}$$

$$i = 0,003$$

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,0267 + 0,023 \\
 &= 0,0497 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

- Untuk saluran segi empat dengan penampang ekonomis dimisalkan $b = h$, selanjutnya dihitung luas bidang basah.

$$A = b \times h$$

$$A = h \times h = h^2$$

- Ditentukan keliling basah saluran

$$P = b + 2h$$

$$P = h + 2h = 3h$$

- Menentukan jari – jari basah saluran

$$R = A / P$$

$$R = h^2 / 3h = 0,33h$$

- Menghitung kecepatan air di saluran

$$\begin{aligned}
 V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= (1/0,015) \cdot (0,333h)^{2/3} \cdot (0,003)^{1/2} \\
 &= 1,216 h^{2/3}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas saluran

$$Q = A \times V$$

$$Q = h^2 \times 1,216 h^{2/3}$$

$$Q = 1,216 h^{8/3}$$

$$0,0497 = 1,216 h^{8/3}$$

$$0,041 = h^{8/3}$$

$$h = 0,302 \text{ m}$$

$$b = h = 0,302 \text{ m}$$

$$W = 1/3 h$$

$$= 0,3 / 3$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

jadi, dimensi saluran pada pinggir trek atletik ini adalah :

$$H = h + W$$

$$= 30 + 10$$

$$= 40 \text{ cm}$$

4.4.1.4. Perhitungan Debit Limpasan Lahan Hijau

Dalam perhitungan debit limpasan, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 20 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,01 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned} t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\ &= \left(\frac{0,87 \times 0,020^2}{1000 \times 0,01} \right)^{0,385} \\ &= 0,0192 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0192} \right)^{2/3} \\ &= 567,391 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan area hijau, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,13
- Luas area hijau (A) = 0,245 ha

$$\begin{aligned} Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,00278 \cdot 0,13 \cdot 567,391 \cdot 0,245 \\ &= 0,0504 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

4.4.2. Debit Limpasan Total Dari Lapangan Area Utara

4.4.2.1. Perhitungan Debit Limpasan Lapangan

Dalam perhitungan debit limpasan lapangan area utara, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 40,0 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,005 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned} t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\ &= \left(\frac{0,87 \times 0,040^2}{1000 \times 0,005} \right)^{0,385} \\ &= 0,0428 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0428} \right)^{2/3} \\ &= 332,728 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan lapangan, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,08
 - Luas lapangan (A) = 0,173 ha
- $$\begin{aligned} Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,00278 \cdot 0,08 \cdot 332,728 \cdot 0,173 \\ &= 0,01279 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

4.4.2.2. Perhitungan Debit Limpasan Trek Atletik

Dalam perhitungan debit limpasan trek atletik area utara, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 4 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,007 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned} t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\ &= \left(\frac{0,87 \times 0,004^2}{1000 \times 0,007} \right)^{0,385} \\ &= 0,006 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,006} \right)^{2/3} \\
 &= 1182,849 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan trek atletik, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,15
 - Luas track atletik (A) = 0,035 ha
- $$\begin{aligned}
 Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\
 &= 0,00278 \cdot 0,15 \cdot 1182,849 \cdot 0,035 \\
 &= 0,0172 \text{ m}^3/\text{detik}.
 \end{aligned}$$

4.4.2.3. Perhitungan Dimensi Saluran Penerima (*Interceptor Drain*) Utara

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

- Diketahui data-data sebagai berikut :
 - n = 0,013 (Beton cor)
 - i = 0,003
 - Q = 0,013 + 0,017
 - = 0,030 m³/detik
- Untuk saluran segi empat dengan penampang ekonomis dimisalkan b = h, selanjutnya dihitung luas bidang basah.

$$A = b \times h$$

$$A = h \times h = h^2$$

- Ditentukan keliling basah saluran
 - P = b + 2h
 - P = h + 2h = 3h
- Menentukan jari – jari basah saluran

$$R = A / P$$

$$R = h^2 / 3h = 0,33h$$

- Menghitung kecepatan air di saluran

$$\begin{aligned}
 V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= (1/0,015) \cdot (0,333h)^{2/3} \cdot (0,003)^{1/2} \\
 &= 1,216 h^{2/3}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas saluran

$$Q = A \times V$$

$$\begin{aligned}
 Q &= h^2 \times 1,216 h^{2/3} \\
 Q &= 1,216 h^{8/3} \\
 0,030 &= 1,216 h^{8/3} \\
 0,025 &= h^{8/3} \\
 h &= 0,250 \text{ m} \\
 b &= h = 0,25 \text{ m} \\
 W &= 1/3 h \\
 &= 0,25 / 3 \\
 &= 0,083 \text{ m}
 \end{aligned}$$

jadi, dimensi saluran pada pinggir trek atletik ini adalah :

$$\begin{aligned}
 H &= h + W \\
 &= 25 + 8 \\
 &= 33 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4.4.2.4. Perhitungan Debit Limpasan Lahan Hijau

Dalam perhitungan debit limpasan lahan hijau area utara, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 37,4 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,01 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 0,0374^2}{1000 \times 0,01} \right)^{0,385} \\
 &= 0,0311 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0311} \right)^{2/3} \\
 &= 411,469 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan area hijau, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,13
 - Luas area hijau (A) = 0,346 ha
- $$\begin{aligned}
 Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\
 &= 0,00278 \cdot 0,13 \cdot 411,469 \cdot 0,346
 \end{aligned}$$

$$= 0,051 \text{ m}^3/\text{detik.}$$

4.4.3. Debit Limpasan Total dari Lapangan Area Timur

4.4.3.1. Perhitungan Debit Limpasan Lapangan

Dalam perhitungan debit limpasan lapangan area timur, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 42,5 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,005 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned} t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\ &= \left(\frac{0,87 \times 0,0425^2}{1000 \times 0,005} \right)^{0,385} \\ &= 0,0448 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0448} \right)^{2/3} \\ &= 322,533 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan lapangan, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,08
 - Luas lapangan (A) = 0,372 ha
- $$\begin{aligned} Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,00278 \cdot 0,08 \cdot 322,533 \cdot 0,372 \\ &= 0,0267 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

4.4.3.2. Perhitungan Debit Limpasan Trek Atletik

Dalam perhitungan debit limpasan trek atletik area timur, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 4 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,007 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned} t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\ &= \left(\frac{0,87 \times 0,004^2}{1000 \times 0,007} \right)^{0,385} \end{aligned}$$

$$= 0,006 \text{ jam}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,006} \right)^{2/3} \\ &= 1182,849 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan trek atletik, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,15
 - Luas track atletik (A) = 0,047 ha
- $$\begin{aligned} Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,00278 \cdot 0,15 \cdot 1182,849 \cdot 0,047 \\ &= 0,0231 \text{ m}^3/\text{detik.} \end{aligned}$$

4.4.3.3. Perhitungan Dimensi Saluran Penerima (*Interceptor Drain*) A Timur

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

- Diketahui data-data sebagai berikut :

$$n = 0,013 \text{ (Cor beton)}$$

$$i = 0,003$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,027 + 0,023 \\ &= 0,050 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- Untuk saluran segi empat dengan penampang ekonomis dimisalkan $b = h$, selanjutnya dihitung luas bidang basah.

$$A = b \times h$$

$$A = h \times h = h^2$$

- Ditentukan keliling basah saluran

$$P = b + 2h$$

$$P = h + 2h = 3h$$

- Menentukan jari – jari basah saluran

$$R = A / P$$

$$R = h^2 / 3h = 0,33h$$

- Menghitung kecepatan air di saluran

$$\begin{aligned} V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ &= (1/0,015) \cdot (0,333h)^{2/3} \cdot (0,003)^{1/2} \\ &= 1,216 h^{2/3} \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas saluran

$$\begin{aligned}
 Q &= A \times V \\
 Q &= h^2 \times 1,216 h^{2/3} \\
 Q &= 1,216 h^{8/3} \\
 0,0500 &= 1,216 h^{8/3} \\
 0,041 &= h^{8/3} \\
 h &= 0,302 \text{ m} \\
 b &= h = 0,30 \text{ m} \\
 W &= 1/3 h \\
 &= 0,3 / 3 \\
 &= 0,10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

jadi, dimensi saluran pada pinggir trek atletik ini adalah :

$$\begin{aligned}
 H &= h + W \\
 &= 30 + 10 \\
 &= 40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4.4.3.4. Perhitungan Debit Limpasan Lahan Hijau

Dalam perhitungan debit limpasan lahan hijau area utara, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 23 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,01 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 0,023^2}{1000 \times 0,01} \right)^{0,385} \\
 &= 0,0214 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0214} \right)^{2/3} \\
 &= 528,110 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan area hijau, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,13
- Luas area hijau (A) = 0,245 ha

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\
 &= 0,00278 \cdot 0,13 \cdot 528,110 \cdot 0,245 \\
 &= 0,0468 \text{ m}^3/\text{detik}.
 \end{aligned}$$

4.4.4. Debit Limpasan Total Dari Lapangan Area Selatan

4.4.4.1. Perhitungan Debit Limpasan Lapangan

Dalam perhitungan debit limpasan lapangan area selatan, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 40,0 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,005 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 0,040^2}{1000 \times 0,005} \right)^{0,385} \\
 &= 0,0428 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0428} \right)^{2/3} \\
 &= 332,728 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan lapangan, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,08
- Luas lapangan (A) = 0,173 ha

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\
 &= 0,00278 \cdot 0,08 \cdot 332,728 \cdot 0,173 \\
 &= 0,01279 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

4.4.4.2. Perhitungan debit limpasan trek atletik

Dalam perhitungan debit limpasan trek atletik area selatan, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 4 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,007 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 0,004^2}{1000 \times 0,007} \right)^{0,385} \\
 &= 0,006 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,006} \right)^{2/3} \\
 &= 1182,849 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan trek atletik, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,15
 - Luas track atletik (A) = 0,035 ha
- $$\begin{aligned}
 Q &= 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \\
 &= 0,00278 \cdot 0,15 \cdot 1182,849 \cdot 0,035 \\
 &= 0,0172 \text{ m}^3/\text{detik.}
 \end{aligned}$$

4.4.4.3. Perhitungan Dimensi Saluran Penerima (*Interceptor Drain*) A Selatan

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

- Diketahui data-data sebagai berikut :

$$n = 0,013 \text{ (Pasangan batu kali disemen)}$$

$$i = 0,003$$

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,013 + 0,017 \\
 &= 0,030 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

- Untuk saluran segi empat dengan penampang ekonomis dimisalkan $b = h$, selanjutnya dihitung luas bidang basah.

$$A = b \times h$$

$$A = h \times h = h^2$$

- Ditentukan keliling basah saluran

$$P = b + 2h$$

$$P = h + 2h = 3h$$

- Menentukan jari – jari basah saluran

$$R = A / P$$

$$R = h^2 / 3h = 0,33h$$

- Menghitung kecepatan air di saluran

$$\begin{aligned}
 V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= (1/0,015) \cdot (0,333h)^{2/3} \cdot (0,003)^{1/2} \\
 &= 1,216 h^{2/3}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas saluran

$$Q = A \times V$$

$$Q = h^2 \times 1,216 h^{2/3}$$

$$Q = 1,216 h^{8/3}$$

$$0,030 = 1,216 h^{8/3}$$

$$0,025 = h^{8/3}$$

$$h = 0,250 \text{ m}$$

$$b = h = 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 W &= 1/3 h \\
 &= 0,25 / 3 \\
 &= 0,083 \text{ m}
 \end{aligned}$$

jadi, dimensi saluran pada pinggir trek atletik ini adalah :

$$\begin{aligned}
 H &= h + W \\
 &= 25 + 8 \\
 &= 33 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4.4.4.4. Perhitungan Debit Limpasan Lahan Hijau

Dalam perhitungan debit limpasan lahan hijau area selatan, data-data yang digunakan adalah :

1. Curah hujan rancangan 10 tahun = 117,388 mm/hari
2. Panjang limpasan = 37,4 m (data)
3. Kemiringan rata-rata = 0,01 (data)
4. Menghitung waktu konsentrasi dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 0,0374^2}{1000 \times 0,01} \right)^{0,385} \\
 &= 0,0311 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,388}{24} \left(\frac{24}{0,0311} \right)^{2/3} \\
 &= 411,469 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan Debit limpasan area hijau, dengan data yang digunakan :

- Koefisien Pengaliran (c) = 0,13
 - Luas area hijau (A) = 0,145 ha
- $$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$
- $$= 0,00278 \cdot 0,13 \cdot 411,469 \cdot 0,145$$
- $$= 0,021 \text{ m}^3/\text{detik.}$$

4.4.5. Perhitungan Dimensi Saluran Pengumpul (*Collector Drain*) A

4.4.5.1. Perhitungan Dimensi Saluran Pengumpul (*Collector Drain*) A Area Barat

Saluran pengumpul disini dibutuhkan untuk menyalurkan debit dari *Interceptor Drain* Barat dan *Interceptor Drain* Utara menuju *Conveyor Drain* Barat. Dari hasil perhitungan saluran *Interceptor Drain* Barat dapat diketahui debit 0,0497 m³/dtk dan saluran *Interceptor Drain* Utara diperoleh debit 0,030 m³/detik.

Dari hasil di atas, maka perhitungan diameter saluran Pengumpul Barat menuju saluran pembawa barat ialah sebagai berikut.

Data yang digunakan adalah :

$$Q = 0,0497 + 0,030$$

$$= 0,079 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$s = 0,007$$

$$n = 0,01$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

$$Q = V \times A$$

$$= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$0,079 = (1/0,01) \cdot r^{2/3} \cdot (0,007)^{1/2} \cdot \pi r^2$$

$$0,079 = 26,27 r^{8/3}$$

$$0,003 = r^{8/3}$$

$$r = 0,113 \text{ m}$$

$$= 1,332 \text{ cm}$$

$$d = 22,67 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diameter saluran pengumpul barat menuju saluran pembawa didapatkan diameter 22,27 cm, maka akan digunakan pipa *pvc* dengan diameter 25 cm.

4.4.5.2. Perhitungan Dimensi Saluran Pengumpul (*Collector Drain*) A Timur

Saluran pengumpul disini dibutuhkan untuk menyalurkan debit dari *Interceptor Drain* Timur dan *Interceptor Drain* Selatan menuju *Conveyor Drain* Timur. Dari hasil perhitungan saluran *Interceptor Drain* Barat dapat diketahui debit 0,0497 m³/dtk dan saluran *Interceptor Drain* Utara diperoleh debit 0,030 m³/detik.

Dari hasil di atas, maka perhitungan diameter saluran Pengumpul Timur menuju saluran pembawa Timur ialah sebagai berikut.

Data yang digunakan adalah :

$$Q = 0,0497 + 0,030$$

$$= 0,079 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$s = 0,007$$

$$n = 0,01$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah :

$$Q = V \times A$$

$$= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$0,079 = (1/0,01) \cdot r^{2/3} \cdot (0,007)^{1/2} \cdot \pi r^2$$

$$0,079 = 26,27 r^{8/3}$$

$$0,003 = r^{8/3}$$

$$r = 0,113 \text{ m}$$

$$= 1,132 \text{ cm}$$

$$d = 22,67 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diameter saluran pengumpul barat menuju saluran pembawa didapatkan diameter 22,27 cm, maka akan digunakan pipa pvc dengan diameter 25 cm.

4.4.5.3. Perhitungan Dimensi Bak Penampung Saluran *Interceptor Drain A*

Bak penampung direncanakan agar dapat menampung air yang berasal dari saluran *interceptor drain* sebelum disalurkan menuju saluran *Conveyor Drain*. Terdapat 2 bak penampung yang direncanakan, yaitu bak penampung I dan II. Bak penampung I mengakomodir debit yang berasal dari saluran *interceptor drain* barat dan *interceptor drain* utara sebelum disalurkan menuju saluran *conveyor drain* barat melalui saluran *collector drain* barat, lalu Bak penampung II menampung debit yang berasal dari saluran *interceptor drain* timur dan *interceptor drain* selatan sebelum disalurkan menuju saluran *conveyor drain* timur melalui saluran *collector drain* timur. Berikut perhitungannya :

Diketahui, debit total yang diterima bak penampung = $0,079 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dari debit ini, maka direncanakan kapasitas bak penampung yaitu:

$$\text{Panjang (p)} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (b)} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 1 \text{ m}$$

Maka, didapat volume bak penampung sebesar = $b \times p \times h$

$$= 0,6 \times 0,6 \times 1$$

$$= 0,36 \text{ m}^3$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas bak penampung lebih besar daripada debit yang masuk. Sehingga dimensi yang direncanakan untuk kedua bak penampung dapat digunakan.

4.4.6. Evaluasi Saluran Pembawa (*Conveyor Drain*) Eksisting

Pada lapangan olah raga Akademi Sepak Bola Aji Santoso ini terdapat saluran drainase terbuka yang berfungsi menampung debit dari jalan dan lahan hijau di sekitar lapangan.

4.4.6.1. Evaluasi Saluran *Conveyor Drain* Eksisting Barat

Data-data yang diketahui adalah sebagai berikut :

- b = 65 cm = 0,65 m
- h = 35 cm = 0,35 m
- m = 1
- n = 0,015 (Pasangan batu kali disemen)
- i = 0,008

Langkah-langkah untuk menghitung kapasitas saluran drainase pinggir lapangan adalah :

- Menghitung luas basah saluran

$$\begin{aligned} A &= (b + mh) h \\ &= (0,65 + 1 \times 0,35) \times 0,35 \\ &= 0,350 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Menghitung keliling basah saluran

$$\begin{aligned} P &= b + 2h (m^2 + 1)^{0,5} \\ &= 0,65 + 2 \times 0,35 (1^2 + 1)^{0,5} \\ &= 1,640 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung jari-jari basah saluran

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= 0,4113 / 1,91 \\ &= 0,213 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ &= (1/0,015) \cdot (0,213)^{2/3} \cdot (0,008)^{1/2} \\ &= 2,130 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas saluran

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 0,350 \times 2,130 \end{aligned}$$

$$= 0,745 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- Menghitung debit rencana

Saluran eksisting barat ini direncanakan membuang debit kumulatif dari debit limpasan lahan hijau area barat, saluran *collector* trek atletik (barat dan utara) dan buangan kelebihan air dari *watertank*. Berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} Q &= 0,056 + 0,0497 + 0,030 + 0,0315 \\ &= 0,167 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Besarnya Q eksisting adalah $0,745 \text{ m}^3/\text{dtk}$, sedangkan Q rencana adalah $0,167 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Jadi Q rencana $<$ Q eksisting, maka saluran tersebut tidak memerlukan desain ulang.

4.4.6.2 Evaluasi Saluran *Conveyor Drain* Eksisting Timur

Data-data yang diketahui adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b &= 47 \text{ cm} = 0,47 \text{ m} \\ h &= 85 \text{ cm} = 0,85 \text{ m} \\ m &= 1 \\ n &= 0,015 \text{ (Pasangan batu kali disemen)} \\ i &= 0,008 \end{aligned}$$

Langkah-langkah untuk menghitung kapasitas saluran drainase pinggir lapangan adalah :

- Menghitung luas basah saluran

$$\begin{aligned} A &= (b + mh) h \\ &= (0,47 + 1 \times 0,85) 0,85 \\ &= 1,122 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Menghitung keliling basah saluran

$$\begin{aligned} P &= b + 2h (m^2 + 1)^{0,5} \\ &= 0,47 + 2 \times 0,85 (1^2 + 1)^{0,5} \\ &= 2,874 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung jari-jari basah saluran

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= 1,122 / 2,874 \\ &= 0,390 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ &= (1/0,015) \cdot (0,390)^{2/3} \cdot (0,008)^{1/2} \\ &= 3,185 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas saluran

$$\begin{aligned}
 Q &= A \times V \\
 &= 1,122 \times 3,185 \\
 &= 3,574 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

- Menghitung debit rencana

Saluran eksisting barat ini direncanakan membuang debit kumulatif dari debit limpasan lahan hijau area timur, saluran *collector* trek atletik (barat dan utara) dan buangan kelebihan air dari *water tank*.. Berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,0497 + 0,050 + 0,030 + 0,0315 \\
 &= 0,161 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Besarnya Q eksisting adalah $3,574 \text{ m}^3/\text{dtk}$, sedangkan Q rencana adalah $0,161 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Jadi Q rencana $<$ Q eksisting, maka saluran tersebut tidak memerlukan desain ulang.

4.4.6.3. Evaluasi Saluran *Conveyor Drain* Eksisting Utara

Data-data yang diketahui adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 b &= 40 \text{ cm} = 0,40 \text{ m} \\
 h &= 55 \text{ cm} = 0,55 \text{ m} \\
 m &= 1 \\
 n &= 0,015 \text{ (Pasangan batu kali disemen)} \\
 i &= 0,008
 \end{aligned}$$

Langkah-langkah untuk menghitung kapasitas saluran drainase pinggir lapangan adalah :

- Menghitung luas basah saluran

$$\begin{aligned}
 A &= (b + mh) h \\
 &= (0,40 + 1 \times 0,55) 0,55 \\
 &= 0,523 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Menghitung keliling basah saluran

$$\begin{aligned}
 P &= b + 2h (m^2 + 1)^{0,5} \\
 &= 0,40 + 2 \times 0,55 (1^2 + 1)^{0,5} \\
 &= 1,956 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung jari-jari basah saluran

$$\begin{aligned}
 R &= A/P \\
 &= 0,523 / 1,956 \\
 &= 0,267 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= (1/0,015) \cdot (0,267)^{2/3} \cdot (0,008)^{1/2}
 \end{aligned}$$

$$= 2,474 \text{ m/dtk}$$

- Menghitung kapasitas saluran

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 0,267 \times 2,474 \\ &= 1,292 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Saluran eksisting utara ini direncanakan membuang debit kumulatif dari debit limpasan lahan hijau area timur, saluran drainase trek atletik dan aliran dari saluran drainase eksisting timur. Berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} Q &= 0,091 + 0,161 \\ &= 0,252 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Besarnya Q eksisting adalah $1,292 \text{ m}^3/\text{dtk}$, sedangkan Q rencana adalah $0,252 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Jadi Q rencana $<$ Q eksisting, maka saluran tersebut tidak memerlukan desain ulang.

4.4.6.4. Evaluasi Saluran *Conveyor Drain* Eksisting Selatan

Data-data yang diketahui adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b &= 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m} \\ h &= 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m} \\ m &= 1 \\ n &= 0,015 \text{ (Pasangan batu kali disemen)} \\ i &= 0,008 \end{aligned}$$

Langkah-langkah untuk menghitung kapasitas saluran drainase pinggir lapangan adalah :

- Menghitung luas basah saluran

$$\begin{aligned} A &= (b + mh) h \\ &= (0,30 + 1 \times 0,50) 0,50 \\ &= 0,400 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Menghitung keliling basah saluran

$$\begin{aligned} P &= b + 2h (m^2 + 1)^{0,5} \\ &= 0,30 + 2 \times 0,55 (1^2 + 1)^{0,5} \\ &= 1,714 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung jari-jari basah saluran

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= 0,400 / 1,714 \\ &= 0,233 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$= (1/0,015) \cdot (0,233)^{2/3} \cdot (0,008)^{1/2}$$

$$= 2,260 \text{ m/dtk}$$

- Menghitung kapasitas saluran

$$Q = A \times V$$

$$= 0,400 \times 2,260$$

$$= 0.904 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Besarnya Q eksisting adalah $0.904 \text{ m}^3/\text{dtk}$, sedangkan Q rencana adalah $0,026 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Jadi $Q \text{ rencana} < Q \text{ eksisting}$, maka saluran tersebut tidak memerlukan desain ulang.

4.5. Perencanaan Dimensi Tampungan (*Water tank*)

Fungsi dari *water tank* adalah untuk menampung air pada waktu hujan dan menggunakannya lagi bila diperlukan kembali pada musim kering atau berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan air. Dimensi *water tank* yang direncanakan merupakan kapasitas minimal untuk memenuhi kebutuhan air tanaman pada daerah studi.

Air yang dibutuhkan untuk penyiraman rumput *Zoysia Matrella* adalah sebesar 465 gallon/1000 ft^2 .

Dimana :

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ inch}$$

$$1 \text{ inch} = 2,54 \text{ cm}$$

Maka :

$$1 \text{ feet} = 12 \times 2,54 = 30,48 \text{ cm}$$

$$1 \text{ feet}^2 = (30,48)^2 \text{ cm}^2 = 929,03 \text{ cm}^2$$

$$1000 \text{ feet}^2 = 929,03 \text{ cm}^2 \times 1000 = 0,0929 \text{ cm}^2 / 10000 = 92,9 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ gallon} = 3,785 \text{ liter}$$

$$\text{Luas lapangan sepak bola (75 x 110m)} = 8250 \text{ m}^2$$

$$\text{Kebutuhan setiap minggu} = \frac{(465 \times 3,785) \text{ liter}}{92,9 \text{ m}^2} = 18,94 \text{ l/m}^2$$

Dibulatkan menjadi 19 l/m^2

Maka, kebutuhan rumput $Q = \text{kebutuhan rumput} / \text{m}^2 \times \text{Luas lapangan}$

$$= 19 \text{ l/m}^2 \times 8250 \text{ m}^2$$

$$= 156750 \text{ liter}$$

$$= 156,75 \text{ m}^3/\text{minggu}$$

$$= 22,4 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan debit diatas, *water tank* direncanakan menjadi dua untuk mengcover masing-masing sisi lapangan. Untuk dimensi dan gambar tampungan *water tank* dapat dilihat pada lampiran.

4.6. Perencanaan Pompa Air

Pada sistem penyiraman rumput, air yang digunakan berasal dari air hujan yang meresap di area lapangan dan ditampung pada sebuah bak penampung lalu dipompa menuju lapangan. Untuk kemudahan dan kelancaran pengoperasian sistem ini, mesin pompa diperlukan untuk memompa air dari *watertank* untuk dialirkan ke lapangan rumput pada waktu yang diperlukan.

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus-menerus. Jenis pompa yang digunakan dalam perencanaan adalah pompa sentrifugal.

4.6.1. Perhitungan Head Pompa

Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus dediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang umumnya dinyatakan dalam satuan meter. Ada dua macam head (energi) fluida dari sistem instalasi aliran, yaitu head statis dan head dinamis. Perhitungan head pompa sebagai berikut:

a. Head Statis

Head statis adalah perbedaan antara permukaan zat cair pada sisi tekan dengan permukaan zat cair pada sisi isap.

$$\begin{aligned} H_s &= + \text{elevasi tekan} - + \text{elevasi hisap} \\ &= + 660,641 - + 658,658 \\ &= 3,98 \text{ m} \approx 4 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Head dinamis / head loss

- *Mayor losses*

$$\begin{aligned} H_{lp} &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,05 \cdot \frac{6,3}{0,025} \cdot \frac{0,72}{2,9,81} \\ &= 0,46 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Minor losses*

$$H_{lf} = n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 2 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,72}{2,9,81}$$

$$= 0,004 \text{ m}$$

Dari perhitungan head di atas, maka total head pompa adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Head total} &= H_s + H_{lp} + H_{lf} \\ &= 4 + 0,46 + 0,004 \\ &= 4,464 \text{ m} \approx 4,5 \text{ m} \end{aligned}$$

4.6.2. Perhitungan Daya Pompa

Daya pompa merupakan besarnya energi pesatuan waktu atau kecepatan dalam melakukan kerja. Dalam perhitungan daya pompa dipengaruhi oleh efisiensi pompa tersebut. Efisiensi yang digunakan dalam perencanaan pompa sentrifugal ini sebesar 60%. Berdasarkan kebutuhan air tanaman yang butuhkan untuk penyiraman rumput sebesar 11 m³/hari. Penyiraman rumput dilakukan dua kali dalam sehari, sehingga debit pemompaan yang akan digunakan dalam penyiraman sebesar 5,5 m³ tiap penyiraman. Berdasarkan perhitungan head pompa di atas, maka dapat dihitung daya pompa yang akan digunakan dengan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

- γ (berat jenis air) = 1000 kg/ m³
- Q (debit pemompaan) = 5,5 m³/dtk
- H (head pompa) = 4,5 m

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{1000 \cdot 5,5 \cdot 4,5}{60} \\ &= 375 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dari hasil hitungan di atas dihasilkan daya pompa sebesar 375 watt.

4.6.3. Perhitungan Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa merupakan besarnya energi pesatuan waktu atau kecepatan dalam melakukan kerja. Dalam perhitungan kapasitas pompa dipengaruhi oleh efisiensi pompa tersebut. Efisiensi yang digunakan dalam perencanaan pompa sentrifugal ini sebesar 60%. Berdasarkan kebutuhan air tanaman yang butuhkan untuk penyiraman rumput sebesar 11 m³/hari. Penyiraman rumput dilakukan dua kali dalam sehari, sehingga debit pemompaan yang akan digunakan dalam penyiraman sebesar 5,5 m³ tiap penyiraman. Perhitungan kapasitas pompa yang akan digunakan dengan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

- Q (debit pemompaan) = 5,5 m³/hari

$$= 13.75 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- k (koefisien pompa) = 1.1
- T (waktu pemompaan atau penyiraman) = 1 jam

$$Q_p = \frac{Q \cdot k}{T}$$

$$P = \frac{13,75 \times 1.1}{1}$$

$$= 15,125 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dari hasil hitungan di atas dihasilkan kapasitas pompa sebesar 15,125 m³/jam

4.6.4. Perhitungan Lama Penyiraman

Berdasarkan kebutuhan air tanaman yang dibutuhkan untuk penyiraman rumput sebesar 11 m³/hari. Penyiraman rumput dilakukan dua kali dalam sehari, sehingga debit pemompaan yang akan digunakan dalam penyiraman sebesar 5,5 m³ tiap penyiraman. Kapasitas pompa yang digunakan sebesar 15,125 m³/jam. Waktu yang dibutuhkan untuk tiap kali penyiraman 60 menit.

4.7. Rencana Anggaran Biaya

Pada perencanaan sistem drainase ini rencana biaya yang akan dihitung hanya terdiri dari biaya konstruksi. Besarnya biaya konstruksi ditentukan berdasarkan volume pekerjaan kemudian dikalikan dengan estimasi harga pelaksanaan pekerjaan.

Biaya konstruksi pada pembuatan drainase bawah permukaan dengan menggunakan geotekstil meliputi biaya penggantian lapisan tanah dan pemasangan geotekstil, biaya pemasangan pipa-pipa resapan, biaya pembuatan saluran pada pinggir trek atletik, serta pemasangan gorong-gorong buis beton. Untuk hasil perhitungan selengkapnya akan disajikan pada tabel lampiran.

4.7.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan meliputi perhitungan banyaknya volume pekerjaan yang akan direncanakan untuk perhitungan total rencana anggaran biaya. berikut perhitungan volume tiap pekerjaan.

A. Perhitungan Volume Galian dan Timbunan Lapisan Drainase Bawah Permukaan Lapangan

Untuk menghitung biaya galian dan timbunan harus diketahui terlebih dahulu volume dari pekerjaan tersebut. Data yang diperlukan adalah :

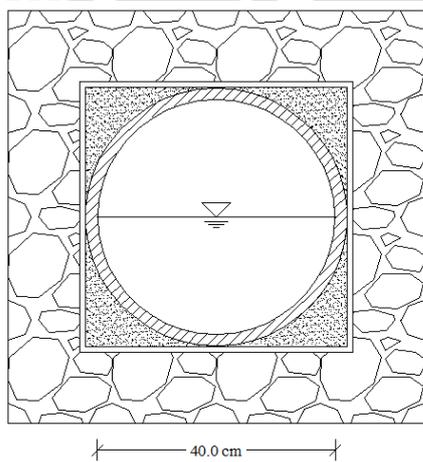
- Tinggi galian total = 15 + 10 + 5 + 5 + 25 + 25
- Luas Lapangan Bola = 8250 m²
- Tinggi top layer = 15 cm = 0,15 m

- Tinggi pasir urug = 10 cm = 0,10 m
- Tinggi pasir murni = 5 cm = 0,05 m
- Tinggi kerikil (d=3-10mm) = 5 cm = 0,05 m
- Tinggi kerikil (d=10-20mm) = 50 cm = 0,50 m

Sehingga dapat dihitung besar volume pekerjaan :

- Volume galian tanah = $0,85 \times 8250 = 7012,5 \text{ m}^3$
- Volume timbunan Top layer = $0,15 \times 8250 = 1237,5 \text{ m}^3$
- Volume timbunan pasir urug = $0,10 \times 8250 = 825 \text{ m}^3$
- Volume timbunan pasir murni = $0,05 \times 8250 = 412,5 \text{ m}^3$
- Volume timbunan kerikil (d=3-10mm) = $0,05 \times 8250 = 412,5 \text{ m}^3$
- Volume timbunan kerikil (d=10-20mm) = $0,50 \times 8250 = 4125 \text{ m}^3$

B. Perhitungan Volume Galian Tanah Untuk Saluran *Collector Drain B*



Gambar 4.3. Potongan Melintang Saluran *Collector Drain B*

Data yang diketahui adalah:

- $d = 0,4 \text{ m}$
- $b = 0,45 \text{ m}$
- $h = 1 \text{ m}$
- panjang gorong – gorong = 110 m
- luas galian = $b \times h = 0,45 \times 1 = 0,45 \text{ m}^2$
- Volume galian = luas galian x panjang gorong – gorong
 - = $0,45 \times 110$
 - = $49,5 \text{ m}^3$
 - = $49,5 \times 2$
 - = 99 m^3

C. Perhitungan Volume Galian Bak Penampung *Collector Drain B*

Untuk menghitung volume beton bak penampung terlebih dahulu harus diketahui volume galian dari pekerjaan tersebut.

Data yang diketahui adalah :

- Panjang (P) = 1,2 m
- Lebar (b) = 1,2 m
- Tinggi (h) = 1,5 m

$$\begin{aligned} 1. \text{ Perhitungan volume galian} &= 1,2 \times 1,2 \times 1,5 \\ &= 1,5 \times 2,4 \\ &= 3,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Perhitungan luas pasangan batu bata

- a. Perhitungan luas dinding saluran = $(2 \times (1,5 \times 1,2)) + (2 \times (1,5 \times 1,2))$
= 7,2 m²
- b. Perhitungan Penampang lantai saluran = $(1,2 \times 1,2)$
= 1,44 m²
- c. Total luasan pemasangan batu bata = $7,2 + 1,44$
= 8,64 m²

Bak penampung direncanakan pada *collector drain* barat dan timur, maka

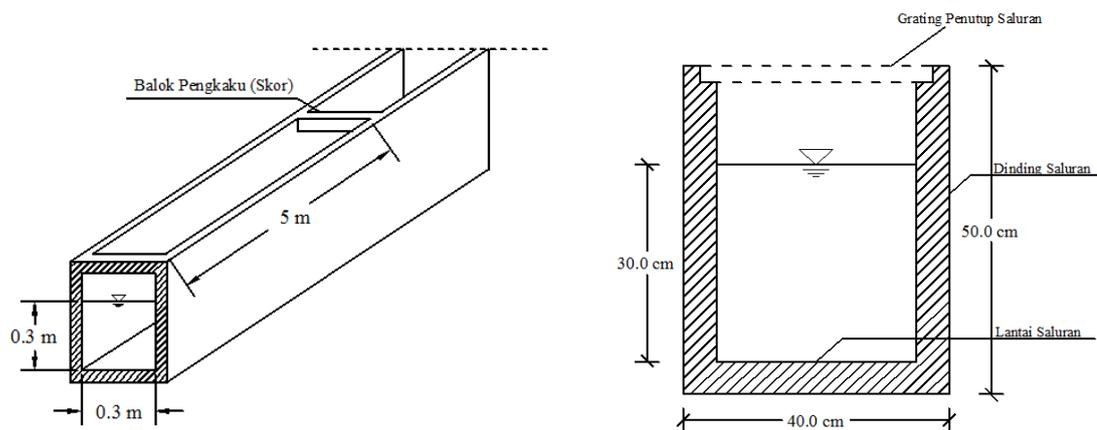
$$\begin{aligned} &= 8,64 \times 2 \\ &= 17,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Perhitungan Volume penutup Saluran} &= (1,2 \times 1,2 \times 0,2) \\ &= 0,288 \text{ m}^3 \times 2 \\ &= 0,576 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Volume Galian Tanah Untuk Saluran Terusan *Collector Drain B*

- d = 0,2 m
- b = 0,25 m
- h = 1,5 m
- panjang gorong – gorong = 30 m
- luas galian = $b \times h = 0,25 \times 1,5 = 0,375 \text{ m}^2$
- Volume galian = luas galian x panjang gorong – gorong
= $0,25 \times 30$
= 11,25 m³
= 11,25 x 2
= 22,5 m³

E. Perhitungan Volume Saluran *Interceptor Drain A*



Gambar 4.4. Dimensi Saluran *Interceptor Drain A*

Saluran *Interceptor Drain A* ini merupakan saluran terbuka dengan penampang segi empat yang terletak di antara lapangan dan trek atletik untuk menerima limpasan dari lapangan dan trek atletik.

Untuk menghitung volume beton terlebih dahulu harus diketahui volume galian dari pekerjaan tersebut.

Data yang diketahui adalah :

- b = 40 cm
- H = 50 cm
- Panjang Saluran = 395 m

1. Perhitungan volume galian = $0,4 \times 0,50 \times 395$
= 79 m^3

2. Perhitungan luas penampang

- a. Luas Penampang lantai saluran = $(0,4 \times 0,05)$
= $0,02 \text{ m}^2$

- b. Luas Penampang dinding Saluran = $((0,5 \times 0,05) \times 2)$
= $0,05 \text{ m}^2$

3. Jumlah Luas Penampang Lantai dan Dinding Saluran = $0,02 + 0,05$
= $0,07 \text{ m}^2$

4. Volume beton lantai dan dinding saluran = $0,07 \times \text{Panjang Saluran}$
= $0,07 \times 395 \text{ m}$
= $27,65 \text{ m}^3$

5. Menghitung volume beton balok pengaku (Skor) yang dibuat pada setiap jarak 5 m.

- a. Volume 1 buah balok = $0,3 \times 0,10 \times 0,10$

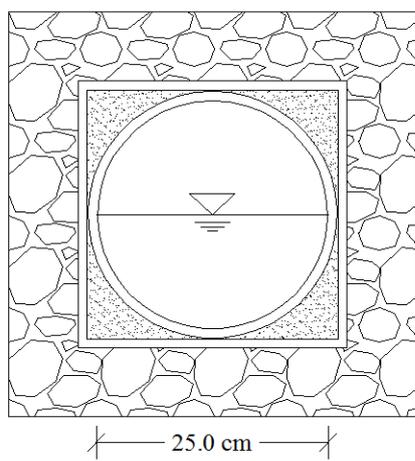
$$= 0,003 \text{ m}^2$$

b. Jumlah balok $= 395/5$
 $= 79 \text{ buah}$

c. Volume 79 balok $= 0,003 \times 79$
 $= 0,237 \text{ m}^3$

6. Volume beton total $= 27,65 \text{ m}^3 + 0,237 \text{ m}^3$
 $= 27,887 \text{ m}^3$

F. Perhitungan Volume Saluran *Collector Drain A*



Gambar 4.5. Potongan Melintang Saluran *Collector Drain A*

Collector Drain Barat

- $d = 0,25 \text{ m}$
- $b = 0,30$
- $h = 0,75 \text{ m}$
- panjang pipa $= 28,5 \text{ m}$
- luas galian $= b \times h = 0,3 \times 0,75 = 0,225 \text{ m}^2$
- Volume galian $= \text{luas galian} \times \text{panjang Pipa}$
 $= 0,225 \times 28$
 $= 6,3 \text{ m}^3$

Collector Drain Timur

- $d = 0,25 \text{ m}$
- $b = 0,30$
- $h = 0,75 \text{ m}$
- panjang pipa $= 32 \text{ m}$

- luas galian = $b \times h = 0,3 \times 0,75 = 0,15 \text{ m}^2$
- Volume galian = luas galian x Panjang pipa
 $= 0,225 \times 32$
 $= 7,2 \text{ m}^3$

Total galian tanah untuk pemasangan *collector drain* = $6,3 + 7,2 = 13,5 \text{ m}^3$

G. Perhitungan Bak Penampung *Collector Drain* A

Untuk menghitung volume beton bak penampung terlebih dahulu harus diketahui volume galian dari pekerjaan tersebut.

Data yang diketahui adalah :

- Panjang (P) = 0,6 m
- Lebar (b) = 0,6 m
- Tinggi (h) = 0,75 m

1. Perhitungan volume galian = $0,6 \times 0,6 \times 0,75$
 $= 0,1875 \times 2$
 $= 0,375 \text{ m}^3$

2. Perhitungan Pasangan batu bata = $(2 \times (0,6 \times 0,75)) + (2 \times (0,6 \times 0,75)) + (0,6 \times 0,6)$
 $= 2,52 \text{ m}^2$

Bak penampung direncanakan pada *collector drain* barat dan timur, maka

$$= 2,52 \times 2$$

$$= 5,04 \text{ m}^2$$

3. Perhitungan Volume penampang Saluran = $(0,6 \times 0,10 \times 0,6)$
 $= 0,036 \text{ m}^3$

H. Perhitungan Volume *Water tank*

- panjang = 3 m
- lebar = 2,5 m
- Tinggi = 4,0 m
- Tebal dinding = 0,15 m

1. Perhitungan volume galian = $3,3 \times 2,8 \times 4,3$
 $= 39,732 \text{ m}^3$
 $= 39,732 \times 2$
 $= 79,464 \text{ m}^3$

2. Perhitungan Volume penampang Saluran

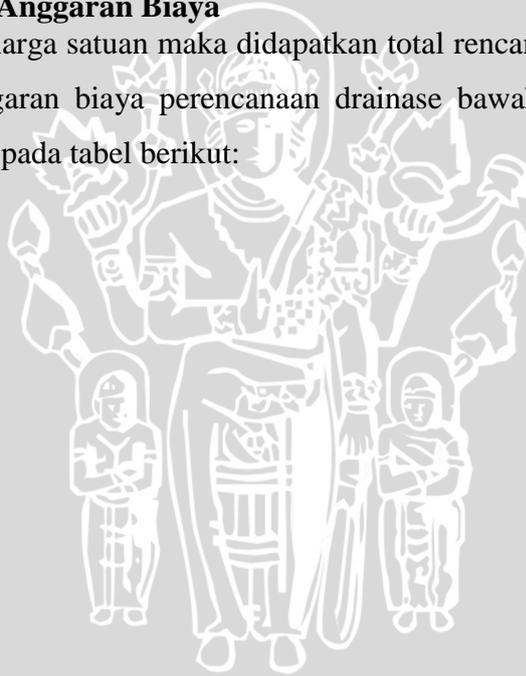
- a. Volume penampang lantai kerja = $(3,3 \times 2,8 \times 0,1)$
 $= 0,924 \text{ m}^3$

- b. Volume cor penampang lantai saluran = $(3,3 \times 2,8 \times 0,15)$
= $1,386 \text{ m}^3$
- c. Pasangan dinding batu bata = $(2 \times (3 \times 4)) + (2 \times (2,5 \times 4))$
= 44 m^2
- d. Volume cor dinding = $(2 \times (3 \times 4 \times 0,10)) + (2 \times (2,5 \times 4 \times 0,1))$
= $4,4 \text{ m}^3$
- e. Volume Penampang penutup saluran = $(3,3 \times 2,8 \times 0,20)$
= $1,848 \text{ m}^3$
- f. Total volume pengecoran pada *water tank* = $0,924 + 1,386 + 1,848 + 4,4$
= $8,558 \text{ m}^3$

Ketebalan penutup *water tank* 20 cm dengan pemasangan besi tulangan diameter 1 cm jarak 20 cm, hal ini dimaksudkan agar lahan di atas bisa kuat.

4.7.2 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Dari hasil perhitungan harga satuan maka didapatkan total rencana anggaran biaya. rekapitulasi total rencana anggaran biaya perencanaan drainase bawah tanah Lapangan Sepakbola ASIFA dapat dilihat pada tabel berikut:



Tabel 4.17 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Perencanaan Drainase Bawah Permukaan Lapangan Sepakbola ASIFA

No	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
A					
1	Pek. Gali tanah untuk lapangan	7012,5 m ³		Rp 61.500,00	Rp 431.268.750,00
2	Pek. Penggalian lapisan tanah	7012,5 m ³		Rp 273.000,00	Rp 1.914.412.500,00
3	Pek. Pemasangan Geotekstil	8250 m ²		Rp 63.600,00	Rp 524.700.000,00
4	Pek. Pemasangan pipa resapan	3225 m		Rp 307.600,00	Rp 992.010.000,00
B					
5	Pek. Gali tanah untuk <i>collector drain</i> B	176 m ³		Rp 58.200,00	Rp 10.243.200,00
6	Pek. Pemasangan buis beton	220 m		Rp 97.400,00	Rp 21.428.000,00
C					
7	Pek. Gali tanah untuk Bak penampung	3,6 m ³		Rp 58.200,00	Rp 209.520,00
8	Pek. Pemasangan dinding batu bata	17,28 m ²		Rp 190.400,00	Rp 3.290.112,00
9	Pek. Pengcoran penutup bak penampung	0,576 m ³		Rp 797.000,00	Rp 459.072,00
10	Kebutuhan Tulangan Besi	40 m		Rp 5.000,00	Rp 200.000,00
D					
11	Pek. Gali tanah terusan <i>collector drain</i> B	22,5 m ³		Rp 58.200,00	Rp 1.309.500,00
12	Pek. Pemasangan Pipa PVC	60 m		Rp 167.500,00	Rp 10.050.000,00
E					
13	Pek. Gali tanah untuk <i>inceptor drain</i>	79 m ³		Rp 58.200,00	Rp 4.597.800,00
14	Pek. Pengcoran <i>inceptor drain</i>	12,891 m ³		Rp 682.800,00	Rp 8.801.974,80
15	Grating penutup inceptor drain	395 m		Rp 100.000,00	Rp 39.500.000,00
F					
16	Pek. Gali tanah untuk <i>Collector drain</i> A	13,5 m ³		Rp 58.200,00	Rp 785.700,00
17	Pek. Pemasangan Pipa PVC	61 m		Rp 230.000,00	Rp 14.030.000,00
G					
18	Pek. Gali tanah untuk Bak penampung	0,375 m ³		Rp 58.200,00	Rp 21.825,00
19	Pek. Pengcoran Lantai Bak penampung	0,036 m ³		Rp 796.900,00	Rp 28.688,40
20	Pek. Pemasangan dinding batu bata	5,04 m ²		Rp 359.000,00	Rp 1.809.360,00
21	Grill penutup bak penampung	1 m ²		Rp 350.000,00	Rp 350.000,00
H					
22	Pek. Gali tanah untuk <i>watertank</i>	79,464 m ³		Rp 7.200,00	Rp 572.140,80
23	Pek. Pengcoran <i>watertank</i>	17,116 m ³		Rp 718.000,00	Rp 12.289.288,00
24	Pek. Pemasangan dinding batu bata	44 m ²		Rp 241.100,00	Rp 10.608.400,00
25	Kebutuhan Tulangan Besi	810 m		Rp 5.000,00	Rp 4.050.000,00
Total					Rp 4.007.025.831,00
Dibulatkan					Rp 4.007.026.000,00