

BAB IV

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

IV.1 Saluran Drainase

Saluran drainase pada tugas akhir ini berupa saluran terbuka, dengan 1 saluran merupakan saluran tertutup. Langkah-langkah perhitungan dimensi saluran drainase adalah sebagai berikut.

IV.1.1 Curah Hujan Rencana

Sebelum analisis curah hujan dapat dilakukan, terlebih dahulu harus diketahui curah hujan maksimum bulanan dari data curah hujan 20 tahun. Berikut data curah hujan maksimum :

Tabel IV-1 Curah Hujan Maksimum Tahunan

Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1991	127
1992	88
1993	115
1994	156
1995	123
1996	108
1997	94
1998	203
1999	146
2000	109
2001	136
2002	136
2003	140
2004	91
2005	143
2006	396
2007	103
2008	190
2009	136
2010	101

Untuk mendapatkan curah hujan maksimum, perhitungan dilakukan dengan menggunakan distribusi frekuensi yang telah dijelaskan sebelumnya pada bab 2.

1. Metode Distribusi Normal

Berikut adalah hasil perhitungan dengan menggunakan metode distribusi normal :

Tabel IV-2 Perhitungan Distribusi Normal

Distribusi Normal							
Rank	Tahun	Curah Hujan mm	P	T	w	K _T	X _T
1	2006	396	0.04761905	21	2.46759901	1.66875702	253.960199
2	1998	203	0.0952381	10.5	2.1685826	1.30936641	229.858743
3	2008	190	0.14285714	7	1.9727697	1.06759344	213.644961
4	1994	156	0.19047619	5.25	1.82111399	0.87600757	200.796828
5	1999	146	0.23809524	4.2	1.69415733	0.71217185	189.809676
6	2005	143	0.28571429	3.5	1.58288532	0.56557351	179.978496
7	2003	140	0.33333333	3	1.48230381	0.43029176	170.90623
8	2001	136	0.38095238	2.625	1.38930263	0.30254494	162.339272
9	2002	136	0.42857143	2.33333333	1.30176638	0.17965971	154.098341
10	2009	136	0.47619048	2.1	1.21814395	0.05956182	146.044335
11	1991	127	0.52380952	1.90909091	1.21814395	-0.0595618	138.055665
12	1995	123	0.57142857	1.75	1.30176638	-0.1796597	130.001659
13	1993	115	0.61904762	1.61538462	1.38930263	-0.3025449	121.760728
14	2000	109	0.66666667	1.5	1.48230381	-0.4302918	113.19377
15	1996	108	0.71428571	1.4	1.58288532	-0.5655735	104.121504
16	2007	103	0.76190476	1.3125	1.69415733	-0.7121719	94.2903243
17	2010	101	0.80952381	1.23529412	1.82111399	-0.8760076	83.3031715
18	1997	94	0.85714286	1.16666667	1.9727697	-1.0675934	70.4550386
19	2004	91	0.9047619	1.10526316	2.1685826	-1.3093664	54.2412573
20	1992	88	0.95238095	1.05	2.46759901	-1.668757	30.1398005

Metode distribusi normal dihitung dengan langkah sebagai berikut :

- Menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi curah hujan maksimum

Tabel IV-3 Rata-rata dan Standar Deviasi Distribusi Normal

Rata-rata	142.050
Standar Deviasi	67.0620098

- Mengurutkan nilai curah hujan maksimum mulai dari yang terbesar sampai terkecil
- Menghitung nilai probabilitas sesuai dengan persamaan $P = \frac{n}{m+1}$ dengan n adalah nomor data dan m adalah jumlah data. Pada n = 1, maka didapatkan $P = \frac{1}{20+1} = 0.04761905$
- Menghitung periode ulang data dengan persamaan $T = \frac{1}{P}$. Pada n = 1, $T = \frac{1}{0.04761905} = 21$
- Menghitung nilai w
Sebagai contoh, pada n = 1, $P \leq 0.5$, maka

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{0.04761905} \right) \right]^{0.5} = 2.46759901$$

f. Menghitung nilai K_T

$$K_T = 2.19 - \frac{2.515517 + 0.802853(2.47) + 0.010328(2.47)^2}{1 + 1.432788(2.47) + 0.189269(2.47)^2 + 0.001308(2.47)^3} = 1.66875702$$

g. Menghitung debit curah hujan (X_T)

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S$$

$$X_T = 142.05 + 1.67 \times 67.06 = 253.960199$$

Setelah curah hujan maksimum didapatkan, dilakukan pengecekan data besar curah hujan hasil perhitungan terhadap curah hujan maksimum tahunan dengan menggunakan fungsi *correl* pada excel, sehingga didapatkan *correl* = 77.87 %.

2. Metode Distribusi Log Normal

Berikut adalah hasil perhitungan dengan menggunakan metode distribusi log normal :

Tabel IV-4 Perhitungan Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal									
Rank	Tahun	Curah Hujan mm	P	T	w	K_T	log X	log X_T	X_T
1	2006	396	0.04761905	21	2.46759901	1.66875702	2.59769519	2.4006378	251.5577903
2	1998	203	0.0952381	10.5	2.1685826	1.30936641	2.30749604	2.3471851	222.4257736
3	2008	190	0.14285714	7	1.9727697	1.06759344	2.2787536	2.3112259	204.7509297
4	1994	156	0.19047619	5.25	1.82111399	0.87600757	2.1931246	2.2827311	191.7480928
5	1999	146	0.23809524	4.2	1.69415733	0.71217185	2.16435286	2.2583635	181.2856967
6	2005	143	0.28571429	3.5	1.58288532	0.56557351	2.15533604	2.2365598	172.4089336
7	2003	140	0.33333333	3	1.48230381	0.43029176	2.14612804	2.2164391	164.6035225
8	2001	136	0.38095238	2.625	1.38930263	0.30254494	2.13353891	2.1974392	157.5575304
9	2002	136	0.42857143	2.33333333	1.30176638	0.17965971	2.13353891	2.1791623	151.0644501
10	2009	136	0.47619048	2.1	1.21814395	0.05956182	2.13353891	2.1612999	144.9772807
11	1991	127	0.52380952	1.90909091	1.21814395	-0.0595618	2.10380372	2.1435825	139.1818249
12	1995	123	0.57142857	1.75	1.30176638	-0.1796597	2.08990511	2.1257202	133.5734681
13	1993	115	0.61904762	1.61538462	1.38930263	-0.3025449	2.06069784	2.1074433	128.0687915
14	2000	109	0.66666667	1.5	1.48230381	-0.4302918	2.0374265	2.0884434	122.5866992
15	1996	108	0.71428571	1.4	1.58288532	-0.5655735	2.0342376	2.0683227	117.0368732
16	2007	103	0.76190476	1.3125	1.69415733	-0.7121719	2.01283722	2.0465189	111.3060923
17	2010	101	0.80952381	1.23529412	1.82111399	-0.8760076	2.00432137	2.0221514	105.232872
18	1997	94	0.85714286	1.16666667	1.9727697	-1.0675934	1.97312785	1.9936566	98.54999208
19	2004	91	0.9047619	1.10526316	2.1685826	-1.3093664	1.95904139	1.9576974	90.71881452
20	1992	88	0.95238095	1.05	2.46759901	-1.668757	1.94448267	1.9042447	80.21298993

Metode distribusi log normal dihitung dengan langkah sebagai berikut :

a. Menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi curah hujan maksimum

Tabel IV-5 Rata-rata dan Standar Deviasi Distribusi Log Normal

Rata-rata	2.152
Standar Deviasi	0.14873138

b. Mengurutkan nilai curah hujan maksimum mulai dari yang terbesar sampai terkecil

c. Menghitung nilai probabilitas sesuai dengan persamaan $P = \frac{n}{m+1}$ dengan n adalah nomor data dan m adalah jumlah data. Pada n = 1, maka didapatkan $P = \frac{1}{20+1} = 0.04761905$

d. Menghitung periode ulang data dengan persamaan $T = \frac{1}{P}$. Pada n = 1,
 $T = \frac{1}{0.04761905} = 21$

e. Menghitung nilai w

Sebagai contoh, pada n = 1, $P \leq 0.5$, maka

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{0.04761905} \right) \right]^{0.5} = 2.46759901$$

f. Menghitung nilai K_T

K_T

$$\begin{aligned} &= 2.19 - \frac{2.515517 + 0.802853(2.47) + 0.010328(2.47)^2}{1 + 1.432788(2.47) + 0.189269(2.47)^2 + 0.001308(2.47)^3} \\ &= 1.66875702 \end{aligned}$$

g. Menghitung nilai $\log X_T$

$$\log X_T = 2.152 + 1.67 \times 0.149 = 2.4$$

h. Menghitung nilai X_T

$$X_T = 10^{\log X_T} = 10^{2.4} = 251.5577903$$

Setelah curah hujan maksimum didapatkan, dilakukan pengecekan data besar curah hujan hasil perhitungan terhadap curah hujan maksimum tahunan dengan menggunakan fungsi *correl* pada excel, sehingga didapatkan *correl* = 84.97 %.

3. Metode Distribusi Gumbel

Berikut adalah hasil perhitungan dengan menggunakan metode distribusi gumbel :

Tabel IV-6 Perhitungan Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel						
Rank	Tahun	Curah Hujan mm	P	T	Y_T	X_T
1	2006	396	0.04761905	21	3.02022654	299.58556
2	1998	203	0.0952381	10.5	2.30175086	254.250198
3	2008	190	0.14285714	7	1.86982471	226.995931
4	1994	156	0.19047619	5.25	1.55443332	207.094932
5	1999	146	0.23809524	4.2	1.30219694	191.178976
6	2005	143	0.28571429	3.5	1.08923964	177.741505
7	2003	140	0.33333333	3	0.90272046	165.972262
8	2001	136	0.38095238	2.625	0.73485899	155.380309
9	2002	136	0.42857143	2.33333333	0.58050482	145.640658
10	2009	136	0.47619048	2.1	0.4359854	136.521574
11	1991	127	0.52380952	1.90909091	0.29849048	127.845731
12	1995	123	0.57142857	1.75	0.16570298	119.466924
13	1993	115	0.61904762	1.61538462	0.03554335	111.253933
14	2000	109	0.66666667	1.5	-0.0940478	103.076812
15	1996	108	0.71428571	1.4	-0.2253515	94.7916335
16	2007	103	0.76190476	1.3125	-0.3612238	86.2181793
17	2010	101	0.80952381	1.23529412	-0.5057496	77.0986888
18	1997	94	0.85714286	1.16666667	-0.6657298	67.0040389
19	2004	91	0.9047619	1.10526316	-0.8550004	55.0611858
20	1992	88	0.95238095	1.05	-1.1133441	38.7598625

Metode distribusi gumbel dihitung dengan langkah sebagai berikut :

- a. Menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi dari curah hujan maksimum

Tabel IV-7 Rata-rata dan Standar Deviasi Distribusi Gumbel

Rata-rata	142.050
Standar Deviasi	67.0620098

- b. Mengurutkan nilai curah hujan maksimum mulai dari yang terbesar sampai terkecil

- c. Menghitung nilai probabilitas sesuai dengan persamaan $P = \frac{n}{m+1}$ dengan n adalah nomor data dan m adalah jumlah data. Pada $n = 1$, maka didapatkan

$$P = \frac{1}{20+1} = 0.04761905$$

- d. Menghitung periode ulang data dengan persamaan $T = \frac{1}{P}$. Pada $n = 1$,

$$T = \frac{1}{0.04761905} = 21$$

- e. Y_n dan S_n bernilai 0.5236 dan 1.0628 yang didapatkan dari tabel Y_n dan S_n

f. Menghitung nilai Y_T

Sebagai contoh pada saat $n = 1$

$$Y_T = -\ln\left(-\ln\left(\frac{21-1}{21}\right)\right) = 3.02022654$$

g. Menghitung nilai K

$$K = \frac{3.02 - 0.5236}{1.0628} = 2.34910288$$

h. Menghitung nilai X_T

$$X_T = 142.05 + 2.349 \times 67.062 = 299.58556$$

Nilai X_T merupakan curah hujan maksimum yang diperoleh berdasarkan analisis distribusi Gumbel. Setelah nilai curah hujan maksimum didapatkan, maka perbandingan dengan menggunakan fungsi *correl* kembali dilakukan dan diperoleh nilai *correl* = 85.3%.

4. Metode Distribusi Log Pearson III

Berikut adalah hasil perhitungan dengan menggunakan distribusi log pearson III :

Tabel IV-8 Perhitungan Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson III									
Rank	Tahun	Curah Hujan mm	P	T	w	z	K_T	$\log X_T$	X_T
1	2006	396	0.04761905	21	2.46759901	1.66875702	3.10197973	2.58449025	384.1406352
2	1998	203	0.0952381	10.5	2.1685826	1.30936641	1.50590028	2.347103151	222.3838022
3	2008	190	0.14285714	7	1.9727697	1.06759344	0.67861997	2.224060611	167.5176649
4	1994	156	0.19047619	5.25	1.82111399	0.87600757	0.15315336	2.145907237	139.928841
5	1999	146	0.23809524	4.2	1.69415733	0.71217185	-0.2106138	2.091803651	123.5388776
6	2005	143	0.28571429	3.5	1.58288532	0.56557351	-0.4729299	2.052789005	112.9247154
7	2003	140	0.33333333	3	1.48230381	0.43029176	-0.6648191	2.024249068	105.7423768
8	2001	136	0.38095238	2.625	1.38930263	0.30254494	-0.8040424	2.003542185	100.8189535
9	2002	136	0.42857143	2.33333333	1.30176638	0.17965971	-0.9014211	1.989058919	97.51219206
10	2009	136	0.47619048	2.1	1.21814395	0.05956182	-0.9637212	1.979792938	95.45373761
11	1991	127	0.52380952	1.90909091	1.21814395	-0.0595618	-0.9950939	1.975126833	94.43366241
12	1995	123	0.57142857	1.75	1.30176638	-0.1796597	-0.9977295	1.974734844	94.34846619
13	1993	115	0.61904762	1.61538462	1.38930263	-0.3025449	-0.9720496	1.978554251	95.18187398
14	2000	109	0.66666667	1.5	1.48230381	-0.4302918	-0.9168542	1.986763534	96.99816852
15	1996	108	0.71428571	1.4	1.58288532	-0.5655735	-0.8289608	1.999836039	99.96225361
16	2007	103	0.76190476	1.3125	1.69415733	-0.7121719	-0.7022729	2.01867851	104.3947143
17	2010	101	0.80952381	1.23529412	1.82111399	-0.8760076	-0.5256728	2.044944481	110.9033031
18	1997	94	0.85714286	1.16666667	1.9727697	-1.0675934	-0.2778334	2.081805975	120.7274353
19	2004	91	0.9047619	1.10526316	2.1685826	-1.3093664	0.0883532	2.136269419	136.8577573
20	1992	88	0.95238095	1.05	2.46759901	-1.668757	0.71502173	2.229474694	169.6190762

Metode distribusi log pearson III dihitung dengan langkah sebagai berikut :

a. Menghitung nilai logaritma dari data curah hujan maksimum yang telah diurutkan seperti sebelumnya

$$\log X = \log(396) = 2.59769519$$

- b. Menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi dari log curah hujan maksimum

Tabel IV-9 Rata-rata dan Standar Deviasi Distribusi Log Pearson III

Rata-rata	2.123
Standar Deviasi	0.148731379

- c. Menghitung nilai probabilitas sesuai dengan persamaan $P = \frac{n}{m+1}$ dengan n adalah nomor data dan m adalah jumlah data. Pada n = 1, maka didapatkan

$$P = \frac{1}{20+1} = 0.04761905$$

- d. Menghitung periode ulang data dengan persamaan $T = \frac{1}{P}$. Pada n = 1,

$$T = \frac{1}{0.04761905} = 21$$

- e. Menghitung nilai w

Sebagai contoh, pada n = 1, $P \leq 0.5$, maka

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{0.04761905} \right) \right]^{0.5} = 2.46759901$$

- f. Menghitung nilai z

$$z = 2.47 - \frac{2.515517 + 0.802853(2.47) + 0.010328(2.47)^2}{1 + 1.432788(2.47) + 0.189269(2.47)^2 + 0.001308(2.47)^3} = 1.66875702$$

- g. Menghitung nilai Cs

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3} = 4.188727359$$

- h. Menghitung nilai k

$$k = \frac{Cs}{6} = 0.698121226$$

- i. Menghitung nilai K_T

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Pada saat n = 1,

$$K_T = 3.10197973$$

- j. Menghitung nilai $\log X_T$

$$\log X_T = 2.123 + 3.101 \times 0.149 = 2.58449025$$

k. Menghitung nilai X_T

$$X_T = 10^{\log X_T} = 10^{2.584} = 384.1406352$$

Nilai X_T merupakan curah hujan maksimum yang diperoleh berdasarkan analisis distribusi log pearson III. Setelah nilai curah hujan maksimum didapatkan, maka perbandingan dengan menggunakan fungsi *correl* kembali dilakukan dan diperoleh nilai *correl* = 89.04 %.

Berdasarkan keempat metode perhitungan curah hujan maksimum, maka dipilih metode Log Pearson III karena memiliki *correl* terbesar, yaitu 89.04 %.

Maka untuk perhitungan periode ulang hujan rencana, digunakan data dari metode Log Pearson III. Berikut data-data yang digunakan dalam perhitungan periode ulang hujan :

Tabel IV-10 Data Pendukung Perhitungan Periode Ulang

$Y_T = (\log X)_r$	2.12312853
$S_y = S_{\log x}$	0.14873138
Cs	4.18872736
k	0.69812123
Error	0.89043136

Tabel IV-11 Perhitungan Periode Ulang Hujan Rencana

T_R	P	w	Z	k	K_T	Y_T	X_T
2	0.5	1.17741002	-1.01E-07	0.69812123	-0.9830913	1.976912	94.8226301
5	0.2	1.79412258	0.84145672	0.69812123	0.0700381	2.13354539	136.00203
10	0.1	2.14596603	1.28172876	0.69812123	1.40166895	2.33160068	214.585653
20	0.05	2.44774683	1.64521144	0.69812123	2.98326166	2.56683315	368.835867
50	0.02	2.79714962	2.05418859	0.69812123	5.34649839	2.91832061	828.553596
100	0.01	3.03485426	2.32678533	0.69812123	7.29648995	3.20834554	1615.64351

Langkah perhitungan periode ulang hujan rencana 20 tahun adalah sebagai berikut:

- Menentukan tahun rencana yang akan dihitung periode ulangnya (T_R) = 20
- Menghitung nilai probabilitas (P) dengan persamaan $\frac{1}{T_R} = 0.05$
- Menghitung nilai w dengan persamaan $\sqrt{\ln \left(\frac{1}{0.05^2} \right)} = 2.45$
- Menghitung nilai z dengan persamaan