

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PADA JALAN DESA TAMANHARJO-DESA WATUGEDE, KECAMATAN SINGOSARI KABUPATEN MALANG.

Achmad Fadrian Nurjadid¹, Agus Suhardono², Moh. Charits³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

*fadrianachmad@gmail.com*¹, *agussuhardono66@gmail.com*², *moh.charits@polinema.ac.id*³

ABSTRAK

Drainase jalan diperlukan agar tidak terjadi genangan air seperti pada Jalan Desa Tamanharjo-Desa Watugede Kecamatan Singosari Kabupaten Malang. Genangan terjadi akibat pembangunan saluran drainase yang tidak merata sehingga jalan menjadi rusak dan dapat mengganggu aktivitas masyarakat. Saluran drainase yang ada tidak dapat menampung besarnya limpasan air hujan. Tujuan dari skripsi ini adalah merancang saluran drainase dan drainase berwawasan lingkungan, mengevaluasi aspek hidrolis saluran dan bangunan drainase, menghitung biaya konstruksi, dan merencanakan penjadwalan. Data yang dibutuhkan yaitu peta topografi, data curah hujan dari 3 stasiun terdekat: Lawang, Jabung, dan Ciliwung tahun 2010 sampai 2019, dan harga satuan pokok pekerjaan Kabupaten Malang tahun 2020. Data tersebut diolah dengan menggunakan metode Gumbel I, uji kesesuaian dengan metode Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov dengan kala ulang 10 tahun, intensitas hujan dengan metode Mononobe dan debit banjir rancangan dengan metode rasional. Hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan sebesar 101,02 mm/hari; debit banjir rancangan pada saluran sebelah kiri pada STA 0+600 – 0+700 sebesar 0,32216 m³/dt; drainase berwawasan lingkungan menggunakan sumur resapan dengan dimensi 0,8 meter dengan kedalaman 1,5 meter; dimensi saluran sebesar 0.5 m x 0.6 m; biaya konstruksi sebesar Rp 8,709,198,189.

Kata kunci : saluran drainase, sumur resapan, rencana anggaran biaya

ABSTRACT

Road drainage is needed to prevent inundation as on Tamanharjo – Watugede Village road Malang Regency. The inundation occurs as a result of uneven drainage construction so that the road becomes damaged and can disrupt people's activities. The existing purpose of this thesis is to design an environmentally drainage and drainage canal, evaluate the hydraulic aspects of the drainage and drainage buildings, calculate construction costs, and plan scheduling. The data needed are topographic maps, rainfall data from the 3 closest stations: Lawang, Jabung, and Ciliwung in 2010 until 2019, and the price of the Malang Regency work principal in 2020. The data is processed using the Gumbel I method, suitability test with Chi-Square method, and Smirnov-Kolmogorov by a period of 10 years, rain intensity with the Mononobe method and design flood discharge with the Rational method. The calculation result the design rainfall is 101,02mm/day; design flood discharge on the left channel on STA 0+600 – 0+700 of 0,32216 m³/second; environmentally drainage using infiltration wells with dimensions of 0.8 meters with a depth of 1,5 meters; channel dimensions of 0.5 m x 0,6 m; construction costs of IDR. 8,709,198,189.

Keywords : drainage channel, infiltration wells, cost estimate

1. PENDAHULUAN

Objek Penelitian kali ini terletak pada Jalan Desa Tamanharjo – Desa Watugede sepanjang ±3 km. Jalan ini terletak di sebelah timur Kecamatan Singosari. Masyarakat sering menggunakan jalan protokol ini sebagai jalan menuju Bandar Udara Abdulrachman Saleh dan Jalan lintas untuk

truk yang dibelokkan ke arah timur guna mengurangi kemacetan di depan Pasar Singosari.

Sebagai jalan penghubung ke arah Bandar Udara dan Jalan lintas untuk truk, keadaan ruas jalan kurang memadai untuk menampung debit air hujan. Pada sepanjang Jalan ini banyak terdapat genangan air. Dalam waktu singkat, air hujan menyebabkan genangan dengan tinggi mencapai 10-15

sentimeter. Saluran yang menuju ke sungai tidak dapat menampung air hujan sehingga air membanjiri jalan raya dan menyebabkan kerusakan lapisan aspal jalan di sekitar saluran drainase. Di jalan Desa Tamanharjo, tidak adanya saluran drainase dan tidak berfungsi sekaligus limbah dan sampah yang memenuhi selokan telah mengakibatkan jalan menjadi rusak dan menimbulkan kemacetan lalu lintas. Air hujan yang tidak tertampung juga melimpas ke ujung jalan di sekitar ruas jalan. Genangan air yang tidak segera melimpas dapat menggerus aspal sehingga merusak jalan. Penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan dimensi saluran drainase yang dapat menampung debit limpasan agar langsung ke saluran pembuangan supaya tidak lagi terjadi genangan yang dapat mengganggu lalu lintas dan aktivitas perekonomian masyarakat.

2. METODE

Data Curah Hujan

Data hujan yang digunakan yaitu curah hujan harian maksimum tahunan dari minimal berasal dari tiga stasiun hujan yang mempengaruhi atau berada di sekitar lokasi yang diteliti dengan jangka waktu minimal 10 tahun terakhir.

Uji Konsistensi

Uji konsistensi data dilakukan untuk mengetahui kebenaran data curah hujan. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda dengan langkah berikut:

- a. Menentukan stasiun dasar dan pembanding,
- b. Menghitung komulatif data curah hujan tiap tahun pada stasiun dasar lalu plot ke kurva massa ganda,
- c. Menghitung rata-rata data curah hujan tahunan pada stasiun pembanding, lalu hitung komulatif data rata-rata kemudian plot ke kurva massa ganda,
- d. Mengecek kurva massa ganda apabila terjadi patahan pada garis linier maka hitung nilai MI dan M2 yang didapat dari perhitungan regresi linear.

$$M = \frac{n \sum xi.yi - (\sum xi)(\sum yi)}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \tag{1}$$

$$F = M1/M2 \tag{2}$$

- e. Mengalikan data yang dikoreksi dengan faktor koreksi lalu membuat grafik kembali hingga tidak terjadi patahan.

Curah Hujan Daerah

Menggunakan metode rata-rata aljabar untuk daerah topografi yang rata atau datar dengan luas wilayah DAS < 500 km². Berikut rumus metode aljabar:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \tag{3}$$

Keterangan:

P = Tinggi curah hujan (mm)

P₁, ... P_n = Curah hujan yang tertakar pada pos (mm)
 n = Jumlah stasiun pengukur hujan

Distribusi Curah Hujan Rancangan

Distribusi curah hujan dapat dilakukan dengan metode *Gumbel* atau *Log Pearson III*.

Tabel 1. Nilai Cs dan Ck sesuai dengan nilai distribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	<i>Gumbel Tipe I</i>	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
2	<i>Log Pearson III</i>	Cs ≠ 0

Sumber: Soemarto, 1999

$$Cs = \frac{n \cdot \sum(x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) S^3} \tag{4}$$

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum(x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) S^4} \tag{5}$$

Keterangan:

- Ck = Koefisien kepuncakan
- Cs = Koefisien Kepencengan
- \bar{X} = Rerata data hujan (mm)
- S = Standar deviasi
- X = Data hujan (mm)

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi diperlukan untuk mengukur tingkat kesesuaian distribusi serangkaian data hujan dengan distribusi teoritis tertentu.

- a. Metode *Smirnov-Kolomogorov*

$$\Delta P = Pempiris - Pteoritis \tag{6}$$

- b. Metode *Chi - Square*

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode Uji *Chi - Square* adalah sebagai berikut:

$$X^2_{hit} = \sum (d_{empiris} - d_{teoritis})^2 / d_{teoritis} \tag{7}$$

Keterangan:

- x² = Parameter *Chi-Square*
- d_{empiris} = d berdasarkan kertas distribusi
- d_{teoritis} = d berdasarkan teoritis

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan merupakan kederasan hujan per satuan waktu. Menurut Suripin (2004) jika data hujan yaitu data harian, perhitungan menggunakan rumus mononobe:

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{8}$$

Keterangan:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm/hari)
- tc = Waktu konsentrasi hujan (jam)

Berikut adalah rumus untuk menghitung waktu konsentrasi (tc). Langkah awal dalam perhitungan tc yaitu

dengan lebih dahulu menghitung waktu air mengalir di area limpasan.

$$t_c = t_o + t_d \tag{9}$$

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right]^{0,167} \tag{10}$$

$$t_d = \frac{Ls}{60V} \tag{11}$$

Keterangan:

- t_o = waktu air hujan masuk ke saluran (menit)
- n = koefisien hambatan (*Manning*)
- S = kemiringan lahan (%)
- L_0 = panjang lintasan aliran pada permukaan lahan (m)
- t_c = waktu konsentrasi hujan (jam)
- t_d = waktu air dari hulu sampai ke hilir saluran (menit)
- Ls = panjang lintasan aliran dalam saluran (m)
- v = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

Debit Banjir Rancangan

Menggunakan metode rasional dengan rumus:

$$Q = 0,002778 C \times I \times A \tag{12}$$

Keterangan:

- Q = debit banjir rancangan (m^3/dt)
- C = koefisien pengaliran
- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (ha)

Debit Resapan

Debit resapan merupakan banyaknya volume air yang dapat meresap ke dalam tanah melalui bangunan resapan tiap satuan waktu. Rumus untuk menghitung debit resapan yaitu:

$$Q_o = 5,5 R K H \tag{13}$$

Keterangan:

- Q_o = debit resapan (m^3/det)
- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
- K = koefisien permeabilitas (m/det)
- R = jari-jari sumur (m)

Perencanaan Dimensi Saluran

Perencanaan dimensi saluran menggunakan rumus aliran seragam dengan asumsi memiliki kecepatan konstan terhadap jarak. Rumus unsur-unsur geometris penampang persegi sebagai berikut:

$$A = b \times h \tag{14}$$

$$P = b + 2h \tag{15}$$

$$R = A/P \tag{16}$$

Dimana:

- A = luas penampang saluran (m^2)
- P = keliling basah saluran (m)
- R = Jari-jari hidrolis (m)

Perhitungan dimensi menggunakan rumus Manning:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{s} \tag{17}$$

Dimana:

- s = kemiringan dasar saluran
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- n = kekasaran Manning

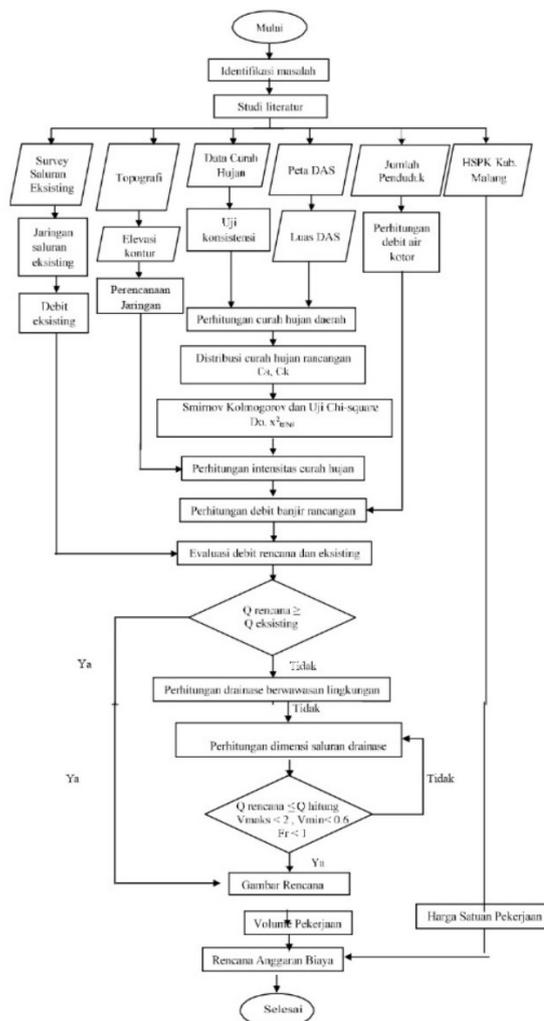
Inlet

Menurut Meduto (1998) *curb inlet* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = 0,36 g d^{3/2} L \tag{18}$$

Dimana:

- Q = kapasitas inlet kerb ($m^3/detik$)
- L = lebar bukaan inlet kerb (m)
- g = gaya gravitasi (m/s^2)
- d = kedalaman air dalam inlet kerb (m)



Gambar 1. Flow Chart Perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan saluran drainase dilakukan pada ruas Jalan Desa Tamanharjo-Desa Watugede, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang. Jalan ini membentang sepanjang ±3 km dengan lebar 8-10 meter.

Kondisi Eksisting

Pada jalan Desa Tamanharjo sisi kanan (STA 0+000 s/d STA 0+400) belum memiliki saluran drainase dan hanya berupa tanah. Aliran air dari ruas jalan selalu tergenang dan lama untuk melimpasnya. Sedangkan pada sisi kiri sudah terdapat namun minim inlet dan ada juga yang tidak berfungsi dengan baik sehingga menyebabkan banjir dikala hujan tiba.

Sedangkan pada (STA 0+400 s/d STA 2+850) sudah memiliki drainase di kedua sisi jalan. Hanya saja kondisi saluran masih banyak limbah yang menggenang. Masih terdapat sampah di dasar saluran. Di STA 1+550 Saluran tidak terhubung ke saluran pembuangan sehingga air naik ke permukaan jalan. Pada STA 2+900 pada kedua sisi tidak terdapat saluran sehingga air limpasan dan drainase sebelumnya masuk ke areal pertanian sehingga menyebabkan kerusakan.

Tabel 2. Kondisi Eksisting Saluran

STA	Spesifikasi	Foto
0+000 – 0+200	- Tidak ada saluran	
1+500 – 1+550	- Bentuk Saluran segi empat - Bahan beton ukuran terlalu kecil 40 x 35 - Kondisi: saluran tidak terhubung ke saluran pembuangan	
2+850 – 2+900	- Tidak ada saluran - Kondisi: Saluran sebelumnya masuk ke lahan pertanian dan banyak ditumbuhi rumput liar	

Data Hujan

Data diambil dari stasiun yang mengelilingi dan dekat dengan lokasi studi. Stasiun hujan tersebut antara lain stasiun Lawang, stasiun Jabung, dan stasiun Ciliwung. Data yang dipakai adalah data curah hujan maksimum harian dari tahun 2010 sampai 2019.

Uji Konsistensi

Uji konsistensi stasiun lawang terhadap stasiun Jabung dan Ciliwung menunjukkan terjadi patahan pada grafik. Oleh

karena itu perlu dilakukan koreksi. Koreksi dilakukan pada garis M2 yaitu data tahun 2019 sampai 2016.

Tabel 3. Faktor koreksi Data Hujan Stasiun Lawang terhadap Stasiun Jabung dan Ciliwung Sebelum dan Setelah dikoreksi

(F) Faktor koreksi sebelum dikoreksi		
Sta. Lawang	Sta. Ciliwung	Sta. Jabung
0.553	0.501	1.751
(F) Faktor koreksi sesudah dikoreksi		
Sta. Lawang	Sta. Ciliwung	Sta. Jabung
1.000	1.000	1.000

Karena grafik sudah dikoreksi sudah memenuhi syarat maka sudah dapat digunakan untuk perhitungan.

Curah Hujan Daerah

Data yang digunakan didapat dari data hujan maksimum dari tiga stasiun yang digunakan. Untuk data hujan pada tahun yang tidak konsisten, data yang digunakan yaitu data hasil dikoreksi dalam uji konsistensi.

Tabel 4. Curah Hujan Maksimum

Tahun	dmax	Urut
2019	18.53	18.53
2018	66.75	48.00
2017	77.03	48.52
2016	48.52	58.67
2015	58.67	59.33
2014	59.33	61.00
2013	91.33	66.75
2012	61.00	77.03
2011	48.00	88.00
2010	88.00	91.33

Curah Hujan Rancangan

Pada perhitungan didapatkan Cs = -0,543 dan Ck = 4,701 maka perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe 1. Dengan kala ulang 10 tahun, maka:

$$d_{\text{rancangan}} = d_{\text{rata-rata}} + (Y_t - Y_n) \cdot S_d / s_n$$

$$d_{\text{rancangan}} = 61,720 + (2,25 - 0,4952) \cdot \frac{4070.404}{0,9496}$$

$$= 101.02 \text{ mm/hari}$$

Uji Kesesuaian Distribusi

Tabel 5. Uji Simpangan Horizontal

UJI SIMPANGAN HORIZONTAL					
	X Empiris	P empiris (%)	bacaan	P Teoritis	[D p]
1	91.3	9.09	96.10	11.90	2.81
2	88.0	18.18	95.50	22.00	3.82
3	77.0	27.27	91.80	29.00	1.73
4	66.7	36.36	85.10	36.36	0.00

5	61.0	45.45	81.10	39.90	5.55
6	59.3	54.55	80.20	54.55	0.00
7	58.7	63.64	79.50	58.00	5.64
8	48.5	72.73	68.90	70.50	2.23
9	48.0	81.82	64.50	81.82	0.00
10	18.5	90.91	14.20	90.91	0.00
Max					5.64

Dengan nilai N = 10 dan α = 5% maka didapat nilai Do = 41%. Hasi perhitungan dapat disimpulkan 5.64% < 41%. Karena ΔP < Do, maka distribusi metode gumbel dapat diterima.

Tabel 6. Uji Simpangan Vertikal

UJI SIMPANGAN VERTIKAL					
	X Empiris	P empiris (%)	100-P empiris	X Teoritis	x ² hit
1	91.33	9.09	90.91	96.0	0.23
2	88.00	18.18	81.82	83.7	0.22
3	77.03	27.27	72.73	74.1	0.12
4	66.75	36.36	63.64	66.5	0.00
5	61.00	45.45	54.55	61.9	0.01
6	59.33	54.55	45.45	57.0	0.10
7	58.67	63.64	36.36	52.0	0.85
8	48.52	72.73	27.27	48.0	0.01
9	48.00	81.82	18.18	42.2	0.80
10	18.53	90.91	9.09	36.1	8.55
Jumlah					10.880

Dengan α sebesar 5% maka nilai X_{tabel}^2 yaitu 14.067. Karena nilai $X_{hit}^2 < X_{tabel}^2$ (10,880 < 14.067) maka distribusi metode gumbel dapat diterima.

Intensitas Curah Hujan

Diketahui panjang lintasan aliran permukaan (Lo) dari gambar topografi untuk jalan 4 meter dan pemukiman 71.10 m. Koefisien hambatan karena kekasaran permukaan daerah pengaliran (nd) yaitu 0,013 untuk lapisan semen, aspal, dan beton. Kemiringan jalan umumnya dipakai 0,02. Sedangkan pemukiman memiliki kemiringan 0,0274. Dengan panjang saluran 100 meter, maka hasil perhitungan waktu konsentrasi dan intensitas hujan:

Tabel 7. Hasil Perhitungan t₀, t_d, t_c, dan Intensitas

Perhitungan	Jalan	Pemukiman
t ₀ (menit)	0,927	2,630
t _d (menit)	1,111	1,111
t _c (jam)	0,044	0,034
I (mm/jam)	333,904	281,741

Debit Banjir Rancangan

Perhitungan pada STA 0+000, Luas daerah pengaliran (A) jalan 400 m² dan pemukiman 7110 m² (total A = 7510). Koefisien pengaliran (C) untuk jalan sebesar 0,8 (perkerasan aspal dan beton) dan pemukiman 0,4 (pemukiman) (rata-rata C = 0,6). Maka debit air hujan pada saluran:

$$Q_{jalan} = 0,00009275 \times 0,6 \times 7510 = 0,41793 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{pemukiman} = 0,00007826 \times 0,6 \times 7510 = 0,35263 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan Debit Air Kotor

Jumlah penghuni tiap keluarga diasumsikan 3 orang. Jumlah pemukiman 7 unit rumah. Daerah perumahan dengan rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal.

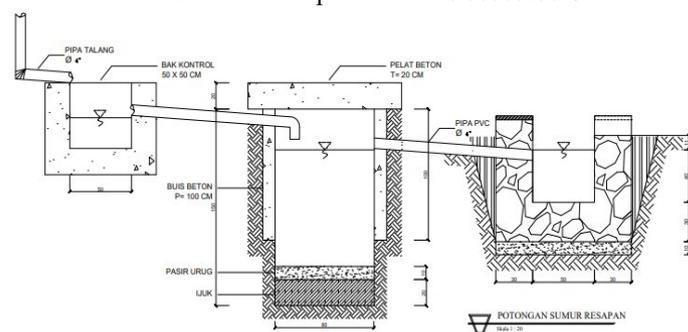
$$Q_{air\ kotor/orang} = 300 \text{ liter/orang/hari} = 0,00000347 \text{ m}^3/\text{orang/dt}$$

$$\text{Jumlah penduduk} = \text{jumlah pemukiman} \times \text{penghuni} = 7 \text{ rumah} \times 3 \text{ orang} = 21 \text{ orang}$$

$$Q_{kotor} = 21 \times 0,00000347 = 0,00007292 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Sumur Resapan

Sumur resapan direncanakan pada dasar saluran dengan diameter 80 cm, kedalaman 1,5 meter. Nilai koefisien permeabilitas didapat dari Laboraturium tanah Politeknik Negeri Malang diambil dari sampel tanah di Malang Raya sebesar 0,00000093 m/dt. Maka debit resapan didapatkan untuk semua titik sumur resapan sebesar 0.00000237191 m/dt.



Gambar 3. Detail Sumur Resapan

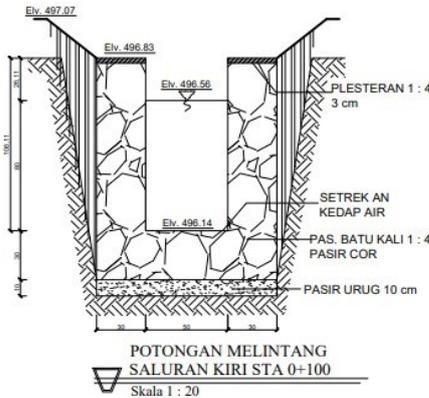
Dimensi Saluran Eksisting

Dimensi eksisting didapat lebar saluran (b) 0,4 meter dan kedalaman saluran (h) 0,35 meter. Luas penampang saluran (A) = 0,14 m²; keliling basah (P) = 1,1 m; radius hidrolis saluran (R) = 0,127 m. Kecepatan aliran dengan bahan batu kali harus memenuhi kecepatan ijin antara 0,6 m/detik sampai 2 m/detik. Dengan (v) = 2.143 m/dt. Untuk kontrol v maks sudah melebihi kapasitas, jadi saluran masih belum memenuhi syarat.

Perencanaan Ulang Saluran

Dimensi perencanaan didapat lebar saluran (b) 0,5 meter dan kedalaman saluran (h) 0,4 meter. Luas penampang saluran (A) = 0,21 m²; keliling basah (P) = 1,4 m; radius hidrolis saluran (R) = 0,157 m. Kecepatan aliran dengan bahan batu kali harus memenuhi kecepatan ijin antara 0,6

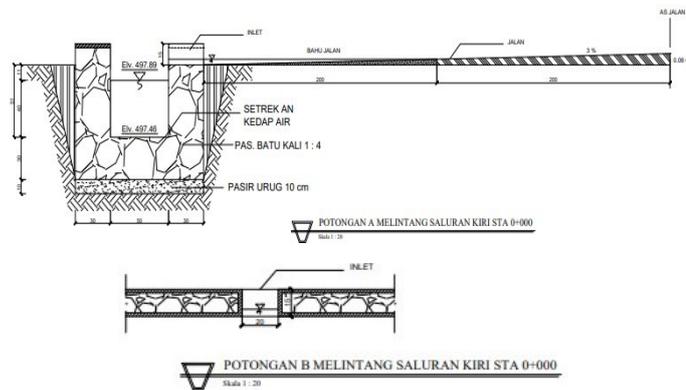
m/detik sampai 2 m/detik. Dengan $(v) = 1,400$ m/dt. Untuk kontrol aliran pada saluran juga ditentukan dengan bilangan Froude < 1 . Dengan $Fr = 0.6827$ maka aliran dalam saluran sudah memenuhi syarat. dan terdapat gorong-gorong menggunakan bahan beton (U-Ditch) beserta penutupnya.



Gambar 4. Desain Saluran Drainase

Inlet

Inlet yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu curb inlet. Jika Kemiringan jalan $(s) = 0,03$, lebar bukaan $(L) = 0,2$ m, tinggi air $(d) = 0,05$ m. Maka debit yang ditampung:
 $Q_{inlet} = 0,36 \times 9,81 \times 0,05^{3/2} \times 0,2 = 0,0079$ m³/dt.
 Diketahui $Q_{jalan} = 0,030$ m³/dt
 Maka untuk menghitung kebutuhan inlet STA 0 - 100 yaitu
 $Keb. Inlet = Q_{jalan}/Q_{inlet}$
 $= 0,030/0,0079 = 4$ titik inlet



Gambar 5. Detail Saluran dengan Inlet

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan saluran drainase pada ruas jalan Desa Tamanharjo-Desa Watugede, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a) Kondisi saluran eksisting di STA 0+200, 0+600, 0+850, 1+200, 1+500, 2+700, 2+850 kurang mampu menampung debit yang direncanakan, dan di STA 0+000, 0+700, 1+150, 2+900 masih belum terdapat saluran

drainase, dan masih berupa tanah sehingga diperlukan perencanaan ulang drainase.

- b) Upaya pengembangan saluran drainase dengan cara memberikan beberapa sumur resapan di beberapa STA 0+100, 0+400, 0+600, 0+800, 1+400, 1+800, 2+500, 2+850 yang rawan genangan air yang susah surut di saat hujan guna menanggulangi banjir.
- c) Dimensi saluran yang dibutuhkan bervariasi. Dari hasil perhitungan didapat dimensi terkecil pada STA 0+000 lebar 0,3 meter dan tinggi 0,5 meter. Dimensi terbesar pada STA 0+300 didapatkan lebar 0,9 m dan tinggi 1,6 m.
- d) Total biaya yang diperlukan dalam perencanaan saluran drainase sebesar Rp. 8,895,492,078

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darmadi.2015. sistem-drainase-berwawasan-lingkungan-melestarikan-sumber-kehidupan-kawasan-urban.
- [2] Hasmar, Halim. 2012. Drainasi Terapan. Yogyakarta: UII Press.
- [3] Kamiana, I Made, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [4] Moduto, *Drainase Perkotaan Volume I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1998.
- [5] Suripin, 2004, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta: ANDI.
- [6] Soemarto, C. D., 1999, Hidrologi Teknik, Penerbit Erlangga, Jakarta.