

Analisis dan Perencanaan Sistem Drainase Di Jl. Raden Gunawan 2 Kecamatan Rajabasa Bandar Lampung

Ismawan Dewansyah¹⁾

Nur Arifaini²⁾

Ofik Taupik Purwadi³⁾

Abstract

The occurrence of floods at Raden Gunawan 2 street, Rajabasa district, Bandar Lampung was caused by the inability of existing drainage channels to accommodate direct run-off discharge and blockage of drainage channels by garbage.

Hydrological analysis was performed by using the maximum rainfall data within the last 10 years, then, parameter calculation were performed to calculate the discharge plan using rational method. The wide-scale of watershed is 0.77308 km² and the drainage coefficient is 0.5132. The hydraulic analysis was conducted to calculate the drainage channel discharge capacity using continuity formula and Manning formula, after that, suitable systems and dimensions were planned.

Based on the results of the research, the suitable rain distribution is Log Pearson III Distribution which obtained rainfall value of plan for the 5-year rework time of 109,016 mm and the amount of the biggest discharge at joint segment between primary channel and Kemiling area is 2,8336 m³ / sec. Then, flood heights were found in the research area as high as 10-30 cm, because the existing dimensions were not able to accommodate the discharge plan. Thus, suitable channel dimensions are planned using U-Ditch shaped sections with U100 / 100, U150 / 150, U150 / 250 and U250 / 250 sizes. So, the discharge plan (Qr) is smaller than the discharge channel (Qs).

Keywords: drainage, hydrology, hydraulics, distribution.

Abstrak

Terjadinya banjir di Jl. Raden Gunawan 2 Kecamatan Rajabasa Kota Bandar Lampung disebabkan oleh ketidakmampuan saluran drainase eksisting menampung debit limpasan langsung serta penyumbatan saluran drainase oleh sampah. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan maksimum dalam waktu 10 tahun terakhir, kemudian dilakukan perhitungan parameter yang bertujuan untuk menghitung debit rencana menggunakan metode rasional. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) sebesar 0,77308 km² dan koefisien pengaliran sebesar 0,5132. Analisis hidrolika dilakukan untuk menghitung kapasitas debit saluran drainase menggunakan rumus kontinuitas serta rumus *Manning*, setelah itu direncanakan sistem serta dimensi yang sesuai. Berdasarkan hasil penelitian, distribusi hujan yang cocok adalah Distribusi Log Pearson III dan diperoleh nilai curah hujan rencana untuk kala ulang 5 tahun sebesar 109,016 mm dengan debit terbesar pada ruas gabungan antara saluran primer dan daerah Kemiling sebesar 2,8336 m³/detik. Kemudian didapatkan tinggi banjir pada wilayah penelitian setinggi 10-30 cm, karena dimensi eksisting tidak mampu menampung debit rencana. Maka, direncanakan dimensi saluran yang sesuai menggunakan penampang berbentuk U-Ditch dengan ukuran U100/100, U150/150, U150/250 dan U250/250. Sehingga didapatkan debit rencana (Qr) > debit saluran (Qs).

Kata kunci : drainase, hidrologi, hidrolika, distribusi.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: dewansyah.isma@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kota serta penambahan penduduk yang begitu pesat menjadi faktor utama penentu siklus air. Bertambahnya kawasan hunian berikut fasilitasnya menyebabkan pemanfaatan lahan yang semula terbuka dan bersifat lolos air yang berfungsi sebagai daerah resapan, berubah menjadi kawasan tertutup perkerasan dan bersifat kedap air, sehingga mengurangi fungsinya sebagai daerah resapan. Dalam kondisi normal seharusnya air hujan sebagian besar masuk ke dalam tanah, sebagian lainnya dialirkan, dan ada yang menguap. Permasalahan muncul ketika air tersebut tidak masuk ke dalam tanah (infiltrasi) dan tidak ada sistem pembuangan yang baik, sehingga akan menjadi limpasan di permukaan tanah, hal itu menyebabkan genangan yang dalam kapasitas lebih besar disebut banjir. Saluran drainase berfungsi untuk menerima dan menyalurkan aliran permukaan yang tidak terinfiltrasi oleh tanah akibat peristiwa hujan. Maka, untuk mengatasi hal tersebut dibuatlah suatu sistem untuk mengatur pembuangan kelebihan air yang tidak meresap ke dalam tanah, yang kita kenal dengan sebutan Sistem Drainase.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Drainase

Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu (Hasmar, 2012). Drainase perkotaan / terapan adalah ilmu drainase yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota (Feriyanto, 2016).

2.2. Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredarannya dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008). Siklus hidrologi ini berlangsung secara kontinyu untuk menyediakan air bagi makhluk hidup di bumi. Tanpa proses ini tidak mungkin ada kehidupan di bumi (Indarto, 2010).

2.3. Analisis Hujan

Hujan (presipitasi) adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Hujan merupakan salah satu bagian tahapan dalam siklus hidrologi yang sangat berkaitan erat terhadap peristiwa alam lainnya di permukaan bumi.

2.4. Data Curah Hujan

Data curah hujan merupakan data berupa jumlah besaran hujan dalam satuan tinggi (mm) yang jatuh ke permukaan tanah yang terakumulatif dalam periode waktu tertentu.

2.5. Curah Hujan Harian Maksimum

Diperlukannya curah hujan untuk menentukan besarnya intensitas yang digunakan sebagai prediksi timbulnya aliran permukaan wilayah. Curah hujan yang digunakan dalam analisis adalah curah hujan harian maksimum rata-rata dalam satu tahun yang telah

dihitung. Curah hujan maksimum didapatkan dengan mengambil data maksimum pada tahun tertentu. Untuk mendapatkan curah hujan digunakan cara analisis frekuensi.

2.6. Analisis Frekuensi dan Probabilitas Hujan

Analisis frekuensi digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu. Analisis frekuensi dapat dilakukan untuk seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan atau debit, dan didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan atau debit di masa yang akan datang (Harto, 1993).

2.7. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

2.8. Metode Perhitungan Debit Banjir

Debit rencana adalah debit kala ulang yang digunakan untuk menentukan debit banjir pada periode tertentu. Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan metode Rasional sebagai acuan nilai debit rencana yang digunakan dengan alasan bahwa metode Rasional telah dianjurkan dalam Permen PU no.12 Tahun 2014 serta nilai debit rasional yang sesuai untuk DAS < 100 Ha.

Pada Metode Rasional, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_r = 0,2778 \times C \times I \times A \quad (1)$$

Dimana :

- Q_r = Debit rencana kala ulang (m³/ detik)
- C = Koefisien Pengaliran
- I = Intensitas Hujan Kala Ulang Tertentu(mm/jam)
- A = Luas Daerah Pengaliran (Km²)

2.9. Analisis Hidrolika

Hidrolika adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat-sifat zat cair. Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai dan saluran pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana, yang selanjutnya digunakan untuk mendesain alur sungai dan saluran. Aliran dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*open channel flow*). Aliran permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Jika pada aliran tidak terdapat permukaan bebas dan aliran dalam saluran penuh, maka aliran yang terjadi disebut aliran dalam pipa (*pipe flow*) atau aliran tertekan (*pressurized flow*).

2.10. Penampang Saluran Drainase

Saluran untuk drainase tidak terlampaui jauh berbeda dengan saluran air lainnya pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tampang yang ekonomis. Dimensi saluran yang erlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu kecil tingkat kerugian akan besar.

2.11. Kecepatan Aliran Drainase

Kecepatan dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya. Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar konstruksi saluran tetap aman. Digunakan persamaan Manning (Suripin, 2004) sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2)$$

Dimana :

- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- n = Koefisien kekasaran manning
- R = Jari-jari hidrolik
- S = Kemiringan memanjang saluran

2.10. Kapasitas Saluran

Penentuan dimensi saluran yang akan direncanakan berdasarkan debit maksimum yang akan dialirkan. Untuk menghitung kapasitas saluran tersebut digunakan persamaan kontinuitas dan rumus Manning :

$$Q = A \times v \quad (3)$$

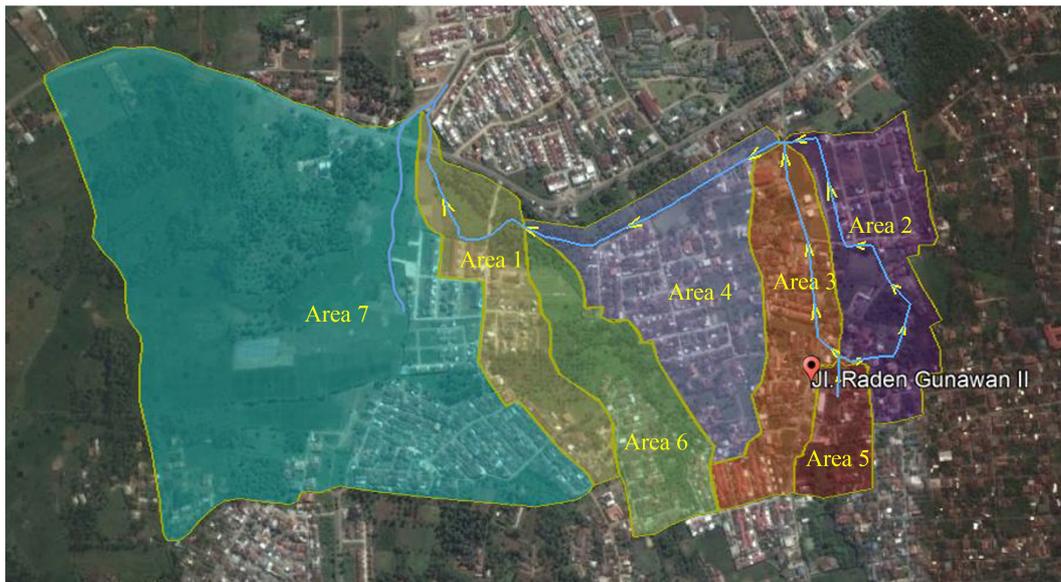
Dimana :

- Q = Debit pengaliran (m³/detik)
- v = Kecepatan rata-rata dalam saluran (m/detik)
- A = Luas penampang basah (m²)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Kota Bandar Lampung yaitu Kelurahan Rajabasa Pemuka, Jalan Raden Gunawan 2.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data sekunder berupa data existing, data topografi, titik banjir, dan data curah hujan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dalam suatu perencanaan drainase berfungsi untuk menentukan besarnya debit banjir rencana yang kemudian dapat kita didesain ukuran dari penampang saluran. Sehingga, mengurangi dampak banjir yang selama ini terjadi. Pada penelitian ini debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan data curah hujan harian. Data curah hujan diperoleh dari stasiun hujan di sekitar lokasi penelitian. Data hujan harian tersebut didapat dari stasiun hujan Politeknik Negeri Lampung (Polinela) dan stasiun hujan Kemiling dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2016.

4.2. Data Curah Hujan Wilayah

Maka, dalam penelitian ini data hujan yang dipakai adalah data curah hujan pada stasiun hujan Politeknik Negeri Lampung (Polinela) dan stasiun hujan Kemiling Kemiling dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2016.

4.3. Curah Hujan Harian Maksimum

Dalam perhitungan debit banjir rencana, diperlukan seri data hujan harian maksimum. Dalam penentuan seri data hujan harian maksimum digunakan seri data maksimum tahunan berdasarkan stasiun penakar hujan. Maksud dari data maksimum tahunan adalah setiap tahun hanya diambil satu besaran maksimum. Jumlah data dalam seri data akan sama dengan panjang data tersedia.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta, Polinela

Thn	Bulan												R Max
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nov	Des	
2007													
2008	52,5	48	77,5	68,5	16	23	21,5	31,5	50,5	16	48	64	77,5
2009	75,2	20,5	41,4	52,7	37,2	63,4	29,7	26,6	8,5	35,2	30,9	31,3	75,2
2010	34,1	32,3	76,9	47	27,6	46,2	81,5	40,3	35,6	60	69,5	73,9	81,5
2011	52,1	17,8	23,6	68,9	11,1	28,1	25,2	11,3	2,9	58,8	50,3	41,5	68,9
2012	34	65,2	13,7	68,9	62,5	30,4	11,5	10	0	102,1	40	45	102,1
2013	0	0	0	0	19	52	107,2	38,4	34,3	94,6	29,4	47	107,2
2014	35,4	51,2	102,8	26,4	33,8	0	0	0	0	0	0	0	102,8
2015	54,7	75,7	79,8	91,6	36,6	19,1	64,8	26,6	44,2	59,8	23,5	60,1	91,6
2016	83,4	87,5	50,3	74,2	31,5	42,3	50,1	18,5	57,9	28,7	79,4	50,6	87,5

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. Kemiling

Thn	Bulan												R Max
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nov	Des	
2007	35	72	59	57	32	18	25	0	0	20	25	75	75
2008	70	45	105	42	42	23	7	50	87	33	75	95	105
2009	70	45	105	50	60	73	0	66	45	45	48	51	105
2010	40	94	70	30	50	36	70	30	65	38	40	166	166
2011	112	54	35	82	30	6	60	11	11	30	30	52	112
2012	30	26	32	42	36								42
2013	120	71	115	78	55	20	108	15	18	44	24	82	120
2014	76	28	84	90	38	28	63	39	0	24	30	97	97
2015	82	44	60	87	53	41	41	0	30	20	65	87	87
2016	60	46	52	91	66	49	49	37	27	47	32	28	91

4.4. Analisis Data Hujan yang Hilang

Untuk melengkapi data curah hujan yang hilang atau rusak dari suatu stasiun hujan. Maka, diperlukan data dari stasiun hujan yang lain dan berdekatan yang memiliki data seri yang lengkap dan usahakan stasiun hujannya berada pada jarak yang cukup dekat dengan stasiun hujan tersebut. Maka, dikarenakan nilai persentase perbedaan curah hujan rerata dari stasiun hujan yang hilang dengan stasiun hujan pembandingnya > 10% digunakan Metode *Normal Ratio*.

Tabel 3. Data Curah Hujan Hilang Sta, Polinela

Thn	Bulan												R Max
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nov	Des	
2007	15,5	31,8	26	25,2	14,1	7,9	11	0	0	8,8	11	33,1	33,1
2008	52,5	48	77,5	68,5	16	23	21,5	31,5	50,5	16	48	64	77,5
2009	75,2	20,5	41,4	52,7	37,2	63,4	29,7	26,6	8,5	35,2	30,9	31,3	75,2
2010	34,1	32,3	76,9	47	27,6	46,2	81,5	40,3	35,6	60	69,5	73,9	81,5
2011	52,1	17,8	23,6	68,9	11,1	28,1	25,2	11,3	2,9	58,8	50,3	41,5	68,9
2012	34	65,2	13,7	68,9	62,5	30,4	11,5	10	0	102,1	40	45	102,1
2013	53	31,3	50,8	34,4	19	52	107,2	38,4	34,3	94,6	29,4	47	107,2
2014	35,4	51,2	102,8	26,4	33,8	12,4	27,8	17,2	0	10,6	13,2	42,8	102,8
2015	54,7	75,7	79,8	91,6	36,6	19,1	64,8	26,6	44,2	59,8	23,5	60,1	91,6
2016	83,4	87,5	50,3	74,2	31,5	42,3	50,1	18,5	57,9	28,7	79,4	50,6	87,5

Tabel 4. Data Curah Hujan Hilang Sta. Kemiling

Thn	Bulan												R Max
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nov	Des	
2007	35	72	59	57	32	18	25	0	0	20	25	75	75
2008	70	45	105	42	42	23	7	50	87	33	75	95	105
2009	70	45	105	50	60	73	0	66	45	45	48	51	105
2010	40	94	70	30	50	36	70	30	65	38	40	166	166
2011	112	54	35	82	30	6	60	11	11	30	30	52	112
2012	30	26	32	42	36	17,2	6,5	5,7	0	57,8	22,7	25,5	57,8
2013	120	71	115	78	55	20	108	15	18	44	24	82	120
2014	76	28	84	90	38	28	63	39	0	24	30	97	97
2015	82	44	60	87	53	41	41	0	30	20	65	87	87
2016	60	46	52	91	66	49	49	37	27	47	32	28	91

4.4. Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data berfungsi sebagai indikator jika ada data dari seri data hujan yang menyimpang. Sehingga, bisa disimpulkan apakah data hujan tersebut bisa digunakan atau tidak. Karena hanya ada 2 stasiun hujan maka metode yang digunakan adalah metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*).

4.5. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi curah hujan dan perhitungan statistik (logaritma) curah hujan harian maksimum dilakukan untuk menentukan jenis distribusi hujan. Berdasarkan kriteria pemilihan jenis distribusi, kriteria yang sesuai dan memenuhi syarat adalah Distribusi Log Pearson III.

4.6. Uji Sebaran

Pada uji sebaran digunakan digunakan uji *chi square* dan Smirnov-Kolmogorov (SNI 2415, 2016). Uji sebaran berfungsi untuk memastikan bahwa jenis sebaran dapat digunakan.

4.7. Analisis Hujan Rancangan

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode log Pearson III menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\log(XT) = \text{Log}X + KS_d \quad (4)$$

4.8. Intensitas Curah Hujan

Pola distribusi hujan di Bandar Lampung didapat dari pengamatan dari kejadian-kejadian hujan besar. Dengan mereratakan pola distribusi hujan hasil pengamatan tersebut, didapatkan pola distribusi rerata yang selanjutnya dianggap mewakili kondisi hujan dan dipakai sebagai pola untuk mendistribusikan hujan rancangan menjadi hujan jam-jaman. Menurut Van Rafi'i (2013) dari hujan efektif sebesar 90 % yang terjadi selama 4 jam memiliki pola distribusi 40 % dijam pertama, 40 % dijam kedua, 15 % dijam ketiga dan 5 % dijam keempat.

4.9. Perhitungan Debit Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan menggunakan Metode Rasional, disajikan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Tabel Perhitungan Debit Rancangan dengan Metode Rasional

No	Saluran	C	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
1	P0 – P1	0,5132	39,2456	0,0237	0,1327
2	P1 – P18	0,5132	39,2456	0,0985	0,5512
3	P19 – P29	0,5132	39,2456	0,1681	0,9405
4	P30 – P34	0,5132	39,2456	0,0590	0,3301
5	A0 – A8	0,5132	39,2456	0,0660	0,3693
7	Gabungan Kemiling	0,5132	39,2456	0,5065	2,8336

4.10. Analisis Kapasitas Saluran

Perhitungan debit saluran menggunakan rumus kontinuitas dengan mengalikan luas profil basah dengan kecepatan rata-rata menggunakan rumus *Manning*. Dari hasil analisis didapat penampang drainase eksisting yang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang menyebabkan terjadinya limpasan pada titik P2, P3, P4, P5, P7, dan P8. Sehingga diperlukan penampang baru yang sesuai.

4.11. Perbandingan Debit Saluran Rencana dengan Debit Banjir Rencana

Dalam perencanaan drainase pada wilayah penelitian menggunakan penampang U Ditch dengan ukuran masing-masing U 100/100, U 150/150, dan U 150/250. Kemudian dilakukan analisis perhitungan debit saluran rencana.

Berdasarkan perhitungan empiris yang dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Tabel Perhitungan Debit Rancangan dengan Metode Rasional

No	Lokasi	Kel. Basah (m)	Koef. Manning	Qsaluran(m ³ /s)	Qbanjir(m ³ /s)
1	P0 – P15	0,308	0,015	1,753	0,5512
2	P16 – P23	0,476	0,015	6,591	0,9405
3	P24 – P34	0,637	0,015	13,350	3,2137
4	A0 – A8	0,308	0,015	1,753	0,3693

Berdasarkan hasil dari perhitungan pada Tabel 6 diatas, kapasitas debit pada saluran drainase rencana dapat menampung debit banjir yang direncanakan $Q_s > Q_r$.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian pada wilayah tinjauan di Kelurahan Rajabasa Pemuka, Jalan Raden Gunawan 2 Kota Bandar Lampung adalah distribusi hujan yang cocok adalah Distribusi Log Pearson III.

Debit rencana kala ulang 5 tahun dengan metode rasional didapat debit terbesar pada ruas gabungan antara saluran primer dengan daerah Kemiling sebesar $m^3/detik$. Hal ini disebabkan karena pada ruas tersebut terjadi pertemuan antar ruas drainase, sehingga terjadi akumulasi antar dua ruas tersebut. Dari hasil analisis diperoleh debit banjir rencana (Q_r) sebesar $0,5512 m^3/detik$, sedangkan kemampuan kapasitas eksisting drainase pada titik P2 = $0,132 m^3/detik$; P3 = $0,220 m^3/detik$; P4 = $0,113 m^3/detik$; P5 = $0,394 m^3/detik$; P7 = $0,415 m^3/detik$; dan P8 = $0,365 m^3/detik$. Sehingga terjadi luapan pada titik-titik tersebut.

Kemudian dilakukan perencanaan redesain saluran drainase eksisting dengan menggunakan penampang saluran U-Ditch dengan tipe U100/100 pada P2-P15 serta A2-A8, U150/150 pada P16-P23, U250/250 pada P24-P34 dan menggunakan Box Culvert pada P0-P1 serta A0-A2. Dengan kapasitas saluran rencana U ditch ukuran U100/100 = $2,191 m^3/detik$; U150/150 = $6,591 m^3/detik$; U150/250 = $13,350 m^3/detik$. Sehingga dapat diperoleh debit saluran lebih besar dari debit banjir rencana $Q_r > Q_s$.

DAFTAR PUSTAKA

- Harto, Br. Sri, 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Feriyanto, Erwin, 2016, *Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan Terhadap Tata Ruang Wilayah Kota Metro*, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Lampung.
- Hasmar, H.A. Halim, 2012, *Drainase Terapan*, UII Press Yogyakarta, Yogyakarta.
- Indarto, 2010, *Hidrologi*, Bumi Aksara, Jember.
- SNI 2415, 2016, *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Van Rafi'i, Candra Hakim, 2013, *Analisis Geospasial Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Daerah Aliran Sungai Kuripan Lampung*, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Lampung.