

ANALISIS SISTEM DRAINASE *UNDERPASS* UNILA BANDAR LAMPUNG

Ryan Rizki¹, Eri Prawati², Ida Hadijah³

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro Lampung
Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia
Email : ryanrizkiip@gmail.com¹, eri.prawati@gmail.com²,
cv.sadakonsultan@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Underpas merupakan jalur lalu lintas yang berbentuk terowongan yang dibangun di bawah tanah. Tujuannya adalah untuk mengurangi penumpukan kendaraan dan kemacetan. Bentuk konstruksinya yang menurun memungkinkan air hujan langsung mengalir ke area tersebut. Tentu masalah tersebut akan sangat mempengaruhi kerusakan dari *Underpas* itu sendiri dan akan mengakibatkan tergenangnya daerah sekitar saluran drainase.

Pembangunan drainase pada proyek ini bertujuan untuk melindungi badan jalan dari limpasan air hujan dan limpasan dari area sekitar rencana jalan sehingga umur rencana jalan dapat dicapai. Pada awal perencanaan sistem drainase perlu direncanakan skema saluran drainase yang dibuat dengan memperhatikan tinggi – rendah elevasi – elevasi permukaan lahan.

Adapun langkah analisis yang akan dilakukan adalah perhitungan hidrologi yang terdiri dari analisa *catchment area*, intensitas hujan, debit rencana dan kemudian dicocokkan dengan analisa hidrolika yang terdiri dari perhitungan dimensi saluran, dimensi gorong-gorong dan kapasitas pembuangan saluran drainase.

Berdasarkan hasil analisis saluran pembuangan dan *box* tampungan pada rencana *underpass*, metode analisis yang digunakan metode rasional dengan analisa periode ulang 2 tahun $Q_p = 0,023 \text{ m}^3/\text{dtk}$, periode ulang 5 tahun $Q_p = 0,030 \text{ m}^3/\text{dtk}$, dan periode ulang 10 tahun $Q_p = 0,034 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Kapasitas saluran drainase *underpass* di jalan Zainal Abidin Pagar Alam sebesar drainase persegi $= 120 \times 1,3 \times 1,3 = 202,8 \text{ m}^3$ dan drainase pipa beton $= 145 \times 1,0 = 145 \text{ m}^3$, elevasi hilir saluran $+142,765$ dan elevasi hulu $+142,765$, sedangkan air luapan sungai saat banjir yang masuk ke saluran drainase tersebut paling maksimum di elevasi $+142,315$ sebesar $171,11 \text{ m}^3$ dan dengan demikian tersedia ruang jagaan kelebihan air di saluran drainase sebesar $= 101,4 \text{ m}^3$.

Kata Kunci : Drainase, Debit, *Underpass*

PENDAHULUAN

Underpas merupakan jalur lalu lintas yang berbentuk terowongan yang dibangun di bawah tanah. Tujuannya adalah untuk mengurangi penumpukan kendaraan dan kemacetan. Drainase merupakan bagian terpenting dari sistem di jalur ini. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai salah satu tindakan

teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan. Maka dalam perencanaan *Underpas* pengaturan drainase pun sangat diperlukan, keberadaannya erat sekali hubungannya dengan curah hujan yang turun dan air permukaan sehingga harus dapat menampung dan mengalihkan air

limpasan hujan dari permukaan jalan menuju saluran pembuangan (*outlet*.)

Potensi banjir perlu diantisipasi agar struktur terowongan tidak mudah terendam air. Pengadaan sistem drainase yang memadai dipermukaan tanah akan menghindarkan penetrasi air kedalam tanah. Selain itu kekedapan struktur *lining* hendaknya mendapatkan perhatian, khususnya pada lokasi joint/sambungan untuk mengatasi rembesan air pada dinding – dinding terowongan akibat hujan ataupun muka air tanah. Bentuk konstruksinya yang menurun memungkinkan air hujan langsung mengalir ke area tersebut. Jika sistem drainasinya kurang baik, air hujan juga tidak dapat dialirkan dengan baik sehingga menimbulkan genangan air yang akan mengganggu fungsi jalur lalu-lintas ini.

Pembangunan drainase pada proyek ini bertujuan untuk melindungi badan jalan dari limpasan air hujan dan limpasan dari area sekitar rencana jalan sehingga umur rencana jalan dapat dicapai. Untuk itu diperlukan perencanaan yang baik, dalam hal ini maka perlu di cermati dan dievaluasi kondisi pengalirannya, debit dan dimensi hidrolis gorong-gorong, dan sudah sampai sejauh mana system drainase pada bangunan *underpass* saat ini dapat berfungsi dengan baik, untuk itu perlu dilakukan analisis terhadap rencana system saluran pembuangan dan box tampung dibangun *underpass*.

TINJAUAN PUSTAKA

Topografi

- Bentuk umum yang mencakup bidang datar serta profil yang menjadi penentu arah.
- Pengenalan permukaan
- Struktur pada bagian dalam
- Adanya bidang dakung pada topografi di sekitarnya

- Menjadi konstruksi pengendapan dengan cara mencirikan *fragman* atau bentuk kasar.

Hidrolika

- Aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas.
- Aliran saluran tertutup tidak mempunyai permukaan bebas karena air mengisi seluruh penampang saluran.

Data Curah Hujan

Penentuan hujan rencana dilakukan dengan analisa frekuensi terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan dengan lama pengamatan sekurang-kurangnya 10 tahun.

Analisis Frekuensi dan Probabilitas

- Distribusi Normal

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]}$$

P(X) = Fungsi Densitas Peluang Normal

X = Variabel Acak Kontinu

σ = Simpangan Baku nilai X

μ = Rata-rata Nilai X

- Distribusi Log Normal

$$P(X) = \frac{1}{X\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\exp\left[-\frac{(Y-\mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}\right]}$$

Y = Log X

P(X) = Peluang Log Normal

X = Nilai Variat Pengamatan

σ_Y = Deviasi Standar Nilai Variat Y

μ_Y = Nilai Rata-rata Populasi Y

Dengan nilai khas yaitu:

$$Cs \cong 3 Cv \text{ (Coefisien Varian = } \frac{S}{X} \text{)}$$

Cs > 0

- Distribusi Log Pearson Type III
 - Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, X = Log X
 - Hitung harga rata-rata :

$$\text{Log } X_r = \frac{\sum \log x}{n}$$

3. Hitung harga Standar Deviasi :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \log r)^2}{n - 1}}$$

4. Hitung koefisien kemencengan :

$$Cs = \frac{n \sum (\log x - \log xr)^2}{(n - 1)(n - 2)SD^3}$$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus :

$$\log XT = \log Xr + K \cdot SD$$

Dengan:

$\log x$ = Logaritma hujan harian maksimum mm/24jam

$\log r$ = Rata-rata x

N = Banyaknya data

SD = Standar Deviasi

$\log XT$ = Curah hujan maksimum (mm/24jam)

K = *Skew Curve Factor*

d. Metode Gumbel

$$X_T = X_r + k \cdot S_x$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$X_r = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_r)^2}{n - 1}}$$

$$Y_t = -(0.834 + (2.303 * \log(\log(T_r / (T_r - 1))))$$

Keterangan :

X_T = Besarnya curah hujan dengan periode ulang t tahun.

X_r = Curah hujan harian maksimum rata-rata selama periode pengamatan

k = Faktor frekuensi dari *Gumbel*.

S_x = Standard deviasi.

S_n = Standard deviasi dari *reduced variate* tergantung dari jumlah tahun pengamatan data.

Y_t = *Reduced variate* sebagai fungsi dari periode ulang t

Y_n = $-(0.834 + 2.303 \log(\log T_r / (T_r - 1)))$.

Y_n = Harga rata-rata *reduced variate* tergantung dari jumlah tahun pengamatan data

Tabel 1. Nilai K untuk distribusi Log Person III

Koeff. Kemencengan (CS)	Interval Kejadian (Recurrence Interval), Tahun (Periode Ulang)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui (Percent Chance Of Being Exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.18	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.21	2.275	3.144	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.076	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.715	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.68	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.028
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.086	1.366	1.492	1.588
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.532	0.351	0.725	0.795	0.823	0.823	0.832
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.796
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-4.051	-0.420	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667

Tabel 2. Standar Deviasi (Yn) untuk Distribusi Gumbel

No	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.495	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5486	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

Tabel 3. Reduksi Variat (YTR) sebagai fungsi Periode Ulang Gumbel

Periode Ulang, TR	Reduced Variate, YTR	Periode Ulang, TR	Reduced Variate, YTR
(Tahun)	(Tahun)	(Tahun)	(Tahun)
2	0.3668	100	46.012
5	15.004	200	52.969
10	22.510	250	55.206
20	29.709	500	62.149
25	31.993	1000	69.087
50	39.028	5000	85.188
75	43.117	10000	92.121

Tabel 4. Reduksi Standard Deviasi (Sn) untuk Distribusi Gumbel

No	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.94	0.96	0.99	0.99	1.00	1.020	1.03	1.04	1.049	1.056
20	1.06	1.06	1.07	1.08	1.08	1.091	1.09	1.10	1.104	1.108
30	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.128	1.13	1.13	1.136	1.138
40	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.151	1.15	1.15	1.157	1.159
50	1.10	1.16	1.16	1.16	1.16	1.168	1.16	1.17	1.172	1.173
60	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.180	1.18	1.18	1.183	1.184
70	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.189	1.19	1.19	1.192	1.193
80	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.197	1.19	1.19	1.199	1.200
90	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.203	1.20	1.20	1.205	1.206
10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.208	1.20	1.20	1.209	1.209

Analisa Catchment Area dan Koefisien Run Off

1. Analisa Catchment Area

Daerah tangkapan air dan merupakan suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan baik ke danau ataupun ke laut secara alami.

2. Koefisien Run Off

Bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang masuk ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah disebut air infiltrasi.

Koef. Run Off = $C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + \dots$

$$C_{\Sigma} = \frac{\text{Jumlah total } C}{\text{Jumlah banyaknya } C}$$

C = Koefisien Run Off

C_{Σ} = Koefisien Run Off Rata – rata

Tabel 5. Nilai Koefisien Aliran Untuk Berbagai Penggunaan Lahan

No	Penggunaan Lahan atau Bentuk Struktur	Nilai C (%)
1	Hutan Tropis	<3
2	Hutan Produksi	5
3	Semak Belukar	7
4	Sawah – sawah	15
5	Daerah Pertanian, Perkebunan	40
6	Daerah Permukiman	70
7	Jalan Aspal	95
8	Bangunan Padat	70 – 90
9	Bangunan Terpecah	30 – 70
10	Atap Rumah	70 – 90
11	Jalan Tanah	13 – 50
12	Lapis Keras Kerikil Batu	35 – 70
13	Lapis Keras Beton	70 – 90
14	Taman, Halaman	5 – 25
15	Tanah Lapang	10 – 30
16	Kebun, Ladang	0 – 20

Intensitas Hujan

Intensitas adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan tiap satuan waktu.

$$I = \frac{R24}{24} \times \left(\frac{24}{Tc}\right)^{2/3}$$

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam)

$R24$ = Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

Debit Rencana

Perhitungan debit rencana untuk saluran drainase di daerah perkotaan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Rasional.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Q_p = Laju permukaan (debit) puncak dalam m^3 /detik

C = Koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I = Intensitas hujan dalam mm/jam

A = Luas catchment area

Analisa Hidrolika

Perencanaan saluran drainase harus berdasarkan pertimbangan kapasitas tampungan saluran yang ada baik tinjauan hidrolis maupun elevasi kondisi lapangan.

Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit harus ditampung oleh saluran lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana.

$$Q_t \leq Q_s$$

$$Q = V \cdot A$$

A_s = Luas penampang saluran (m^2)

V = Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran (m/det)

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

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar saluran

P = Keliling basah saluran (m)

Tabel 6. Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Saluran	Koefisien Manning (n)
a. Baja	0,011–0,014
b. BajapermukaanGelombang	0,021–0,030
c. Semen	0,010–0,013
d. Beton	0,011–0,015
e. Pasanganbatu	0,017–0,030
f. Kayu	0,010–0,014
g. Bata	0,011–0,015
h. Aspal	0,013

Sumber : Wesli, 2008, Drainase Perkotaan: 97

Analisa Kapasitas Saluran Pembuang dan Box Tampung

Berdasarkan elevasi muka air sungai minimum dan volumenya tersebut, dilakukan perhitungan untuk mencari elevasi muka air saluran dihilir. Tahapannya sebagai berikut :

- Hitung kapasitas air pada saluran pembuangan dan box tampungan yang dapat ditampung
- Elevasi muka air banjir disungai didapatkan dari elevasi muka air tertinggi disungai tersebut

Gorong-gorong

- a. Gorong-gorong ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai dengan kebutuhan.
- b. Harus cukup besar untuk melewati debit air maksimum dari daerah pengaliran secara efisien.
- c. Gorong-gorong harus dibuat dengan tipe yang permanen, dengan kemiringan 0,5% - 2%
- d. Jarak gorong-gorong pada daerah datar maksimum 100 meter.
- e. Dimensi gorong-gorong minimum diameter 80 cm.

Ada beberapa jenis gorong-gorong:

- a. Jenis pipa
 $Q_g = F \cdot V$
Dimana :
 $F = \text{Luas penampang basah (m}^2\text{)}$
 $V = \text{Kecepatan aliran (m/detik)}$
 $Q_g = \text{Kapasitas gorong-gorong (m}^3\text{/detik)}$
- b. Jenis persegi
 1. *Box culvert (BC)*
 2. *Slab culvert (SC)*

Drainase

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia.

Macam-macam sistem jaringan drainase biasa dibagi 2 yaitu meliputi :

1. Sistem Drainase Mayor
2. Sistem Drainase Mikro

Jenis-Jenis Drainase

1. Menurut sejarah terbentuknya
 - a. Drainase alamiah
 - b. Drainase buatan
2. Menurut letak saluran
 - a. Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*)
 - b. Drainase bawah tanah (*Sub Surface Drainage*)
3. Menurut konstruksi
 - a. Saluran Terbuka
 - b. Saluran Tertutup
4. Menurut fungsi
 - a. *Single Purpose*
 - b. *Multy Purpose*

Bentuk Penampang Saluran Drainase

1. Persegi Panjang
2. Trapesium
3. Segitiga
4. Lingkaran

METODE PENELITIAN

Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi Underpass : Jl. Z.A. Pagar Alam, Rajabasa, Kota Bandar Lampung
Provinsi : Lampung
Panjang total Underpass : ± 400mter
Lebar total Underpass : ± 10 meter
Kapasitas Jalan Underpass : 2 Jalur 4 Lajur
Lebar Jalur : 4,45 meter
Lebar Lajur : 2,2 meter
Dimensi Drainase : 1 meter
Jumlah Bak Kontrol : 22 buah
Panjang Total Drainase : ±507 meter

Data Primer

1. Data *Underpass* (gambar)
 - a. Bentuk/Dimensi *Existing*
 - b. Saluran Drainase
2. Data Topografi sekitar *Underpass*
3. Ketinggian muka air

Data Skunder

1. Data Curah Hujan
 - a. Stasiun Polinela Rajabasa
 - b. Stasiun Kemiling

2. Pengolahan Data
 - a. Analisa Hidrologi :
 1. Analisa data curah hujan
 2. Analisa debit banjir
 3. Analisa debit permukaan
 - b. Analisa Hidrolika :
 1. Analisa saluran pembuangan dan *box* tampungan
 2. Analisa perhitungan dimensi gorong-gorong
 3. Kesimpulan
 - a. Analisa Drainase
 - b. Analisa *box* tampungan
 - c. Analisa dimensi gorong-gorong
 4. Kesimpulan
 5. Selesai

HASIL PENELITIAN

Analisa Hidrologi

Tabel 7. Data Curah Hujan Harian Stasiun Polinela Rajabasa dan stasiun Kemiling 10 Tahun Terakhir (2009-2018)

Tahun	Curah Hujan maksimum harian Polinela	Curah Hujan maksimum harian Kemiling	Curah Hujan Rata-Rata (mm/hari)
	1	2	3
2009	39,3	51,9	45,6
2010	52,1	60,9	56,5
2011	32,1	39,4	35,75
2012	40,4	25,3	32,85
2013	56,6	62,3	59,45
2014	40,4	52,2	46,3
2015	48,2	40	44,1
2016	52,5	49,6	51,05
2017	32,8	48,6	40,7
2018	42,7	44,2	43,45
Jumlah	437,1	474,4	455,75
Rata-rata	43,71	47,44	45,575

Sumber : Hasil Perhitungan Analisa Curah Hujan Harian Maksimum

Tabel 8. Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	2	3	4
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1,000,000	0,001	3,09

Sumber : (Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan:37)

Analisa Curah Hujan Distribusi Normal

Tabel 9. Analisa Curah Hujan Distribusi Normal

No	Curah hujan (mm) X_i	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	2	3	4
1	45,6	0,025	0,000625
2	56,5	10,925	119,355625
3	35,75	-9,825	96,530625
4	32,85	-422,9	161,925625
5	59,45	13,875	192,515625
6	46,3	0,725	0,525625
7	44,1	-1,475	2,175625
8	51,05	5,475	29,975625
9	40,7	-4,875	23,765625
10	43,45	-2,125	4,515625
Jumlah	455,75	-410,175	631,28625
\bar{X}	45,575		
S	8,38		

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 10. Analisa Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Normal

No	T	KT	\bar{X}	S	Curah hujan (X_T)
1	2	3	4	5	6
1	2	0	45,575	8,38	45,575
2	5	0,84	45,575	8,38	52,6142
3	10	1,28	45,575	8,38	56,3014
4	20	1,64	45,575	8,38	59,3182
5	50	2,05	45,575	8,38	62,754
6	100	2,33	45,575	8,38	65,1004

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa Curah Hujan Distribusi Log Normal

Tabel 11. Analisa Curah Hujan Dengan Distribusi Log Normal

No	Curah hujan (mm) X_i	Log X_i	$(\log X_i - \log \bar{X})$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$
1	2	3	4	5
1	45,6	1,659	0,007	0
2	56,5	1,752	3,404	11,588
3	35,75	1,553	-0,099	0,01
4	32,85	1,517	-0,136	0,018
5	59,45	1,774	0,122	0,015
6	46,3	1,666	0,014	0
7	44,1	1,644	-0,008	0
8	51,05	1,708	0,056	0,003
9	40,7	1,61	-0,042	0,002
10	43,45	1,638	-0,0141	0,0002
Jumlah	455,75	16,521		11,636
\bar{X}	45,575	1,652		
S	8,38	1,14		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 12. Analisa Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Log Normal

No	(T)	K_T	Log \bar{X}	Log S	Log X_T	Curah hujan (X_T)
1	2	3	4	5	6	7
1	2	0	1,65	1,14	1,65	44,67
2	5	0,84	1,65	1,14	2,61	405,14
3	10	1,24	1,65	1,14	3,06	11157,71
4	20	1,64	1,65	1,14	3,52	3308,26
5	50	2,05	1,65	1,14	3,99	9705,1
6	100	2,33	1,65	1,14	4,31	20239,51

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa Curah Hujan Distribusi Log Person III

Tabel 13 Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Log Person III

No	Curah hujan (mm) X _i	Log X _i	(log X _i - log X)	(log X _i - log X) ²	(log X _i - log X) ³
1	2	3	4	5	6
1	45,6	1,659	0,1069	0,01143	0,00122
2	56,5	1,752	0,1999	0,03996	0,00799
3	35,75	1,553	0,0009	0	0
4	32,85	1,517	-0,0351	0,00123	0,00004
5	59,45	1,774	0,2219	0,04924	0,01093
6	46,3	1,666	0,1139	0,01297	0,00148
7	44,1	1,644	0,0919	0,00845	0,00078
8	51,05	1,708	0,1559	0,0243	0,00379
9	40,7	1,61	0,0579	0,00335	0,00019
10	43,45	1,638	-0,9141	0,83558	-0,7638
Jumlah	455,75	15,521		0,98651	-0,7638
	45,575	1,552			
S	8,38	1,14			
G	-2,8				

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 14. Nilai K untuk distribusi Log Person III

Interval Kejadian (Recurrence Interval), Tahun (Periode Ulang)								
	10,101	12,5	2	5	10	25	50	100
Koef	Persentase Peluang Terlampaui (Percent Chance Of Being Exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.18	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.21	2.275	3.144	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.076	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.715	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.68	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.028
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.086	1.366	1.492	1.588
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318
-1.6	-3.238	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.532	0.351	0.725	0.795	0.823	0.823	0.832
-2.6	-3.889	-0.490	0.376	0.681	0.702	0.764	0.768	0.796
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.724	0.712	0.714	0.714
-3.0	-7.051	-0.420	0.696	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667

Sumber : (Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan : 43)

Tahapan untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan metode Log-Pearson Tipe III adalah sebagai berikut

1. Periode ulang 2 tahun

$$T2 \rightarrow K = \text{Interpolasi} = \frac{y1}{x1} = \frac{y2}{x2}$$

$$= \frac{y1-0,384}{-2,8-0} = \frac{0,376-0,384}{1,14-0} = 0,404$$

Maka hujan rencana 2 tahun

$$\text{Log } X2 = 1,5521 + 0,404 \times 0,33000$$

$$\text{Log } X2 = 1,68530$$

$$X2 = 48,45 \text{ mm}$$

Tabel 15. Analisa Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Log Person III

No	(T)	K	Log X	Log S	Log X ^r	Curah hujan (X ^r)
1	2	3	4	5	6	7
1	2	0,384	1,65	1,14	1,65	48,45
2	5	0,666	1,65	1,14	2,61	57,51
3	10	0,724	1,65	1,14	3,06	95,2
4	20	0,712	1,65	1,14	3,52	77,82
5	50	0,714	1,65	1,14	3,99	55,44
6	100	0,714	1,65	1,14	4,31	66,98

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa Curah Hujan Distribusi Gumbel

Tabel 16. Analisa Curah Hujan Dengan Distribusi Gumbel

No	Curah hujan (mm) X _i	(X _i - X)	(X _i - X) ²
1	2	3	4
1	45,6	0,025	0,0006
2	56,5	10,925	119,3556
3	35,75	-9,825	96,5306
4	32,85	-12,29	151,0256
5	59,45	13,875	192,5156
6	46,3	0,725	0,5256
7	44,1	-1,475	2,1756
8	51,05	5,475	29,9756
9	40,7	-4,875	23,7656
10	43,45	-2,125	4,5156
Jumlah	455,8		631,3
X	45,575		
S	8,38		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 17. Standar Deviasi (Yn) untuk Distribusi Gumbel

No	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5486	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

Sumber : (Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan)

Tabel 18. Reduksi Variat (YTR) sebagai fungsi Periode Ulang Gumbel

Periode Ulang, TR	Reduced Variate, YTR	Periode Ulang, TR	Reduced Variate, YTR
1	2		
(Tahun)	(Tahun)	(Tahun)	(Tahun)
2	0.3668	100	46.012
5	15.004	200	52.969
10	2.251	250	55.206
20	29.709	500	62.149
25	31.993	1000	69.087
50	39.028	5000	85.188
75	43.117	10000	92.121

Sumber (Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan)

Tabel 19. Reduksi Standard Deviasi (Sn) untuk Distribusi Gumbel

No	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	10,095	10,206	10,316	10,411	10,493	10,565
20	10,628	10,696	107,954	10,811	10,854	10,915	10,915	11,004	11,047	11,080
30	11,124	11,159	11,159	11,226	11,255	11,285	11,313	11,313	11,363	11,388
40	11,413	11,436	11,436	11,480	11,499	11,519	11,538	11,538	11,574	11,590
50	11,607	11,623	11,623	11,638	11,667	11,681	11,696	11,708	11,721	11,734
60	11,747	11,759	11,759	11,782	11,793	11,803	11,814	11,824	11,834	11,844
70	11,854	11,863	11,873	11,873	11,890	11,898	11,906	11,906	11,923	11,930
80	11,938	11,945	11,945	11,953	11,967	11,973	11,980	11,980	11,994	12,001
90	12,007	12,013	12,013	12,020	12,032	12,038	12,044	12,044	12,055	12,066
10	12,065	12,069	12,073	12,077	12,081	12,084	12,087	12,087	12,093	12,096

Sumber: (Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan)

Dari tabel untuk n = 10

$$Y_n = 0,4952$$

$$S_n = 0,9496$$

Untuk periode ulang (T) 2 tahun

$$YTR = 0,3668$$

$$K = \frac{YTR + Y_n}{S_n} = \frac{0,3668 + 0,4952}{0,9496} = 0,9049$$

$$X_T = X + K * S = 45,575 + 0,9049 * 8,38$$

$$X_T = 53,1537$$

Tabel 20. Analisa Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Gumbel

No	(T)	Y _{TR}	Y _n	S _n	X	S	K	Curah hujan (X _T)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	0,37	0,5	0,95	45,58	8,38	0,9	53,15
2	5	1,5	0,5	0,95	45,58	8,38	2,1	63,18
3	10	2,25	0,5	0,95	45,58	8,38	2,89	69,80
4	20	2,97	0,5	0,95	45,58	8,38	31,81	311,97
5	50	3,9	0,5	0,95	45,58	8,38	41,62	660,55
6	100	4,6	0,5	0,95	45,58	8,38	5,37	356,91

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk n=10, Y_n =0,4952, S_n = 0,9496

$$YTR = 0,3668$$

$$K = \frac{YTR + Y_n}{S_n} = \frac{0,3668 + 0,4952}{0,9496} = 0,9049$$

Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dalam periode ulang T Tahunan

Rumus :

$$X_T = X + K * S = 45,575 + 0,9049 * 8,38$$

$$X_T = 53,1537$$

Tabel 21. Rekapitulasi Analisa Curah Hujan Rencana Maksimum

No	(T)	Normal	Log normal	Log person III	Gumbel
1	2	3	4	5	6
1	2	45,58	44,67	48,45	53,15
2	5	52,61	405,14	57,51	61,18
3	10	56,3	1157,71	72,78	69,8
4	20	59,32	3308,26	58,13	311,97
5	50	62,75	9705,1	58,42	660,55
6	100	65,1	20239,51	58,42	360,91

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil analisa distribusi frekuensi hujan dengan berbagai metode terlihat bahwa metode distribusi Gumbel yang paling ekstrim sehingga data inilah yang digunakan untuk analisa berikutnya.

Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisa frekuensi curah hujan diperlukan untuk menentukan jenis sebaran (distribusi).

Tabel 22. Analisa Frekuensi Curah Hujan

No	Tahun	Xi	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
1	2	3	4	5	6	7
1	2009	45,6	0,02	0	0	0
2	2010	56,5	10,93	119,36	1303,96	14245,77
3	2011	35,75	-9,83	96,53	-948,41	9318,16
4	2012	32,85	-12,73	161,93	-2060,5	26219,91
5	2013	59,45	13,88	192,52	2671,15	37062,27
6	2014	46,3	0,72	0,53	0,38	0,28
7	2015	44,1	-1,48	2,18	-3,21	4,73
8	2016	51,05	5,47	29,98	164,12	898,54
9	2017	40,7	-4,88	23,77	-115,86	564,8
10	2018	43,45	-2,13	4,52	-9,6	20,39
Jumlah		455,75		631,29	1002,03	88334,84
X		45,575				

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\text{Standart deviasi (S)} = \sqrt{\frac{\sum (x-x)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{631,29}{10-1}} = 70,14$$

1. Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum (x-x)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$C_s = \frac{10^2 * 1002,03}{(10-1)(10-2)70,14^3} = 0,00$$

2. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2 \sum (x-x)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

$$C_k = \frac{10^2 * 88334,84}{(10-1)(10-2)(10-3)70,14^4} = 0,01$$

3. Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{X}$$

$$C_v = \frac{70,14}{45,575} = 1,539$$

Pemilihan Jenis Distribusi

1. Distribusi Gumbel
2. Distribusi LogNormal
3. Distribusi Log-Person tipe III
4. Distribusi Normal

Tabel 23. Perbandingan Syarat Distribusi Dan Hasil Perhitungan

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1	Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$	$C_s = 0,00 < 1,1396$ $C_k = 0,01 < 5,4002$	Memenuhi
2	Log Normal	$C_s = 3 C_v + C_v^2 = 5,383$	$C_s = 0,000 < 5,384$	Tidak
3	Log-Person tipe III	$C_s \neq 0$	$C_s = 0,000 = 0$	Tidak
4	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	$C_s = 0,000 = 0$ $C_k = 0,01$	Memenuhi

Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan dan syarat di atas, maka dapat dipilih jenis distribusi yang memenuhi syarat, yaitu *Distribusi Gumbel*.

Pengujian Kecocokan Jenis Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran berfungsi untuk menguji apakah sebaran yang dipilih dalam pembuatan *duration curve* cocok dengan sebaran empirisnya menggunakan metode *Chi-kuadrat*. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 yang dihitung dengan rumus :

$$X^2 = \sum \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$$

X^2 = harga *chi-kuadrat*,

G = jumlah sub kelompok,

Of = frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama,

Ef = frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya.

Rumus Derajat Kebebasan :

$$dk = k - R - 1$$

dk = derajat kebebasan

k = jumlah kelas

R = banyaknya keterikatan (nilai R = 2 untuk distribusi normal dan binomial, nilai R = 1 untuk distribusi poisson dan gumbel).

Perhitungan *Chi-kuadrat* :

1. Jumlah Kelas (k)

$$k = 1 + 3,322 \log n$$

$$= 1 + 3,322 \log 10$$

$$= 4,332 \approx \text{diambil nilai 4 kelas}$$

2. Derajat Kebebasan (dk)

$$dk = k - R - 1$$

$$= 4 - 1 - 1 = 2$$

3. Ef = $n/k = 10/4 = 2,5$

4. $D_x = (X_{\max} - X_{\min}) / (k - 1)$

$$= (40,7 - 51,05) / (4 - 1) = -3,45$$

5. $X_{\text{awal}} = X_{\min} - (0,5 \times D_x)$

$$= 51,05 - (0,5 \times (-3,45)) = 52,78$$

Tabel 24. Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

No	Nilai batasan	Of	Ef	$(Of - Ef)^2$	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	2	3	4	5	6
1	52,78 <X> 61,64	2	2,5	0,25	0,1
2	61,64 <X> 70,51	3	2,5	0,25	0,1
3	70,51 <X> 79,38	4	2,5	2,25	0,9
4	79,38 <X> 88,24	1	2,5	2,25	0,9
	Jumlah				2

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa *Catchment Area* dan Koefisien *RunOff*

Faktor-faktor yang mempengaruhi sebelum menganalisa debit rencana suatu daerah/kawasan yang akan ditinjau perlu diperkirakan terlebih dahulu seperti daerah tangkapan hujan (*catchment area* dan koefisien *Run off*) pada kawasan tersebut.

Nilai dari koefisien limpasan terhadap kondisi karakter permukaannya yaitu :

C6 = 0,70 Kawasan Daerah Permukiman

C7 = 0,95 Jalan Aspal

C8 = 0,80 Kawasan Perumahan / Perkantoran Padat

C13 = 0,70 Lapis Keras Beton

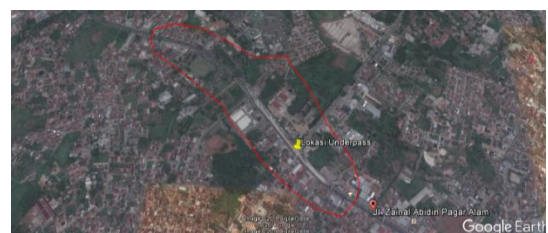
C16 = 0,2 Kawasan Kebun

Salah satu perhitungan *Catchment Area* dan Koefisien *Run Off* adalah sebagai berikut :

$$= 0,70 + 0,95 + 0,80 + 0,70 + 0,2$$

$$= 3,35$$

$$C \text{ rata-rata} = 3,35 / 5 = 0,67$$



Gambar 1. *Catchment Area* (google eart)

Analisa Waktu Konsentrasi dan Intensitas Hujan

Adalah waktu yang diperlukan oleh hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ketempat keluarannya (titik control). Dimana setelah tanah menjadi jenuh dan tekanan tekanan kecil terpenuhi.

Sedangkan intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu.

Periode Ulang Tahun	2	5	10	25	50	100
Hujan (mm)	53,15	63,15	69,8	311,97	660,35	356,91

Tabel 25. Analisa Intensitas Curah Hujan

No	T (menit)	t (jam)	I (mm/jam)					
			R2	R5	R10	R20	R50	R100
1	5	0,08333	96,58	114,751	126,835	566,887	1200,3	648,549
2	10	0,16667	60,842	72,289	79,901	357,117	756,141	408,56
3	20	0,33333	38,328	45,539	50,335	476,339	476,339	257,377
4	30	0,5	29,25	34,753	38,412	363,515	363,515	196,415
5	40	0,66667	24,145	28,688	31,709	300,075	300,075	162,137
6	50	0,83333	20,808	24,722	27,326	258,597	258,597	139,762
7	60	1	18,426	21,893	24,198	229	229	123,734
8	70	1,16667	16,627	19,755	21,835	206,635	206,635	111,65
9	80	1,33333	15,21	18,072	19,975	189,035	189,035	102,14
10	90	1,5	14,062	16,707	18,467	174,76	174,76	94,427
11	100	1,66667	13,108	15,574	17,214	162,906	162,906	88,022
12	110	1,83333	12,301	14,615	16,154	152,877	152,877	82,603
13	120	2	11,608	13,792	15,244	144,261	144,261	77,947
14	130	2,16667	11,005	13,075	14,452	136,765	136,765	73,897
15	140	2,33333	10,474	12,445	13,755	130,172	130,172	70,335
16	150	2,5	10,003	11,885	13,137	124,32	124,32	67,173
17	160	2,66667	9,582	11,385	12,584	119,085	119,085	64,344
18	170	2,83333	9,202	10,934	12,085	114,368	114,368	61,795
19	180	3	8,858	10,525	11,633	110,092	110,092	59,485

Salah satu contoh perhitungan (R2, R5, R10, R20, R50, dan R100) analisa intensitas curah hujan distribusi gumbel diatas sebagai berikut :

Untuk periode ulang (T) 2 tahun

$$R_{24} = 53,15$$

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

Perhitungan Analisa Waktu Konsentrasi

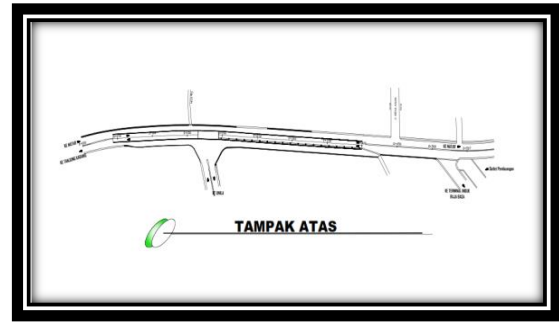
$$I = \frac{53,1}{5} \times \left(\frac{24}{0,08333} \right)^{2/3} = 96,58 \text{ mm/jam}$$

dan Intensitas Hujan Rencana dengan menggunakan rumus Dr. Mononobe adalah sebagai berikut :

$$V = 72 \times (H/L)^{0,6}$$

$$t = L/V$$

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



Gambar 2. Rencana Saluran Drainase

Perhitungan waktu kosentrasi dan intensitas hujan rencana dengan Metode Dr. Mononobe

$$V = 72 \times \left(\frac{H}{L} \right)^{2/3}$$

$$= 72 \times \left(\frac{0,8}{507} \right)^{2/3} = 0,976$$

$$t = \frac{L}{V} = \frac{507}{0,976} = 519,5$$

Untuk periode ulang (T) 2 tahun

$$R_{24} = 53,15$$

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

$$I = \frac{95,29}{24} \times \left(\frac{24}{519,5} \right)^{2/3} = 0,29 \text{ mm/jam}$$

Tabel 26. Rekapitulasi Analisa Curah Hujan Metode Mononobe

No	Periode ulang (T) tahun	Metode Mononobe
1	2	0,29 mm/jam
2	5	0,34 mm/jam
3	10	0,37 mm/jam
4	20	0,67 mm/jam
5	50	3,54 mm/jam
6	100	1,91 mm/jam

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa Debit Rencana

Aliran pada saluran atau sungai tergantung pada dari berbagai faktor-faktor secara bersamaan yaitu :

- Faktor Meteorologi yaitu karakteristik hujan seperti intensitas hujan, durasi hujan dan distribusi hujan
- Karakteristik DAS meliputi luas dan bentuk DAS, topografi dan tata gunalahan.

Tabel 27. Kriteria Desain Hidrologis Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
<10	2	Rasional
10-100	02-Mei	Rasional
101-500	05-Okt	Rasional
>500	Okt-25	Hidrograf Satuan

Sumber : (Suripin, Sistem Drainase Yang Berkelanjutan)

Perhitungan dengan menggunakan Rumus Manning seperti perhitungan di bawah ini :

$$Q_p = 0,278 C x I x A$$

$$A = \frac{\sum di}{n}$$

$$A = \frac{474,4 - 437,1}{2} = 18,65 \text{ km}^2$$

Untuk periode ulang (T) 2 tahun

$$R_{24} = 53,15$$

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

$$I = \frac{95,29}{24} x \left(\frac{24}{520}\right)^{2/3} = 0,29 \text{ mm/jam}$$

$$Q_p = 0,278 x C x I x A$$

$$Q_p = 0,278 x 0,67 x 0,29 x 18,65$$

$$Q_p = 1,007 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk periode ulang (T) 5 tahun

$$R_{24} = 53,15$$

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

$$I = \frac{121,5}{24} x \left(\frac{24}{520}\right)^{2/3} = 0,34 \text{ mm/jam}$$

$$Q_p = 0,278 x C x I x A$$

$$Q_p = 0,278 x 0,67 x 0,34 x 18,65$$

$$Q_p = 1,181 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk periode ulang (T) 10 tahun

$$R_{24} = 69,80$$

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

$$I = \frac{95,29}{24} x \left(\frac{24}{520}\right)^{2/3} = 0,37 \text{ mm/jam}$$

$$Q_p = 0,278 x C x I x A$$

$$Q_p = 0,278 x 0,67 x 0,37 x 18,65$$

$$Q_p = 1,285 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 28. Rekapitulasi Analisa Curah Hujan Metode Rasional

No	T	Q	I	V	Qp
1	2	53,15	0,29	269,98	1,007
2	5	63,15	0,34	269,98	1,181
3	10	69,8	0,37	269,98	1,285

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa Kapasitas Saluran Pembuangan

a. Rumus Manning untuk pengaliran di pipa yaitu sebagai berikut :

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

Diketahui :

Panjang saluran drainase pipa = 145 m

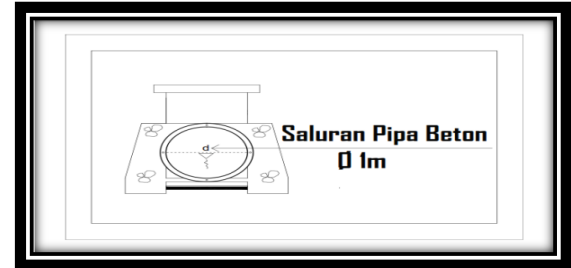
d = 1,0 m

Untuk mencari kapasitas drainase Digunakan rumus Manning sebagai berikut:

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

$$v = \frac{1}{0,013} 25^{\frac{2}{3}} 0,0524^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2,05 x 0,0262 = 0,05371 \text{ m}^3/\text{detik}$$



Gambar 3. Dimensi saluran Drainase Pipa Beton

b. Rumus Manning untuk pengaliran drainase persegi sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \text{ dan } A = b \times y$$

Perhitungan Kapasitas Drainase menggunakan Rumus Manning :

Diketahui :

Panjang Saluran = 120 m

Lebar (b) = 1,30m

Dalam (H) = 1,30m

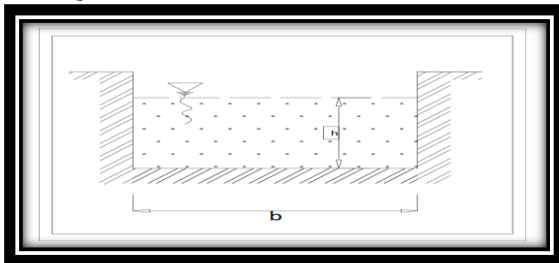
Kedalaman Aliran : h = 20 cm

Kemiringan Dasar Saluran: n= 0,015

• Luas Tampang Aliran:

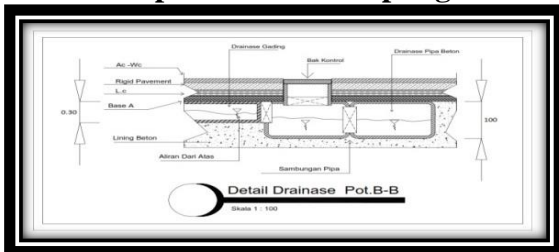
$$A = b \cdot H = 1,30 x 0,20 = 0,26 \text{ m}^2$$

- Keliling Basah:
 $P = b + 2h = 1,30 + 2 \times 0,20 = 1,7 \text{ m}^2$
- jari-jari hidraulis :
 $R = \frac{A}{P} = \frac{0,26}{1,7} = 0,1529 \text{ m}$
 $S = \frac{158,372 - 150,056}{380} = 0,022$
- Debit Aliran :
 $Q = 0,74745 \times 0,26 = 0,19 \text{ m}^3/\text{detik}$

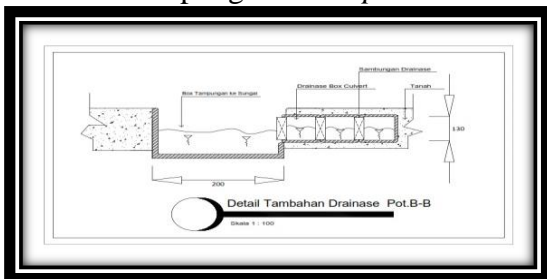


Gambar 4. Dimensi Saluran Drainase Underpass

Analisa Kapasitas Box Tampung



Gambar 5. Detail Drainase dan Box Tampung Underpass



Gambar 6. Detail Drainase Tambahan

$$V_{\text{box}} = L \times B \times H$$

$$V_{\text{box}} = 27,2 \times 5,5 \times 1,8 = 269,98 \text{ m}^3$$

Analisa Kapasitas Box Tampung dengan debit Aliran

- Untuk Q 2 tahun ($Q = 1,007 \text{ m}^3/\text{det}$)
 Dengan kapasitas volume aliran air yang masuk kearah *underpass* sebesar = $1,007 * 60 = 60,42 \text{ m}^3/\text{menit}$.

Jika pintu outlet drainase sampai tertutup rapat membuat aliran air di dalam box tampung tersumbat jadi Kapasitas box tampung untuk kala 2 tahun dapat menampung air hujan sementara selama = $269,98 / 60,42 = 4,47 \text{ menit}$

- Untuk Q 5 tahun ($Q = 1,181 \text{ m}^3/\text{det}$)
 Dengan Kapasitas Volume Aliran air yang masuk kearah *underpass* sebesar = $1,181 * 60 = 70,86 \text{ m}^3/\text{menit}$.

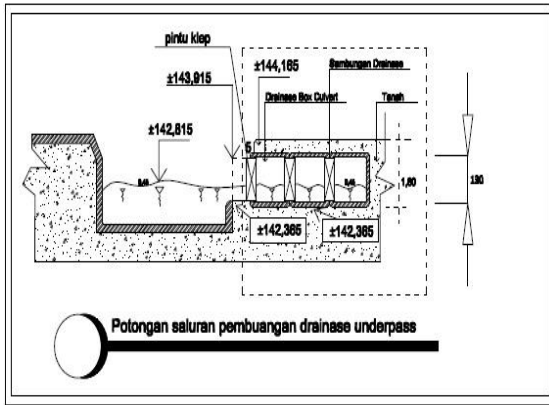
Jika pintu outlet drainase sampai tertutup rapat membuat aliran air di dalam box tampung tersumbat jadi Kapasitas box tampung untuk kala 5 tahun dapat menampung air hujan sementara selama = $269,98 / 70,86 = 3,81 \text{ menit}$

- Untuk Q 10 tahun ($Q = 1,28 \text{ m}^3/\text{det}$)
 Dengan Kapasitas Volume Aliran air yang masuk kearah *underpass* sebesar = $1,28 * 60 = 76,8 \text{ m}^3/\text{menit}$.

Jika pintu outlet drainase sampai tertutup rapat membuat aliran air di dalam box tampung tersumbat jadi Kapasitas box tampung untuk kala kala 10 tahun dapat menampung air hujan sementara selama = $269,98 / 76,8 = 3,51 \text{ menit}$

Analisa Kapasitas Tampungan disaluran pembuangan

Dari dimensi saluran 1,3 m x 1,3 meter. Dan untuk menjaga genangan akibat debit banjir dari sungai meluap ke saluran drainase pada ketinggian dielevasi 143,165 m, maka disiapkan ruang jagaan saluran setinggi 144,165 m, dengan demikian diketahui elevasi saluran drainase di hulu (dekat *underpass*) = 142,365 dan elevasi drainase di hilir (dekat sungai) = 142,365 meter.



Gambar 7. Potongan drainase yang ke sungai

Ketinggian di hilir dari elevasi banjir 142,815 – 142,365 = 1,8 m dan ketinggian di hulu dari elevasi banjir 144,165–142,365=1,8 m, dengan demikian kapasitas saluran yang dapat menampung banjir sepanjang saluran (507 m) = (1,8 x (1,8+1,8)) x 507 x 1 = 3.285,36 m³.

Untuk tinggi jagaan dengan tinggi saluran di hilir dari elevasi banjir tertinggi 143,965 – 142,815 = 0,3 m dan ketinggian di hulu dari elevasi banjir 144,165 – 142,815 = 1,35 m, dengan demikian volume saluran yang dapat menampung jagaan banjir sepanjang saluran (507 m) = (1,8 (0,3+1,35)) x 507 x 1 = 1.505,79 m³. Dari hasil perhitungan debit banjir dan kapasitas saluran drainase maka dapat disimpulkan bahwa saluran drainase *underpass* di jalan Zainal Abidin Pagar Alam – Kecamatan Rajabasa Kota Bandar Lampung, masih dapat menampung air yang masuk ke saluran drainase *underpass* tersebut karena kapasitas saluran drainase sebesar = 507 x 1,3 x 1,3 = 856,83 m³, sedangkan air luapan sungai saat banjir yang masuk ke saluran drainase tersebut paling maksimum sebesar 3.285,36 m³ dan dengan demikian tersedia ruang jagaan kelebihan air di saluran drainase sebesar = 1.505,79 m³.

Analisa Kapasitas Saluran Pembuangan Dengan Debit Aliran

- Untuk Q 2 tahun (Q=1,007 m³/det) Dengan kapasitas Volume Aliran air yang masuk ke arah saluran sebesar = 1,007 * 60 = 60,42 m³/menit. Jika terjadi debit banjir tertinggi di sungai dielevasi +143,165 saluran pembuangan sampai tertutup rapat membuat aliran air dari saluran pembuangan ke sungai tersumbat karena sampah menutupi pintu saluran di hilir jadi untuk kala 2 tahun saluran dapat menampung air Hujan sementara selama = 1.505,79 / 60,42 = 24,92 menit.
- Untuk Q 5 tahun (Q=1,18 m³/det) Dengan Kapasitas Volume Aliran air yang masuk ke arah *underpass* sebesar = 0,030* 60 = 1,8 m³/menit. Jika terjadi debit banjir tertinggi di sungai dielevasi +143,165 saluran pembuangan sampai tertutup rapat membuat aliran air dari saluran pembuangan ke sungai tersumbat karena sampah menutupi pintu saluran di hilir jadi untuk kala 5 tahun saluran dapat menampung air hujan sementara selama = 1.505,79 / 1,8 = 836,55 menit.
- Untuk Q 10 tahun (Q=1,285 m³/det) Dengan Kapasitas Volume Aliran air yang masuk ke arah *underpass* sebesar = 1,285*60=77,1 m³/menit. Jika terjadi debit banjir tertinggi di sungai dielevasi +143,165 saluran pembuangan sampai tertutup rapat membuat aliran air dari saluran pembuangan ke sungai tersumbat karena sampah menutupi pintu saluran di hilir jadi untuk kala 10 tahun saluran dapat menampung air hujan sementara selama = 1.505,79 / 77,1 = 19,53 menit. Jika pintu saluran di hilir tidak dapat mengalirkan air dari saluran ke arah sungai karena tersumbat sampah di pintu saluran bagian hilir maka dari hasil perhitungan analisa saluran pembuangan dan box tampungan

Underpass dengan debit aliran hasil dari kala ulang 2, 5, dan 10 tahun saluran pembuangan dan box tampungan *Underpass* dapat menampung air hujan sementara selama $Q_2 = 4,47 + 24,92 = 29,39$ menit, $Q_5 = 3,81 + 836,55 = 840,36$ menit, $Q_{10} = 3,51 + 19,53 = 23,04$ menit, tapi jika pintu saluran dihilir berfungsi dengan baik maka tidak terjadi genangan di *underpass* karena air yang masuk ke box tampungan langsung mengalir ke sungai melalui saluran drainase.

Tabel 29. Rekapitulasi Kapasitas Saluran Pembuangan dan Box Tampungan

No	Periode ulang (T) tahun	Metode Rasional	Volume Saluran Pembuangan	Volume Box Tampungan	Waktu Saluran dan Box tampungan dapat Menampung Air	
1	2	3	4	5	6	
1	2	1,007	1505,79	269,98	29,39	Menit
2	5	1,181	1505,79	269,98	25,05	Menit
3	10	1,285	1505,79	269,98	23,03	Menit

Sumber : Hasil Perhitungan

KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil analisis saluran pembuangan dan *box* tampungan pada rencana *underpass*, metode yang digunakan dengan analisa periode ulang 2 tahun $Q_p = 1,007$ m³/dtk, periode ulang 5 tahun $Q_p = 1,181$ m³/dtk, dan periode ulang 10 tahun $Q_p = 1,285$ m³/dtk.
- Jika pintu klep *box* tampungan tersumbat kapasitas *box* tampungan *underpass* masih dapat menampung air sebesar = 269,98m³.
- Berdasarkan hasil perhitungan saluran pembuang dan *box* tampungan dapat menampung air dengan debit kala ulang 2 tahun sementara selama = $1775,77 / 1,007 = 1763,46$ detik = 29,39 menit, maka rencana drainase *underpass* dijalan Zainal Abidin Pagar Alam terhadap banjir masih sanggup memenuhi debit yang ada jika pintu klep *box* tampungan dan pintu saluran hilir tidak tersumbat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bayu Adiatma. 2016 . *Analisis Saluran Pembuangan Dan Box Tampungan Pada Rencana Underpass Jalan Urip Sumharjo Terhadap Debit Aliran Banir Sungai Way Awi Bandar Lampung*. Bandar Lampung:Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung.
- Data Sekunder dari konsultan perencana pembangunan *underpass* jalan Zainal Abidin Pagar Alam Rajabasa di kota Bandar Lampung.2018
- Direktorat Pembinaan Jalan Kota. 1990, *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan*. Penerbit Direktorat Jendral Bina Marga.
- Dr. Ir. Suripin, M. Eng. 2003, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi.
- Dr. Ir. Suripin, M. Eng. *Buku Ajar Drainase Perkotaan*.2003
- Dr. Tr. Lily Montracih Limantara, M.Sc. 2017. *Hidrologi Praktis*. Penerbit Lubuk Agung.
- Heni Kusumawati. 2015. *Kajian Saluran Drainase Pada Ruas Jalan Jendral Ahmad Yani Kota Metro (Studi Kasus Depan Diant Express)*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.
- I Made Kamiana. 2010. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Penerbit Graha Ilmu.
- Rellyadi Saputra, Manyuk Fauzi, Bambang Sujatmoko. 2014, *Evaluasi Drainase Jalan Jendral Sudirman Kota Duri Kecamatan Mandau Kabupaten Bengkalis*. Universitas Riau.
- Shirley L.Hendarsin, 2000.*Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Politeknik Negeri Bandung
- Wahyudi. 2013. *Drainase Perkotaan*. Palangkaraya. Universitas Muhammadiyah Palangkaraya.
- Zulfandri. *Analisis Kelayakan Kapasitas Saluran Drainase*. Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengairan.