BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Daerah Studi

4.1.1 Geometri Jalan

Lokasi studi pada skripsi ini adalah di sepanjang jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur yang termasuk dalam kecamatan Batu dengan panjang jalan ± 1,3 km yang dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. Ruas jalan Raya Oro-oro Ombo terdiri atas jalan dua arah dua lajur tak terbagi (2/2 UD), dan jalan dua arah dua lajur terbagi (2/2 D) yang berada di depan kawasan objek wisata Jatim-Park 2. Menurut fungsi jalan ruas jalan Raya Oro-oro Ombo termasuk jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi. Ruas jalan Raya Oro-oro Ombo memiliki lebar jalur 6 meter pada jalan dua arah dua lajur tak terbagi (2/2 UD), dan lebar lajur 4 meter pada jalan dua arah dua lajur terbagi (2/2 D).

Gambar 4.1 Peta Lokasi Studi (Jalan Raya Oro-oro Ombo)

4.1.2 Profil Jalan

Profil jalan di ruas jalan Raya Oro-oro Ombo mempunyai kemiringan memanjang dan melintang berbeda-beda. Menurut hasil pengamatan lapangan di ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, apabila dilihat dari potongan memanjang ruas jalan Raya Oro-oro Ombo yang terbagi 10 potongan berdasarkan segmen saluran dan arah aliran air di dalam saluran. Perbedaan arah aliran air di sepanjang ruas jalan Raya Oro-oro Ombo dikarenakan ruas jalan tersebut yang berkontur. Sepanjang ruas jalan Raya Oro-oro Ombo ini, terdapat tiga buah anak sungai (kali) yang mengalir melintang dari barat ke timur memotong ruas jalan Raya Oro-oro Ombo. Untuk arah aliran air dalam saluran drainase di sepanjang ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, air yang berada dalam saluran drainase mengalir ke arah utara dan arah selatan.

Berdasarkan arah aliran air dan segmen saluran drainase yang ada, maka ruas jalan Raya Oro-oro Ombo sepanjang ± 1,3 km ini dibagi menjadi 10 segmen. Segmen 1, segmen 3, segmen 4, segmen 6, segmen 7, dan segmen 9 arah aliran air di dalam saluran drainase mengalir menuju ke arah utara. Segmen 2, segmen 5, segmen 8, dan segmen 10 arah aliran air di dalam saluran drainase mengalir menuju ke arah selatan. Berikut ini adalah gambar potongan memanjang dan melintang jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur dapat dilihat pada **Lampiran 12**.

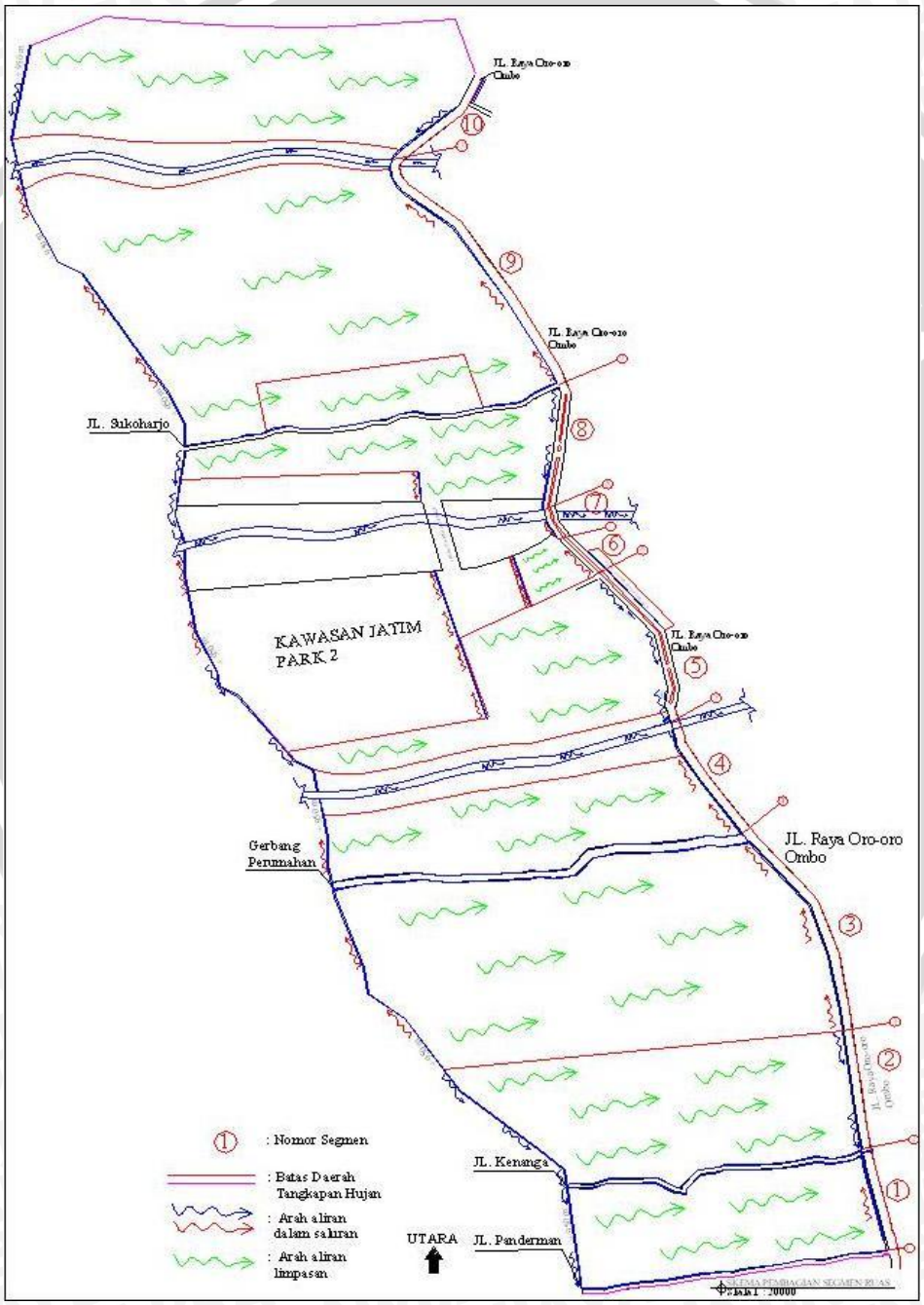
4.1.3 Kondisi Saluran Drainase Eksisting

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Kegunaan dengan adanya saluran drainase ini antara lain mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir, mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada. Sistem drainase tersebut, dibuat dari banyak unsur yang membutuhkan desain atau bentuk yang tepat, pemasangan yang tepat, dan perawatan yang tepat pula.

Genangan air di permukaan jalan memperlambat kendaraan dan memberikan andil terjadinya kecelakaan akibat terganggunya pandangan oleh

cipratan dan semprotan air. Jika air memasuki struktur jalan, perkerasan dan tanah dasar (*subgrade*) menjadi lemah, dan hal ini akan menyebabkan konstruksi jalan lebih peka terhadap kerusakan akibat lalu lintas.

Pada **Gambar 4.2** digambarkan skema pembagian segmen ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur. Untuk Data tentang saluran drainase eksisting di sepanjang jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur, dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2** berikut ini.



Gambar 4.2 Skema Pembagian Segmen Ruas Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur

Tabel 4.1 Kondisi Saluran Drainase Eksisting pada Lajur Kiri Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur

No. Segmen	Lokasi (KM)	Dimensi Saluran (b x h cm)	Panjang Saluran (m)	Jenis	Letak
1.	0 + 018 s/d 0 + 110	50 x 40	92	Saluran terbuka	Kiri
2.	0 + 110 s/d 0 + 227	30 x 30 (tertutup sedimen)	117	Saluran terbuka	Kiri
3.	0 + 227 s/d 0 + 440	50 x 40	213	Saluran terbuka	Kiri
4.	0 + 440 s/d 0 + 555	60 x 50 (ditumbuhi rumput)	115	Saluran terbuka	Kiri
5.	0 + 562 s/d 0 + 725	-	163	-	Kiri
6.	0 + 725 s/d 0 + 772	-	47	-	Kiri
7.	0 + 772 s/d 0 + 792	40 x 30	20	Saluran tertutup dengan grill	Kiri
8.1	0 + 800 s/d 0 + 840	40 x 40	40	Saluran tertutup	Kiri
8.2	0 + 840 s/d 0 + 920	-	80	Saluran terbuka	Kiri
9.	0 + 920 s/d 1 + 175	40 x 30 (tertutup sedimen)	255	Saluran terbuka	Kiri
10.	1 + 180 s/d 1 + 252	40 x 30 (tertutup sedimen)	72	Saluran terbuka	Kiri

Tabel 4.2 Kondisi Saluran Drainase Eksisting pada Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur

No. Segmen	Lokasi (KM)	Dimensi Saluran (b x h cm)	Panjang Saluran (m)	Jenis	Letak
5.	0 + 650 s/d 0 + 750	30 x 30	98	Saluran tertutup	Kanan

Pada tabel diatas dapat dilihat kondisi saluran drainase eksisting baik kondisi teknis maupun non teknis. Kondisi saluran drainase pada lokasi studi ada yang tidak berfungsi dengan baik akibat adanya endapan sedimen dan tumbuhan yang tumbuh pada saluran drainase tersebut. Pada segmen 5, segmen 6, dan segmen 8 belum terdapat saluran drainase, begitu pula pada lajur kanan. Hal tersebut menyebabkan kinerja drainase menjadi kurang baik, kondisi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.3** berikut ini.

a) Kondisi pada segmen 5 yang belum terdapat saluran drainase, akibatnya air menggenang di permukaan jalan.

b) Kondisi saluran drainase pada segmen 2 yang terdapat sedimen dan tumbuhan, sehingga mengganggu kinerja saluran drainase.

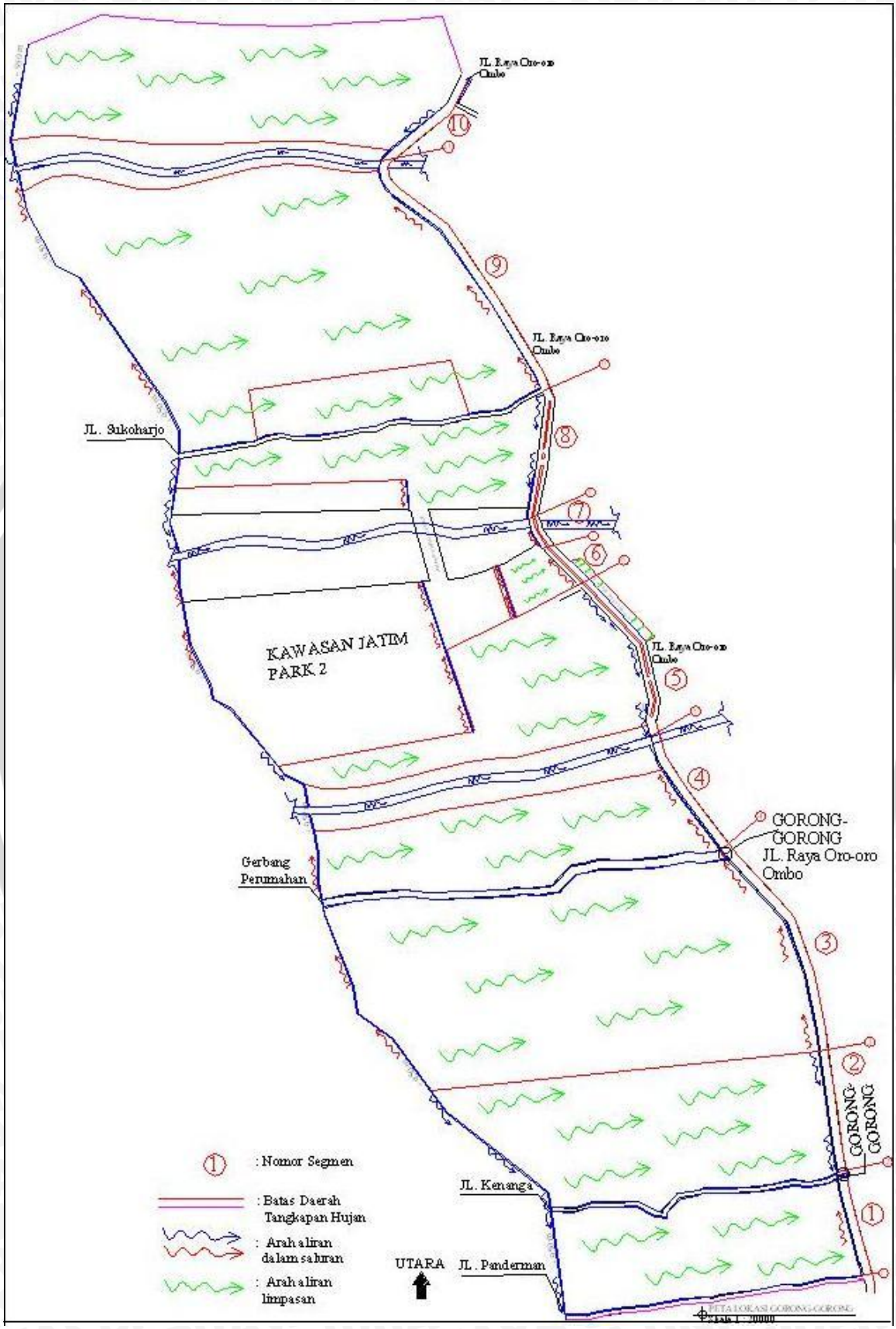
c) Kondisi saluran drainase pada segmen 10 yang terdapat sedimen dan tumbuhan, sehingga mengganggu kinerja saluran drainase.

Gambar 4.3 Kondisi Saluran Drainase Eksisting di Ruas Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa timur

4.1.4 Kondisi Gorong-gorong Eksisting

Gorong-gorong digunakan untuk membawa air dari saluran drainase di suatu sisi jalan ke sisi lainnya. Pada lokasi studi ini, yaitu ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur terdapat dua buah gorong-gorong. Lokasi gorong-gorong yang pertama terdapat diantara segmen 1 dengan segmen 2, yaitu persimpangan jalan Raya Oro-oro Ombo dengan jalan Kenanga. Gorong-gorong yang kedua terdapat diantara segmen 3 dengan segmen 4, yaitu persimpangan jalan Raya Oro-oro Ombo dengan jalan masuk perumahan.

Lokasi gorong-gorong pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo ditunjukan pada **Gambar 4.4** di bawah ini. Data tentang gorong-gorong eksisting di sepanjang jalan Oro-oro Ombo Kota Batu, Malang Jawa Timur, dapat dilihat pada **Tabel 4.3** berikut ini.



Gambar 4.4 Lokasi Gorong-gorong pada Ruas Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur

Tabel 4.3 Kondisi Gorong-gorong Eksisting Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur

No	Lokasi (km)	Segmen	Diameter Gorong – gorong (cm)
1.	0 + 112	1	40
2.	0 + 435	3	50

4.1.5 Kondisi *Inlet* Eksisting

Sebagian besar aliran permukaan yang mengalir di jalan Raya dengan kondisi terhalang, akan dialirkan menuju saluran pembuang melalui lubang-lubang *inlet* yang biasanya diletakkan di bahu jalan maupun median jalan. Lubang masuk digunakan untuk mengalirkan air bah dari trotoar dan mengarahkannya ke sistem aliran bawah tanah. Perencanaan suatu sistem *inlet* merupakan suatu pekerjaan yang kompleks, biasanya dicapai melalui cara coba-coba.

Pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur *street inlet* hanya terdapat di beberapa titik, kondisi *street inlet* kurang baik keadaannya karena tertutup oleh endapan sedimen, seperti yang ditunjukan pada **Gambar 4.5**. Air limpasan yang berasal dari jalan dan tata guna lahan di sekitar tidak dapat langsung masuk ke dalam saluran drainase, sehingga air limpasan mengalir di tepi jalan.

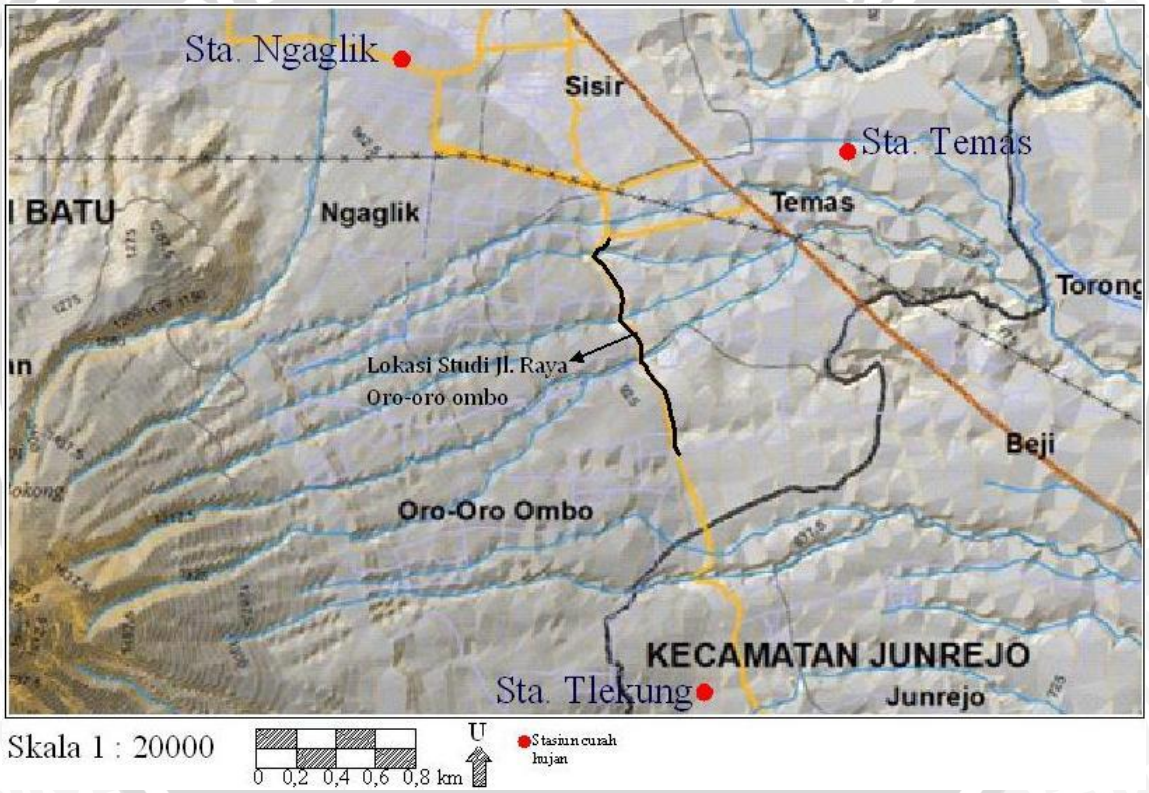
Gambar 4.5 Kondisi *Street Inlet* di Jalan Raya Oro-oro Ombo

4.2 Analisa Hidrologi

4.2.1 Uji Konsistensi

Data curah hujan yang telah ada sebelum dilakukan perhitungan selanjutnya, perlu dilakukan Uji Konsistensi agar diketahui kemungkinan terjadinya penyimpangan terhadap garis trend semula sehingga dapat diketahui apakah data tersebut dapat digunakan untuk analisa hidrologi atau tidak.

Adapun data curah hujan makasimum tahunan stasiun Ngaglik, Temas, dan Tlekung dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dan peta letak stasiun hujan (Ngaglik, Temas, dan Tlekung) dapat dilihat pada **Gambar 4.6** berikut ini.



Gambar4.6 Peta Letak Stasiun Hujan

Tabel 4.4 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan

No	Tahun	Stasiun Hujan		
		Ngaglik	Temas	Tlekung
1	2001	88	73	61
2	2002	75	73	77
3	2003	110	63	99
4	2004	70	80	97
5	2005	95	65	66
6	2006	90	69	84
7	2007	145	89	86
8	2008	74	61	65
9	2009	86	68	69
10	2010	103	71	88

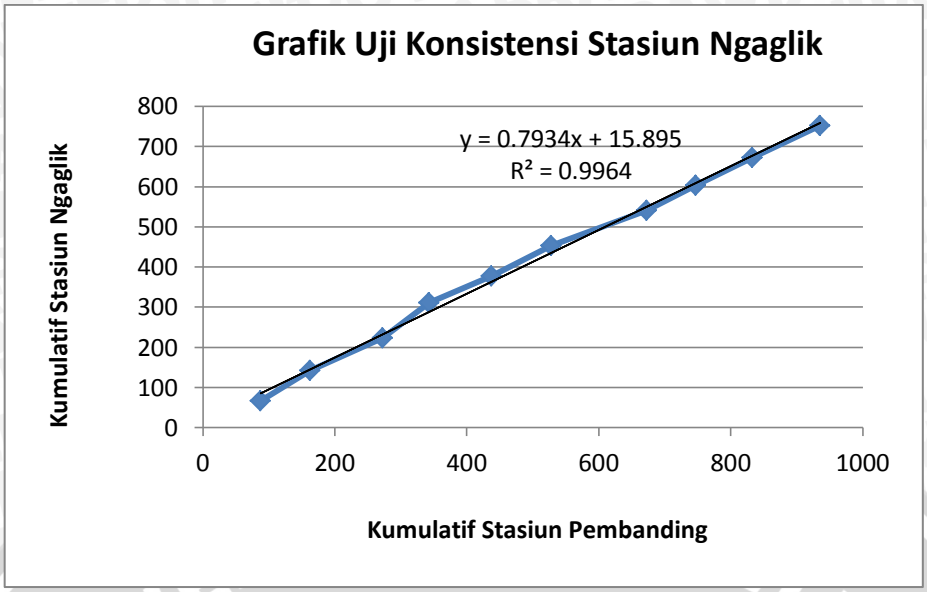
Uji Konsistensi yang digunakan dalam studi ini adalah dengan kurva massa ganda (*double mass curve*) dengan membandingkan tiga stasiun pengamatan yaitu stasiun Ngaglik, stasiun Temas, dan stasiun Tlekung.

Adapun uji konsistensi data curah hujan terhadap data curah hujan harian tahunan stasiun Ngaglik dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.8** berikut ini:

Tabel 4.5 Uji Konsistensi Data Curah Hujan dengan Metode Lengkung Massa Ganda terhadap Data Curah Hujan Harian Tahunan Stasiun Ngaglik

No	Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding		Kumulatif Stasiun Uji	Rata-rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
		Ngaglik	Temas	Tlekung			
1	2001	88	73	61	88	67	67
2	2002	75	73	77	163	75	142
3	2003	110	63	99	273	81	223
4	2004	70	80	97	343	88.5	311.5
5	2005	95	65	66	438	65.5	377
6	2006	90	69	84	528	76.5	453.5
7	2007	145	89	86	673	87.5	598.5
8	2008	74	61	65	747	63	661.5
9	2009	86	68	69	833	68.5	730
10	2010	103	71	88	936	79.5	809.5

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.7 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Ngaglik

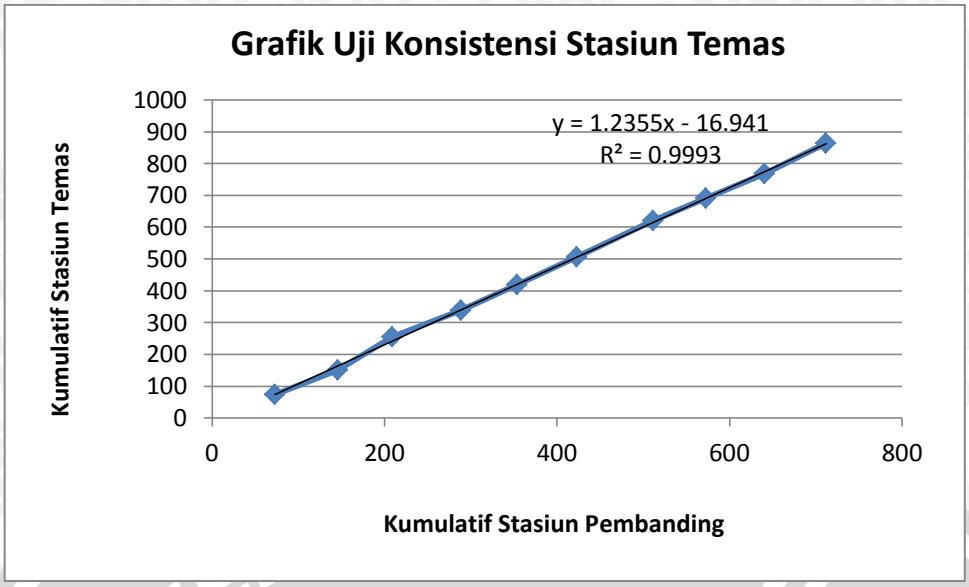
Pada stasiun Ngaglik nilai R^2 = 0,996 yang berarti tidak mengalami penyimpangan karena 0,8 < R^2 < 1,0 sehingga tidak perlu dikalikan faktor koreksi (k).

Selanjutnya, uji konsistensi data curah hujan terhadap data curah hujan harian tahunan stasiun Temas dapat dilihat pada **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.8** berikut ini :

Tabel 4.6 Uji Konsistensi Data Curah Hujan dengan Metode Lengkung Masa Ganda terhadap Data Curah Hujan Harian Tahunan Stasiun Temas

No	Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding		Kumulatif Stasiun Uji	Rata-rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
		Temas	Ngaglik	Tlekung			
1	2001	73	88	61	73	74.5	74.5
2	2002	73	75	77	146	76	150.5
3	2003	63	110	99	209	104.5	255
4	2004	80	70	97	289	83.5	338.5
5	2005	65	95	66	354	80.5	419
6	2006	69	90	84	423	87	506
7	2007	89	145	86	512	115.5	621.5
8	2008	61	74	65	573	69.5	691
9	2009	68	86	69	641	77.5	768.5
10	2010	71	103	88	712	95.5	864

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.8 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Temas

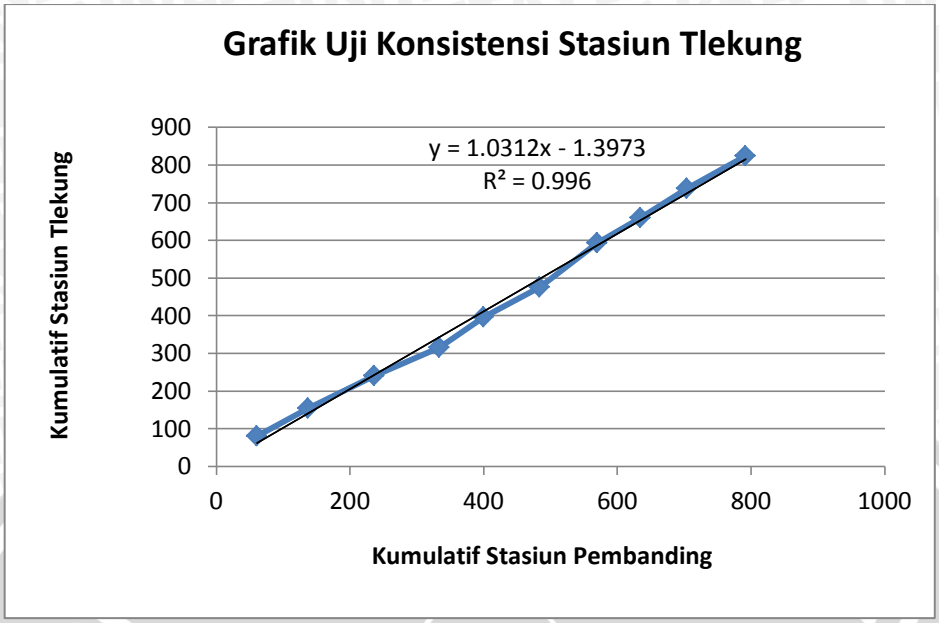
Pada stasiun Temas nilai R^2 = 0,999 yang berarti tidak mengalami penyimpangan karena 0,8 < R^2 < 1,0 sehingga tidak perlu dikalikan faktor koreksi (k).

Selanjutnya, uji konsistensi data curah hujan terhadap data curah hujan harian tahunan stasiun Tlekung dapat dilihat pada **Tabel 4.7** dan **Gambar 4.9** berikut ini :

Tabel 4.7 Uji Konsistensi Data Curah Hujan dengan Metode Lengkung Masa Ganda terhadap Data Curah Hujan Harian Tahunan Stasiun Tlekung

No	Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding		Kumulatif Stasiun Uji	Rata-rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
		Tlekung	Ngaglik	Temas			
1	2001	61	88	73	61	80.5	80.5
2	2002	77	75	73	138	74	154.5
3	2003	99	110	63	237	86.5	241
4	2004	97	70	80	334	75	316
5	2005	66	95	65	400	80	396
6	2006	84	90	184	484	79.5	475.5
7	2007	86	145	89	570	117	650
8	2008	65	74	61	635	67.5	717.5
9	2009	69	86	68	704	77	794.5
10	2010	88	103	71	792	87	881.5

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.9 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Tlekung

Pada stasiun Tlekung nilai R^2 = 0,996 yang berarti tidak mengalami penyimpangan karena 0,8 < R^2 < 1,0 sehingga tidak perlu dikalikan faktor koreksi (k).

4.2.2 Analisa Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum dengan Metode Poligon Thiessen

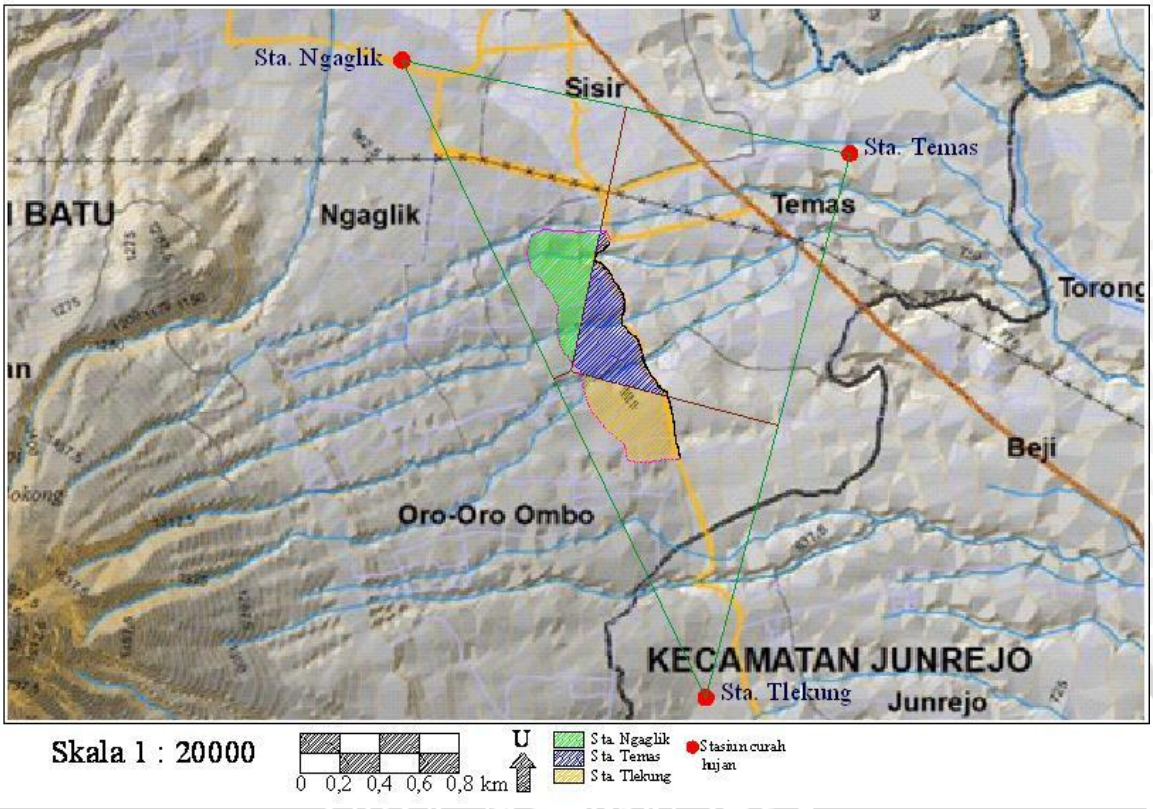
Dalam studi ini analisa curah hujan tidak menggunakan metode rerata Aritmatik, karena perbedaan harga individual curah hujan dari setiap stasiun pengukur curah hujan terlalu jauh. Studi ini menggunakan metode poligon Thiesen dalam analisa curah hujan rerata daerah maksimum. Data yang digunakan adalah selama 10 tahun, dari tahun 2001 – 2010 dari tiga stasiun hujan yaitu stasiun Ngaglik, stasiun Temas, dan stasiun Tlekung.

Adapun perhitungan curah hujan rerata daerah maksimum dengan menggunakan metode rerata Aritmatik dapat dilihat pada **Tabel 4.8** berikut ini :

Tabel 4.8 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum dengan Metode Rerata Aritmatik

Tahun	Tgl.Harian Maksimum	Curah Hujan (mm)			Hujan Rerata Daerah	Hujan Rerata Daerah Maksimum
		St. Ngaglik	St. Temas	St. Tlekung		
2001	22-Jan	88	56	27	57.00	64.67
	26-Mar	60	73	61	64.67	
	26-Mar	60	73	61	64.67	
2002	26 - Des	75	69	46	63.33	63.33
	29 - Des	0	73	76	49.67	
	7-Feb	32	57	77	55.33	
2003	27-Feb	110	61	99	90.00	90.00
	3-Feb	66	63	95	74.67	
	27-Feb	110	61	99	90.00	
2004	3 - Des	70	57	70	65.67	65.67
	10-Nov	45	80	8	44.33	
	3-Mar	9	13	97	39.67	
2005	21-Nov	95	65	27	62.33	59.00
	7-Mar	7	65	66	46.00	
	7-Mar	7	65	66	46.00	
2006	30 - Des	90	69	48	69.00	69.00
	30 - Des	90	69	48	69.00	
	10-Apr	3	2	84	29.67	
2007	27 - Des	145	51	49	81.67	81.67
	26 - Des	26	89	67	60.67	
	2-Apr	17	6	86	36.33	
2008	15 - Des	74	61	34	56.33	56.33
	15 - Des	74	61	34	56.33	
	21-Mar	20	20	65	35.00	
2009	26-Jan	86	68	47	67.00	67.00
	26-Jan	86	68	47	67.00	
	24-Feb	64	58	69	63.67	
2010	15-Feb	103	69	68	80.00	80.00
	22-Nov	80	71	40	63.67	
	8-Nov	70	57	88	71.67	

Pada **Tabel 4.8** diatas dapat dilihat bahwa perbedaan harga individual curah hujan dari setiap stasiun pengukur curah hujan terlalu jauh. Karena itu digunakan metode poligon Thiessen dalam analisa curah hujan rerata daerah maksimum. Gambar poligon Thiessen untuk untuk studi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.10** di bawah ini.



Gambar 4.10 Poligon Thiessen Daerah Pengaruh Hujan di Daerah Studi

Perhitungan koefisien Thiessen berdasarkan luas derah pengaruh masing-masing stasiun pengukur curah hujan dapat dilihat pada **Tabel 4.9**. Untuk perhitungan curah hujan rerata daerah maksimum dengan menggunakan metode poligon Thiessen, dapat dilihat pada **Tabel 4.10** berikut ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Koefisien Thiessen

Stasiun Hujan	Luas Daerah Pengaruh (Ha)	Bobot Luas (%)	Koefisien Thiessen
Sta. Ngaglik	12,92	31,57	0,32
Sta. Temas	14,76	36,1	0,36
Sta. Tlekung	13,24	32,36	0,32
Jumlah	92	100	1.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah MaksimumMenggunakan Metode Poligon Thiesen

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)			Curah Hujan Harian Maksimum x Koef. Thiessen (mm)			Hujan Rerata Daerah Maksimum (mm)
	St. Ngaglik	St. Temas	St. Tlekung	St. Ngaglik	St. Temas	St. Tlekung	
				0.32	0.36	0.32	
2001	88	73	61	27.78	26.33	19.74	73.85
2002	75	73	77	23.68	26.33	24.91	74.93
2003	110	63	99	34.73	22.72	32.03	89.49
2004	70	80	97	22.10	28.86	31.39	82.34
2005	95	65	66	30.00	23.45	21.35	74.80
2006	90	69	84	28.42	24.89	27.18	80.48
2007	145	89	86	45.78	32.10	27.83	105.71
2008	74	61	65	23.36	22.00	21.03	66.40
2009	86	68	69	27.15	24.53	22.33	74.01
2010	103	71	88	32.52	25.61	28.47	86.60

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

4.3.1 Distribusi Log Person Type III

Perhitungan curah hujan rancangan pada studi ini menggunakan distribusi Log Person Type III. Digunakan distribusi Log Person Type III karena syarat untuk nilai Cs pada distribusi Log Person Type III lebih fleksibel yaitu Cs ≠ 0, sedangkan untuk distribusi Normal Cs ≈ 0, dan untuk distribusi Gumbel Cs ≈ 1,14.

Data curah hujan rerata daerah maksimum pada **Tabel 4.10** dikonversi ke logaritmis, kemudian dihitung nilai rata-rata ($\overline{\log x_i}$), simpangan baku (Si), dan koefisien kepencengan (Cs). Perhitungan ditampilkan pada **Tabel 4.11** berikut ini.

Tabel 4.11 Analisis Probabilitas Hujan dengan distribusi Log Person Type III

No	Tahun	R (mm)	Xi (mm)	Log Xi	$(\text{Log Xi}-\overline{\text{Log Xi}})^2$	$(\text{Log Xi}-\overline{\text{Log Xi}})^3$
1	2001	73.85	66.40	1.8222	0.006444	-0.000517
2	2002	74.93	71.64	1.8551	0.002236	-0.000106
3	2003	89.49	73.85	1.8684	0.001160	-0.000040
4	2004	82.34	74.01	1.8693	0.001100	-0.000036
5	2005	74.80	74.93	1.8746	0.000773	-0.000021
6	2006	80.48	80.48	1.9057	0.000011	0.000000
7	2007	105.71	82.34	1.9156	0.000174	0.000002
8	2008	66.40	86.60	1.9375	0.001232	0.000043
9	2009	74.01	89.49	1.9518	0.002433	0.000120
10	2010	86.60	105.71	2.0241	0.014807	0.001802
Jumlah				19.0243	0.030371	0.001247
Rerata ($\overline{\text{Log Xi}}$)				1.9024		
Standar Deviasi (Si)				0.0581		
Koefisien Kepencengen (Cs)				0.8835		

Sumber: Hasil Perhitungan

Tahapan-tahapan selengkapnya dalam menghitung curah hujan rancangan menggunakan distribusi Log Person Type III adalah sebagai berikut:

1. Mengubah data curah hujan harian maksimum ke dalam bentuk logaritma.
2. Menghitung nilai logaritma rata-rata:

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} LogX}{n}$$

$$\overline{\log X} = \frac{19{,}0243}{10}$$

$$= 1{,}9024$$

3. Menghitung harga Standar Deviasi (Simpangan baku):

$$Si = \sqrt{\frac{\sum^{n}(\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}030371}{9}}$$

$$= 0{,}0581$$

4. Menghitung Koefisien Kepencengan:

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

$$= \frac{10x0{,}001247}{9x8x0{,}0581^3}$$

$$= 0{,}8835$$

5. Menghitung logaritma curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu. Dari nilai Cs dan kala ulang rencana, dapat ditentukan nilai G yang sesuai dengan menggunakan tabel Distribusi *Log Person* Type III yang terlampir pada **Lampiran 7** .

∗ Kala Ulang 5 tahun

Log Xt = $\overline{\log X}$ + G. Si

= 1,9024 + (0,771 x 0,0581)

= 1,947

Xt = 88,555

Jadi, curah hujan rancangan 5 tahunan adalah 88,555 mm.

∗ Kala Ulang 10 tahun

Log Xt = $\overline{\log X}$ + G. Si

= 1,9024 + (1,339 x 0,0581)

= 1,980

Xt = 95,541

Jadi, curah hujan rancangan 10 tahunan adalah 95,541 mm.

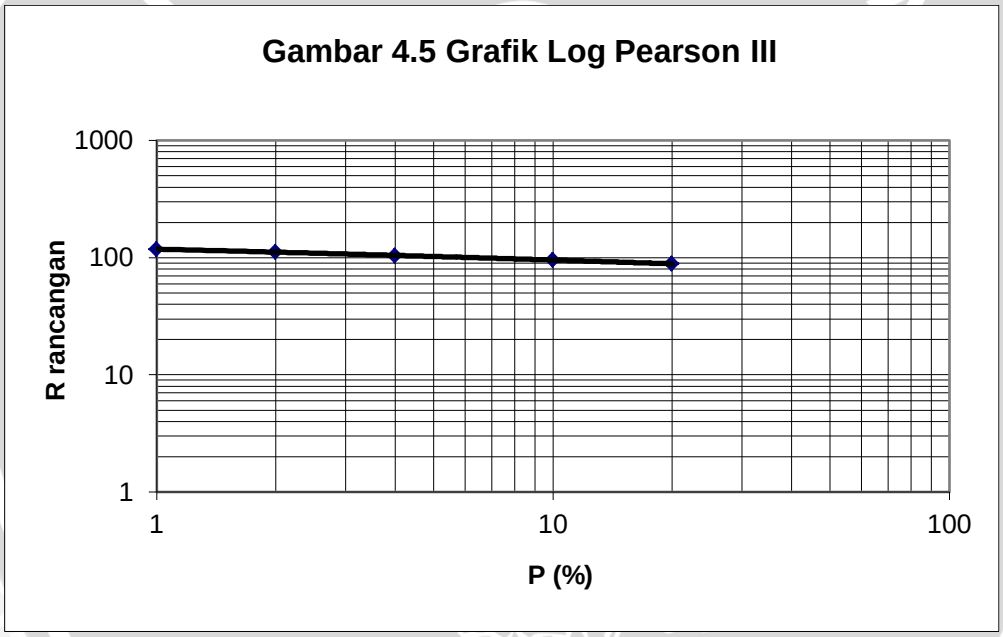
Adapun perhitungan curah hujan rancangan selengkapnya, untuk penggambaran garis durasi pada kertas probabilitas dapat dilihat pada **Tabel 4.12** berikut ini.

Tabel 4.12 Perhitungan Curah Hujan Rancangan untuk Penggambaran Garis Durasi pada Kertas Probabilitas

No	Kala Ulang (tahun)	Probabilitas (%)	Faktor Frekwensi (G)	Cs	Log R ranc	Curah Hujan Rancangan (mm)
1	5	20	0.770815918	0.8835	1.947	88.555
2	10	10	1.33850475	0.8835	1.980	95.541
3	25	4	2.014698332	0.8835	2.019	104.585
4	50	2	2.490571246	0.8835	2.047	111.458
5	100	1	2.946104494	0.8835	2.074	118.461

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan data yang berasal dari **Tabel 4.12** dapat digambarkan pada **Gambar 4.11** seperti berikut ini :



Gambar 4.11 Grafik Log Person Type III

4.4 Uji Kesesuaian Distribusi

4.4.1 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kesesuaian *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik *(non parametric test)*, adapun perhitungan uji Smirnov Kolmogorov dapat dilihat pada **Tabel 4.13** berikut ini :

Tabel 4.13 Uji Smirnov Kolmogorov

m	R	X (mm)	log X	Pe (%)	G	Pr	Pt	Δ (%)
1	73.853	66.399	1.8222	9.091	-1.382	97.814	2.186	6.90
2	74.926	71.638	1.8551	18.182	-0.814	78.295	21.705	3.52
3	89.488	73.853	1.8684	27.273	-0.586	68.662	31.338	4.07
4	82.343	74.007	1.8693	36.364	-0.571	68.005	31.995	4.37
5	74.796	74.926	1.8746	45.455	-0.479	64.101	35.899	9.56
6	80.484	80.484	1.9057	54.545	0.056	41.463	58.537	3.99
7	105.711	82.343	1.9156	63.636	0.227	34.239	65.761	2.13
8	66.399	86.604	1.9375	72.727	0.604	25.452	74.548	1.82
9	74.007	89.488	1.9518	81.818	0.849	18.619	81.381	0.44
10	86.604	105.711	2.0241	90.909	2.095	3.290	96.710	5.80
Jumlah			19.0243				Δ maks	9.56
Rerata ($\overline{\text{Log Xi}}$)			1.9024					
Standar Deviasi (Si)			0.05809					
Koefisien Kepencengan (Cs)			0.88349					

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

R : Curah Hujan Harian Rerata Daerah

X : Curah Hujan Harian Rerata Daerah Setelah Diurutkan

m : Nomor urut data

Pe : m/(n+1)x100%

G : (Log X-Log Xi) / Sn

Pr : Dari Tabel Log Person III

Pt : 100-Pr

Δ : lPe-Ptl

Banyaknya data : 10

Δ maksimum : 9,56 %

Berdasarkan Tabel Smirnov Kolmogorov

α 5% : 49%

α 1% : 41%

Karena Δ maks < Δ kritis, maka Disribusi Log Person III dapat diterima.

4.4.2 Uji Chi Square

Uji *Chi-Square* menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara metematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya. Berikut ini adalah perhitungan uji Chi Square dan penentuan batas kelas dapat dilihat pada **Tabel 4.14** dan **Tabel 4.15** :

Tabel 4.14 Uji Chi Square

No.	P	Rrerata	Std. Deviasi	Kemencengan	Pc	G	Curah Hujan Rancangan	
	(%)	(Log)	(Log)	(Cs)	(%)	(Tabel)	Log	(mm)
1	25	1.902	0.0581	0.8835	75	-0.7362	1.860	72.39
2	50	1.902	0.0581	0.8835	50	-0.1454	1.894	78.34
3	75	1.902	0.0581	0.8835	25	0.6181	1.938	86.76

Jumlah Klas (k) : 1 + 3,22 log n = 4,22 = 4

Banyaknya data (n) : 10

Oi : jumlah data / klas

: 10/4 = 2,5

Ei : Jumlah data pada interval

$X^2_{hitungan}$: $[(Oi-Ei)^2]/Ei$

dk : k-(P + 1)

: 4-(2 + 1)

: 1

Tabel 4.15 Penentuan Batas Kelas

No	Kelas	Batas Kelas		Ei	Oi	$(Oi-Ei)^{\wedge 2}/Ei$
		(%)	(mm)			
1	1	0 - 25	0 - 72.39	2	2.5	0.1
2	2	25 - 50	72.39 - 78.34	3	2.5	0.1
3	3	50 - 75	78.34 - 86.76	3	2.5	0.1
4	4	75 - ~	86.76 - ~	2	2.5	0.1
				10	Jumlah	0.4

$X^2_{hitungan}$: 0,4

Berdasarkan Tabel Nilai Kritis Chi Square di dapat nilai :

α 1% : 6,635

α 5% : 3,841

Karena nilai $X^2_{hitungan} < X^2_{tabel}$, maka Distribusi Log Person III dapat diterima.

4.5 Debit Banjir Rancangan

4.5.1 Perhitungan Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan curah hujan rata-rata yang terjadi di suatu daerah dalam suatu waktu tertentu yang sesuai dengan konsentrasi dan periode ulang tertentu. Untuk mendapatkan intensitas hujan jam-jaman dari intensitas hujan harian selama waktu konsentrasi digunakan rumus Mononobe (Subarkah, 1979 :20):

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

Perhitungan intensitas hujan jam-jaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- t = Durasi Hujan (jam)
- R_{24} = Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

Dalam perhitungan curah hujan dilakukan dua jenis perhitungan, perhitungan pertama menggunakan waktu konsentrasi (tc), dan perhitungan kedua menggunakan waktu durasi hujan selama 3 jam.

4.5.1.1 Perhitungan Intensitas Hujan Berdasarkan Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu Konsentrasi (tc) adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai tempat keluaran DAS setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi. Maka intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$I = \frac{R_{24}}{24}\left[\frac{24}{tc}\right]^{2/3}$$

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

Perhitungan intensitas hujan jam-jaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- t_c = Waktu konsentrasi (jam)
- R_{24} = Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)
- L = Panjang saluran utama (km)
- S = Kemiringan ($\triangle$ h/L)

Berdasarkan penjelasan geometri jalan di atas dan gambar potongan memanjang jalan yang dapat dilihat pada **Lampiran 12**, serta **Gambar 4.2** skema pembagian segmen ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur, maka perhitungan intensitas hujan jam-jaman dibagi menjadi 10 segmen. Berikut ini adalah contoh perhitungan intensitas curah hujan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun pada segmen 1 lajur kiri.

Diketahui:

L = 92 m

R_{24} = kala ulang 5 tahun 88,555 mm, kala ulang 10 tahun 95,541 mm

S = 0,0058

maka dapat dihitung dengan rumus :

<u>Untuk kala ulang 5 tahun</u>

- $t_c = \left(\frac{0{,}87\ x\ L^2}{1000\ x\ S}\right)^{0{,}385} = \left(\frac{0{,}87\ x\ 0.092^2}{1000\ x\ 0.0058}\right)^{0{,}385}$ = 0,077 jam
- $I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} = \frac{88{,}555}{24}\left(\frac{24}{0{,}077}\right)^{2/3}$ = 170,063 mm/jam

Untuk kala ulang 10 tahun

- $t_c = (\frac{0{,}87 \; x \; L^2}{1000 \; x \; S})^{0{,}385} = (\frac{0{,}87 \; x \; 0.092^2}{1000 \; x \; 0.0058})^{0{,}385} = 0{,}077$ jam

- $I = \frac{R_{24}}{24}(\frac{24}{tc})^{2/3} = \frac{95{,}541}{24}(\frac{24}{0{,}077})^{2/3} = 183{,}479$ mm/jam

Adapun hasil perhitungan intensitas curah hujan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.16** sampai **Tabel 4.19** berikut ini.

Tabel 4.16 Tabel Intensitas Hujan Kala Ulang 5 tahun pada Lajur Kiri Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa timur

No (Segmen)	Lokasi Pada Jarak (m)	Data Intensitas Curah Hujan						I (mm/jam)
		L (m)	h (m)	Δh (m)	S	tc (jam)	Rc (mm)	
*	18	0	919.250	0.000	0.000	0.000	88.555	.0
1	110	92	918.720	0.5300	0.0058	0.077	88.555	170.063
2	227	117	924.000	5.2800	0.0451	0.042	88.555	255.009
3	440	213	916.000	8.0000	0.0376	0.071	88.555	178.833
4	555	115	912.000	4.0000	0.0348	0.046	88.555	240.637
*	562	7	912.000	kali (sungai) Outlet sal. 3+4 & 5				
5	725	163	913.000	1.0000	0.0061	0.117	88.555	128.840
6	772	47	912.000	1.0000	0.0213	0.028	88.555	335.836
7	792	20	911.600	0.0341	0.0017	0.038	88.555	272.384
*	800	8	911.600	kali (sungai) Outlet sal. 6+7 & 8				
8	920	120	912.500	0.9000	0.0075	0.085	88.555	158.769
9	1175	255	908.000	4.5000	0.0176	0.110	88.555	134.297
*	1180	5	907.500	kali (sungai) Outlet sal. 9 & 10				
10	1252	72	908.000	0.5000	0.0069	0.059	88.555	202.359

Tabel 4.17 Tabel Intensitas Hujan Kala Ulang 5 tahun pada Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa timur

No (Segmen)	Lokasi Pada Jarak (m)	Data Intensitas Curah Hujan						I (mm/jam)
		L (m)	h (m)	Δh (m)	S	tc (jam)	Rc (mm)	
*	18	0	919.250	0.000	0.000	0.000	88.555	.0
1	110	92	918.720	0.5300	0.0058	0.077	88.555	170.063
2	227	117	924.000	5.2800	0.0451	0.042	88.555	255.009
3	440	213	916.000	8.0000	0.0376	0.071	88.555	178.833
4	555	115	912.000	4.0000	0.0348	0.046	88.555	240.637
*	562	7	912.000	kali (sungai) Outlet sal. 3+4 & 5				
5	725	163	913.000	1.0000	0.0061	0.117	88.555	128.840
6	772	47	912.000	1.0000	0.0213	0.028	88.555	335.836
7	792	20	911.600	0.0341	0.0017	0.038	88.555	272.384
*	800	8	911.600	kali (sungai) Outlet sal. 6+7 & 8				
8	920	120	912.500	0.9000	0.0075	0.085	88.555	158.769
9	1175	255	908.000	4.5000	0.0176	0.110	88.555	134.297
*	1180	5	907.500	kali (sungai) Outlet sal. 9 & 10				
10	1252	72	908.000	0.5000	0.0069	0.059	88.555	202.359

Tabel 4.18 Tabel Intensitas Hujan Kala Ulang 10 tahun pada Lajur Kiri Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa timur

No (Segmen)	Lokasi Pada Jarak (m)	Data Intensitas Curah Hujan						I (mm/jam)
		L (m)	h (m)	Δh (m)	S	tc (jam)	Rc (mm)	
*	18	0	919.250	0.000	0.000	0.000	95.541	.0
1	110	92	918.720	0.5300	0.0058	0.077	95.541	183.479
2	227	117	924.000	5.2800	0.0451	0.042	95.541	275.127
3	440	213	916.000	8.0000	0.0376	0.071	95.541	192.941
4	555	115	912.000	4.0000	0.0348	0.046	95.541	259.621
*	562	7	912.000	kali (sungai) Outlet sal. 3+4 & 5				
5	725	163	913.000	1.0000	0.0061	0.117	95.541	139.004
6	772	47	912.000	1.0000	0.0213	0.028	95.541	362.331
7	792	20	911.600	0.0341	0.0017	0.038	95.541	293.873
*	800	8	911.600	kali (sungai) Outlet sal. 6+7 & 8				
8	920	120	912.500	0.9000	0.0075	0.085	95.541	171.295
9	1175	255	908.000	4.5000	0.0176	0.110	95.541	144.892
*	1180	5	907.500	kali (sungai) Outlet sal. 9 & 10				
10	1252	72	908.000	0.5000	0.0069	0.059	95.541	218.323

Tabel 4.19 Tabel Intensitas Hujan Kala Ulang 10 tahun pada Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa timur

No (Segmen)	Lokasi Pada Jarak (m)	Data Intensitas Curah Hujan						I (mm/jam)
		L (m)	h (m)	Δh (m)	S	tc (jam)	Rc (mm)	
*	18	0	919.250	0.000	0.000	0.000	95.541	.0
1	110	92	918.720	0.5300	0.0058	0.077	95.541	183.479
2	227	117	924.000	5.2800	0.0451	0.042	95.541	275.127
3	440	213	916.000	8.0000	0.0376	0.071	95.541	192.941
4	555	115	912.000	4.0000	0.0348	0.046	95.541	259.621
*	562	7	912.000	kali (sungai) Outlet sal. 3+4 & 5				
5	725	163	913.000	1.0000	0.0061	0.117	95.541	139.004
6	772	47	912.000	1.0000	0.0213	0.028	95.541	362.331
7	792	20	911.600	0.0341	0.0017	0.038	95.541	293.873
*	800	8	911.600	kali (sungai) Outlet sal. 6+7 & 8				
8	920	120	912.500	0.9000	0.0075	0.085	95.541	171.295
9	1175	255	908.000	4.5000	0.0176	0.110	95.541	144.892
*	1180	5	907.500	kali (sungai) Outlet sal. 9 & 10				
10	1252	72	908.000	0.5000	0.0069	0.059	95.541	218.323

Selain dari ruas jalan utama intensitas hujan pada cabang jalan juga diperhitungkan, karena akan berpengaruh terhadap debit yang akan diterima oleh saluran drainase. Adapun perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 4.20** dan **Tabel 4.21** berikut ini.

Tabel 4.20 Tabel Intensitas Hujan Kala Ulang 5 tahun dari Cabang Jalan

No	Nama Jalan	Data Intensitas Curah Hujan						I (mm/jam)
		L (m)	h (m)	Δh (m)	S	tc (jam)	Rc (mm)	
1	Jl. Panderman	282	950.00	30.75	0.109	0.059	88.555	203.574
			919.25					
2	Jl. Kenanga	300	950.00	31.28	0.104	0.063	88.555	194.952
			918.72					
3	Jalan Masuk Perumahan	432	950.00	34.00	0.079	0.092	88.555	150.392
			916.00					
4	Jl. Sukoharjo	400	950.00	37.50	0.094	0.081	88.555	163.645
			912.50					

Tabel 4.21 Tabel Intensitas Hujan Kala Ulang 10 tahun dari Cabang Jalan

No	Nama Jalan	Data Intensitas Curah Hujan						I (mm/jam)
		L (m)	h (m)	Δh (m)	S	tc (jam)	Rc (mm)	
1	Jl. Panderman	282	950.00	30.75	0.109	0.059	95.541	219.634
			919.25					
2	Jl. Kenanga	300	950.00	31.28	0.104	0.063	95.541	210.331
			918.72					
3	Jalan Masuk Perumahan	432	950.00	34.00	0.079	0.092	95.541	162.257
			916.00					
4	Jl. Sukoharjo	400	950.00	37.50	0.094	0.081	95.541	176.555
			912.50					

4.5.1.2 Perhitungan Intensitas Hujan Berdasarkan Durasi Hujan (t)

Durasi hujan rata-rata pada daerah studi diasumsikan terjadi selama 3 jam. Maka Intensitas dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini.

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

t = 3 jam

Perhitungan intensitas hujan jam-jaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- t = Durasi Hujan (jam)
- R_{24} = Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

maka perhitungan intensitas hujan sebagai berikut :

Untuk kala ulang 5 tahun

- t = 3 jam
- $I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} = \frac{88{,}555}{24}\left(\frac{24}{3}\right)^{2/3}$ = 19,78 mm/jam

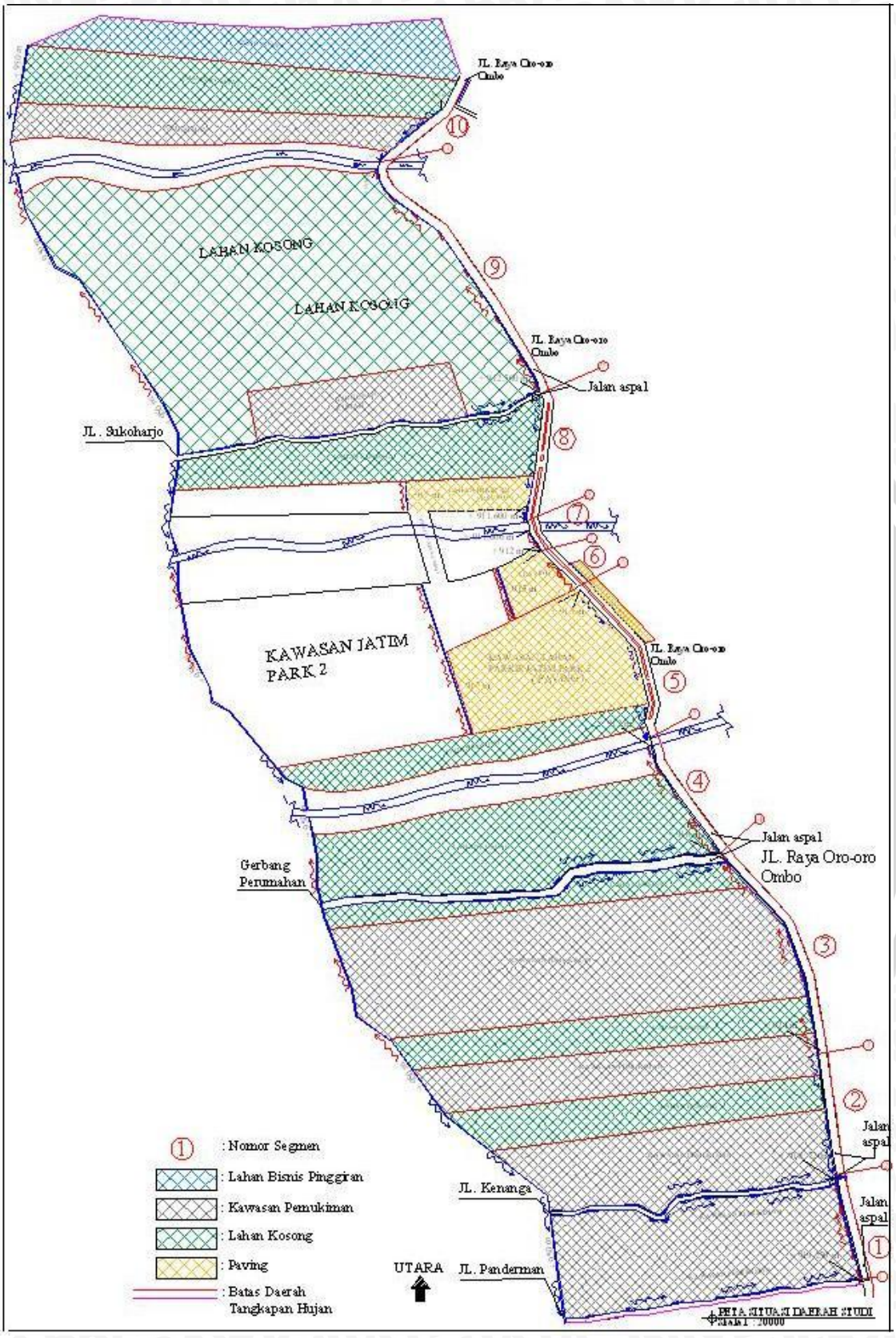
Untuk kala ulang 10 tahun

- t = 3 jam
- $I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} = \frac{95{,}541}{24}\left(\frac{24}{3}\right)^{2/3} = 21{,}34$ mm/jam

Untuk perhitungan perencanaan dimensi saluran drainase, perhitungan perencanaan diameter gorong-gorong, dan perhitungan perencanaan *street inlet* selanjutnya menggunkan intensitas hujan yang dihitung berdasarkan durasi hujan (t) selama 3 jam. Untuk kala ulang 5 tahun intensitas hujan sebesar 19,78 mm/jam, dan Untuk kala ulang 10 tahun intensitas hujan sebesar 21,34 mm/jam.

4.5.2 Koefisien Pengaliran

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa jenis tata guna tanah dapat ditentukan dengan memperhitungkan bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Untuk gambar batas luasan masing-masing tata guna lahan, dapat dilihat pada peta tata guna lahan di daerah studi pada **Gambar 4.12** beriku ini, serta gambar peta situasi daerah studi pada **Lampiran 12**.



Gambar 4.12 Peta Tata Guna Lahan di Ruas Jalan Raya Oro-oro Ombo

Berikut ini contoh perhitungan koefisien pengaliran yang dilakukan pada studi ini.

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_x . C_i}{\sum_{n=i}^{n} A_i}$$

dengan :

Cm = koefisien pengaliran rata-rata

Ai = luas daerah dari masing-masing tata guna tanah

Ci = koefisien pengaliran masing-masing tata guna tanah

n = banyaknya jenis penggunaan tanah dalam suatu daerah pengaliran

Contoh perhitungan koefisien pengaliran di ruas jalan Raya Oro-oro ombo lajur kiri pada segmen 2, yang terdiri dari beberapa jenis tata guna tanha :

- Perkampungan : 0,01787 km^2, nilai C : 0,25-0,40
- Lahan Kosong (perumputan) : 0,01157 km^2, nilai C : 0,05-0,1
- Perumahan (multi unit terpisah) : 0,00750 km^2, nilai C : 0,4-0,6

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_x . C_i}{\sum_{n=i}^{n} A_i} \longrightarrow C_m = \frac{(0{,}01787\ x\ 0{,}3) + (0{,}01157\ x\ 0{,}07) + (0{,}00750\ x\ 0{,}4)}{0{,}03694}$$

$$C_m = 0{,}2483$$

Untuk perhitungan koefisien pengaliran selengkapnya, dapat dilihat pada T**abel 4.22** dan **Tabel 4.23** berikut ini.

Tabel 4.22 Tabel Perhitungan Nilai Koefisien Pengaliran (C) pada Ruas Jalan Raya Oro-oro Ombo Lajur Kanan

Segmen	Jenis	Luasan (km^2)	Koefisien Pengaliran (C)	Nilai C	Nilai C rata - rata	A total
5	Paving	0.002	0.50 - 0.70	0.6	0.6000	0.002

Tabel 4.23 Tabel Perhitungan Nilai Koefisien Pengaliran (C) pada Ruas Jalan Raya Oro-oro Ombo Lajur Kiri

Segmen	Jenis	Luasan (km^2)	Koefisien Pengaliran (C)	Nilai C	Nilai C rata - rata	A total
1	Perkampungan	0.023948	0.25 - 0.40	0.3	0.3000	0.023948
2	Perkampungan	0.017872	0.25 - 0.40	0.3		
	Lahan kosong (perumputan)	0.011568	0.05 - 0.1	0.07	0.2483	0.036936
	Perumahan (multi unit terpisah)	0.007496	0.4 - 0.6	0.4		
3	Perumahan (multi unit terpisah)	0.006824	0.4 - 0.6	0.4		
	Lahan kosong (perumputan)	0.012272	0.05 - 0.1	0.08	0.3677	0.067948
	Perumahan (multi unit terpisah)	0.041688	0.4 - 0.6	0.5		
	Lahan kosong (perumputan)	0.007164	0.05 - 0.1	0.06		
4	Lahan kosong (perumputan)	0.024836	0.05 - 0.1	0.1	0.1000	0.024836
5	Lahan kosong (perumputan)	0.009036	0.05 - 0.1	0.05	0.3973	0.02452
	Paving	0.015484	0.50 - 0.70	0.6		
6	(hanya debit limpasan dari jalan)					
7	Paving	0.002592	0.50 - 0.70	0.6	0.6000	0.002592
8	Paving	0.003256	0.50 - 0.70	0.6	0.1896	0.018176
	Lahan kosong (perumputan)	0.01492	0.05 - 0.1	0.1		
9	Perumahan (multi unit terpisah)	0.009312	0.4 - 0.6	0.5	0.1460	0.080908
	Lahan kosong (perumputan)	0.071596	0.05 - 0.1	0.1		
10	Perumahan (multi unit terpisah)	0.011132	0.4 - 0.6	0.4		
	Lahan kosong (perumputan)	0.017268	0.05 - 0.1	0.06	0.3234	0.041768
	Lahan bisnis pinggiran	0.013368	0.50 - 0.70	0.6		

4.5.3 Perhitungan Debit Rancangan Limpasan Tata Guna Lahan

Dari data tata guna lahan yang ada telah diketahui luasan serta koefisien pengaliran rata-rata. Untuk menghitung debit rancangan limpasan tata guna lahan dalam studi ini digunakan metode rasional. Persamaan matematik metode rasional dinyatakan dalam bentuk:

$$Q = 0{,}278 \times C \times I \times A$$

dengan :

Q = debit banjir rancangan (m^3/detik)

C = koefisien pengaliran (run off)

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah aliran (km^2)

Berikut ini adalah contoh perhitungan debit banjir rancangan limpasan tata guna lahan dengan kala ulang 5 tahun di segmen 2 pada lajur kiri.

Untuk kala ulang 5 tahun

$$Q = 0{,}278 \times C \times I \times A$$
$$= 0{,}278 \times 0{,}2483 \times 19{,}78 \times 0{,}03694$$
$$= 0{,}0504\ m^3/dtk$$

Untuk perhitungan debit banjir rancangan limpasan tata guna lahan pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.24** sampai dengan **Tabel 4.27** berikut ini :

Tabel 4.24 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Tata Guna Lahan Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kiri

Segmen	Lokasi Pada Jarak (m)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)
1	18 - 110	0.02395	19.777	0.016	0.300	0.0395
2	110 - 227	0.03694	19.777	0.016	0.248	0.0504
3	227 - 440	0.06795	19.777	0.016	0.368	0.1374
4	440 - 555	0.02484	19.777	0.016	0.100	0.0137
*	555 - 562	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 3 + 4 & 5				
5	562 - 725	0.02452	19.777	0.016	0.397	0.0536
6	725 - 772	(hanya debit limpasan dari jalan)				
7	772 - 792	0.002592	19.777	0.016	0.600	0.0086
*	792 - 800	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 6 + 7 & 8				
8	800 - 920	0.01818	19.777	0.016	0.190	0.0189
9	920 - 1175	0.08091	19.777	0.016	0.146	0.0650
*	1175 - 1180	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 9 & 10				
10	1180 - 1252	0.04177	19.777	0.016	0.323	0.0743

Tabel 4.25 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Tata Guna Lahan Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kanan

Segmen	Lokasi Pada Jarak (m)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)
5	647 - 747	0.00200	19.777	0.016	0.6	0.0066

Tabel 4.26 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Tata Guna Lahan Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kanan

Segmen	Lokasi Pada Jarak (m)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)
5	647 - 747	0.00200	21.337	0.016	0.600	0.0071

Tabel 4.27 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Tata Guna Lahan Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kiri

Segmen	Lokasi Pada Jarak (m)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)
1	18 - 110	0.02395	21.337	0.016	0.300	0.0426
2	110 - 227	0.03694	21.337	0.016	0.248	0.0544
3	227 - 440	0.06795	21.337	0.016	0.368	0.1482
4	440 - 555	0.02484	21.337	0.016	0.100	0.0147
*	555 - 562	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 3 + 4 & 5				
5	562 - 725	0.02452	21.337	0.016	0.397	0.0578
6	725 - 772	(hanya debit limpasan dari jalan)				
7	772 - 792	0.00259	21.337	0.016	0.600	0.0092
*	792 - 800	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 6 + 7 & 8				
8	800 - 920	0.01818	21.337	0.016	0.190	0.0204
9	920 - 1175	0.08091	21.337	0.016	0.146	0.0701
*	1175 - 1180	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 9 & 10				
10	1180 - 1252	0.04177	21.337	0.016	0.323	0.0801

4.5.4 Perhitungan Debit Rancangan Limpasan Permukaan Jalan

Dari data geometri jalan diketahui lebar serta panjang jalan pada setiap segmen, dari data tersebut dapat diperoleh luasan permukaan jalan. Untuk nilai koefisien pengaliran (C) jalan aspal digunakan nilai C sebesar 0,8. Untuk menghitung debit rancangan limpasan permukaan jalan dalam studi ini digunakan metode rasional. Persamaan matematik metode rasional dinyatakan dalam bentuk:

$$Q = 0{,}278 \times C \times I \times A$$

dengan :

Q = debit banjir rancangan (m^3/detik)

C = koefisien pengaliran (run off)

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah aliran (km^2)

Berikut ini adalah contoh perhitungan debit banjir rancangan limpasan permukaan jalan dengan kala ulang 5 tahun di segmen 2 pada lajur kiri.

Untuk kala ulang 5 tahun

$$Q = 0{,}278 \times C \times I \times A$$
$$= 0{,}278 \times 0{,}8 \times 19{,}78 \times 0{,}00035$$
$$= 0{,}0015\ m^3/dtk$$

Kemudian mencari T (lebar atas) untuk saluran pembawa *(gutter)* eksisting dengan menggunakan Qrasional. Berikut ini adalah perhitungan T untuk saluran pembawa *(gutter)* eksisting di segmen 2 pada lajur kiri :

$$T = \left(\frac{2{,}64\ Q\ \mathrm{n}}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$$T = \left(\frac{2{,}64\ x\ 0{,}0015\ x\ 0.016}{1\ x\ 0{,}00667^{\frac{5}{3}}\ x\ 0.0451^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}} = 1{,}104 \text{ m}$$

Untuk perhitungan debit banjir rancangan limpasan permukaan jalan pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.28** sampai dengan **Tabel 4.31** berikut ini.

Tabel 4.28 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Permukaan Jalan Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kiri

Segmen	Lokasi Pada Jarak (m)	Panjang (m)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)	T (m)
1	18 - 110	92	0.00028	19.777	0.016	0.8	0.0012	0.781
2	110 - 227	117	0.00035	19.777	0.016	0.8	0.0015	1.104
3	227 - 440	213	0.00064	19.777	0.016	0.8	0.0028	0.928
4	440 - 555	115	0.00035	19.777	0.016	0.8	0.0015	1.152
*	555 - 562	7	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 3 + 4 & 5					
5	562 - 725	163	0.00065	19.777	0.016	0.8	0.0029	2.025
6	725 - 772	47	0.00019	19.777	0.016	0.8	0.0008	0.781
7	772 - 792	20	0.00008	19.777	0.016	0.8	0.0004	0.910
*	792 - 800	8	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 6 +7 & 8					
8	800 - 920	120	0.00048	19.777	0.016	0.8	0.0021	1.615
9	920 - 1175	255	0.00077	19.777	0.016	0.8	0.0034	1.143
*	1175 - 1180	5	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 9 & 10					
10	1180 - 1252	72	0.00022	19.777	0.016	0.8	0.0010	0.848

Tabel 4.29 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Permukaan Jalan Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kiri

Segmen	Lokasi Pada Jarak (m)	Panjang (m)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)	T (m)
1	18 - 110	92	0.00028	21.337	0.016	0.8	0.0013	1.527
2	110 - 227	117	0.00035	21.337	0.016	0.8	0.0017	1.136
3	227 - 440	213	0.00064	21.337	0.016	0.8	0.0030	0.954
4	440 - 555	115	0.00035	21.337	0.016	0.8	0.0016	1.185
*	555 - 562	7	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 3 + 4 & 5					
5	562 - 725	163	0.00065	21.337	0.016	0.8	0.0031	2.083
6	725 - 772	47	0.00019	21.337	0.016	0.8	0.0009	0.803
7	772 - 792	20	0.00008	21.337	0.016	0.8	0.0004	0.936
*	792 - 800	8	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 6 + 7 & 8					
8	800 - 920	120	0.00048	21.337	0.016	0.8	0.0023	1.661
9	920 - 1175	255	0.00077	21.337	0.016	0.8	0.0036	1.176
*	1175 - 1180	5	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 9 & 10					
10	1180 - 1252	72	0.00022	21.337	0.016	0.8	0.00103	0.872

Tabel 4.30 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Permukaan Jalan Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kanan

Segmen	Lokasi Pada Jarak (m)	Panjang (m)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)	T (m)
1	18 - 110	92	0.00028	19.777	0.016	0.8	0.0012	1.484
2	110 - 227	117	0.00035	19.777	0.016	0.8	0.0015	1.104
3	227 - 440	213	0.00064	19.777	0.016	0.8	0.0028	0.928
4	440 - 555	115	0.00035	19.777	0.016	0.8	0.0015	1.152
*	555 - 562	7	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 3 + 4 & 5					
5	562 - 725	163	0.00065	19.777	0.016	0.8	0.0029	2.025
6	725 - 772	47	0.00019	19.777	0.016	0.8	0.0008	0.781
7	772 - 792	20	0.00008	19.777	0.016	0.8	0.0004	0.910
*	792 - 800	8	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 6 + 7 & 8					
8	800 - 920	120	0.00048	19.777	0.016	0.8	0.0021	1.615
9	920 - 1175	255	0.00077	19.777	0.016	0.8	0.0034	1.143
*	1175 - 1180	5	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 9 & 10					
10	1180 - 1252	72	0.00022	19.777	0.016	0.8	0.0010	0.848

Tabel 4.31 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Permukaan Jalan Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kanan

Segmen	Lokasi Pada Jarak (m)	Panjang (m)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)	T (m)
1	18 - 110	92	0.00028	21.337	0.016	0.8	0.0013	1.527
2	110 - 227	117	0.00035	21.337	0.016	0.8	0.0017	1.136
3	227 - 440	213	0.00064	21.337	0.016	0.8	0.0030	0.954
4	440 - 555	115	0.00035	21.337	0.016	0.8	0.0016	1.185
*	555 - 562	7	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 3 + 4 & 5					
5	562 - 725	163	0.00065	21.337	0.016	0.8	0.0031	2.083
6	725 - 772	47	0.00019	21.337	0.016	0.8	0.0009	0.803
7	772 - 792	20	0.00008	21.337	0.016	0.8	0.0004	0.936
*	792 - 800	8	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 6 + 7 & 8					
8	800 - 920	120	0.00048	21.337	0.016	0.8	0.0023	1.661
9	920 - 1175	255	0.00077	21.337	0.016	0.8	0.0036	1.176
*	1175 - 1180	5	Kali (Sungai) outlet sal. Segmen 9 & 10					
10	1180 - 1252	72	0.00022	21.337	0.016	0.8	0.00103	0.872

Selain dari ruas jalan utama, debit banjir rancangan limpasan permukaan jalan yang berasal dari cabang jalan juga diperhitungkan. Debit limpasan dari cabang jalan akan memperbesar debit yang harus dialirkan oleh saluran drainase yang ada pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo. Adapun perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 4.32** dan **Tabel 4.33** berikut ini.

Tabel 4.32 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Permukaan Jalan Kala Ulang 5 Tahun dari Cabang Jalan

No	Nama Jalan	Panjang (km)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)	ket. Membebani
1	Jl. Panderman	0.282	0.00056	19.777	0.016	0.9	0.0028	Sal. Segmen 1
2	Jl. Kenanga lajur kiri	0.3	0.00060	19.777	0.016	0.9	0.0030	Gorong-gorong Segmen 2
3	Jl. Kenanga lajur kanan	0.3	0.00060	19.777	0.016	0.9	0.0030	
4	Jalan Masuk Perumahan lajur kiri	0.432	0.00130	19.777	0.016	0.9	0.0064	Gorong-gorong Segmen 3
5	Jalan Masuk Perumahan lajur kanan	0.432	0.00130	19.777	0.016	0.9	0.0064	Sal. Segmen 4
6	Jl. Sukoharjo lajur kiri	0.4	0.00080	19.777	0.016	0.9	0.0040	Sal. Segmen 8
7	Jl. Sukoharjo lajur kanan	0.4	0.00080	19.777	0.016	0.9	0.0040	Sal. Segmen 9

Tabel 4.33 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Limpasan Permukaan Jalan Kala Ulang 10 Tahun dari Cabang Jalan

No	Nama Jalan	Panjang (km)	Luas (km^2)	I (mm/jam)	n	C	Q (m^3/dtk)	ket. Membebani
1	Jl. Panderman	0.282	0.00056	21.337	0.016	0.9	0.0030	Sal. Segmen 1
2	Jl. Kenanga lajur kiri	0.3	0.00060	21.337	0.016	0.9	0.0032	Gorong-gorong Segmen 2
3	Jl. Kenanga lanjur kanan	0.3	0.00060	21.337	0.016	0.9	0.0032	
4	Jalan Masuk Perumahan lajur kiri	0.432	0.00130	21.337	0.016	0.9	0.0069	Gorong-gorong Segmen 3
5	Jalan Masuk Perumahan lajur kanan	0.432	0.00130	21.337	0.016	0.9	0.0069	Sal. Segmen 4
6	Jl. Sukoharjo lajur kiri	0.4	0.00080	21.337	0.016	0.9	0.0043	Sal. Segmen 8
7	Jl. Sukoharjo lajur kanan	0.4	0.00080	21.337	0.016	0.9	0.0043	Sal. Segmen 9

4.5.5 Debit Rancangan Air Buangan

4.5.5.1 Proyeksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada tahun 2016 dan 2021, pada studi ini menggunakan cara perhitungan "*Exponensial rate of growth"* (pertumbuhan eksponensial). Persamaan yang digunakan dalam perhitungan pertumbuhan eksponensial yaitu :

$$Pn = Po.e^{r.n}$$

dengan :

Pn = jumlah penduduk pada tahun n

Po = jumlah penduduk pada tahun awal

r = angka pertumbuhan penduduk (%)

n = jangka waktu dalam tahun

e = bilangan pokok dari sisitem logaritma alam yang besarnya 2,718

Berikut ini adalah contoh perhitungan angka pertumbuhan penduduk (r) di wilayah kota Batu :

Jumlah penduduk Kota Batu pada tahun 2008 sebesar 187.753 jiwa dan 5 (lima) tahun kedepan mencapai jumlah 213.261 jiwa (RTRW Kota Batu, 2003). Dengan menggunakan rumus di atas maka :

Pn = 213.261 jiwa

Po = 187.753 jiwa

n = 5 tahun

maka :

$Pn = Po.e^{r.n}$

$213.261 = 187.753 \times 2.718^{r.5}$

$2.718^{r.5} = 213.261 / 187.753$

$2.718^{r.5} = 1{,}136$

r = 2,55%

Dengan laju pertumbuhan penduduk (r) sebesar 2,55% ini dipergunakan sebagai dasar untuk meramalkan jumlah penduduk untuk tahun-tahun berikutnya.

Berikut ini contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2016 di segmen 1 pada wilayah studi jalan Raya Oro-oro Ombo, berdasarkan jumlah penduduk pada tahun 2011 :

Jumlah penduduk tahun 2011 = 384 jiwa

r = 2,55%

Jumlah penduduk tahun 2016 = $384 \times 2{,}718^{0{,}0255 \times 5}$

= 436 jiwa

4.5.5.2 Perhitungan Debit Rancangan Air Buangan

Kebutuhan air bersih didaerah studi diasumsikan 150 liter/orang/hari berdasarkan ukuran kota, yang dapat dilihat dalam tabel pada **Lampiran 8**. Besarnya air yang terbuang diasumsikan 80% dari kebutuhan air bersih. Sehingga air kotor yang akan dibuang adalah : 150 liter x 80% = 120 liter/orang/hari atau $1{,}389 \times 10^{-6}$ m^3/dtk/orang. Untuk penduduk berjumlah Pn orang, air kotor yang akan dibuang adalah :

$Qak = Pn \cdot 1{,}389 \times 10^{-6}$

Dengan :

Qak = debit air kotor (m^3/detik)

Pn = jumlah penduduk (orang)

Berikut ini contoh perhitungan debit rancangan air buangan untuk tahun 2016 di segmen 1 pada wilayah studi jalan Raya Oro-oro Ombo, berdasarkan jumlah penduduk pada tahun 2016 :

$$Qak = Pn \,.\, 1{,}389 \times 10^{-6}$$

$$Qak = 436 \,.\, 1{,}389 \times 10^{-6} = 0.000606 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk dan debit air buangan pada tahun 2016 dan tahun 2021 selengkapnya, dapat dilihat pada **Tabel 4.34** berikut ini.

Tabel 4.34 Tabel Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk dan Debit Rancanagan Air Buangan di Jalan Raya Oro-oro Ombo

Segmen	Jumlah Penduduk pada tahun (jiwa)			Q air buangan pada tahun (m³/dtk)	
	2011	2016	2021	2016	2021
1	384	436	496	0.000606	0.000688
2	406	461	524	0.000641	0.000728
3	388	441	501	0.000612	0.000695
9	149	169	192	0.000235	0.000267
10	178	202	230	0.000281	0.000319
Jumlah	1505	1710	1942		

4.5.6 Debit Banjir Rancangan Total

Debit banjir Rancangan total merupakan penjumlahan dari debit rancangan limpasan tata gualahan, debit rancangan limpasan permukaan jalan, dan debit rancangan air buangan. Debit banjir rancangan total inilah yang akan digunakan untuk perencanaan dimensi saluran drainase dan dimensi gorong-gorong.

Berikut ini ditampilkan contoh perhitungan debit banjir rancangan total kala ulang 5 tahun dan 10 tahun di segmen 1 pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo lajur kiri :

* Kala ulang 5 tahun :

$$Q_{total} = Q_{limpasan\ tgl} + Q_{limpasan\ perm.jalan} + Q_{air\ buangan}$$
$$= 0{,}0395 + 0{,}0040 + 0{,}0006$$
$$= 0{,}0441\ m^3/dtk$$

* Kala ulang 10 tahun :

$$Q_{total} = Q_{limpasan\ tgl} + Q_{limpasan\ perm.jalan} + Q_{air\ buangan}$$
$$= 0{,}0426 + 0{,}0043 + 0{,}0007$$
$$= 0,\ 0476\ m^3/dtk$$

Untuk perhitungan debit banjir rancangan total selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.35** sampai dengan **Tabel 4.38** berikut ini.

Tabel 4.35 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Total Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kiri

Segmen	Lajur kiri (kala ulang 5 tahun)			Q total (m^3/dtk)
	Q limpasan tata guna lahan (m^3/dtk)	Q limpasan perkerasan jalan (m^3/dtk)	Q air buangan penduduk (m^3/dtk)	
1	0.0395	0.0040	0.0006	0.0441
2	0.0504	0.0015	0.0006	0.0526
3	0.1374	0.0028	0.0006	0.1408
4	0.0137	0.0079	0.0000	0.1624
5	0.0536	0.0029	0.0000	0.0564
6	0.0000	0.0008	0.0000	0.0008
7	0.0086	0.0004	0.0000	0.0097
8	0.0189	0.0061	0.0000	0.0250
9	0.0650	0.0073	0.0002	0.0725
10	0.0743	0.0010	0.0003	0.0755

Tabel 4.36 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Total Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kanan

Segmen	Lajur kanan (kala ulang 5 tahun)	Q total (m^3/dtk)
	Q limpasan perkerasan jalan (m^3/dtk)	
1	0.0012	0.0012
2	0.0015	0.0015
3	0.0028	0.0028
4	0.0015	0.0043
5	0.0095	0.0095
6	0.0008	0.0008
7	0.0004	0.0012
8	0.0021	0.0021
9	0.0034	0.0034
10	0.0010	0.0010

Tabel 4.37 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Total Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kiri

Segmen	Lajur kiri (kala ulang 10 tahun)			Q total (m^3/dtk)
	Q limpasan tata guna lahan (m^3/dtk)	Q limpasan perkerasan jalan (m^3/dtk)	Q air buangan penduduk (m^3/dtk)	
1	0.0426	0.0043	0.0007	0.0476
2	0.0544	0.0017	0.0007	0.0568
3	0.1482	0.0030	0.0007	0.1519
4	0.0147	0.0086	0.0000	0.1752
5	0.0578	0.0031	0.0000	0.0609
6	0.0000	0.0009	0.0000	0.0009
7	0.0092	0.0004	0.0000	0.0105
8	0.0204	0.0065	0.0000	0.0270
9	0.0701	0.0079	0.0003	0.0783
10	0.0801	0.0010	0.0003	0.0815

Tabel 4.38 Tabel Perhitungan Nilai Debit Banjir Rancangan Total Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kanan

Segmen	Lajur kanan (kala ulang 10 tahun)	Q total (m^3/dtk)
	Q limpasan perkerasan jalan (m^3/dtk)	
1	0.0013	0.0013
2	0.0017	0.0017
3	0.0030	0.0030
4	0.0016	0.0047
5	0.0102	0.0102
6	0.0009	0.0009
7	0.0004	0.0013
8	0.0023	0.0023
9	0.0036	0.0036
10	0.0010	0.00103

4.6 Analisa Perhitungan Perencanaan Dimensi Saluran Drainase

4.6.1 Perhitungan Perencanaan Dimensi Saluran Berdasarkan Debit Banjir Rancangan yang Dialirkan

Dalam studi ini akan diperhitungkan dimensi saluran drainase yang diperlukan dalam mengalirkan debit banjir rancangan yang ada. Pada segmen yang telah terdapat saluran drainase eksisting, dimensi saluran drainase eksisting akan dibandingkan dengan dimensi saluran drainase hasil perhitungan, dimensi saluran drainase eksisting perlu diubah atau tetap. Pada segmen yang belum terdapat saluran drainase, akan dibuat saluran drainase dengan dimensi saluran sesuai dengan hasil perhitungan yang ada. Sehingga tidak terjadi lagi genangan saat hujan turun, seperti gambar genangan yang ditampilkan pada **Lampiran 13.**

Penampang saluran drainase yang direncanakan pada daerah studi adalah penampang persegi, dan saluran drainase tahan erosi yang terbuat dari beton. Pada perhitungan dimensi saluran drainase berdasarkan debit yang dialirkan, yang perlu diperhatikan adalah lebar saluran yang disesuaikan dengan lahan yang tersedia, kedalaman aliran air dalam saluran, kecepatan maksimum dan minimum yang diijinkan agar tidak terjadi erosi maupun endapan sedimen pada saluran drainase.

Pada perhitungan dimensi saluran drainase menggunakan rumus aliran seragam, karena aliranya bukan tekan meskipun ada beberapa saluran drainase yang tertutup. Berikut ini contoh perhitungan dimensi saluran drainase

berdasarkan debit yang dialirkan, di segmen 2 pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo lajur kiri dengan kala ulang 5 tahun.

➢ Contoh perhitungan dimensi saluran di segmen 2

Dalam menghitung dimensi saluran drainase, pada studi ini menggunakan tabel perhitungan antara kedalaman aliran air (y) dengan faktor penampang untuk perhitungan aliran seragam ($AR^{2/3}$) seperti yang ditunjukan pada **Tabel 4.39**. Berdasarkan nilai $AR^{2/3}$ dicari nilai kedalaman aliran air (y) sesuai, setelah nilai kedalaman aliran air (y) diperoleh dicek nilai kecepatan aliran air di dalam saluran drainase yang diijinkan, yaitu 0.3 m/dtk ≤ V ≤ 3 m/dtk.

* Kala ulang 5 tahun :

Q yang dialirkan = 0,0526 m^3/dtk n = 0,016

Lebar saluran (b) = 0,3 m s = 0,02

Luas (A) = b . y = 0,3 . y

Keliling basah (P) = b + 2y = 0,3 + 2y

Jari-jari Hidrolik (R) = $\frac{A}{P}$

$AR^{2/3}$ = $\frac{n\,x\,Q}{\sqrt{s}}$ = $\frac{0{,}016.x\,0{,}0526}{\sqrt{0{,}02}}$ = 0,005949

Tabel 4.39 Tabel Perhitungan Nilai y, A, P, R, $AR^{2/3}$

y (m)	A	P	R	$AR^{2/3}$
0.1	0.03	0.5	0.06	0.004555
0.1212	0.036372	0.54248	0.06705	0.005949
0.2	0.06	0.7	0.08571	0.011569
0.3	0.09	0.9	0.1	0.019242
0.4	0.12	1.1	0.10909	0.027196
0.5	0.15	1.3	0.11538	0.035296

Dari perhitungan tabel diatas, diperoleh tinggi aliran (y) sebesar 0,1212 m, tinggi saluran yang direncanakan, yaitu setinggi 0,15 m. Dimensi saluran yang diperlukan yaitu 0,30 m x 0,15 m. Untuk kecepatan aliran (V) dalam saluran drainase dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}0526 m^3/dtk}{0{,}036372 m^2} = 0{,}44 \text{ m/dtk}$$

Kecepatan aliran air di dalam saluran drainase sesuai dengan yang diijinkan, yaitu 0.3 m/dtk ≤ V ≤ 3 m/dtk.

Untuk perhitungan dimensi saluran drainase berdasarkan debit banjir rancangan 5 tahun dan 10 tahun pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo selengkapnya, dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Pada **Tabel 4.40** di bawah ini ditampilkan dimensi saluran yang dibutuhkan dalam mengalirkan debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun di wilayah jalan Raya Oro-oro, Kota Batu Jawa Timur.

Tabel 4.40 Perencanaan Dimensi Saluran untuk Mengalirkan Debit Banjir Rancangan dengan Kala Ulang 5 Tahun dan 10 Tahun

Segmen	Kiri						Kanan					
	5 Tahun			10 Tahun			5 Tahun			10 Tahun		
	Debit (m^3/dtk)	Dimensi b x h (m)	Kecepatan Aliran (m/dtk)	Debit (m^3/dtk)	Dimensi b x h (m)	Kecepatan Aliran (m/dtk)	Debit (m^3/dtk)	Dimensi b x h (m)	Kecepatan Aliran (m/dtk)	Debit (m^3/dtk)	Dimensi b x h (m)	Kecepatan Aliran (m/dtk)
1	0.0441	0.50 x 0.15	0.8	0.0476	0.50 x 0.15	0.9	0.0012	0.30 x 0.30	0.3	0.0013	0.30 x 0.30	0.3
2	0.0526	0.30 x 0.15	0.4	0.0568	0.30 x 0.20	0.5	0.0015	0.30 x 0.30	0.4	0.0017	0.30 x 0.30	0.4
3	0.1408	0.50 x 0.25	1.7	0.1519	0.50 x 0.25	1.7	0.0028	0.30 x 0.30	0.5	0.0030	0.30 x 0.30	0.6
4	0.1624	0.60 x 0.20	1.9	0.1752	0.60 x 0.20	1.9	0.0043	0.30 x 0.30	0.6	0.0047	0.30 x 0.30	0.7
5	0.0564	0.40 x 0.40	0.9	0.0609	0.40 x 0.40	1.0	0.0095	0.30 x 0.10	0.6	0.0102	0.30 x 0.10	0.6
6	0.0008	0.30 x 0.30	0.3	0.0009	0.30 x 0.30	0.3	0.0008	0.30 x 0.30	0.3	0.0009	0.30 x 0.30	0.3
7	0.0097	0.40 x 0.10	0.4	0.0105	0.40 x 0.10	0.4	0.0012	0.30 x 0.30	0.3	0.0013	0.30 x 0.30	0.3
8	0.0250	0.40 x 0.40	0.8	0.0270	0.40 x 0.40	0.8	0.0021	0.30 x 0.30	0.4	0.0023	0.30 x 0.30	0.4
9	0.0725	0.40 x 0.15	1.5	0.0783	0.40 x 0.20	1.5	0.0034	0.30 x 0.30	0.6	0.0036	0.30 x 0.30	0.6
10	0.0755	0.40 x 0.20	1.4	0.0815	0.40 x 0.20	1.4	0.0010	0.30 x 0.30	0.3	0.0010	0.30 x 0.30	0.3

4.6.2 Evaluasi Dimensi Saluran Eksisting Terhadap Dimensi Saluran Rencana

Berdasarkan besarnya debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun, direncanakan dimensi saluran drainase yang dapt mengalirkan debit banjir rancangan yang ada dengan baik. Dimensi saluran yang direncanakan harus dapat menampung besarnya debit banjir rancangan yang ada, kecepatan aliran air dalam saluran juga harus sesuai dengan kriteria yang ada.

Dimensi saluran rencana yang telah ditentukan, kemudian dibandingkan dengan dimensi saluran eksisting yang telah ada di wilayah jalan Raya Oro-oro Ombo. Dilakukan analisa terhadap kapasitas saluran eksisting yang ada, apakah dimensi saluran eksisting yang ada dapat mengalirkan debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.

Dimensi saluran eksisting yang ada tidak perlu diubah, apabila kapasitas saluran eksisting yang ada masih mampu mengalirkan debit banjir rancangan 5 tahun dan 10 tahun. Sebaliknya bila kapasitas saluran eksisting yang ada tidak mampu mengalirkan debit banjir rancangan 5 tahun dan 10 tahun, maka dimensi saluran eksisting yang ada perlu diubah. Evaluasi dimensi saluran eksisting terhadap dimensi saluran rencana pada lajur kiri dan lajur kanan di jalan Raya Oro-oro Ombo, dapat dilihat pada **Tabel 4.41** dan **Tabel 4.42** berikut ini.

Tabel 4.41 Evaluasi Dimensi Saluran Eksisting Terhadap Dimensi Saluran Rencana pada Lajur Kiri

Segmen	Eksisting			Kala Ulang 5 Tahun		Kala Ulang 10 Tahun		Hal yang Perlu Dilakukan
	Dimensi Saluran (m)		Q (m^3/dtk)	Q (m^3/dtk)	Dimensi Saluran b x h	Q (m^3/dtk)	Dimensi Saluran b x h	
	b	h						
1	0.5	0.4	0.2036	0.0441	0.50 x 0.15	0.0476	0.50 x 0.15	Tak perlu normalisasi
2	0.3	0.3	0.1937	0.0526	0.30 x 0.15	0.0568	0.30 x 0.20	Tak perlu normalisasi
3	0.5	0.4	0.5200	0.1408	0.50 x 0.25	0.1519	0.50 x 0.25	Tak perlu normalisasi
4	0.6	0.5	0.8582	0.1624	0.60 x 0.20	0.1752	0.60 x 0.20	Tak perlu normalisasi
5	-	-	-	0.0564	0.40 x 0.40	0.0609	0.40 x 0.40	Dibuat saluran baru
6	-	-	-	0.0008	0.30 x 0.30	0.0009	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
7	0.4	0.3	0.0561	0.0097	0.40 x 0.10	0.0105	0.40 x 0.10	Tak perlu normalisasi
8.1	0.4	0.4	0.1702	0.0250	0.40 x 0.40	0.0270	0.40 x 0.40	Tak perlu normalisasi
8.2	-	-	-	0.0250	0.40 x 0.40	0.0270	0.40 x 0.40	Dibuat saluran baru
9	0.4	0.3	0.1806	0.0725	0.40 x 0.15	0.0783	0.40 x 0.20	Tak perlu normalisasi
10	0.4	0.3	0.1133	0.0755	0.40 x 0.20	0.0815	0.40 x 0.20	Tak perlu normalisasi

Ket : Dibuat saluran baru
Tak perlu normalisasi

Tabel 4.42 Evaluasi Dimensi Saluran Eksisting Terhadap Dimensi Saluran Rencana pada Lajur Kanan

Segmen	Eksisting			Kala Ulang 5 Tahun		Kala Ulang 10 Tahun		Hal yang Perlu Dilakukan
	Dimensi Saluran (m)		Q (m^3/dtk)	Q (m^3/dtk)	Dimensi Saluran b x h	Q (m^3/dtk)	Dimensi Saluran b x h	
	b	h						
1	-	-	-	0.0012	0.30 x 0.30	0.0013	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
2	-	-	-	0.0015	0.30 x 0.30	0.0017	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
3	-	-	-	0.0028	0.30 x 0.30	0.0030	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
4	-	-	-	0.0043	0.30 x 0.30	0.0047	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
5	0.3	0.3	0.0752	0.0095	0.30 x 0.10	0.0102	0.30 x 0.10	Tak perlu normalisasi
6	-	-	-	0.0008	0.30 x 0.30	0.0009	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
7	-	-	-	0.0012	0.30 x 0.30	0.0013	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
8	-	-	-	0.0021	0.30 x 0.30	0.0023	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
9	-	-	-	0.0034	0.30 x 0.30	0.0036	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru
10	-	-	-	0.0010	0.30 x 0.30	0.0010	0.30 x 0.30	Dibuat saluran baru

Ket : Dibuat saluran baru
Tak perlu normalisasi

4.7 Analisa Perhitungan Diameter Gorong-gorong

4.7.1 Perhitungan Perencanaan Diameter Gorong-gorong Berdasarkan Debit Banjir Rancangan yang Dialirkan

Dalam menghitung diameter gorong-gorong, pada studi ini menggunakan tabel perhitungan antara kedalaman aliran air (h) dengan faktor penampang untuk perhitungan aliran seragam ($AR^{2/3}$) seperti yang ditunjukan pada **Tabel 4.43**. Berdasarkan nilai $AR^{2/3}$ dicari nilai kedalaman aliran air (h) sesuai, setelah nilai kedalaman aliran air (h) diperoleh dicek nilai kecepatan aliran air di dalam gorong-gorong yang diijinkan, yaitu kecepatan aliran air $V \leq 3$ m/dtk.

Diameter gorong-gorong direncanakan agar dapat mengalirkan debit air yang akan melewati gorong-gorong tersebut. Tinggi air perlu diperhatikan agar aliran tidak penuh dan bisa mengalir dengan lancar. Berikut ini adalah contoh perhitungan diameter gorong-gorong berdasarkan debit yang dialirkan, di segmen 1 pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo dengan kala ulang 5 tahun.

- Contoh perhitungan diameter gorong-gorong

  * Kala ulang 5 tahun :

    Q yang dialirkan = 0,1026 m^3/dtk
    Koefisien kekasaran *strikler* (k) = 70 $m^{1/3}$/dtk
    Kemiringan (s) = 0,02

Angka kekasaran *manning* (n) = 0,017

Luas (A) = $\frac{1}{8}$ (Θ-sin Θ) d_o^2

Keliling basah (P) = $\frac{1}{2}$ Θ d_o^2

Jari-jari Hidrolik (R) = $\frac{A}{P}$

$AR^{2/3}$ = $\frac{n\ x\ Q}{\sqrt{s}}$ = $\frac{0{,}017.x\ 0{,}1026}{\sqrt{0.02}}$ = 0,01233

Tabel 4.43 Tabel Perhitungan Nilai y, A, P, R, $AR^{2/3}$

y (m)	A	P	R	$AR^{2/3}$
0.0913	0.155603	6.84375	0.02274	0.01233
0.1	0.186875	7.5	0.02492	0.01575
0.2	0.7475	15	0.04983	0.10022
0.3	1.681875	22.5	0.07475	0.29588
0.4	2.99	30	0.09967	0.63782
0.5	4.671875	37.5	0.12458	1.15731

Dari perhitungan tabel diatas, diperoleh tinggi aliran (y) sebesar 0,0913 m, diameter gorong-gorong h = y + (0,2 . y) yaitu setinggi 0,11 m. Diameter gorong-gorong yang diperlukan sebesar 0,11 m. Untuk kecepatan aliran (V) dalam saluran drainase dapat dihitung sebagai berikut.

$$Va = K . R^{2/3} . s^{1/2} = 0{,}8 \text{ m/dtk}$$

Kecepatan aliran air di dalam gorong-gorong sesuai dengan yang diijinkan, yaitu 0.3 m/dtk ≤ V ≤ 3 m/dtk.

Untuk perhitungan diameter gorong-gorong berdasarkan debit banjir rancangan 5 tahun dan 10 tahun pada ruas jalan Raya Oro-oro Ombo selengkapnya, dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Pada **Tabel 4.44** di bawah ini ditampilkan diameter gorong-gorong yang dibutuhkan dalam mengalirkan debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun di wilayah jalan Raya Oro-oro, Kota Batu Jawa Timur.

Tabel 4.44 Perencanaan Diameter Gorong-gorong untuk Mengalirkan Debit Banjir Rancangan dengan Kala Ulang 5 Tahun dan 10 Tahun

Gorong-gorong Segmen	Kala Ulang 5 Tahun			Kala Ulang 10 Tahun		
	Debit (m^3/dtk)	Diameter d (m)	Kecepatan Aliran (m/dtk)	Debit (m^3/dtk)	Diameter d (m)	Kecepatan Aliran (m/dtk)
1	0.1026	0.11	0.8	0.1109	0.12	0.80
3	0.1472	0.12	0.834	0.1589	0.13	0.88

4.7.2 Evaluasi Diameter Gorong-gorong Eksisting Terhadap Diameter Gorong-gorong Rencana

Berdasarkan besarnya debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun, direncanakan diameter gorong-gorong yang dapt mengalirkan debit banjir rancangan yang ada dengan baik. Diameter gorong-gorong yang direncanakan harus dapat menampung besarnya debit banjir rancangan yang ada, kecepatan aliran air dalam gorong-gorong juga harus sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.

Diameter gorong-gorong rencana yang telah ditentukan, kemudian dibandingkan dengan diameter gorong-gorong eksisting yang telah ada di wilayah jalan Raya Oro-oro Ombo. Dilakukan analisa terhadap kapasitas gorong-gorong eksisting yang ada, apakah diameter gorong-gorong eksisting yang ada dapat mengalirkan debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.

Diameter gorong-gorong eksisting yang ada tidak perlu diubah, apabila kapasitas gorong-gorong eksisting yang ada masih mampu mengalirkan debit banjir rancangan 5 tahun dan 10 tahun. Sebaliknya bila kapasitas gorong-gorong eksisting yang ada tidak mampu mengalirkan debit banjir rancangan 5 tahun dan 10 tahun, maka diameter gorong-gorong eksisting yang ada perlu diubah. Evaluasi diameter gorong-gorong eksisting terhadap diameter gorong-gorong rencana di jalan Raya Oro-oro Ombo, dapat dilihat pada **Tabel 4.45** berikut ini.

Tabel 4.45 Evaluasi Diameter Gorong-gorong Eksisting Terhadap Diameter Gorong-gorong Rencana

Segmen	Eksisting		Kala Ulang 5 Tahun		Kala Ulang 10 Tahun		Hal yang Perlu Dilakukan
	Q (m^3/dtk)	Diamater d (m)	Q (m^3/dtk)	Diamater d (m)	Q (m^3/dtk)	Diamater d (m)	
1	3.26101	0.40	0.1026	0.11	0.1109	0.12	Tak perlu normalisasi
3	5.917	0.50	0.1472	0.12	0.1589	0.13	Tak perlu normalisasi

4.8 Analisa Perencanaan *Street Inlet*

Kondisi *inlet* eksisting pada ruas jalan Raya Oro-oro ombo tidak dalam kondisi baik, *inlet* hanya terdapat di beberapa titik dan kondisinya yang rusak akibat sedimen yang mengendap seperti yang ditunjukan pada **Gambar 4.13**. Kemiringan memanjang sepanjang jalan Raya Oro-oro ombo mempunyai kondisi yang berbeda-beda, sedangkan kemiringan melintanngnya hampir sama (berdasarkan hasil pengamatan).

Kondisi non teknis seperti sampah, sedimen dan genangan yang masih banyak ditemui di lokasi studi. Hal tersebut sangat berpengaruh terhadap penempatan posisi *inlet*, oleh karena itu dalam studi ini dilakukan perencanaan *inlet* yang cocok pada lokasi studi. Sehingga air limpasan dari jalan dapat segera masuk ke saluran drainase, dan tidak menimbulkan genangan.

Gambar 4.13 Kondisi *Street Inlet* di Jalan Raya Oro-oro Ombo

Berdasarkan kondisi eksisting tersebut maka akan direncanakan *street inlet* baru. Adapun perencanaan jarak antar *inlet* dilakukan dengan cara coba-coba, sehingga menemukan T_{gutter} (lebar atas *gutter*) yang sesuai yaitu tidak lebih dari 2,5 meter, dan dipatkan dimensi *inlet* rencana yang cocok untuk lokasi studi. Selain itu, perencanaan *inlet* dilakukan dengan melihat geometri jalan pada lokasi studi.

Berikut ini contoh perhitungan perencanaan *curb opening inlet* dan *grate inlet* di ruas jalan Raya Oro-oro ombo pada lajur kiri dan lajur kanan, dengan kala ulang 5 tahun dan kala ulang 10 tahun.

4.8.1 Tipe *Curb Opening Inlet*

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan perencanaan *inlet* tipe *curb opening inlet*, di ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa timur dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.

4.8.1.1 Perencanaan *Curb Opening Inlet* dengan Kala Ulang 5 Tahun

1. Menentukan T (lebar atas *gutter*) yang dihitung dengan rumus berikut ini :

$$T_{gutter} = \left(\frac{2{,}64\ Q_n}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

dengan :

Q = debit limpasan

K_n = perubahan konstan (1,0 $m^{1/3}/s$ dalam satuan metric dan 1,49 $ft^{1/3}/s$ dalam satuan U.S)

T_{gutter} = lebar atas

n = kekasaran Manning

S_x = kemiringan melintang

S_L = kemiringan memanjang

Contoh perhitungan T (lebar atas *gutter*) pada perencanaan *inlet* tipe *curb opening inlet* pada segmen 10 dengan panjang segmen 72 m untuk kala ulang 5 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 18 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 4 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$$T_{gutter} = \left(\frac{2{,}64\ Q_n}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$$= \left(\frac{2{,}64\ x\ 0{,}0002\ x\ 0{,}016}{1\ x\ 0{,}01333^{5/3}\ 0{,}0069^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$$= 0{,}504 \text{ m}$$

2. Menghitung tinggi aliran (y) dengan rumus berikut ini.

$$y = S_x \,.\, T_{gutter}$$

dengan :

y = tinggi aliran

T_{gutter} = lebar atas

S_x = kemiringan melintang

Contoh perhitungan tinggi aliran (y) pada perencanaan *inlet* tipe *curb opening inlet* pada segmen 10 dengan panjang 72 m untuk kala ulang 5 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 18 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 4 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$y = S_x T_{gutter`}$

$= 0{,}01333 \times 0{,}504 \text{ m} = 0{,}007 \text{ m}$

3. Menghitung Q*gutter* dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$Q_{gutter} = \frac{k_n \, T^{8/3} S_x^{5/3} S_L^{1/2}}{2{,}64 \, n}$$

dengan :

Q_{gutter} = debit *Gutter*

K_n = perubahan konstan (1,0 $m^{1/3}/s$ dalam satuan metrik dan 1,49 $ft^{1/3}/s$ dalam satuan U.S)

T = lebar atas

S_x = kemiringan melintang

n = kekasaran Manning

S_L = kemiringan memanjang

Contoh perhitungan Q*gutter* pada perencanaan *inlet* tipe *curb opening inlet* pada segmen 10 dengan panjang 72 m untuk kala ulang 5 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 18 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 4 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$$Q_{gutter} = \frac{k_n \, T^{8/3} S_x^{5/3} S_L^{1/2}}{2{,}64 \, n}$$

$$= \frac{1 \; x \; 0{,}504^{8/3} 0{,}01333^{\frac{5}{3}} \; x \; 0{,}0069^{1/2}}{2{,}64 \; x \; 0{,}016}$$

$= 0{,}00024 \; m^3/dtk$

4. Dari perhitungan T_{gutter} (lebar atas) dapat dihitung luas penampang (A_{gutter}) dengan rumus berikut ini.

$A_{gutter} = ½ \, . \, Sx \, . \, T^2$

$= ½ \, . \, 0{,}01333 \, . \, (0{,}504 \text{ m})^2$

$= 0{,}0017 \text{ m}^2$

Luas penampang *gutter* (A_{gutter}) dijadikan acuan untuk menentukan dimensi inlet. Dari perhitungan diatas ditentukan dimensi *inlet* dengan ukuran 1,7 cm x 10 cm. Untuk memudahkan dilakukan peyeragaman dimensi *inlet* menjadi 20 cm x 10 cm, dan menghindari terjadi endapan sedimen pada *inlet*.

A_{inlet} = b . h = 0,2 m . 0,1 m = 0,02 m^2

P_{inlet} = b + 2h = 0,2 m + (2.0,1 m) = 0,4 m

5. Menghitung debit yang bisa dialirkan oleh *inlet* dengan dimensi yang telah direncanakan, dengan persamaan hubungan antara debit (Q), kecepatan aliran (V), dan luas penampang (A). Contoh perhitungan seperti di bawah ini.

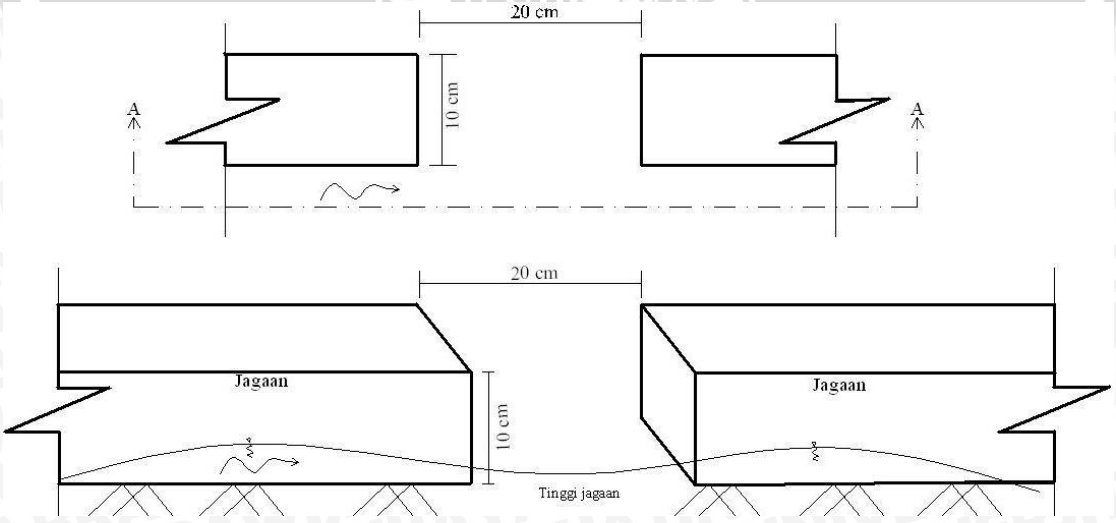
$$V_{inlet} = {}^{1}/_{n} \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \cdot Sx^{0,5}$$

$$= {}^{1}/_{0,016} \cdot \left(\frac{0,02}{0,4}\right)^{2/3} \cdot 0,01333^{0,5} = 0,97 \text{ m/dtk}$$

Q_{inlet} = V . A = 0,97 m/dtk . 0,02 m^2 = 0,0194 m^3/dtk

$Q_{inlet} > Q_{gutter} \rightarrow$ Aman

6. Dari perhitungan di atas dapat direncanakan *opening curb inlet* dengan ukuran 20 cm x 10 cm. Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan dimensi *curb opening inlet*, maka desain *inlet* dengan ukuran di atas dapat dilihat pada **Gambar 4.14** di bawah ini.



Gambar 4.14 Perencaaan *Inlet* Tipe *Curb Opening Inlet* di Segmen 10 pada Lajur Kiri dengan Kala Ulang 5 Tahun

Pada **Tabel 4.46** – **Tabel 4.49** berikut ini dapat dilihat perhitungan perencanaan T_{gutter} (lebar atas *gutter*), tinggi aliran (y), Q_{gutter}, luas penampang (A_{gutter}), dimensi *inlet*, V_{inlet}, Q_{inlet} di ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur pada lajur kiri dan lajur kanan, dengan kala ulang 5 tahun.

Tabel 4.46 Lebar Atas *Gutter* (T_{gutter}) Rancangan dan Debit *Gutter* (Q_{gutter}) Rancangan Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kiri Jalan Raya Oro-oro Ombo

Segmen	Jarak antar *Inlet* (m)	Jumlah *Inlet*	K_n	S_x	S_L	n	T rencana (m)	Qgutter (m^3/dtk)	Q rancangan (m3/dtk)
1 (92 m)	7	13	1	0.007	0.0058	0.016	0.56488	0.000093	0.0000924
2 (117 m)	10.5	11	1	0.007	0.0451	0.016	0.44706	0.000139	0.0001386
3 (213 m)	16.5	13	1	0.013	0.0376	0.016	0.35543	0.000218	0.0002177
4 (115 m)	13	9	1	0.007	0.0348	0.016	0.69153	0.000608	0.0003893
5 (163 m)	9	18	1	0.007	0.0061	0.016	0.6833	0.000158	0.0001583
6 (47 m)	11.5	4	1	0.01	0.0213	0.016	0.46045	0.000202	0.0002023
7 (20 m)	4	5	1	0.01	0.0017	0.016	0.82671	0.000475	0.0002727
8 (120 m)	10.00	12	1	0.008	0.0075	0.016	0.63597	0.000176	0.0001759
9 (255 m)	25.50	10	1	0.013	0.0176	0.016	0.48212	0.000337	0.0003365
10 (72 m)	18.00	4	1	0.013	0.0069	0.016	0.50393	0.000238	0.0002375

Tabel 4.47 Perhitungan Perencanaan Dimensi *Curb Opening Inlet* Kala Ulang 5 Tahun pada Lajur Kiri Jalan Raya Oro-oro Ombo

No	Q*gutter* (m^3/dtk)	T rencana (m)	y (m)	A*gutter* (m^2)	V*gutter* (m/dtk)	Luas Penampang *Inlet* $A^*(m^2)$	Luas Penampang *Inlet* $A^*(cm^2)$	Ukuran yang dibuat b x h (cm)	V*inlet* (m/dtk)	Q*inlet* (m^3/dtk)
1	0.000093	0.565	0.004	0.0011	0.087	0.001064	11	20 x 10	0.686	0.0137
2	0.000139	0.447	0.003	0.0007	0.2083	0.000666	7	20 x 10	0.686	0.0137
3	0.000218	0.355	0.005	0.0008	0.2589	0.000842	8	20 x 10	0.97	0.0194
4	0.000608	0.692	0.005	0.0016	0.3814	0.001594	16	20 x 10	0.686	0.0137
5	0.000158	0.683	0.005	0.0016	0.1017	0.001556	16	20 x 10	0.686	0.0137
6	0.000202	0.46	0.005	0.0011	0.1908	0.00106	11	20 x 10	0.84	0.0168
7	0.000475	0.827	0.008	0.0034	0.139	0.003417	34	20 x 10	0.84	0.0168
8	0.000176	0.636	0.005	0.0015	0.116	0.001517	15	20 x 10	0.727	0.0145
9	0.000337	0.482	0.006	0.0015	0.2174	0.00155	15	20 x 10	0.97	0.0194
10	0.000238	0.504	0.007	0.0017	0.1405	0.001693	17	20 x 10	0.97	0.0194

Tabel 4.48 Lebar Atas *Gutter* (T_{gutter}) Rancangan dan Debit *Gutter* (Q_{gutter}) Rancangan Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo

Segmen	Jarak antar *Inlet* (m)	Jumlah *Inlet*	K_n	S_x	S_L	n	T rencana (m)	Qgutter (m^3/dtk)	Q rancangan (m3/dtk)
1 (92 m)	7	13	1	0.007	0.0058	0.016	0.56488	0.000093	0.0000924
2 (117 m)	10.5	11	1	0.007	0.0451	0.016	0.44706	0.000139	0.0001386
3 (213 m)	16.5	13	1	0.013	0.0376	0.016	0.35543	0.000218	0.0002177
4 (115 m)	13	9	1	0.007	0.0348	0.016	0.69153	0.000608	0.0003893
5 (163 m)	9	18	1	0.007	0.0061	0.016	0.6833	0.000158	0.0001583
6 (47 m)	11.5	4	1	0.01	0.0213	0.016	0.46045	0.000202	0.0002023
7 (20 m)	4	5	1	0.01	0.0017	0.016	0.82671	0.000475	0.0002727
8 (120 m)	10.00	12	1	0.008	0.0075	0.016	0.63597	0.000176	0.0001759
9 (255 m)	25.50	10	1	0.013	0.0176	0.016	0.48212	0.000337	0.0003365
10 (72 m)	18.00	4	1	0.013	0.0069	0.016	0.50393	0.000238	0.0002375

Tabel 4.49 Perhitungan Perencanaan Dimensi *Curb Opening Inlet* Kala Ulang 5 Tahun pada Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo

No	Q*gutter* (m^3/dtk)	T rencana (m)	y (m)	A*gutter* (m^2)	V*gutter* (m/dtk)	Luas Penampang *Inlet* $A^*(m^2)$	Luas Penampang *Inlet* $A^*(cm^2)$	Ukuran yang dibuat b x h (cm)	V*inlet* (m/dtk)	Q*inlet* (m^3/dtk)
1	0.000093	0.565	0.004	0.0011	0.087	0.001064	11	20 x 10	0.686	0.0137
2	0.000139	0.447	0.003	0.0007	0.2083	0.000666	7	20 x 10	0.686	0.0137
3	0.000218	0.355	0.005	0.0008	0.2589	0.000842	8	20 x 10	0.97	0.0194
4	0.000608	0.692	0.005	0.0016	0.3814	0.001594	16	20 x 10	0.686	0.0137
5	0.000158	0.683	0.005	0.0016	0.1017	0.001556	16	20 x 10	0.686	0.0137
6	0.000202	0.46	0.005	0.0011	0.1908	0.00106	11	20 x 10	0.84	0.0168
7	0.000475	0.827	0.008	0.0034	0.139	0.003417	34	20 x 10	0.84	0.0168
8	0.000176	0.636	0.005	0.0015	0.116	0.001517	15	20 x 10	0.727	0.0145
9	0.000337	0.482	0.006	0.0015	0.2174	0.00155	15	20 x 10	0.97	0.0194
10	0.000238	0.504	0.007	0.0017	0.1405	0.001693	17	20 x 10	0.97	0.0194

4.8.1.2 Perencanaan *Curb Opening Inlet* dengan Kala Ulang 10 Tahun

1. Menentukan T (lebar atas *gutter*) yang dihitung dengan rumus berikut ini :

$$T_{gutter} = \left(\frac{2{,}64\ Q_n}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

dengan :

Q = debit limpasan

K_n = perubahan konstan (1,0 $m^{1/3}/s$ dalam satuan metric dan 1,49 $ft^{1/3}/s$ dalam satuan U.S)

T_{gutter} = lebar atas

n = kekasaran Manning

S_x = kemiringan melintang

S_L = kemiringan memanjang

Contoh perhitungan T (lebar atas *gutter*) pada perencanaan *inlet* tipe *curb opening inlet* pada segmen 10 dengan panjang 72 m untuk kala ulang 10 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 18 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 4 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$$T_{gutter} = \left(\frac{2{,}64\ Q_n}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$$= \left(\frac{2{,}64\ x\ 0{,}0003\ x\ 0{,}016}{1\ x\ 0{,}01333^{5/3}\ 0{,}0069^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$$= 0{,}518 \text{ m}$$

2. Menghitung tinggi aliran (y) dengan rumus berikut ini.

$$y = S_x \,.\, T_{gutter}$$

dengan :

y = tinggi aliran

T_{gutter} = lebar atas

S_x = kemiringan melintang

Contoh perhitungan tinggi aliran (y) pada perencanaan *inlet* tipe *curb opening inlet* pada segmen 10 dengan panjang 72 m untuk kala ulang 10 tahun.

Direncanakan jarak antar *inlet* 18 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 4 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$y = S_x \cdot T_{gutter}$`

$= 0{,}01333 \times 0{,}518\ m = 0{,}007\ m$

3. Menghitung Q*gutter* dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$Q_{gutter} = \frac{k_n\, T^{8/3} S_x^{5/3} S_L^{1/2}}{2{,}64\, n}$$

dengan :

Q_{gutter} = debit *Gutter*

K_n = perubahan konstan (1,0 $m^{1/3}/s$ dalam satuan metric dan 1,49 $ft^{1/3}/s$ dalam satuan U.S)

T = lebar atas

S_x = kemiringan melintang

n = kekasaran Manning

S_L = kemiringan memanjang

Contoh perhitungan Q*gutter* pada perencanaan *inlet* tipe *curb opening inlet* pada segmen 10 dengan panjang 72 m untuk kala ulang 10 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 18 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 4 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$$Q_{gutter} = \frac{k_n\, T^{8/3} S_x^{5/3} S_L^{1/2}}{2{,}64\, n}$$

$$= \frac{1\, x\, 0{,}518^{8/3} 0{,}01333^{\frac{5}{3}}\, x\, 0{,}0069^{1/2}}{2{,}64\, x\, 0{,}016}$$

$= 0{,}0002566\ m^3/dtk$

4. Dari perhitungan T_{gutter} (lebar atas) dapat dihitung luas penampang (A_{gutter}) dengan rumus berikut ini.

$A_{gutter} = ½ \cdot Sx \cdot T^2$

$= ½ \cdot 0{,}01333 \cdot (0{,}518\ m)^2$

$= 0{,}0018\ m^2$

Luas penampang *gutter* (A_{gutter}) dijadikan acuan untuk menentukan dimensi inlet. Dari perhitungan diatas ditentukan dimensi *inlet* dengan ukuran

1,8 cm x 10 cm. Untuk memudahkan dilakukan peyeragaman dimensi *inlet* menjadi 20 cm x 10 cm, dan menghindari terjadi endapan sedimen pada *inlet*.

A_{inlet} = b . h = 0,2 m . 0,1 m = 0,02 m^2

P_{inlet} = b + 2h = 0,2 m + (2.0,1 m) = 0,4 m

5. Menghitung debit yang bisa dialirkan oleh *inlet* dengan dimensi yang telah direncanakan, dengan persamaan hubungan antara debit (Q), kecepatan aliran (V), dan luas penampang (A). Contoh perhitungan seperti di bawah ini.

$$V_{inlet} = {}^{1}/_{n} \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \cdot Sx^{0,5}$$

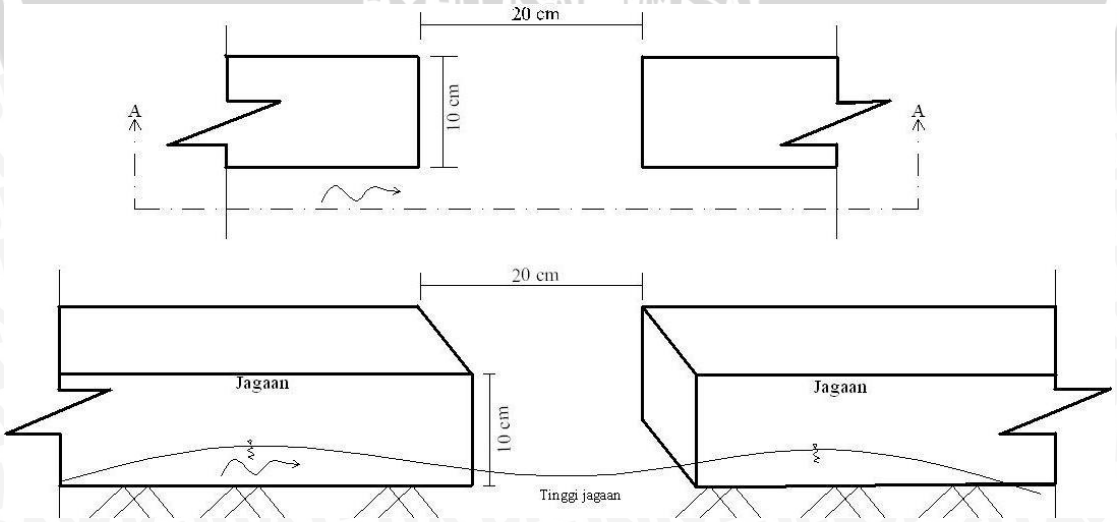
$$= {}^{1}/_{0,016} \cdot \left(\frac{0,02}{0,4}\right)^{2/3} \cdot 0,01333^{0,5} = 0,97 \text{ m/dtk}$$

$$Q_{inlet} = V \cdot A$$

$$= 0,97 \text{ m/dtk} \cdot 0,02 \text{ m}^2 = 0,0194 \text{ m}^3\text{/dtk}$$

$Q_{inlet} > Q_{gutter} \rightarrow$ Aman

6. Dari perhitungan di atas dapat direncanakan *opening curb inlet* dengan ukuran 20 cm x 10 cm. Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan dimensi *curb opening inlet*, maka desain *inlet* dengan ukuran di atas dapat dilihat pada **Gambar 4.14** di bawah ini.



Gambar 4.15 Perencaaan *Inlet* Tipe *Curb Opening Inlet* di Segmen 10 pada Lajur Kiri dengan Kala Ulang 10 Tahun

Pada **Tabel 4.50** – **Tabel 4.53** berikut ini dapat dilihat perhitungan perencanaan T_{gutter} (lebar atas *gutter*), tinggi aliran (y), Q_{gutter}, luas penampang (A_{gutter}), dimensi *inlet*, V_{inlet}, Q_{inlet} di ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur pada lajur kiri dan lajur kanan, dengan kala ulang 10 tahun.

Tabel 4.50 Lebar Atas *Gutter* (T_{gutter}) Rancangan dan Debit *Gutter* (Q_{gutter}) Rancangan Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kiri Jalan Raya Oro-oro Ombo

Segmen	Jarak antar *Inlet* (m)	Jumlah *Inlet*	K_n	S_x	S_L	n	T rencana (m)	Qgutter (m^3/dtk)	Q rancangan (m3/dtk)
1 (92 m)	7	13	1	0.007	0.0058	0.016	0.58119	0.000100	0.0000997
2 (117 m)	10.5	11	1	0.007	0.0451	0.016	0.45998	0.000150	0.0001495
3 (213 m)	16.5	13	1	0.013	0.0376	0.016	0.36569	0.000235	0.0002349
4 (115 m)	13	9	1	0.007	0.0348	0.016	0.7115	0.000656	0.0004200
5 (163 m)	9	18	1	0.007	0.0061	0.016	0.70304	0.000171	0.0001708
6 (47 m)	11.5	4	1	0.01	0.0213	0.016	0.47375	0.000218	0.0002183
7 (20 m)	4	5	1	0.01	0.0017	0.016	0.85059	0.000512	0.0002942
8 (120 m)	10.00	12	1	0.008	0.0075	0.016	0.65434	0.000190	0.0001898
9 (255 m)	25.50	10	1	0.013	0.0176	0.016	0.49604	0.000364	0.0003630
10 (72 m)	18.00	4	1	0.013	0.0069	0.016	0.51849	0.000257	0.0002563

Tabel 4.51 Perhitungan Perencanaan Dimensi *Curb Opening Inlet* Kala Ulang 10 Tahun pada Lajur Kiri Jalan Raya Oro-oro Ombo

No	Q*gutter* (m^3/dtk)	T rencana (m)	y (m)	A*gutter* (m^2)	V*gutter* (m/dtk)	Luas Penampang *Inlet* A*(m^2)	Luas Penampang *Inlet* A*(cm^2)	Ukuran yang dibuat b x h (cm)	V*inlet* (m/dtk)	Q*inlet* (m^3/dtk)
1	0.00010	0.581	0.004	0.0011	0.0887	0.001126	11	20 x 10	0.686	0.0137
2	0.00015	0.46	0.003	0.0007	0.2123	0.000705	7	20 x 10	0.686	0.0137
3	0.00024	0.366	0.005	0.0009	0.2638	0.000892	9	20 x 10	0.97	0.0194
4	0.00066	0.712	0.005	0.0017	0.3887	0.001687	17	20 x 10	0.686	0.0137
5	0.00017	0.703	0.005	0.0016	0.1037	0.001648	16	20 x 10	0.686	0.0137
6	0.00022	0.474	0.005	0.0011	0.1945	0.001122	11	20 x 10	0.84	0.0168
7	0.00051	0.851	0.009	0.0036	0.1416	0.003618	36	20 x 10	0.84	0.0168
8	0.00019	0.654	0.005	0.0016	0.1182	0.001606	16	20 x 10	0.727	0.0145
9	0.00036	0.496	0.007	0.0016	0.2216	0.001641	16	20 x 10	0.97	0.0194
10	0.00026	0.518	0.007	0.0018	0.1432	0.001792	18	20 x 10	0.97	0.0194

Tabel 4.52 Lebar Atas *Gutter* (T_{gutter}) Rancangan dan Debit *Gutter* (Q_{gutter}) Rancangan Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo

Segmen	Jarak antar *Inlet* (m)	Jumlah *Inlet*	K_n	S_x	S_L	n	T rencana (m)	Qgutter (m^3/dtk)	Q rancangan (m3/dtk)
1 (92 m)	7	13	1	0.007	0.0058	0.016	0.58119	0.000100	0.0000997
2 (117 m)	10.5	11	1	0.007	0.0451	0.016	0.45998	0.000150	0.0001495
3 (213 m)	16.5	13	1	0.013	0.0376	0.016	0.36569	0.000235	0.0002349
4 (115 m)	13	9	1	0.007	0.0348	0.016	0.7115	0.000656	0.0004200
5 (163 m)	9	18	1	0.007	0.0061	0.016	0.70304	0.000171	0.0001708
6 (47 m)	11.5	4	1	0.01	0.0213	0.016	0.47375	0.000218	0.0002183
7 (20 m)	4	5	1	0.01	0.0017	0.016	0.85059	0.000512	0.0002942
8 (120 m)	10.00	12	1	0.008	0.0075	0.016	0.65434	0.000190	0.0001898
9 (255 m)	25.50	10	1	0.013	0.0176	0.016	0.49604	0.000364	0.0003630
10 (72 m)	18.00	4	1	0.013	0.0069	0.016	0.51849	0.000257	0.0002563

Tabel 4.53 Perhitungan Perencanaan Dimensi *Curb Opening Inlet* Kala Ulang 10 Tahun pada Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo

No	Q*gutter* (m^3/dtk)	T rencana (m)	y (m)	A*gutter* (m^2)	V*gutter* (m/dtk)	Luas Penampang *Inlet* A^*(m^2)	Luas Penampang *Inlet* A^*(cm^2)	Ukuran yang dibuat b x h (cm)	V*inlet* (m/dtk)	Q*inlet* (m^3/dtk)
1	0.00010	0.581	0.004	0.0011	0.0887	0.001126	11	20 x 10	0.686	0.0137
2	0.00015	0.46	0.003	0.0007	0.2123	0.000705	7	20 x 10	0.686	0.0137
3	0.00024	0.366	0.005	0.0009	0.2638	0.000892	9	20 x 10	0.97	0.0194
4	0.00066	0.712	0.005	0.0017	0.3887	0.001687	17	20 x 10	0.686	0.0137
5	0.00017	0.703	0.005	0.0016	0.1037	0.001648	16	20 x 10	0.686	0.0137
6	0.00022	0.474	0.005	0.0011	0.1945	0.001122	11	20 x 10	0.84	0.0168
7	0.00051	0.851	0.009	0.0036	0.1416	0.003618	36	20 x 10	0.84	0.0168
8	0.00019	0.654	0.005	0.0016	0.1182	0.001606	16	20 x 10	0.727	0.0145
9	0.00036	0.496	0.007	0.0016	0.2216	0.001641	16	20 x 10	0.97	0.0194
10	0.00026	0.518	0.007	0.0018	0.1432	0.001792	18	20 x 10	0.97	0.0194

4.8.2 Tipe *Grate Inlet*

Pada segmen 5 di lajur kanan terdapat saluran tertutup yang mana *inlet* yang sesuai adalah menggunakan *grate inlet*, maka dilakukan perhitungan perencanaan *grate inlet*, berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan perencanaan tipe *grate inlet*.

4.8.2.1 Perencanaan *Grate Inlet* dengan Kala Ulang 5 Tahun

1. Menentukan T (lebar atas *gutter*) yang dihitung dengan rumus berikut ini :

$$T_{gutter} = \left(\frac{2{,}64\ Q_n}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

dengan :

Q = debit limpasan

K_n = perubahan konstan (1,0 $m^{1/3}/s$ dalam satuan metric dan 1,49 $ft^{1/3}/s$ dalam satuan U.S)

T_{gutter} = lebar atas

n = kekasaran Manning

S_x = kemiringan melintang

S_L = kemiringan memanjang

Contoh perhitungan T (lebar atas *gutter*) pada perencanaan *inlet* tipe *grate inlet* pada segmen 5 dengan panjang 100 m untuk kala ulang 5 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 10 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 10 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$$T_{gutter} = \left(\frac{2{,}64\ Q_n}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$$= \left(\frac{2{,}64\ x\ 0{,}00035\ x\ 0{,}016}{1\ x\ 0{,}0067^{5/3}\ 0{,}0013^{1/2}}\right)^{3/8} = 0{,}922 \text{ m}$$

2. Menghitung tinggi aliran (y) dengan rumus berikut ini.

$$y = S_x \,.\, T_{gutter}$$

dengan :

y = tinggi aliran

T_{gutter} = lebar atas

S_x = kemiringan melintang

Contoh perhitungan tinggi aliran (y) pada perencanaan *inlet* tipe *grate inlet* pada segmen 5 dengan panjang 100 m untuk kala ulang 5 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 10 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 10 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

y = S_x T_{gutter}`

= 0,0067 x 0,922 m = 0,006 m

3. Menghitung Q*gutter* dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$Q_{gutter} = \frac{k_n\, T^{8/3} S_x^{5/3} S_L^{1/2}}{2{,}64\, n}$$

dengan :

Q_{gutter} = debit *Gutter*

K_n = perubahan konstan (1,0 $m^{1/3}$/s dalam satuan metric dan 1,49 $ft^{1/3}$/s dalam satuan U.S)

T = lebar atas

S_x = kemiringan melintang

n = kekasaran Manning

S_L = kemiringan memanjang

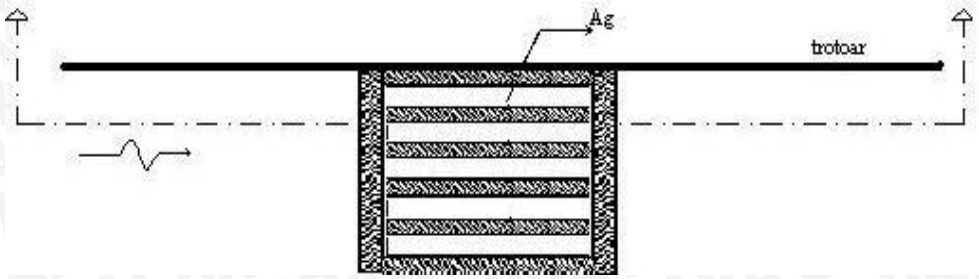
Contoh perhitungan Q*gutter* pada perencanaan *inlet* tipe *grate inlet* pada segmen 5 dengan panjang 100 m untuk kala ulang 5 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 10 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 10 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$$Q_{gutter} = \frac{k_n\, T^{8/3} S_x^{5/3} S_L^{1/2}}{2{,}64\, n}$$

$$= \frac{1\, x\, 0{,}922^{8/3} 0{,}0067^{\frac{5}{3}}\, x\, 0{,}0013^{1/2}}{2{,}64\, x\, 0{,}016}$$

$$= 0{,}000352\ m^3/dtk$$

4. Pada tipe *grate inlet* terdapat kisi yang dapat dilihat pada Gambar **4.15,** dari perhitungan diatas dapat dicari luas ruang terbuka kisi (A_g) dengan rumus sebagai berikut .



Gambar 4.16 Saluran penangkap berkisi *(Grate Inlet)*

$$Q_g = 0{,}67 \times A_g \times (2g \cdot d_g)^{0.5}$$

dengan :

Q_g = kapasitas tangkapan *grate inlet* (m^3/dtk)

d_g = kedalaman genangan rerata (m)

A_g = luas ruang terbuka kisi (m^2), total luas *inlet* dikurangi luas kisi

g = percepatan gravitasi (m/dtk^2)

Sumber : (Pilgrim, 1991:303)

Contoh perhitungan pada perencanaan *inlet* tipe *grate inlet* pada segmen 5 dengan panjang 100 m untuk kala ulang 5 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 10 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 10 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$Q_g = 0{,}67 \times A_g \times (2g \cdot d_g)^{0.5}$

$0{,}000352 = 0{,}67 \times A_g \times (2.9{,}8 \cdot S_x \cdot T)^{0.5}$

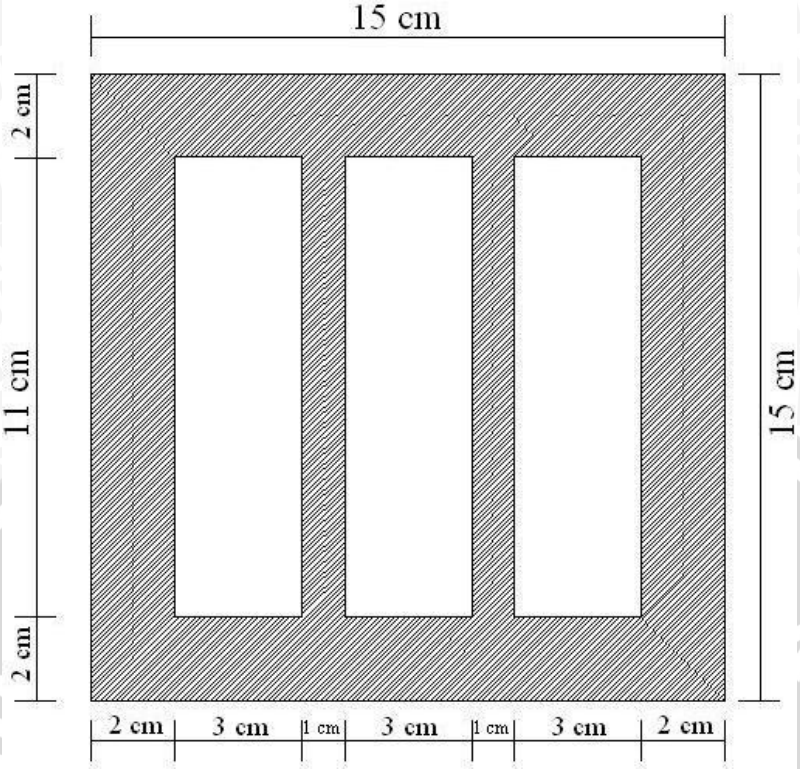
$0{,}000352 = 0{,}67 \times A_g \times (2.9{,}8 \cdot 0{,}0067 \cdot 0{,}922)^{0.5}$

$$A_g = \frac{0{,}000352}{0{,}67\ x\ ((2x9{,}8)x\ (0{,}0067\ x\ 0{,}922))^{0.5}}$$

$= 0{,}0015132\ m^2$

$= 15{,}132\ cm^2$

5. Kemudian setelah didapatkan nilai A_g (luas ruang terbuka kisi), selanjutnya mendesain inlet sesuai dengan nilai A_g. Diketahui hasil dari perhitungan diatas A_g minimal sebesar 15,13 cm^2. Digunakan *inlet* dengan dimensi 15 cm x 15 cm dengan Ag sebesar 99 cm^2. Desain *inlet* dapat dilihat pada **Gambar 4.16** berikut ini.



Gambar 4.17 Perencanaan *Grate Inlet* di Segmen 5 pada Lajur Kanan Jarak Antar *Inlet* 10 m Dengan Kala Ulang 5 tahun

6. Setelah diketahui nilai Ag dari *inlet* yang direncanakan, maka dihitung debit yang dapat dialirkan *inlet* yang direncanakan.

Ag = (0,11 x 0,03) x 3
= 0,0099 m^2

$V = 1/n \cdot (Ag/Pg)^{0,67} \cdot Sx^{0,5}$
$= 1/0,016.(0,0099/0,84)^{0,67} \cdot 0,0067^{0,5}$
= 0,26 m/dtk

Pg = (0,11 x 2 + 0,03 x 2) x 3
= 0,84 m

$Q_{inlet} = V \cdot Ag$
$= 0,26 \text{ m/dtk} \cdot 0,0099 \text{ m}^2$
$= 0,0026 \text{ m}^3/\text{dtk}$
$Q_{inlet} > Q_{gutter} \rightarrow$ Aman

Pada **Tabel 4.54** dan **Tabel 4.55** berikut ini dapat dilihat perhitungan perencanaan T_{gutter} (lebar atas *gutter*), tinggi aliran (y), Q_{gutter}, luas terbuka kisi (Ag), dimensi *inlet*, V_{inlet}, Q_{inlet} untuk perencanaan *grate inlet* di ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur pada lajur kanan segmen 5, dengan kala ulang 5 tahun.

Tabel 4.54 Lebar Atas *Gutter* (T_{gutter}) Rancangan dan Debit *Gutter* (Q_{gutter}) Rancangan Kala Ulang 5 Tahun

Segmen	Jarak antar *Inlet* (m)	Jumlah *Inlet*	K_n	S_x	S_L	n	T rencana (m)	Qgutter (m^3/dtk)	Q rancangan (m3/dtk)
5 (100 m)	20	5	1	0.007	0.0061	0.016	0.9218	0.000352	0.0003519

Tabel 4.55 Perhitungan Perencanaan Dimensi *Grate Inlet* Kala Ulang 5 Tahun Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo

Segmen	Q*gutter* (m^3/dtk)	T rencana (m)	y (m)	Ag (cm^2)	Dimensi *Inlet* (cm)	Ag yang digunakan (cm^2)	Pg (cm)	R^0.67	Vinlet (m/dtk)	Qinlet (m^3/dtk)
5	0.000352	0.92184	0.006	15.132	15 x 15	99	84	0.051	0.26040	0.0026

4.8.2.2 Perencanaan *Grate Inlet* dengan Kala Ulang 10 Tahun

1. Menentukan T (lebar atas *gutter*) yang dihitung dengan rumus berikut ini :

$$T_{gutter} = \left(\frac{2{,}64\ Q_n}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

dengan :

Q = debit limpasan

K_n = perubahan konstan (1,0 $m^{1/3}$/s dalam satuan metric dan 1,49 $ft^{1/3}$/s dalam satuan U.S)

T_{gutter} = lebar atas

n = kekasaran Manning

S_x = kemiringan melintang

S_L = kemiringan memanjang

Contoh perhitungan T (lebar atas *gutter*) pada perencanaan *inlet* tipe *grate inlet* pada segmen 5 dengan panjang 100 m untuk kala ulang 10 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 10 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 10 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$$T_{gutter} = \left(\frac{2{,}64\ Q_n}{k_n S_x^{5/3} S_L^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$$= \left(\frac{2{,}64\ x\ 0{,}00038\ x\ 0{,}016}{1\ x\ 0{,}0067^{5/3}\ 0{,}0013^{1/2}}\right)^{3/8} = 0{,}948 \text{ m}$$

2. Menghitung tinggi aliran (y) dengan rumus berikut ini.

$$y = S_x \cdot T_{gutter}$$

dengan :

y = tinggi aliran

T_{gutter} = lebar atas

S_x = kemiringan melintang

Contoh perhitungan tinggi aliran (y) pada perencanaan *inlet* tipe *grate inlet* pada segmen 5 dengan panjang 100 m untuk kala ulang 10 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 10 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 10 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$y = S_x T_{gutter}$`

= 0,0067 x 0,948 m = 0,006 m

3. Menghitung Q*gutter* dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$Q_{gutter} = \frac{k_n \, T^{8/3} S_x^{5/3} S_L^{1/2}}{2{,}64 \, n}$$

dengan :

Q_{gutter} = debit *Gutter*

K_n = perubahan konstan (1,0 $m^{1/3}/s$ dalam satuan metric dan 1,49 $ft^{1/3}/s$ dalam satuan U.S)

T = lebar atas

S_x = kemiringan melintang

n = kekasaran Manning

S_L = kemiringan memanjang

Contoh perhitungan Q*gutter* pada perencanaan *inlet* tipe *grate inlet* pada segmen 5 dengan panjang 100 m untuk kala ulang 10 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 10 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 10 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$$Q_{gutter} = \frac{k_n \, T^{8/3} S_x^{5/3} S_L^{1/2}}{2{,}64 \, n}$$

$$= \frac{1 \, x \, 0{,}948^{8/3} 0{,}0067^{\frac{5}{3}} x \, 0{,}0013^{1/2}}{2{,}64 \, x \, 0{,}016}$$

$= 0{,}00038 \ m^3/dtk$

4. Pada tipe *grate inlet* terdapat kisi yang dapat dilihat pada Gambar **4.15,** dari perhitungan diatas dapat dicari luas ruang terbuka kisi (A_g) dengan rumus sebagai berikut .

$$Q_g = 0{,}67 \times A_g \times (2g \cdot d_g)^{0.5}$$

dengan : :

Q_g = kapasitas tangkapan *grate inlet* (m^3/dtk)

d_g = kedalaman genangan rerata (m)

A_g = luas ruang terbuka kisi (m^2), total luas *inlet* dikurangi luas kisi

g = percepatan gravitasi (m/dtk^2)

Sumber : (Pilgrim, 1991:303)

Contoh perhitungan pada perencanaan *inlet* tipe *grate inlet* pada segmen 5 dengan panjang 100 m untuk kala ulang 10 tahun. Direncanakan jarak antar *inlet* 10 m dengan jumlah *inlet* sebanyak 10 buah *inlet*, perhitungannya sebagai berikut.

$Q_g = 0{,}67 \times A_g \times (2g \cdot d_g)^{0.5}$

$0{,}00038 = 0{,}67 \times A_g \times (2.9{,}8 \cdot S_x \cdot T)^{0.5}$

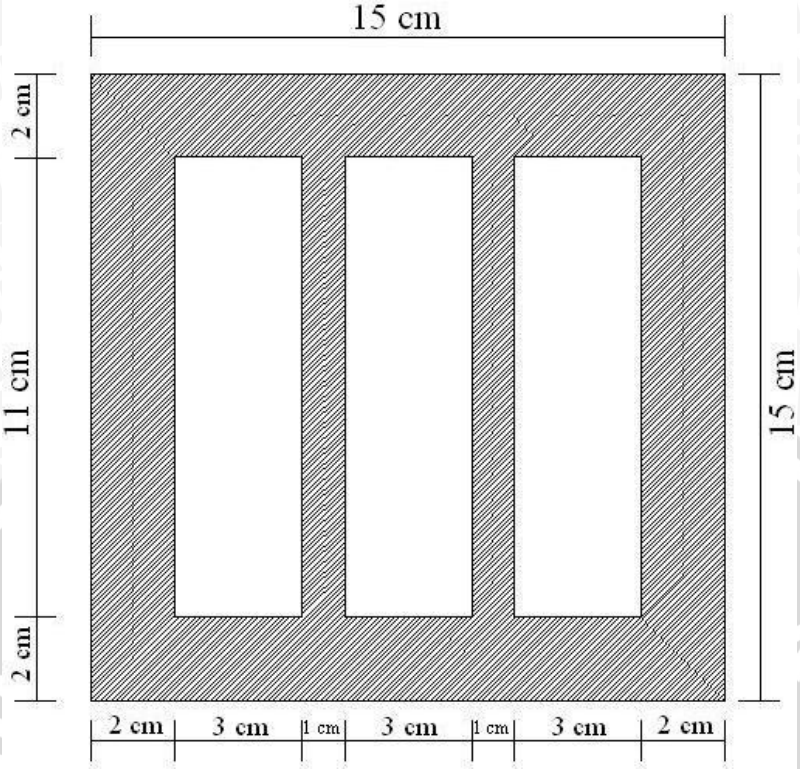
$0{,}00038 = 0{,}67 \times A_g \times (2.9{,}8 \cdot 0{,}0067 \cdot 0{,}948)^{0.5}$

$$A_g = \frac{0{,}00038}{0{,}67\ x\ ((2x9{,}8)x\ (0{,}0067\ x\ 0{,}948))^{0.5}}$$

$= 0{,}00161\ m^2$

$= 16{,}1\ cm^2$

5. Kemudian setelah didapatkan nilai A_g (luas ruang terbuka kisi), selanjutnya mendesain inlet sesuai dengan nilai A_g. Diketahui hasil dari perhitungan diatas A_g minimal sebesar 16,1 cm^2. Digunakan *inlet* dengan dimensi 15 cm x 15 cm dengan Ag sebesar 99 cm^2. Desain *inlet* dapat dilihat pada **Gambar 4.17** di bawah ini.



Gambar 4.18 Perencanaan *Grate Inlet* di Segmen 5 pada Lajur Kanan Jarak Antar *Inlet* 10 m Dengan Kala Ulang 10 tahun

6. Setelah diketahui nilai Ag dari *inlet* yang direncanakan, maka dihitung debit yang dapat dialirkan *inlet* yang direncanakan.

Ag = (0,11 x 0,03) x 3
= 0,0099 m^2

$V = 1/n \cdot (Ag/Pg)^{0,67} \cdot Sx^{0,5}$
$= 1/0,016.(0,0099/0,84)^{0,67} \cdot 0,0067^{0,5}$
= 0,26 m/dtk

Pg = (0,11 x 2 + 0,03 x 2) x 3
= 0,84 m

$Q_{inlet} = V \cdot Ag$
$= 0,26 \text{ m/dtk} \cdot 0,0099 \text{ m}^2$
$= 0,0026 \text{ m}^3/\text{dtk}$
$Q_{inlet} > Q_{gutter} \rightarrow$ Aman

Pada **Tabel 4.56** dan **Tabel 4.57** berikut ini dapat dilihat perhitungan perencanaan T_{gutter} (lebar atas *gutter*), tinggi aliran (y), Q_{gutter}, luas terbuka kisi (Ag), dimensi *inlet*, V_{inlet}, Q_{inlet} untuk perencanaan *grate inlet* di ruas jalan Raya Oro-oro Ombo, Kota Batu Jawa Timur pada lajur kanan segmen 5, dengan kala ulang 10 tahun.

Tabel 4.56 Lebar Atas *Gutter* (T_{gutter}) Rancangan dan Debit *Gutter* (Q_{gutter}) Rancangan Kala Ulang 10 Tahun

Segmen	Jarak antar *Inlet* (m)	Jumlah *Inlet*	K_n	S_x	S_L	n	T rencana (m)	Qgutter (m^3/dtk)	Q rancangan (m3/dtk)
5 (100 m)	20	5	1	0.007	0.0061	0.016	0.9485	0.00038	0.0003796

Tabel 4.57 Perhitungan Perencanaan Dimensi *Grate Inlet* Kala Ulang 10 Tahun Lajur Kanan Jalan Raya Oro-oro Ombo

Segmen	Q*gutter* (m^3/dtk)	T rencana (m)	y (m)	Ag (cm^2)	Dimensi *Inlet* (cm)	Ag yang digunakan (cm^2)	Pg (cm)	R^0.67	Vinlet (m/dtk)	Qinlet (m^3/dtk)
5	0.000380	0.94847	0.006	16.095	15 x 15	99	84	0.051	0.26040	0.0026

Dari perhitungan perencanaan tipe *inlet* diatas, didapat ukuran *inlet* yang sesuai untuk mengalirkan air limpasan ke dalam saluran drainase. Selain dari hasil perhitungan, pada segmen ini dipilih tipe *grate inlet* yang sejajar dengan jalan dikarenakan kondisi saluran merupakan saluran tertutup, dan berada di depan pertokooan yang merupakan akses menuju lahan parkir.