

BAB VII

PERANCANGAN DRAINASI

7.1 Umum

Drainasi merupakan sistem untuk mengalihkan aliran air permukaan maupun air tanah, pada suatu area secara alamiah ataupun buatan. Pengalihan ini dilakukan secara gravitasi atau juga dapat dengan pemompaan.

Khusus untuk jalan raya, drainasi dipergunakan sebagai pemenuhan persyaratan lalu lintas, agar genangan air atau curah hujan pada perkerasan dapat dialirkan sedemikian rupa, sehingga menambah kenyamanan perjalanan serta tidak menimbulkan bahaya slip bagi kendaraan yang melaluinya.

7.1.1 Maksud dan Tujuan

Drainasi bertujuan untuk menjaga kestabilan konstruksi jalan diwaktu musim penghujan. Kekuatan tanah dasar yang terlalu basah akan mengurangi daya dukung tanah, yang mengakibatkan badan jalan dan perkerasan tidak mampu untuk memikul beban lalu lintas yang ada. Jika daya dukung tanah berkurang akan mengakibatkan jalan amblas, bergelombang dan mungkin terjadi kelongsoran badan jalan. Karenanya jalan raya hanya dapat berfungsi dengan baik serta berdaya tahan, bila sistem drainasi direncanakan dengan baik.

7.1.2. Lingkup Perancangan

Lingkup perancangan sistem drainasi pada proyek ini hanya terbatas pada daerah tinjauannya saja. Data yang dipakai dalam perancangan drainasi tersebut adalah data curah hujan yang diperoleh dari stasiun Semarang (BMG). Adapun perancangan sistem drainasi yang digunakan meliputi :

1. Drainasi permukaan jalan, dengan membuat kemiringan pada permukaan jalan, bahu serta area sekitarnya.
2. Penampungan serta penyaluran air permukaan melalui saluran samping (*side ditch*).
3. Gorong – gorong (*culvert*), untuk pembuangan air ke saluran alamiah.

7.2 Metoda Perhitungan

Sebelum dilakukan rencana detail masing–masing sistem drainasi, perlu data penunjang yaitu data hidrologi dan hidrolika.

Dalam pemilihan metoda yang dipakai untuk penentuan debit, perlu diperhatikan ciri – ciri daerah aliran, luas daerah aliran dan sifat – sifat hujan yang terjadi. Pada perancangan drainasi untuk jalan raya menggunakan metoda rasional.

Debit dan alirannya dinyatakan dengan rumus : $Q_p = \frac{1}{3,6} \times C \times I_c \times A$ (7.1)

Dengan : Q_p = Debit pengaliran (m^3 / detik)

C = Koefisien pengaliran, tanpa dimensi

I_c = Intensitas hujan selama waktu yang sama dengan lamanya waktu konsentrasi (t_c) dalam periode ulang (mm/jam).

A = Luas daerah pengaliran (km^2)

7.2.1 Koefisien Pengaliran (C)

Untuk daerah kecil, permukaan tanah dianggap memiliki ciri – ciri yang sama, besarnya angka pengaliran tidak banyak berbeda, maka untuk daerah kecil dapat diambil angka yang sama untuk besarnya angka pengaliran.

Harga dari koefisien pengaliran ini dapat diambil seperti tabel 7.1 berikut :

Tabel 7.1 : Harga koefisien pengaliran (C)

Jenis permukaan	Nilai C
Pemukaan yang rapat dan kedap air	0,75 – 0,95
Perkerasan jalan aspal	0,80 – 0,95
Perkerasan jalan beton	0,70 – 0,90
Tanah sangat padat *	0,40 – 0,65
Tanah padat berumput *	0,30 – 0,55
Tanah berpasir tidak kedap air *	0,15 – 0,40
Tanah berpasir tidak kedap air berumput *	0,10 – 0,30
Tanah banyak mengandung pasir *	0,05 – 0,20
Tanah banyak pasir berumput *	0,00 – 0,10

Catatan : * untuk kemiringan 1% - 2%

Sumber : *Irrigation Manual On Drainage, Directorate General Of Water resources*

Development Ministry Of Public Works, Republic of Indonesia

7.2.2 Intensitas Hujan (I_c)

Air hujan yang jatuh disuatu tempat dari daerah aliran memerlukan waktu untuk mengalir dan mencapai titik tertentu (titik yang diamati). Waktu paling lama ialah air hujan yang jatuh ditempat terjauh dari titik yang diamati tersebut. Lama waktu yang diperlukan untuk mencapai titik tersebut oleh air hujan yang jatuh ditempat terjauh dari titik tersebut itu adalah waktu kosentrasi (t_c).

$$t_c = t_{o_f} + t_{d_f} \quad (7.2)$$

dengan :

t_{o_f} = waktu pengaliran air di permukaan (menit)

$$t_{o_f} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_{o_f} \times \frac{n}{S^{0.5}} \right)^{1/6} \quad (7.3)$$

t_{d_f} = waktu pengaliran air di saluran (menit)

$$t_{d_f} = \frac{L_{d_f}}{(60 \cdot v)} \quad (7.4)$$

L_{o_f} = panjang pengaliran di permukaan yang ditinjau (m)

n = koefisien Manning

S = kemiringan saluran

L_{d_f} = panjang fasilitas drainasi yang ditinjau (m)

v = kecepatan aliran pada saluran (m/det)

Tabel 7.2 : Harga koefisien perlambatan permukaan

Jenis permukaan	Nilai Cr
Perkerasan aspal permukaan halus	0,007
Perkerasan beton	0,013
Perkerasan aspal dan kerikil	0,017
Rerumputan pendek dan rapat	0,046
Padang rumput	0,060

Sumber : Irrigation Manual On Drainage, Directorate General Of Water resource

Development Ministry Of Public Works, Republic Of Indonesia.

Untuk dapat menggambarkan garis lengkung yang menyatakan hubungan antara lamanya hujan dengan intensitasnya, diperlukan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Menghitung intensitas menit – menitan dari data intensitas untuk periode ulang yang diperlukan. Untuk ini dapat digunakan rumus analisa frekuensi metode Gumbel berikut ini :

Rumus Gumbel :

$$X_{TR} = X + K \cdot S_x \quad (7.5)$$

dengan :

X_{TR} = curah hujan untuk periode ulang TR tahun

X = curah hujan rata-rata

S_x = Simpangan standar (*Standard Deviation*)

K = Faktor frekwensi

$$= (Y_{TR} - Y_n) / S_n \quad (7.6)$$

Y_{TR} = variasi pengurangan

$$= -\ln(-\ln(1 - 1/TR)) \quad (7.7)$$

Y_n = penurunan rata

S_n = penurunan simpangan standar

TR = tahun periode ulang

2. Pemilihan rumus yang paling mewakili dari 3 rumus lengkung intensitas hujan yaitu :

a. rumus Prof. Sherman : $I = \frac{a}{t^n}$ (7.8)

b. rumus Prof. Talbot : $I = \frac{a}{(t+b)}$ (7.9)

c. rumus Dr. Ishiguro : $I = \frac{a}{(t^{0.5} + b)}$ (7.10)

dengan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (menit)

a, b, n = tetapan-tetapan

dari ketiga rumus di atas, kemudian dicari harga yang paling cocok, artinya harga yang memberikan simpangan terkecil yang digunakan.

7.3 Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan fasilitas-fasilitas drainasi akan diuraikan sebagai berikut :

1. Dipakai data Intensitas hujan dari stasiun hujan Semarang (BMG).
2. Periode ulang adalah periode (tahun) dimana suatu hujan dengan jangka waktu dan intensitas tertentu dianggap bisa terjadi. Kemungkinan terjadinya adalah satu kali dalam batas periode (tahun) yang ditetapkan.
Berdasarkan pertimbangan ekonomis dari fungsi proyek ini umur rencana proyek dan biaya konstruksinya maka volume hujan maksimum yang direncanakan terjadi dalam periode ulang 10 tahun untuk drainasi permukaan, periode ulang 25 tahun untuk gorong-gorong berbentuk kotak (*box culvert*), sehingga selama umur rencana dari proyek ini tidak akan timbul efek – efek yang merugikan investasi proyek yang bersangkutan.
3. Untuk saluran yang direncanakan pada tanah terbuka, sepenuhnya tergantung pada kecepatan air yang melaluinya. Pada tabel 7.3 tertera kecepatan maksimum (ijin) yang biasa dipergunakan.

Tabel 7.3 : Kecepatan maksimum ijin saluran lahan terbuka

Bahan saluran	Kec. maks. ijin (m/det)
Pasir halus	0,45
Napal berpasir	0,50
Lanau alluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Napal kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50

Sumber : Irrigation Manual Of Drainage, Directorate General Of Water resources

Development Ministry Of Public Works, Republic Of Indonesia.

Tabel 7.4 : Data Intensitas Curah Hujan Stasiun Semarang (dalam satuan mm/jam)

No	Tahun	Lama Hujan (menit)									
		5'	10'	15'	30'	45'	60'	120'			
1	1959	20	25	30	50	53	53	120'			
2	1960	13	22	32	46	46	47	55			
3	1961	21	26	28	40	43	44	51			
4	1962	11	20	25	30	35	38	50			
5	1963	22	-	25	38	40	40	45			
6	1964	21	31	42	62	78	80	44			
7	1965	11	15	18	28	38	40	89			
8	1966	27	30	34	43	50	54	41			
9	1976	17	20	32	43	59	75	72			
10	1978	17	25	36	60	72	85	107			
11	1979	15	24	29	37	50	56	98			
12	1980	14	28	62	82	82	91	99			
13	1981	20	40	50	65	70	80	175			
14	1982	10	10	16	47	70	80	113			
15	1983	18	36	54	73	-	69	80			
16	1984	16	27	35	47	-	93	80			
17	1985	15	25	35	47	61	67	93			
18	1986	31	46	62	55	71	96	79			
19	1987	27	21	37	72	-	100	149			
20	1988	15	26	36	60	-	88	105			
21	1989	16	26	30	51	71	81	93			
22	1990	10	21	31	44	55	80	102			
23	1991	12	20	31	52	59	59	100			
24	1992	15	22	31	41	48	50	65			
25	1993	24	32	43	58	80	85	62			
					80	90	98	92			
								116			

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika

Tabel 7.5 Reduced Mean (Yn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5496	0,5463	0,5469	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5488	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5424	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5588	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Irrigation Manual On Drainage, Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works

Tabel 7.6 : Reduced Standard Deviation (Sn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9697	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0916	1,0961	1,1044	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1368
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1607	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1903	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Irrigation Manual On Drainage, Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works

7.4 Analisis Hidrologi

- a. Menghitung intensitas hujan (menit-menitan) untuk periode ulang 10 tahun dan 25 tahun.

Sebagai contoh :

Diambil data intensitas curah hujan Stasiun Semarang pada periode ulang 10 tahun, dengan durasi = 5 menit

$$\text{Gunakan rumus Gumbell : } X_{TR} = X + K \cdot S_x \quad (7.5)$$

$$X = (X_i)/n$$

dengan : X = curah hujan rata-rata

X_i = jumlah curah hujan pada durasi 5 menit

n = lama tahun pengamatan

$$\begin{aligned} X_i &= 20+13+21+11+22+21+11+27+17+17+15+14+20+10+18+16+15+31+27 \\ &\quad +15+16+10+12+15+24 \\ &= 438 \end{aligned}$$

$$n = 25$$

$$X = \frac{438}{25} = 17,72$$

S_x = Standar deviasi (simpangan baku)

$$\begin{aligned} S_x &= \sqrt{\frac{\sum (X - X_n)^2}{n}}, X_n = \text{curah hujan tahun ke } n \\ &= 5,519 \end{aligned} \quad (7.11)$$

Dari tabel 7.5 dan tabel 7.6, masing-masing harga :

$$Y_n = 0,5309 \quad ; \quad S_n = 1,0915$$

$$\begin{aligned} Y_t &= -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right] \\ &= -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{10} \right) \right] \\ &= 2,2504 \end{aligned} \tag{7.7}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \\ &= \frac{(2,2504 - 0,5309)}{1,0915} \\ &= 1,5754 \end{aligned} \tag{7.6}$$

maka :

$$\begin{aligned} X_{10} &= X + K \cdot S_x \\ &= 17,72 + 1,5754 \cdot 5,519 \\ &= 26,4144 \text{ mm/jam} \end{aligned} \tag{7.5}$$

Dan perhitungan selanjutnya untuk periode ulang dan durasi yang lain dilakukan secara tabelaris, berikut ini hasil perhitungan Intensitas hujan (mm/jam) pada tabel 7.7 dan dibuat grafik lengkung intensitas hujan pada grafik 7.1.

Tabel 7.7 : Hasil perhitungan intensitas hujan (mm/jam)

TR (tahun)	Durasi (menit)						
	5	10	15	30	45	60	120
5	271,44	198,44	182,63	130,02	98,65	87,95	57,96
10	316,97	230,33	214,41	149,93	113,45	101,88	69,15
25	374,50	270,62	254,55	175,08	132,15	119,47	83,30
50	417,18	300,52	284,33	193,74	146,02	132,53	93,79

- b. Menetapkan besaran-besaran a, b dan n, untuk rumus-rumus intensitas dengan menggunakan hasil perhitungan pada tabel 7.8 – 7.11.

TR = 5 tahun

- Prof. Sherman :

$$I = \frac{a}{t^n}$$

dengan :

$$\begin{aligned} \text{Log } a &= \frac{(\log I)(\log t)^2 - (\log I \cdot \log t)(\log t)}{N(\log t)^2 - (\log t)(\log t)} \\ &= \frac{(14,6563)(15,2716) - (19,8847)(9,8627)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)} \end{aligned} \quad (7.12)$$

$$a = 754,719$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{(\log I)(\log t) - N(\log t \cdot \log I)}{N(\log t)^2 - (\log t)(\log t)} \\ &= \frac{(14,6563)(9,8627) - 7(19,8847)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)} \\ &= 0,5565 \end{aligned} \quad (7.13)$$

- Talbot :

$$I = \frac{a}{(t+b)}$$

dengan :

$$\begin{aligned} a &= \frac{(I \cdot t)(I^2) - (I^2 \cdot t)(I)}{N(I^2) - (I)(I)} & (7.14) \\ &= \frac{(24598,7)(182452) - (2871837)(1009,97)}{7(182452) - (1009,97)(1009,97)} \\ &= 6174,488 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{(I)(I \cdot t) - (I^2 \cdot t)N}{N(I^2) - (I)(I)} & (7.15) \\ &= \frac{(1009,97)(24598,7) - (2871837)7}{7(182452) - (1009,97)(1009,97)} \\ &= 18,439 \end{aligned}$$

- Ishiguro :

$$I = \frac{a}{(\sqrt{t} + b)}$$

dengan :

$$\begin{aligned} a &= \frac{(I\sqrt{t})(I^2) - (I^2\sqrt{t})(I)}{N(I^2) - (I)(I)} & (7.16) \\ &= \frac{(4444,3544)(182452) - (654520,95)(1009,97)}{7(182452) - (1009,97)(1009,97)} \\ &= 582,732 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{(I)(I\sqrt{t}) - N(I^2\sqrt{t})}{N(I^2) - (I)(I)} \\ &= \frac{(1009,97)(4444,3544) - 7(654520,95)}{7(182452) - (1009,97)(1009,97)} & (7.17) \end{aligned}$$

TR = 10 tahun

- Sherman :

$$\log a = \frac{(15,2732)(15,2716) - (20,8593)(9,8627)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$a = 720,998$$

$$n = \frac{(15,2732)(9,8627) - 7(20,8593)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$= 0,4798$$

- Talbot :

$$a = \frac{(31118,3)(250005) - (4172583)(1196,12)}{7(250005) - (1196,12)(1196,12)}$$

$$= 8733,297$$

$$b = \frac{(1196,12)(31118,3) - (4172583)7}{7(250005) - (1196,12)(1196,12)}$$

$$= 25,093$$

- Ishiguro :

$$a = \frac{(5396,4458)(250005) - (912713,89)(1196,12)}{7(250005) - (1196,12)(1196,12)}$$

$$= 806,130$$

$$b = \frac{(1196,12)(5396,4458) - 7(912713,89)}{7(250005) - (1196,12)(1196,12)}$$

$$= 0,2061$$

TR = 25 tahun

- Sherman :

$$\log a = \frac{(15,7738)(15,2716) - (21,5677)(9,8627)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$a = 843,912$$

$$n = \frac{(15,7738)(9,8627) - 7(21,5677)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$= 0,4776$$

- Talbot :

$$a = \frac{(36760,3)(347610) - (5800043)(1409,67)}{7(347610) - (1409,67)(1409,67)}$$

$$= 10316,29$$

$$b = \frac{(1409,67)(36760,3) - (5800043)7}{7(347610) - (1409,67)(1409,67)}$$

$$= 25,1504$$

- Ishiguro :

$$a = \frac{(6362,4092)(347610) - (1267765,3)(1409,67)}{7(347610) - (1409,67)(1409,67)}$$

$$= 951,594$$

$$b = \frac{(1409,67)(6362,4092) - 7(1267765,3)}{7(347610) - (1409,67)(1409,67)}$$

$$= 0,2119$$

TR = 50 tahun

- Sherman :

$$\log a = \frac{(16,0981)(15,2716) - (22,0263)(9,8627)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$a = 935,2113$$

$$n = \frac{(16,0981)(9,8627) - 7(22,0263)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$= 0,4764$$

- Talbot :

$$a = \frac{(40945,8)(430413) - (7180950)(1568,11)}{7(430413) - (1568,11)(1568,11)}$$

$$= 11487,33$$

$$b = \frac{(1568,11)(40945,8) - (7180950)7}{7(430413) - (1568,11)(1568,11)}$$

$$= 25,1676$$

- Ishiguro :

$$a = \frac{(7079,0564)(430413) - (1568894,8)(1568,11)}{7(430413) - (1568,11)(1568,11)}$$

$$= 1059,207$$

$$b = \frac{(1568,11)(7079,0564) - 7(1568894,8)}{7(430413) - (1568,11)(1568,11)}$$

$$= 0,2139$$

Dari hasil perhitungan di atas maka dibuat tabel dan grafik lengkung intensitas hujan.

Tabel 7.8 : Periode Ulang (TR) = 5 tahun

No	t	I	I x t	I ²	I ² x t	log t	log I	log t x log I	(log t) ²	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
1	5	271.44	1357.2	73679.67	368398.4	0.6990	2.4337	1.7011	0.4886	2.2361	606.9583	164752.76
2	10	198.44	1984.4	39378.43	393784.3	1.0000	2.2976	2.2976	1.0000	3.1623	627.5224	124525.54
3	15	182.63	2739.45	33353.72	500305.8	1.1761	2.2616	2.6598	1.3832	3.8730	707.3229	129178.39
4	30	130.02	3900.6	16905.2	507156	1.4771	2.1140	3.1226	2.1819	5.4772	712.1489	92593.596
5	45	98.65	4439.25	9731.823	437932	1.6532	1.9941	3.2967	2.7331	6.7082	661.7643	65283.05
6	60	87.95	5277	7735.203	464112.2	1.7782	1.9442	3.4571	3.1618	7.7460	681.2578	59916.621
7	120	40.84	4900.8	1667.906	200148.7	2.0792	1.6111	3.3497	4.3230	10.9545	447.3798	18270.99
Jumlah		1009.97	24598.7	182452	2871837	9.8627	14.6563	19.8847	15.2716	40.1572	4444.3544	654520.95

Tabel 7.9 : Periode Ulang (TR) = 10 tahun

No	t	I	I x t	I ²	I ² x t	log t	log I	log t x log I	(log t) ²	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
1	5	316.97	1584.85	100470	502349.9	0.6990	2.5010	1.7481	0.4886	2.2361	708.7665	221657.71
2	10	230.33	2303.3	53051.91	530519.1	1.0000	2.3624	2.3624	1.0000	3.1623	728.3674	167764.87
3	15	214.41	3216.15	45971.65	689574.7	1.1761	2.3312	2.7418	1.3832	3.8730	830.4064	178047.43
4	30	149.93	4497.9	22479	674370.1	1.4771	2.1759	3.2141	2.1819	5.4772	821.2004	121122.58
5	45	113.45	5105.25	12870.9	579190.6	1.6532	2.0548	3.3970	2.7331	6.7082	761.0457	86340.639
6	60	101.88	6112.8	10379.53	622772.1	1.7782	2.0081	3.5707	3.1618	7.7460	789.1591	80399.528
7	120	69.15	8298	4781.723	573806.7	2.0792	1.8398	3.8253	4.3230	10.9545	757.5003	52381.146
Jumlah		1196.12	31118.25	250004.7	4172583	9.8627	15.2732	20.8593	15.2716	40.1572	5396.4458	912713.89

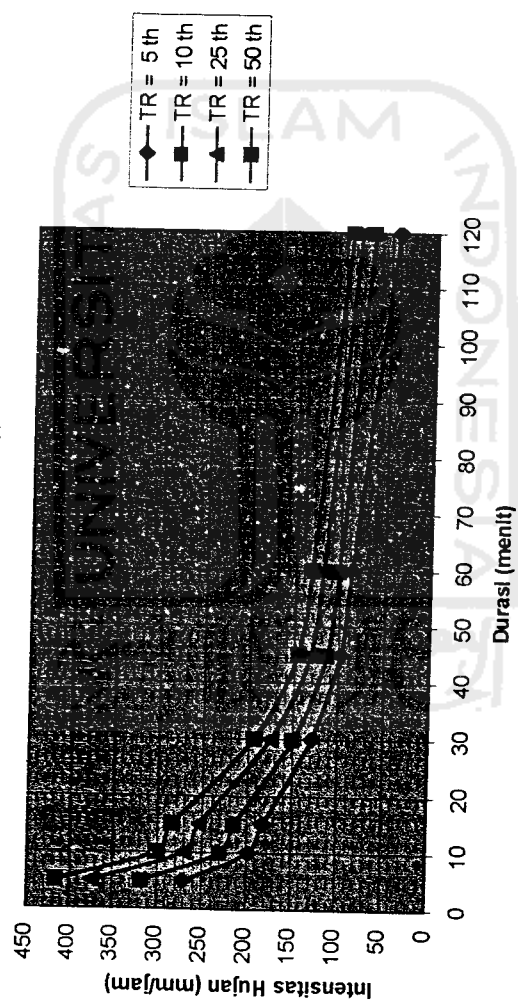
Tabel 7.10 : Periode Ulang (TR) = 25 tahun

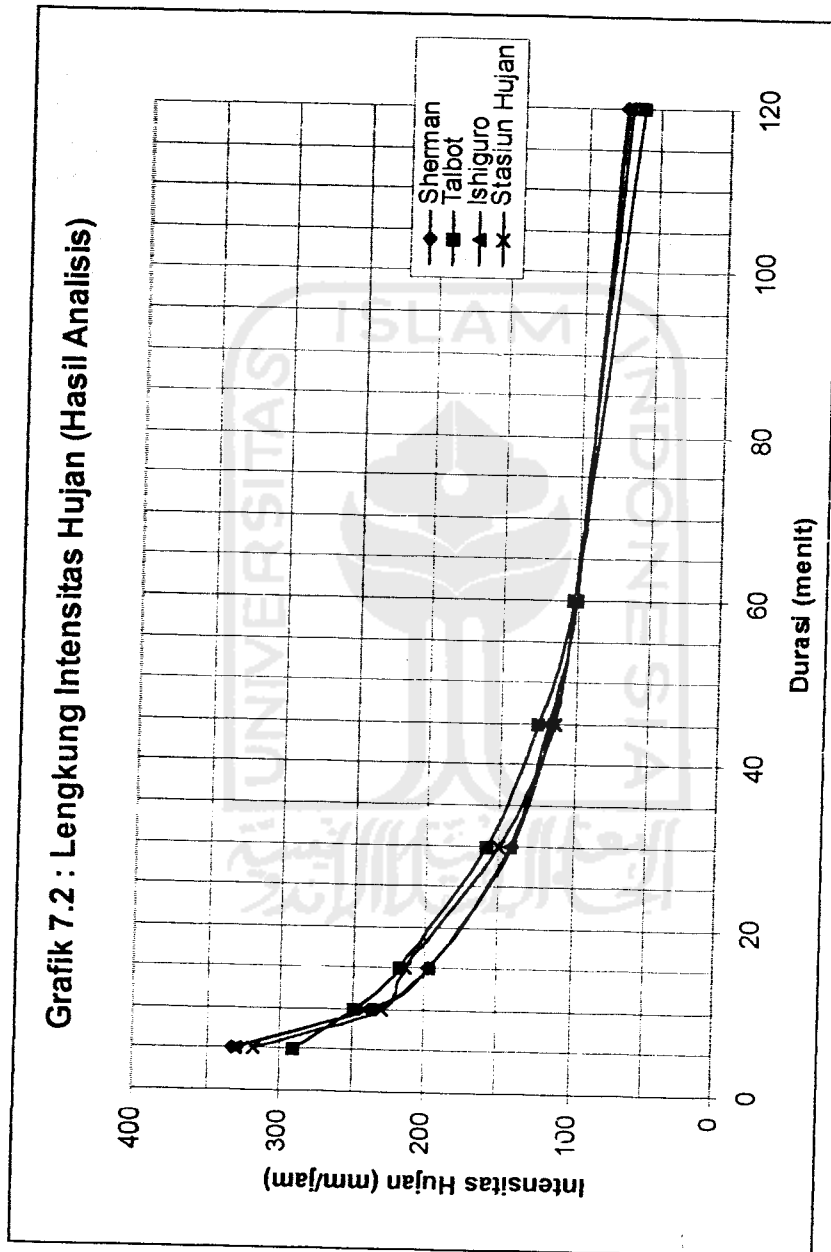
No	t	I	I x t	I ²	I ² x t	log t	log I	log t x log I	(log t) ²	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
1	5	374.5	1872.5	140250.3	701251.3	0.6990	2.57345	1.7988	0.4886	2.23607	837.4075	313609.09
2	10	270.62	2706.2	73235.18	732351.8	1.0000	2.43236	2.4324	1.0000	3.16228	855.7756	231589.99
3	15	254.55	3818.25	64795.7	971935.5	1.1761	2.40577	2.8294	1.3832	3.87298	985.8679	250952.68
4	30	175.08	5252.4	30653.01	919590.2	1.4771	2.24324	3.3135	2.1819	5.47723	958.9527	167893.43
5	45	132.15	5946.75	17463.62	785863	1.6532	2.12107	3.5066	2.7331	6.7082	886.4891	117149.54
6	60	119.47	7168.2	14273.08	856384.9	1.7782	2.07726	3.6937	3.1618	7.7460	925.4106	110558.81
7	120	83.3	9996	6938.89	832666.8	2.0792	1.92065	3.9934	4.3230	10.9545	912.5058	76011.732
Jumlah		1409.67	36760.3	347609.7	5800043	9.8627	15.7738	21.5677	15.2716	40.1572	6362.4092	1267765.3

Tabel 7.11 : Periode Ulang (TR) = 50 tahun

No	t	I	I x t	I ²	I ² x t	log t	log I	log t x log I	(log t) ²	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
1	5	417.18	2085.9	174039.2	870195.8	0.6990	2.62032	1.8315	0.4886	2.23607	932.8428	389163.38
2	10	300.52	3005.2	90312.27	903122.7	1.0000	2.47787	2.4779	1.0000	3.16228	950.3277	285592.48
3	15	284.33	4264.95	80843.55	1212653	1.1761	2.45382	2.8859	1.3832	3.87298	1101.2054	313105.72
4	30	193.74	5812.2	37535.19	1126056	1.4771	2.28722	3.3785	2.1819	5.47723	1061.1577	205588.69
5	45	146.02	6570.9	21321.84	959482.8	1.6532	2.16441	3.5782	2.7331	6.7082	979.5319	143031.25
6	60	132.53	7951.8	17564.2	1053852	1.7782	2.12231	3.7738	3.1618	7.7460	1026.5730	136051.72
7	120	93.79	11254.8	8796.564	1055588	2.0792	1.97216	4.1005	4.3230	10.9545	1027.4180	96361.532
Jumlah		1568.11	40945.75	430412.8	7180950	9.8627	16.0981	22.0263	15.2716	40.1572	7079.0564	1568894.8

Grafik 7.1 : Lengkung Intensitas Hujan
(Stasiun Hujan Semarang)





Tabel 7.12 : Hasil Perhitungan Intensitas Hujan (TR = 10 tahun)

TR = 10 th	Durasi (menit)						
	5	10	15	30	45	60	120
Sherman : $I = \frac{720,998}{t^{0,4798}}$	333,10	238,85	196,63	140,99	116,07	101,11	72,50
Talbot : $I = \frac{8733,297}{(t + 25,093)}$	290,21	248,86	217,83	158,52	124,60	102,63	60,19
Ishiguro : $I = \frac{806,130}{(\sqrt{t} + 0,2061)}$	330,09	239,32	197,63	141,84	116,59	101,37	72,23

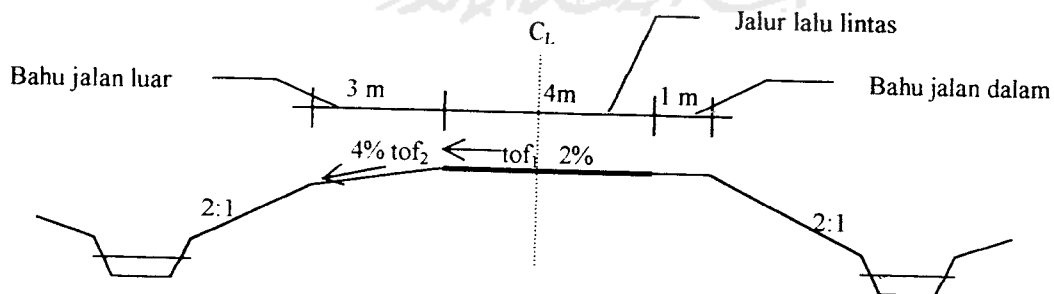
Dari tabel 7.12 dan grafik 7.2 didapat lengkung intensitas hujan yang mendekati lengkung intensitas hujan dari stasiun hujan Semarang adalah Sherman. Persamaan

$$\text{yang dipakai adalah : } I = \frac{720,998}{t^{0,4798}}$$

7.5 Perhitungan Dimensi Saluran

Pada simpang susun ini tidak terdapat saluran median, hanya dibuatkan kemiringan saja untuk mengalirkan airnya. Air yang jatuh pada permukaan badan jalan diteruskan kedalam saluran terbuka yang berbentuk trapesium.

7.5.1 Saluran Samping Pada Simpang Susun



Gambar 7.1 Potongan saluran samping pada ramp

Data-data yang ada :

Bahu jalan (beton)	Badan Jalan (beton)	Saluran
Lof ₁ = 3 m	Lof ₂ = 2m	Ldf = 150 m
n ₁ = 0,013	n ₂ = 0,013	n = 0,025
C ₁ = 0,9	C ₂ = 0,9	I _{sal} = 0,0005
S ₁ = 4%	S ₂ = 2%	

$$tof_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lof_1 \times \frac{n_1}{S_1^{1/2}} \right)^{1/6} \quad (7.3)$$

$$= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 3 \times \frac{0,013}{0,04^{1/2}} \right)^{1/6} = 0,8676 \text{ menit}$$

$$tof_2 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lof_2 \times \frac{n_2}{S_2^{1/2}} \right)^{1/6} \quad (7.3)$$

$$= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 2 \times \frac{0,013}{0,02^{1/2}} \right)^{1/6} = 0,8591 \text{ menit}$$

$$tof = tof_1 + tof_2 = 1,7267 \text{ menit}$$

$$tdf = \frac{Ldf}{60 \cdot v} \quad (7.4)$$

$$= \frac{150}{60 \cdot 0,6} = 4,1667 \text{ menit}$$

$$tc = tof + tdf \quad (7.2)$$

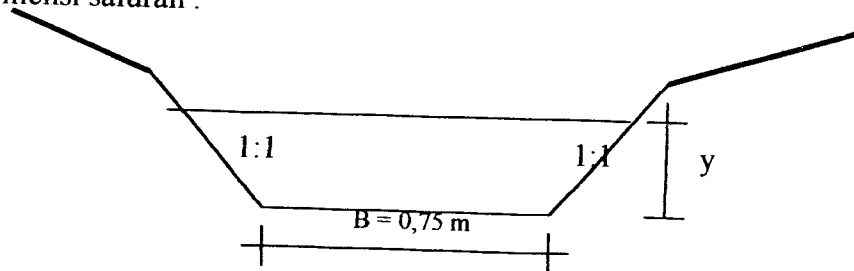
$$= 5,8934 \text{ menit}$$

$$Ic = \frac{720,998}{t^{0,4798}} \quad (7.8)$$

$$= \frac{720,998}{5,8934^{0,4798}} = 307,83 \text{ mm/jam}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sal Trap}} &= 1/3,6 \cdot I_c \cdot C \cdot A \\
 &= 1/3,6 \cdot 307,83/3600 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot (3.150 + 2.150) \\
 &= 0,0160 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}
 \tag{7.1}$$

Dimensi saluran :



$$A = y (B + m \cdot y) = y (0,75 + y)$$

$$P = B + 2y \sqrt{1 + m^2} = 0,75 + 2y \sqrt{2}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{y(0,75 + y)}{0,75 + 2y\sqrt{2}}$$

$$\text{Debit aliran : } Q = A \cdot v = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$0,016 = y(0,75 + y) \frac{1}{0,025} \left(\frac{y(0,75 + y)}{0,75 + 2y\sqrt{2}} \right)^{2/3} \sqrt{0,0005}$$

$$0,018 = y(0,75 + y) \left(\frac{y(0,75 + y)}{0,75 + 2y\sqrt{2}} \right)^{2/3}$$

didapat :

$$y = 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi jagaan} = 25 \% \cdot y = 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Diambil kedalaman saluran} = 30 \text{ cm}$$

7.5.2 Drainasi Bawah Tanah

Drainasi bawah tanah (*sub surface drainage*) diperlukan pada tempat atau lokasi, dimana dapat terjadi kemungkinan merembesnya air pada konstruksi jalan akibat air tanah yang berlebihan atau muka air tanah yang cukup tinggi sehingga dapat mengganggu kestabilan atau merusak badan jalan.

Drainasi bawah tanah umumnya tergantung pada kondisi tanah setempat/lapangan, jadi tidak setiap pembuatan sarana drainasi harus ada drainasi bawah tanah, seperti halnya pada proyek ini. Pada proyek pembangunan simpang susun Majapahit ini sistem drainasi bawah tanah permukaan tidak dipakai karena muka air tanah tidak cukup tinggi.

7.6 Pembahasan

Secara umum fungsi drainasi dalam perancangan jalan raya adalah untuk mengalirkan air permukaan dan air tanah, agar tidak mengganggu dan merusak konstruksi perkerasan jalan, sehingga jalan dapat memberikan pelayanan sesuai fungsi yang diharapkan.

Dari grafik lengkung intensitas hujan (hasil analisis) untuk mendimensi saluran samping dapat diperoleh intensitas hujan berdasarkan rumus Sherman karena mempunyai simpangan yang terkecil atau mendekati lengkung intensitas hujan dari stasiun hujan Semarang.

Dari hasil perhitungan dimensi saluran samping konsultan memakai lebar dasar saluran 1 m, sedangkan penulis memakai lebar dasar saluran 0,75 m. Dari hal

ini kami dapat menarik kesimpulan hasil rancangan kembali lebih ekonomis dari hasil rancangan konsultan. Dari kedua hasil di atas hasil kedua-duanya dapat dipakai tetapi dalam perancangan kita harus memperhatikan segi ekonomisnya.

