

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE KAWASAN JALAN KENDALPAYAK - JALAN SIMPANG PAKISAJI KABUPATEN MALANG

Ninda Sholehah¹, Utami Retno Podjowati², Agus Suhardono³

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

nindasolekah06@gmail.com¹, utami.retno@polinema.ac.id², agussuhardono66@gmail.com³

ABSTRAK

Pada kawasan Jl. Kendalpayak – Jl.Simpang Pakisaji Kabupaten Malang sering terjadi genangan saat musim hujan. Terjadinya banjir tersebut disebabkan oleh kapasitas saluran drainase yang sudah tidak cukup untuk menampung debit limpasan air hujan, perencanaan drainase yang tidak tepat, sampah pada saluran drainase, banyaknya limbah dari rumah tangga dan banyaknya saluran drainase tertutup karena dibuat untuk halaman rumah masyarakat. Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merancang saluran drainase dan sumur resapan, menghitung biaya konstruksi serta membuat rencana penjadwalan untuk pekerjaan di daerah tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Log Person Type III dengan kala ulang 10 tahun. Data yang dibutuhkan yaitu peta topografi, data curah hujan dari 3 stasiun hujan terdekat : Kepanjen, Tangkilsari, dan Sukun tahun 2010 sampai 2019, dan harga satuan pekerjaan pokok pekerjaan Kabupaten Malang Tahun 2020. Hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan sebesar 107,33 mm/hari; debit banjir rancangan sebesar 2,031 m³/detik; sumur resapan dengan dimensi 0,7 meter dengan kedalaman 1,7 meter. Dimensi saluran direncanakan dengan ukuran terkecil 0,4 m x 0,4 m dan ukuran terbesar 1 m x 1 m dengan biaya konstruksi sebesar Rp. 8.566.046.26,81 dan waktu pelaksanaan 18 minggu.

Kata kunci: saluran drainase, dimensi saluran, rencana anggaran biaya.

Abstract

On area Jl. Kendalpayak – Jl.Simpang Pakisaji Malang Regency, inundation often occurs during the rainy season. The occurrence of this flooding is caused by the insufficient capacity of the drainage planning, waste in drainage channels to accommodate the discharge of rainwater runoff, improper drainage planning, waste in drainage channels, the amount of waste from households and the large number of closed drainage channels because they are made for community homes. The purpose of this thesis is to design drainage channels and infiltration wells, calculating construction costs as well as creating scheduling plans for job in the area. The method used in this study was the Log Person Type III with the re-planning for 10 years. The data needed are topographic maps, rainfall data from the closest stations: Kepanjen, Sukun, and Tangkilsari in 2010 until 2019, and the price of the Malang Regency work pricipil in 2020. The calculation results the design rainfall is 107, 33 mm/day; design flood discharge of 2,031 m³/second; the infiltrations weels with dimensions of 0,7 meters with depth of 1,7 meters. The drainage channel dimensions are planned by the smallest size of 0,4 m x 0,4 m and the largest size is 1 m x 1 m with construction cost is Rp. 8,581,572,367.92 and the execution time is 18 weeks.

Key word: drainage channels, channel dimension, cost estimate.

1. PENDAHULUAN

Drainase di sepanjang kawasan Jalan Kendalpayak – Jalan Simpang Pakisaji sangat sedikit. Akibatnya saat musim penghujan tiba dan dengan durasi cukup lama, akan muncul permasalahan genangan dan banjir di beberapa area. Semakin berkurangnya daerah resapan air akibat sedimen dan sampah, minimnya bangunan pelengkap di ruas jalan yang banyak menggunakan saluran tertutup adalah alasan dari penyebab adanya genangan. Berdasarkan wawancara dengan warga sekitar dimana seringkali terjadi genangan saat hujan deras, dengan ketinggian air mencapai ±50cm dan

butuh waktu paling cepat satu jam untuk genangan tersebut menjadi surut. Tentu saja hal ini cukup merugikan warga yang di daerah tersebut karena genangan air mengotori rumah dan banyak bagi kendaraan roda dua yang mogok terutama nekat menerobos luapan air (Nawacitalib.com).

Dengan adanya curah hujan yang tinggi, kurangnya saluran drainase serta menurunnya fungsi saluran drainase adalah faktor utama yang memicu terjadinya genangan saat ini. Kurangnya saluran drainase yang dimaksud adalah tidak meratanya pembangunan drainase di ruas Jalan

Kendalpayak dan Jalan Simpang Pakisaji. Fungsi saluran yang menurun terlihat banyaknya ditemukan saluran yang ditumbuhi rumput, tersumbat sampah bahkan yang sudah hancur. Untuk bangunan pelengkap pun hanya ditemukan satu inlet dan tiga gorong – gorong, sangat kurang dalam segi jumlah bila dibandingkan dengan ruas jalan yang membentang serta lahan yang tersedia.

Karena lebar ruas jalan di lokasi terbatas, salah satu upaya untuk mengurangi kelebihan air yaitu dengan drainase berwawasan lingkungan. Pembangunan drainase ini dapat mengurangi debit yang masuk kedalam saluran sehingga dimensi saluran dapat diminimalisir. Selain itu sistem ini juga dapat meningkatkan cadangan air tanah agar tidak terjadi kekeringan saat musim kemarau.

Dengan latar belakang yang ada maka diperlukan evaluasi dan kajian lebih lanjut untuk menemukan alternatif penyelesaian masalah yang terjadi di daerah tersebut sesuai kebutuhan dan keadaan lingkungan saat ini.

2. METODE

Data Curah Hujan

Data yang digunakan adalah data dari 3 stasiun hujan terdekat dan diambil 10 tahun terakhir, terhitung mulai tahun 2010 – 2019.

Uji Konsistensi

Dalam perencanaan drainase, data hujan diuji terlebih dahulu konsistennya. Uji konsistensi data curah hujan diperlukan untuk mengetahui apakah data tersebut konsisten ataupun inkonsisten. Apabila terjadi inkonsisten maka dilakukan koreksi pada data tersebut.

Uji konsistensi dilakukan dengan metode Kurva Massa Ganda (*Double Kurve*). Dalam metode tersebut, membandingkan nilai akumulasi hujan tahunan pada pos yang bersangkutan dengan nilai akumulasi hujan rata-rata tahunan suatu kumpulan stasiun di sekitarnya.



Gambar 1. Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Kepanjen terhadap Stasiun Sukun dan Tangkilsari Sebelum dikoreksi

Curah Hujan Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk mengetahui profil muka air sungai dan rancangan suatu drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah

hujan pada suatu titik tertentu. (Suripin, 2004). Curah hujan daerah dihitung dengan menggunakan metode aljabar:

$$R = 1/n (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- R = Curah hujan rata – rata daerah (mm)
- R1, R2 , ..., Rn = Curah hujan daerah (mm)
- n = Jumlah data

Distribusi Curah Hujan Rancangan

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

Tabel 1. Nilai Cs dan Ck sesuai dengan nilai distribusi

No.	Jenis Sebaran	Syarat
1.	Normal	Cs≈0 dan Ck=3
2.	Gumbel type I	Cs ≤ 1,1396 dan Ck ≤5,4002
3.	Log Person type III	Cs ≠ 0
4.	Log Normal	Cs ≈ 3bCv + Cv²=3 dan Ck = 5,382

Sumber: Kamiana, 2011

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

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

Keterangan:

- Ck : Koefisien kepuncakan
- Cs : Koefisien kepeccengan
- \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-Kolmogorov*
 $\Delta P = P \text{ empiris} - P \text{ teoritis} \dots \dots \dots (6)$

b. Metode *Chi – Square*
 Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode Uji Chi – Square adalah sebagai berikut :
 $X^2_{hit} = \sum (d_{empiris} - d_{teoritis})^2 / d_{teoritis} \dots \dots \dots (7)$

Keterangan:

- X2 = Parameter Chi-Square
- d empiris = d berdasarkan kertas distribusi
- d teoritis = d berdasarkan teoritis

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan merupakan kekerasan hujan per satuan waktu, biasanya dalam satuan mm/jam atau cm/jam.

(Kamaina, 2011). Perhitungan Intensitas Hujan dapat dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$I = \frac{R24}{24} \times \frac{24}{tc} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

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

Debit Banjir Rancangan

Rumus Rasional adalah metode yang paling sederhana dalam memperhitungkan debit banjir rancangan. Perhitungan ini menggunakan rumus sebagai berikut (Suripin, 2003):

$$Q = 0,0278 C \times I \times A \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

- Q = Debit banjir rancangan (m³/detik)
- 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:

$$Qo = 5,5 R K H \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

- Qo = Debit resapan (m³/detik)
- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
- K = Koefisien permeabilitas (m/detik)
- R = Jari-jari sumur (m)

Dimensi Saluran

Perencanaan digunakan dengan penampang berbentuk persegi dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- Q = Debit pengaliran (m³/detik)
- V = Kecepatan rata-rata (m²/detik)
- A = Luas penampang basah saluan (m²)

Kecepatan Aliran

Beberapa faktor yang menentukan kecepatan aliran dalam saluran drainase sebagai berikut:

a. Kemiringan saluran

Untuk menghitung kecepatan saluran dapat dihitung dengan menggunakan Rumus Manning, sebagai berikut (Suripin, 2003):

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

- V :Kecepatan aliran (m/dt)
- n : Koefisien kekasaran
- R : Jari-jari hidrolis (m)

S : Kemiringan saluran

b. Bilangan Froude

Parameter yang menentukan ketiga jenis aliran tersebut adalah nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inerti, yang dinyatakan dengan bilangan Froude (Fr), bilangan Froude didefinisikan sebagai (Suripin, 2003).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan:

- V : Kecepatan aliran (m/dt)
- h : Kedalaman aliran (m)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

Inlet

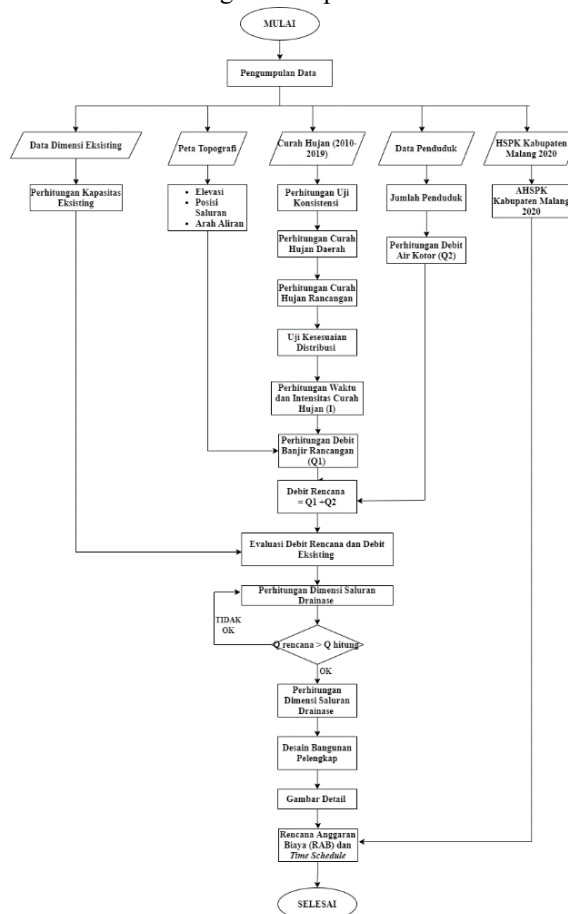
Menurut Meduto (1998) curb inlet dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = 0,36 g d^{3/2} L \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

- Q = Kapasitas Inlet kerb (m³/deik)
- L = Lebar bukaan inlet kerb (m)
- g = Gaya gravitasi (m/s²)
- d = Kedalaman air dalam inlet kerb (m)

Berikut adalah diagram alir penelitian :



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN




Evaluasi dan perencanaan ulang saluran drainase dilakukan pada ruas Jalan Kendalpayak – Jalan Simpang Pakisaji Kabupaten Malang. Jalan ini membentang sepanjang ±3,4 km dengan lebar jalan 5-6 meter.

Kondisi Eksisting

Ruas jalan pada kawasan Jalan Kendalpayak – Jalan Simpang Pakisaji memiliki drainase yang terbilang minim. Pada drainase bagian kanan di Sta 0+000 sampai Sta 0+500 memiliki drainase yang tertutup.

Pada ruas Jalan Kendalpayak – Jalan Simpang Pakisaji sudah memiliki drainase di kedua sisi jalan. Hanya saja kondisi saluran tidak terawat, masih terdapat terdapat endapan lumpur di dasar saluran, sampah dan tanaman liar juga menjadi penghambat saluran ketika air mengalir. Dibeberapa titik, dinding saluran sudah roboh dan perlu perbaikan. Untuk bangunan pelengkap pada ruas jalan ini sangatlah kurang bila dibandingkan dengan ruas jalan yang membentang serta lahan yang tersedia.

Tabel 2. Kondisi Eksisting Saluran

Sta	Bentuk	Ukuran (cm)	Kondisi
0+200	Segi empat	60 x 50	
0+300	Segi empat	-	
0+400	Segi empat	-	

Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan

Data Hujan

Data diambil dari stasiun yang dekat dengan lokasi studi. Stasiun tersebut antara lain Stasiun Kepanjen, Stasiun Sukun, dan Stasiun Tangkilsari. Data yang dipakai adalah data curah hujan dari tahun 2010 sampai 2019.

Uji Konsistensi

Uji konsistensi stasiun kepanjen terhadap Stasiun Sukun dan Stasiun Tangkilsari yang menunjukkan terjadinya patahan pada grafik. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi. Koreksi dilakukan pada garis M2 yaitu pada tahun 2016 sampai 2019.

Tabel 3. Uji Konsistensi Stasiun Tangkilsari terhadap Stasiun Kepanjen dan Sukun (Setelah dikoreksi)

Tahun	Sta.T	Kum.T	Sta.K	Sta.S	Rata-rata	Kum
2019	1309	1309	1940	1813	1877	1877
2018	1893	3202	1293	1927	1610	3487
2017	1711	4913	1650	2418	2034	5521
2016	2674	7587	4092	3469	3781	9302
2015	699	8286	2041	1861	1951	11253
2014	1876	10162	1446	2110	1778	13031
2013	2553	12715	3054	2283	2669	15700
2012	1711	14426	2084	2259	2172	17871
2011	1396	15822	1784	2422	2103	19974
2010	2879	18701	3352	4097	3725	23699

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 3. Grafik Massa Ganda Stasiun Kepanjen terhadap Stasiun Sukun dan Tangkilsari Setelah Dikoreksi

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	D max (mm)
2019	61,04
2018	41,26
2017	63,80
2016	85,36
2015	56,67
2014	55,00
2013	86,00
2012	84,67
2011	55,67
2010	135,33

Sumber: Hasil Perhitungan

Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan dihitung dengan menggunakan metode Log Person Tipe III, setelah sebelumnya diketahui nilai Cs = 1,501 dan Ck = 6,494 memenuhi syarat untuk penggunaan metode Log Person. Dengan kala ulang 10

tahun sehingga didapat nilai curah hujan rancangan sebesar 107,325 mm/hari.

Tabel 5. Perhitungan Distribusi Frekuensi Metode Log Person Type III

No.	X	P (%)	P Empiris	Log X
1.	135,33	9,09%	0,091	2,131
2.	86,00	18,18%	0,182	1,934
3.	85,36	27,27%	0,273	1,931
4.	84,67	36,36%	0,364	1,928
5.	63,80	45,45%	0,455	1,805
6.	61,04	54,55%	0,545	1,786
7.	56,67	63,64%	0,636	1,753
8.	55,67	72,73%	0,727	1,746
9.	55,00	81,82%	0,818	1,740
10.	41,26	90,91%	0,90	1,616
Rata-rata Log X			1,837	
Std.Dev			0,146	
Cs			0,663	
Log d rancangan			2,031	
d rancangan			107,325	

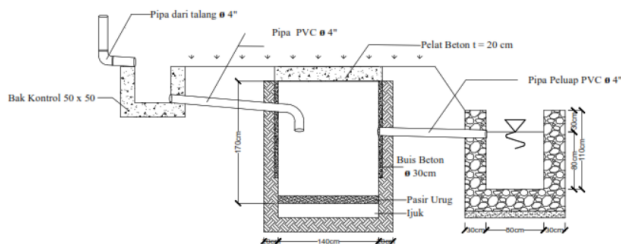
Sumber: Hasil Perhitungan

Debit Banjir Rancangan

Diperoleh hasil debit dari perhitungan komulatif Q jalan, Q pemukiman dan Q air kotor disalah satu contoh saluran yaitu sebesar 0,2009 m³/detik.

Sumur Resapan

Sumur resapan direncanakan dengan diameter 70 cm dengan kedalaman 1,7 meter. Nilai koefisien permeabilitas didapat dari Laboratorium tanah Politeknik Negeri Malang sebesar 0,0000093 m/detik. Maka debit resapan didapatkan sebesar 0,00000601 m³/dt

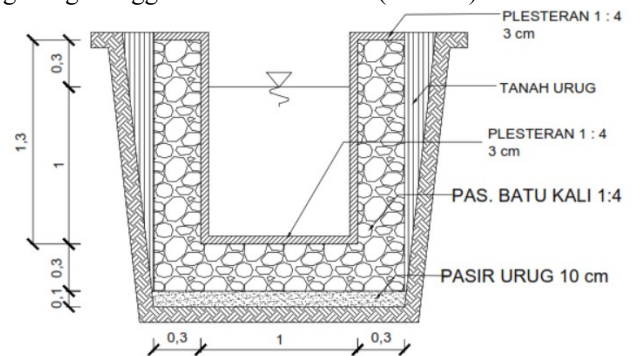


Gambar 4. Potongan Sumur Resapan

Dimensi Saluran

Penampang saluran direncanakan dengan bentuk persegi dengan bahan saluran yaitu batu kali. Berdasarkan hasil

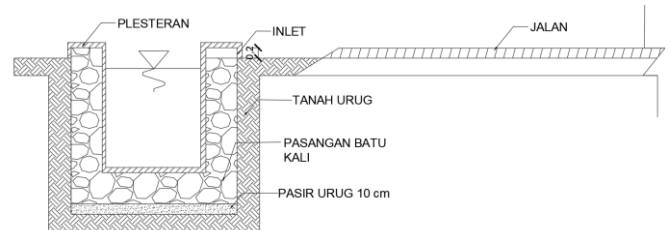
perhitungan dimensi diperoleh dengan ukuran terbesar yaitu 1 m x 1 m sedangkan terkecil 0,4 m x 0,4 m dan gorong – gorong menggunakan bahan beton (*U-ditch*).



Gambar 5. Desain Saluran Drainase

Inlet

Inlet yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu *curb inlet*. Jika kemiringan jalan (s) = 0,002, lebar bukaan (L) = 0,2 m , tinggi air (d) = 0,05 m, maka debit yang ditampung:
 $Q_{inlet} = 0,36 \times 9,81 \times 0,05^{3/2} \times 0,2 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{detik}$



Gambar 6. Potongan Saluran dengan Inlet

Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan perhitungan volume pada masing – masing pekerjaan dan analisa harga satuan diperoleh anggaran biaya pada perencanaan ulang saluran drainase dan sumur resapan sebesar Rp. 8.581.572.367,92.

Penjadwalan

Waktu yang diperlukan untuk merencanakan ulang saluran drainase berdasarkan hasil perhitungan dibutuhkan waktu selama 18 minggu.

Kode	Uraian Pekerjaan	Volume	Total Harga (Rp.)	Bobot (%)	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5	
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
I Pekerjaan Persiapan																						
1	Pembersihan Lahan Saluran	2.868,61	Rp 17.418.210	0,223	0,11	0,11																
2	Pembongkaran Saluran	552,96	Rp 79.146.550	1,015	0,50	0,52																
3	Pemasangan Bowplank	128,72	Rp 4.387.565	0,056	-	0,028	0,028															
TOTAL I			Rp 100.952.325	1,29																		
II Pekerjaan Tanah																						
1	Galian Tanah	10.161,69	Rp 576.777.352	7,393				1,00	1,20	1,35	1,50	1,50	0,84									
2	Urugan Pasir	485,02	Rp 161.763.759	2,074					1,04	1,04												
3	Urugan Tanah Kembali	140,07	Rp 4.677.631	0,060																		
4	Pekerjaan timbunan	26,37	Rp 880.636	0,011						0,01										0,06		
TOTAL II			Rp 744.099.378	9,54																		
III Pekerjaan Pasangan																						
1	Pasangan Batu Kali 1 PC : 4 PS	5.814,43	Rp 6.597.473.941	84,568										11,00	12,00	13,50	13,50	12,50	12,50	9,568		
2	Plesteran	248,48	Rp 18.721.874	0,240																0,1		
TOTAL III			Rp 6.616.195.815	84,81																		
IV Pekerjaan Saluran Praecetak																						
1	Pemasangan U-Ditch 400 x 600	5,00	Rp 3.686.095	0,047						0,05												
2	Pemasangan U-Ditch 500x700	104,70	Rp 95.732.759	1,227				1,23														
3	Pemasangan U-Ditch 600 x 600	5,00	Rp 5.111.095	0,066					0,07													
4	Pemasangan U-Ditch 600 x 800	4,93	Rp 5.400.928	0,069						0,07												
5	Pemasangan U-Ditch 800 x800	14,63	Rp 18.860.718	0,242							0,24											
6	Pemasangan U-Ditch 800 x 1000	46,31	Rp 65.344.461	0,838								0,84										
8	Pemasangan U-Ditch 800x1200	5,05	Rp 7.304.742	0,094									0,09									
9	Pemasangan U-Ditch 1000x1000	39,18	Rp 70.640.639	0,905										0,91								
10	Pemasangan Curbing inlet	105,00	Rp 20.873.276	0,268					0,27													
TOTAL IV			Rp 292.963.712	3,76																		
V Pekerjaan Sumur Resapan																						
1	Pekerjaan Galian	39,48	Rp 3.036.638	0,039	-	-	-	0,04	-													
2	Instalasi Bais Beton	11,00	Rp 11.294.509	0,145	-	-	-	0,07	-	0,07												
3	Pasangan Batu Kosong	11,85	Rp 5.888.092	0,075	-	-	-	-	-	0,08												
4	Timbunan Kerikil	23,55	Rp 8.717.003	0,112	-	-	-	0,11	-													
5	Pemasangan Lapisan Ijuk	135,40	Rp 15.459.607	0,198	-	-	-	-	-	0,20												
6	Urugan Pasir	8,46	Rp 2.822.346	0,036	-	-	-	-	-	0,04												
TOTAL V			Rp 47.218.195	0,61																		
JUMLAH TOTAL (I + II + III + IV + V)			7.801.429.425,39	100,00																		
RENCANA	PROGRES MINGGUAN (%)				0,61	0,65	0,14	0,35	2,37	2,63	2,46	1,74	2,34	11,94	12,91	13,50	13,50	12,50	12,50	9,57		
KONTRAK	AKUMULATIF PROGRES MINGGUAN (%)				0,61	1,27	1,41	1,75	4,13	6,76	9,21	10,95	13,29	25,23	38,13	51,63	65,13	77,63	90,13	99,70	99,82	
																				100,00		

Gambar 7. Kurva S

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang saluran drainase pada ruas Jalan Kendalpayak – Jalan Simpang Pakisaji Kabupaten Malang, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sebagian besar saluran eksisting pada Sta 0+000 sampai Sta 0+500 memiliki drainase tertutup padahal didaerah tersebut padat penduduk dan aliran air dari ruas jalan Kendalpayak selalu berakhir di lahan pertanian.
2. Curah hujan rancangan pada kala ulang 10 tahun sebesar 107,33 mm/hari.
3. Desain bangunan berwawasan lingkungan yang paling tepat di Jalan Kedalpayak – Jalan Simpang Pakisaji adalah bangunan sumur resapan yang direncanakan diameter 70 cm dengan kedalaman 1,7 meter.
4. Debit limpasan pada sumur resapan sebesar 0,00000601 m³/detik.
5. Biaya yang diperlukan untuk merencanakan pembangunan drainase di sepanjang Jalan Kendalpayak – Jalan Simpang Pakisaji sebesar Rp. 8.581.572.367,92.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kamiana, I Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: Graha Ilmu
 [2] Moduto, 1998. *Desain Drainase Perkotaan Volume 1*, Departemen Teknik Lingkungan ITB, Bandung.
 [3] Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi Offset. Yogyakarta.