

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Inventarisasi Sistem Drainase Eksisting Kelurahan Sumber Sari

4.1.1 Identifikasi Saluran Drainase Eksisting

Hasil survei identifikasi saluran drainase eksisting pada Kelurahan Sumber Sari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, ditemukan permasalahan-permasalahan yang harus ditangani terkait dengan pelaksanaan operasi dan pemeliharaan. Permasalahan-permasalahan yang telah diidentifikasi pada sistem drainase tersebut meliputi:

1. Terjadinya Sedimentasi

Sedimentasi merupakan salah satu masalah paling umum yang terjadi pada saluran drainase perkotaan. Sedimentasi dapat mengurangi kapasitas saluran sehingga saluran tidak dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 4.1 Sedimentasi Pada Saluran Sigura-gura

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2016

2. Terjadinya Penumpukan Sampah

Penumpukan sampah adalah salah satu akar terjadinya sedimentasi yang dapat mengurangi kapasitas saluran. Penumpukan sampah pada saluran sigura-gura cukup tinggi mengingat lokasi tersebut banyak PKL yang berjualan di pinggir jalan sehingga memengaruhi intensitas penumpukan sampah.



Gambar 4.2 Penumpukan Sampah Pada Saluran Sigura-gura

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2016

3. Kombinasi: Sedimentasi dan Penumpukan Sampah

Permasalahan kombinasi ini dapat ditemukan pada Saluran Terusan Surabaya. Dapat dilihat pada gambar 4.3 bahwa kapasitas saluran juga berkurang akibat sedimentasi dan penumpukan sampah yang ada.



Gambar 4.3 Sedimentasi dan Penumpukan Sampah Pada Saluran Terusan Surabaya

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2016

4. Daerah Terletak Pada Daerah Cekungan

Saluran yang terdapat pada Jalan Bendungan Sutami dan Jalan Terusan Surabaya merupakan saluran yang rawan tergenang apa bila hujan yang turun cukup deras karena sebagian dari daerah tersebut merupakan daerah cekungan.



Gambar 4.4 Terjadi Genangan Saat Hujan Cukup Deras Pada Pertemuan Jalan

Bendungan Sutami, Jalan Galunggung, dan Jalan Terusan Surabaya

Sumber: malang.merdeka.com, 2016

Dari hasil survei, identifikasi kondisi eksisting dan permasalahan yang ada pada tiap lokasi dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Kondisi dan Permasalahan yang Ada Pada Saluran Eksisting

No.	Lokasi	Jarak Patok (m)	Kondisi Eksisting dan Permasalahan
1	Jl. Bend. Sigura-gura Ki	0-100	Saluran dipenuhi oleh sampah sehingga fungsi saluran terganggu.
		100-200	Terdapat sedimentasi setinggi 5-10 cm pada saluran.
		200-300	Terdapat sedimentasi setinggi 5-10 cm pada saluran.
		300-400	Banyak saluran yang tertutup oleh bangunan dan gerobak pedagang kaki lima.
		400-500	Saluran tertutup oleh bangunan
		500-600	Saluran tertutup oleh bangunan
2	Jl. Bendugan Sutami Ka	0-100	Saluran tertutup oleh bangunan
		100-200	Saluran tertutup oleh bangunan
		200-300	Sedimentasi setinggi 15 cm dari dasar saluran. Ada tumpukan sampah.
		300-400	Sedimentasi setinggi 15 cm dari dasar saluran. Ada tumpukan sampah.
		400-500	Sedimentasi setinggi 15 cm dari dasar saluran. Ada tumpukan sampah.
		500-600	Sedimentasi setinggi 15 cm dari dasar saluran. Ada tumpukan sampah.
3	Jl. Bendugan Sutami Ki	600-700	Saluran tertutup oleh bangunan
		700-800	Saluran tertutup oleh bangunan
		0-100	Saluran tertutup oleh bangunan
		100-200	Saluran tertutup oleh bangunan
		200-300	Saluran tertutup oleh bangunan
		300-400	Saluran tertutup oleh bangunan
		400-500	Saluran tertutup oleh bangunan
		500-600	Saluran tertutup oleh bangunan
4	Jl. Bogor Ka	600-700	Saluran tertutup oleh bangunan
		700-800	Daerah cekungan, sehingga berpotensi tergenang apabila hujan yang turun cukup deras. Sedimentasi setinggi 15 cm dari dasar saluran.
		0-100	Saluran masih dalam tahap renovasi dan tertutup oleh trotoar.
		100-200	Sedimentasi setinggi 10 cm dari dasar saluran. Saluran masih dalam tahap renovasi dan tertutup oleh trotoar.
		200-300	Sedimentasi setinggi 10 cm dari dasar saluran. Saluran masih dalam tahap renovasi dan tertutup oleh trotoar.
5	Jl. Jakarta Ki	300-400	Sedimentasi setinggi 10 cm dari dasar saluran. Saluran masih dalam tahap renovasi dan tertutup oleh trotoar.
		0-100	Sedimentasi setinggi 10 cm dari dasar saluran. Saluran tertutup oleh bangunan
		100-200	Saluran dipenuhi urugan tanah, sampah, dan sedimentasi setinggi 35-40 cm yang hampir menutupi saluran drainase sehingga saluran drainase tidak dapat berfungsi dengan baik.
		100-200	Saluran dipenuhi urugan tanah, sampah, dan sedimentasi setinggi 35-40 cm yang hampir menutupi saluran drainase sehingga saluran drainase tidak dapat berfungsi dengan baik.

No.	Lokasi	Jarak Patok (m)	Kondisi Eksisting dan Permasalahan
6	Jl. Sumpersari Ka	200-300	Saluran dipenuhi urugan tanah, sampah, dan sedimentasi setinggi 35-40 cm yang hampir menutupi saluran drainase sehingga saluran drainase tidak dapat berfungsi dengan baik.
		300-450	Saluran dipenuhi urugan tanah, sampah, dan sedimentasi setinggi 35-40 cm yang hampir menutupi saluran drainase sehingga saluran drainase tidak dapat berfungsi dengan baik.
		0-100	Sebagian ruas saluran masih dalam tahap renovasi.
		100-200	Sebagian ruas saluran masih dalam tahap renovasi.
		200-300	Saluran tertutup oleh bangunan
		300-400	Saluran tertutup oleh bangunan
		400-500	Saluran tertutup oleh bangunan
		500-600	Saluran tertutup oleh bangunan
7	Jl. Surabaya Ki	600-750	Terdapat sedimentasi setinggi 7-10 cm pada saluran.
		0-100	Terdapat banyak sampah pada saluran dan tinggi sedimentasi mencapai 10-15 cm dari dasar saluran. Inlet yang ada di badan jalan sudah mulai tertutup sampah.
		100-200	Terdapat banyak sampah pada saluran dan tinggi sedimentasi mencapai 10-15 cm dari dasar saluran. Inlet yang ada di badan jalan sudah mulai tertutup sampah.
		200-300	Terdapat banyak sampah pada saluran dan tinggi sedimentasi mencapai 10-15 cm dari dasar saluran. Inlet yang ada di badan jalan sudah mulai tertutup sampah.
8	Jl. Terusan Surabaya Ki	300-400	Terdapat banyak sampah pada saluran dan tinggi sedimentasi mencapai 10-15 cm dari dasar saluran. Inlet yang ada di badan jalan sudah mulai tertutup sampah.
		0-100	Daerah cekungan, sehingga berpotensi tergenang apabila hujan yang turun cukup deras.
		100-200	Saluran berdimensi kecil, terdapat banyak sampah, dan ada sedimentasi setinggi 10 cm sepanjang saluran.
9	Jl. Veteran Ka	200-350	Saluran berdimensi kecil, terdapat banyak sampah, dan ada sedimentasi setinggi 10 cm sepanjang saluran.
		0-100	Saluran tertutup oleh trotoar. Sedimentasi setinggi 5 cm dari dasar saluran.
		100-200	Saluran tertutup oleh trotoar. Sedimentasi setinggi 5 cm dari dasar saluran.
		200-300	Saluran tertutup oleh trotoar. Sedimentasi setinggi 5 cm dari dasar saluran.
		300-400	Saluran tertutup oleh trotoar. Sedimentasi setinggi 5 cm dari dasar saluran.
		400-500	Saluran tertutup oleh trotoar. Sedimentasi setinggi 5 cm dari dasar saluran.
		500-600	Saluran tertutup oleh trotoar. Sedimentasi setinggi 5 cm dari dasar saluran.

No.	Lokasi	Jarak Patok (m)	Kondisi Eksisting dan Permasalahan
		600-700	Saluran masih dalam tahap renovasi.
		700-800	Saluran masih dalam tahap renovasi.
		800-900	Saluran masih dalam tahap renovasi.
		900-1000	Saluran masih dalam tahap renovasi.
		1000-1100	Saluran masih dalam tahap renovasi.

Sumber: Hasil Survei, 2016

Dari tabel 4.1 dapat diketahui kondisi saluran drainase eksisting setiap 100 meter panjang saluran. Pada setiap saluran terjadi sedimentasi dengan ketinggian rata-rata 5-15 cm. Berdasarkan hasil survei lapangan, sedimentasi, penumpukan sampah, dan permasalahan kombinasi dari keduanya merupakan permasalahan umum yang terjadi hampir di seluruh saluran. Penumpukan sampah paling banyak terdapat pada saluran yang dikelilingi oleh pedagang kaki lima (PKL) dimana pada studi ini terjadi untuk saluran Bendungan Sigura-gura Kiri. Sedimentasi sendiri terjadi pada hampir keseluruhan saluran yang ada pada Kelurahan Summersari serta permasalahan kombinasi untuk beberapa saluran seperti saluran Bendungan Sutami Kanan, saluran Jakarta Kiri, saluran Surabaya Kiri, dan saluran Terusan Surabaya Kiri. Pembuangan limbah tidak terolah langsung ke saluran merupakan faktor utama terjadinya sedimentasi.

4.1.2 Penilaian Kinerja Sistem Drainase Eksisting

Kinerja dalam suatu sistem infrastruktur perkotaan merupakan jawaban dari berhasil atau tidaknya tujuan sistem infratraktur yang telah ditetapkan (Ditjen Cipta Karya, 2013). Para pengelola maupun pelaksana sistem infrastruktur sering tidak memperhatikan seberapa jauh dan efektif kinerja yang telah berjalan sehingga institusi sering menghadapi krisis yang serius. Kesan-kesan buruk akan muncul apabila terus mengabaikan tanda-tanda peringatan kinerja yang merosot.

Penilaian kinerja dilakukan dengan cara membagikan kuisisioner kepada perwakilan seluruh ketua RT/RW yang ada pada Kelurahan Summersari dan terlibat dalam musyawarah perencanaan pembangunan (khususnya mengenai drainase) termasuk kegiatan drainase lainnya serta kepada institusi terkait sejumlah 20 orang. Pada lembar kuisisioner yang dibagikan terdapat pilihan jawaban A, B, C, dan D dimana terdapat kisaran angka penilaian di setiap pilihan jawaban, yaitu pilihan A berkisar antara 0-60, pilihan B berkisar antara 61-80, pilihan C berkisar antara 81-90, serta pilihan D berkisar antara 91-100. Koresponden nantinya akan memilih satu dari empat pilihan jawaban yang tersedia dan kemudian menentukan nilai berdasarkan kisaran yang ada sesuai dengan jawaban yang

dipilih. Semua hasil penilaian nantinya akan di rata-rata lalu dikalikan dengan bobot nilai pada setiap indikator. Total bobot penilaian semua indikator adalah 69 poin. Poin maksimum yang dapat dicapai adalah 6.900 poin berdasarkan hasil bobot x nilai (apabila setiap indikator mendapatkan nilai 100 atau nilai maksimum sesuai dengan kisaran nilai pada pilihan jawaban yang tersedia). Poin maksimum (6.900 poin atau 100%) ini akan dibagi persentasenya untuk memudahkan dalam proses klasifikasi hasil kinerja.

Klasifikasi kinerja dibagi menjadi empat bagian sesuai dengan pembagian persentase menurut Ditjen Cipta Karya dan berdasarkan poin maksimum yang dapat diperoleh, yaitu:

1. Kurang untuk ≤ 4.140 poin ($\leq 60\%$)
2. Cukup untuk poin 4.141 – 5.520 poin (61% - 80%)
3. Baik untuk 5.521 – 6.210 poin (81% - 90%)
4. Sangat baik untuk 6.211 poin ($\geq 91\%$)

Dari hasil wawancara, pembagian kuisioner, dan survei di Kelurahan Summersari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, diperoleh hasil penilaian kinerja untuk sistem drainase sebagaimana diperoleh pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Penilaian Kinerja Sistem Drainase

No.	Indikator / Sub Indikator	Bobot	Nilai	Bobot x Nilai
A	Non Fisik	30		
1	Peraturan / Kelembagaan	3		
	(1) SDM yang mendukung organisasi / jabatan struktural	3	85,00	255,00
2	Manajemen Pembangunan	16		
	(2) Dokumen perencanaan master plan / outline plan / SSK	3	95,00	285,00
	(3) Kesesuaian pelaksanaan pembangunan dengan perencanaan	2	95,00	190,00
	(4) Mekanisme pelaporan	1	49,50	49,50
	(5) Pengelolaan P/S sesuai dengan SOP	2	85,83	171,67
	(6) Pembiayaan APBD	3	95,00	285,00
	(7) Akses terhadap jaringan drainase	2	87,50	175,00
	(8) Pengurangan luasan genangan air	3	80,50	241,50
3	Upaya Pemda Mendorong PSM / Swasta	11		
	(9) Program Pemda dalam mendorong PSM	2	89,00	178,00
	(10) Peran aktif masyarakat melaporkan adanya genangan	1	69,75	69,75
	(11) Tindak lanjut terhadap pengaduan masyarakat	2	76,75	153,50
	(12) Keterlibatan masyarakat dalam proses perencanaan drainase kawasan kota	2	74,00	148,00
	(13) PSM / Swasta dalam memenuhi perencanaan drainase & NPSM	1	69,75	69,75
	(14) PSM & Swasta dalam operasi & pemeliharaan sistem drainase	3	72,75	218,25

No.	Indikator / Sub Indikator	Bobot	Nilai	Bobot x Nilai
B	Fisik	39		
1	Data Fisik Prasarana	15		
	(15) Sistem drainase	6	77,75	466,50
	(16) Bangunan penunjang	5	68,75	343,75
	(17) Resapan (sumur, saluran, bidang)	4	84,50	338,00
2	Fungsi Prasarana Sistem Drainase	15		
	(18) Berfungsinya saluran	6	84,74	508,42
	(19) Berfungsinya bangunan penunjang	4	81,58	326,32
	(20) Saluran drainase tidak menjadi tempat pembuangan sampah	3	70,00	210,00
	(21) Saluran drainase tidak menjadi tempat penyaluran air limbah yang tidak terolah	2	46,75	93,50
3	Kondisi Operasi dan Pemeliharaan Prasarana	9		
	(22) Dilaksanakannya operasi & pemeliharaan sistem saluran	6	77,25	463,50
	(23) Dilaksanakannya operasi & pemeliharaan bangunan penunjang	3	72,00	216,00
	Jumlah	69		5.455,90

Sumber: Hasil Survei, 2016

Berdasarkan hasil survei lapangan, wawancara, dan pembagian kuisioner terhadap 20 koresponden terdiri dari perwakilan seluruh RT/RW yang ada pada Kelurahan Sumbersari dan terlibat dalam musyawarah perencanaan pembangunan (khususnya mengenai drainase) termasuk kegiatan drainase lainnya dan terhadap institusi terkait, dapat dilihat bahwa kinerja dari sistem drainase Kota Malang pada umumnya serta Kelurahan Sumbersari pada khususnya memperoleh 5.455,90 poin (79,07%) dari 6.900 poin yang dapat dicapai. Penilaian tersebut mengacu pada indikator kinerja yang dikeluarkan oleh Ditjen Cipta Karya pada tahun 2013 dan sesuai dengan klasifikasi penilaian yang ada, maka kinerja sistem drainase eksisting dengan perolehan poin tersebut tergolong cukup karena poin yang diperoleh antara 4.141 – 5.520 poin atau berkisar antara 61% - 80%.

Dari indikator yang ada, dapat dilihat bahwa peran serta masyarakat masih belum didorong secara maksimal, seperti tingkat keaktifan dalam pelaporan mengenai daerah genangan, keterlibatan dalam perencanaan, pembangunan, serta operasi dan pemeliharaan sistem drainase. Hal ini sangat perlu diperhatikan oleh institusi dalam perbaikan dan peningkatan keterlibatan masyarakat serta swasta demi mendukung sistem drainase yang berkelanjutan. Kekurangan juga terdapat pada keberfungsian saluran yang masih belum maksimal. Hal ini dapat dilihat dari penilaian koresponden yang menilai 46,75 poin pada indikator pembuangan limbah tidak terolah langsung ke saluran drainase yang menyebabkan sedimentasi dan mengganggu keberfungsian saluran sehingga tidak optimal. Penilaian terhadap indikator tingkat pembuangan sampah pada saluran drainase tergolong

cukup (70,00 poin). Meskipun begitu, ada beberapa saluran seperti saluran Terusan Surabaya kiri dan saluran Jakarta kiri masih terdapat timbunan sampah yang cukup banyak. Dari hasil wawancara, sebagian dari koresponden menyatakan bahwa kurangnya sinkronisasi komunikasi antara institusi terkait dan juga masyarakat dalam mendukung berjalannya sistem drainase yang berkelanjutan juga menjadi salah satu masalah yang harus segera ditangani bersama agar setiap tahun akan ada perbaikan sistem drainase yang signifikan.

4.2. Evaluasi Kapasitas Tampungan Saluran Drainase Eksisting

4.2.1 Analisa Data

1. Uji Konsistensi dengan Metode RAPS

Uji konsistensi diperlukan untuk menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi kesalahan pada saat pengiriman atau pengukuran (Harto, 1993:59). Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*), merupakan pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri (uji homogenitas), yaitu pengujian kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya (Buishand, 1982 dalam Harto, 1993:59). Berikut contoh perhitungan uji konsistensi pada curah hujan stasiun pengairan.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 12 \\
 \text{Jenis data} &= \text{Data hujan maksimum tahun 2004 – 2015} \\
 \text{Hujan maksimum rerata} &= 110,36 \text{ mm} \\
 \text{Sk}^* &= \text{Hujan maksimum tahunan} - \text{Hujan maksimum} \\
 &\quad \text{rerata} \\
 &= 71,45 \text{ mm} - 110,36 \text{ mm} \\
 &= -38,913 \text{ mm} \\
 | \text{Sk}^* | &= | -38,913 | = 38,913 \text{ mm} \\
 \text{Dy}^2 &= | \text{Sk}^* |^2 / \text{Jumlah Data} \\
 &= 38,913^2 / 12 \\
 &= 126,182 \\
 \text{Dy} &= \sqrt{\sum \text{Dy}^2} \\
 &= \sqrt{1594,911} = 39,936 \\
 \text{Sk}^{**} &= \text{Sk}^* / \text{Dy} \\
 &= -38,913 / 39,936
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -0,974 \\
 |Sk^{**}| &= |-0,974| = 0,974 \\
 Sk^{**} \text{ maksimum} &= 2,745 \\
 Sk^{**} \text{ minimum} &= -0,974 \\
 Q &= |Sk^{**} \text{ maksimum}| = 2,745 \\
 R &= Sk^{**} \text{ maksimum} - Sk^{**} \text{ minimum} \\
 &= 2,745 - (-0,974) \\
 &= 3,720 \\
 Q/\sqrt{n} &= 2,745 / \sqrt{12} \\
 &= 0,793 < 1,060 \text{ (Dengan probabilitas 90 \%)} \\
 R/\sqrt{n} &= 3,720 / \sqrt{12} \\
 &= 1,074 < 1,236 \text{ (Dengan probabilitas 90 \%)}
 \end{aligned}$$

Karena nilai Q/\sqrt{n} lebih kecil dari 1,060 (hasil interpolasi tabel 2.2.) dan nilai R/\sqrt{n} lebih kecil dari 1,236 (hasil interpolasi tabel 2.2) maka data tersebut dapat diterima atau dinyatakan konsisten. Perhitungan uji konsistensi dengan metode RAPS selengkapnya ditampilkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Uji Konsistensi Curah Hujan Stasiun Pengairan

No.	Tahun	Rmax (mm)	Sk*	Dy ²	Sk**	[Sk**]
1	2004	71,45	-38,913	126,182	-0,974	0,974
2	2005	100,40	-9,962	8,271	-0,249	0,249
3	2006	102,50	-7,863	5,152	-0,197	0,197
4	2007	71,50	-38,863	125,858	-0,973	0,973
5	2008	220,00	109,638	1001,698	2,745	2,745
6	2009	83,00	-27,363	62,392	-0,685	0,685
7	2010	156,50	46,138	177,389	1,155	1,155
8	2011	93,50	-16,863	23,695	-0,422	0,422
9	2012	111,50	1,138	0,108	0,028	0,028
10	2013	119,00	8,638	6,217	0,216	0,216
11	2014	84,00	-26,363	57,915	-0,660	0,660
12	2015	111,00	0,638	0,034	0,016	0,016
Jumlah		1324,35	0	1594,911		
Rerata		110,36	0	132,909		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

2. Uji Ketiadaan *Trend*

Deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecendrungan menuju ke satu arah, arah naik atau turun disebut dengan pola atau *trend*. Pada umumnya meliputi gerakan yang lamanya lebih dari 10 tahun. Deret berkala yang datanya kurang dari 10 tahun kadang-kadang sulit untuk menentukan gerakan dari suatu *trend*. Hasilnya dapat meragukan, karena gerakan yang diperoleh hanya mungkin menunjukkan suatu sikli (*cyclical time series*) dari suatu *trend*. Sikli merupakan gerakan tidak teratur dari suatu *trend*. Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya *trend* maka datanya tidak disarankan untuk digunakan untuk beberapa analisis hidrologi, misalnya analisis peluang dan simulasi.

Pada uji ini, metode yang digunakan adalah metode Spearman, Karena metode tersebut dapat bekerja untuk satu jenis variable hidrologi saja, dimana dalam hal ini adalah hujan tahunan. Berikut contoh perhitungan uji ketiadaan trend untuk data curah hujan stasiun pengairan.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 12 \\
 \text{Jenis data} &= \text{Data hujan maksimum tahun 2004 – 2015} \\
 dk &= n - 2 \\
 &= 12 - 2 = 10 \\
 dt &= R_t - T_t \\
 &= 5 - 1 = 4 \\
 dt^2 &= 4^2 = 16 \\
 \sum dt^2 &= 388 \\
 KP &= 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \\
 &= 1 - \frac{6.388}{12^3 - 12} \\
 &= -0,357 \\
 t &= KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}}
 \end{aligned}$$

$$= -0,357 \left[\frac{12-2}{1-(-0,357^2)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= -1,207 < 1,812 \text{ (tc untuk derajat kepercayaan 5\%)}$$

$$= -1,207 < 2,764 \text{ (tc untuk derajat kepercayaan 1\%)}$$

Karena nilai t hitung lebih kecil dari 1,812 (tabel nilai t_c untuk derajat kepercayaan 5%) dan 2,764 (tabel nilai t_c untuk derajat kepercayaan 1%) maka data tersebut dapat diterima atau disimpulkan bahwa data hujan periode tahun 2004-2015 yang tercatat pada stasiun pengairan tidak terdapat *trend*, sehingga dapat digunakan untuk analisa peluang dan simulasi. Perhitungan uji ketiadaan *trend* selengkapnya ditampilkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perhitungan Uji Ketiadaan Trend Stasiun Pengairan Metode Spearman

No.	Tahun	Xi	Peringkat, Tt		Peringkat Rt	dt	dt ²
			Tahun	Xi			
1	2004	71,45	2008	220,00	5	4	16
2	2005	100,40	2010	156,50	7	5	25
3	2006	102,50	2013	119,00	10	7	49
4	2007	71,50	2012	111,50	9	5	25
5	2008	220,00	2015	111,00	12	7	49
6	2009	83,00	2006	102,50	3	-3	9
7	2010	156,50	2005	100,40	2	-5	25
8	2011	93,50	2011	93,50	8	0	0
9	2012	111,50	2014	84,00	11	2	4
10	2013	119,00	2009	83,00	6	-4	16
11	2014	84,00	2007	71,50	4	-7	49
12	2015	111,00	2004	71,45	1	-11	121
			Jumlah				388
			n				12
			KP				-0,357
			t				-1,207

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

3. Uji Stasioner

Deret berkala umumnya dibedakan menjadi dua tipe yaitu stasioner dan tidak stasioner. Deret berkala disebut stasioner apabila nilai dari parameter statistiknya (rata-rata dan varian) relatif tidak berubah dari bagian periode/runtun waktu yang ada. Jika ditemukan salah satu parameter statistiknya berubah dari bagian periode/runtun waktu yang ada maka deret berkala tersebut disebut tidak stasioner.

Deret berkala tidak stasioner menunjukkan bahwa datanya tidak homogen/tidak sama jenis.

Pengujian nilai varian dari deret berkala dapat dilakukan dengan uji F (*Fisher Test*) dan stabilitas nilai rata-rata dengan uji T (*Student Test*). Dalam uji stasioner ini data dibagi menjadi dua kelompok, sehingga data hujan pada lokasi studi terbagi menjadi kelompok I untuk periode hujan tahun 2004-2009 dan kelompok II untuk periode hujan tahun 2010-2015. Berikut contoh perhitungan uji stasioner untuk data curah hujan stasiun pengairan.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data } (N_1) &= 6 \\
 \text{Jenis data} &= \text{Data hujan maksimum tahun 2004 – 2009} \\
 X_{1\text{rerata}} &= \sum Xi \\
 &= 108,14 \text{ mm} \\
 S_1 &= 56,436 \\
 dk_1 \text{ (untuk Uji T)} &= (N_1 + N_2) - 2 \\
 &= (6 + 6) - 2 = 10 \\
 dk_1 \text{ (untuk Uji F)} &= N_1 - 1 \\
 &= 6 - 1 = 5 \\
 \sigma &= \left(\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 &= \left(\frac{6 \cdot 56,436^2 + 6 \cdot 25,119^2}{6 + 6 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 &= 47,849 \\
 t &= \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{108,14 - 112,58}{47,849 \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{6} \right)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= -0,161 < 1,812 \text{ (tc untuk derajat kepercayaan 5\%)} \\
 &= -0,161 < 2,764 \text{ (tc untuk derajat kepercayaan 1\%)} \\
 F &= \frac{N_1 \cdot S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 \cdot S_2^2 (N_1 - 1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6.56,436^2 (6-1)}{6.25,119^2 (6-1)} \\
 &= 5,048 < 5,050 (F_{\text{kritis}} \text{ untuk derajat kepercayaan } 5\%) \\
 &= 5,048 < 10,97 (F_{\text{kritis}} \text{ untuk derajat kepercayaan } 1\%)
 \end{aligned}$$

Karena nilai t_{hitung} lebih kecil dari 1,812 (tabel nilai t_c untuk derajat kepercayaan 5%) dan 2,764 (tabel nilai t_c untuk derajat kepercayaan 1%) maka dapat disimpulkan bahwa data hujan periode tahun 2004-2015 yang tercatat pada stasiun pengairan berdasarkan uji kestabilan rata-rata adalah stasioner. Di sisi yang lain, nilai F_{hitung} lebih kecil dari 5,050 (tabel nilai F_{kritis} untuk derajat kepercayaan 5%) dan 10,970 (tabel nilai F_{kritis} untuk derajat kepercayaan 1%) maka dapat disimpulkan bahwa data hujan periode tahun 2004-2015 yang tercatat pada stasiun pengairan berdasarkan uji kestabilan varian adalah stasioner atau homogen. Perhitungan uji stasioner selengkapnya ditampilkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kelompok Data Hujan Tahunan dan Perhitungan Uji Stasioner

No.	Kelompok I		No.	Kelompok II	
	Tahun	X_i		Tahun	X_i
1	2004	71,45	7	2010	156,50
2	2005	100,40	8	2011	93,50
3	2006	102,50	9	2012	111,50
4	2007	71,50	10	2013	119,00
5	2008	220,00	11	2014	84,00
6	2009	83,00	12	2015	111,00
N_1		6,00	N_2		6,00
$X1_{\text{rerata}}$		108,14	$X2_{\text{rerata}}$		112,58
S_1		56,436	S_2		25,119
dk_1	(Uji T)	10,00	dk_2	(Uji T)	10,00
dk_1	(Uji F)	5,00	dk_2	(Uji F)	5,00
t_o		47,849			
t		-0,161			
F		5,048			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

4. Uji Persistensi

Anggapan bahwa data berasal dari sampel acak (random) haruslah diuji, yang umumnya merupakan persyaratan dalam analisis distribusi peluang. Persistensi (*persistence*) adalah ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala.

Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial.

Pada uji ini, metode yang digunakan adalah metode Spearman. Berikut contoh perhitungan uji ketiadaan trend untuk data curah hujan stasiun pengairan.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (m)} &= 12 \\
 \text{Jenis data} &= \text{Data hujan maksimum tahun 2004 – 2015} \\
 dk &= m - 2 \\
 &= 12 - 2 = 10 \\
 di &= R_{t_2} - R_{t_1} \\
 &= 7 - 5 = 2 \\
 di^2 &= 2^2 = 4 \\
 \sum di^2 &= 188 \\
 KS &= 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (di)^2}{m^3 - m} \\
 &= 1 - \frac{6 \cdot 188}{12^3 - 12} \\
 &= 0,343 \\
 t &= KS \left[\frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= -0,343 \left[\frac{12-2}{1-(0,343^2)} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= 1,153 < 1,812 \text{ (tc untuk derajat kepercayaan 5\%)} \\
 &= 1,153 < 2,764 \text{ (tc untuk derajat kepercayaan 1\%)}
 \end{aligned}$$

Karena nilai t hitung lebih kecil dari 1,812 (tabel nilai tc untuk derajat kepercayaan 5%) dan 2,764 (tabel nilai tc untuk derajat kepercayaan 1%) maka data hujan periode tahun 2004-2015 yang tercatat pada stasiun pengairan adalah persisten, sehingga layak dan valid digunakan untuk analisa peluang dan simulasi.

Perhitungan uji persistensi selengkapnya ditampilkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan Uji Persistensi Stasiun Pengairan Metode Spearman

No.	Tahun	Xi	Peringkat Rt	di	di ²
1	2004	71,45	5	-	
2	2005	100,40	7	2	4
3	2006	102,50	10	3	9
4	2007	71,50	9	-1	1
5	2008	220,00	12	3	9
6	2009	83,00	3	-9	81
7	2010	156,50	2	-1	1
8	2011	93,50	8	6	36
9	2012	111,50	11	3	9
10	2013	119,00	6	-5	25
11	2014	84,00	4	-2	4
12	2015	111,00	1	-3	9
Jumlah					188
KS					0,343
t					1,153

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

4.2.2 Curah Hujan Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dengan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Curah hujan ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan (Sosrodarsono, 1980:27).

Untuk mengetahui curah hujan di kawasan Kelurahan Sumbersari berdasarkan data curah hujan harian dari pengamatan stasiun hujan pengairan tahun 2004 sampai dengan tahun 2015, maka digunakan metode *arithmetic mean*. Perhitungan curah hujan daerah dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Curah Hujan Maksimum Rata-Rata Daerah

No.	Kejadian			Stasiun Hujan Pengairan (mm)	Curah Hujan Maksimum (mm)
	Tahun	Tanggal	Bulan		
1	2004	25	Februari	71,45	71,45
2	2005	20	Juni	100,40	100,40
3	2006	24	Mei	102,50	102,50
4	2007	20	April	71,50	71,50
5	2008	13	Desember	220,00	220,00
6	2009	31	Desember	83,00	83,00
7	2010	7	November	156,50	156,50

No.	Kejadian			Stasiun Hujan Pengairan (mm)	Curah Hujan Maksimum (mm)
	Tahun	Tanggal	Bulan		
8	2011	24	April	93,50	93,50
9	2012	12	Februari	111,50	111,50
10	2013	23	Oktober	119,00	119,00
11	2014	21	April	84,00	84,00
12	2015	3	Mei	111,00	111,00

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

4.2.3 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan curah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan kala ulang tertentu. Metode yang digunakan dalam analisa curah hujan rancangan ini adalah Gumbel dan Log Pearson III dengan pertimbangan bahwa metode ini lebih dapat dipakai untuk semua sebaran data. Adapun tahapan-tahapan perhitungan untuk mencari curah hujan rancangan pada masing-masing metode adalah sebagai berikut :

1. Metode Gumbel

- Menghitung nilai X_{rerata} , $X_i - X_{\text{rerata}}$, $(X_i - X_{\text{rerata}})^2$, dan X_i^2
- Menghitung besar standar deviasinya (simpangan baku) dengan memasukkan harga $(X_i - X_{\text{rerata}})^2$ yang terdapat pada tabel 4.8. mulai dari tahun 2004 sampai dengan 2015. Dari persamaan dibawah dapat dicari harga simpangan baku

$$\begin{aligned}
 S_i &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1514,18 + \dots + 0,41)}{12-1}} \\
 &= 41,712
 \end{aligned}$$

- Menghitung besarnya C_s dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^3}{(n-1)(n-2)S_i^3} \\
 &= \frac{12 \times (-58920,63 + \dots + 0,26)}{(12-1)(12-2)41,712^3} \\
 &= 1,885
 \end{aligned}$$

- Menghitung besarnya C_k dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 C_k &= \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \\
 &= \frac{12^2 \times (2292749,12 + \dots + 0,17)}{(12-1)(12-2)(12-3)41,712^4} \\
 &= 7,435
 \end{aligned}$$

- Jumlah data (n) = 12, maka dari tabel didapatkan $Y_n = 0,5035$ dan $S_n = 0,9833$.

- $\frac{1}{a} = \frac{S_i}{S_n} = \frac{41,712}{0,9833} = 42,4206$

- $b = \bar{X} - \frac{Y_n \cdot S_i}{S_n}$
 $= 110,36 - \frac{0,5035 \cdot 41,712}{0,9833} = 89,0037$

- Dari tabel Y_T diperoleh $Tr\ 2 \rightarrow Y_2 = 0,3668$

- Hitung $X_{\text{rancangan}}$ dengan persamaan

$$X_{\text{rancangan}} = b + \frac{1}{a} \cdot Y_t$$

$$\begin{aligned}
 X_{\text{rancangan } 2} &= 89,0037 + 42,4206 \cdot 0,3668 \\
 &= 104,56 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, curah hujan rancangan kala ulang 2 tahun sebesar 104,56 mm. Untuk curah hujan kala ulang lainnya dengan cara yang sama dapat dilihat pada tabel 4.8 sampai tabel 4.9.

Tabel 4.8 Perhitungan Metode Gumbel

No.	Tahun	X_i	$X_i - X_{\text{rerata}}$	$(X_i - X_{\text{rerata}})^2$	X_i^2
1	2004	71,45	-38,91	1514,18	5105,10
2	2005	100,40	-9,96	99,25	10080,16
3	2006	102,50	-7,86	61,82	10506,25
4	2007	71,50	-38,86	1510,29	5112,25
5	2008	220,00	109,64	12020,38	48400,00
6	2009	83,00	-27,36	748,71	6889,00
7	2010	156,50	46,14	2128,67	24492,25
8	2011	93,50	-16,86	284,34	8742,25
9	2012	111,50	1,14	1,29	12432,25
10	2013	119,00	8,64	74,61	14161,00

No.	Tahun	X_i	$X_i - X_{\text{rerata}}$	$(X_i - X_{\text{rerata}})^2$	X_i^2
11	2014	84,00	-26,36	694,98	7056,00
12	2015	111,00	0,64	0,41	12321,00
Jumlah		1324,35		19138,94	165297,51
Rata-rata		110,36			
Standar Deviasi				41,712	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.9 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

No.	Kala Ulang (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)
1	2	104,56
2	5	152,65
3	10	184,49

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

2. Metode Log Pearson Tipe III

- Mengubah curah hujan harian maksimum dalam bentuk logaritma
- Menghitung nilai logaritma rata-rata dengan persamaan

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n}$$

$$\begin{aligned} \text{Log}\bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^n 24,2400}{12} \\ &= 2,020 \end{aligned}$$

- Menghitung besar standar deviasinya (simpangan baku) dengan memasukkan harga $(\text{Log } X - \text{Log } X_{\text{rerata}})^2$ yang terdapat pada tabel 4.10. mulai dari tahun 2004 sampai dengan 2015. Dari persamaan (2-13) dapat dicari harga simpangan baku seperti di bawah ini.

$$\begin{aligned} S_i &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(0,028 + \dots + 0,001)}{12-1}} \\ &= 0,140 \end{aligned}$$

- Menghitung besarnya C_s dengan persamaan (2-14)

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)S_i^3} \\
 &= \frac{12 \times (-0,005 + \dots + 0,000)}{(12-1)(12-2)0,140^3} \\
 &= 1,105
 \end{aligned}$$

- Menghitung besarnya curah hujan rancangan untuk kala ulang yang telah ditentukan dengan memasukkan harga rerata log X mulai tahun 2004 sampai tahun 2015 sebesar 2,020. Nilai K yang diperoleh dari Lampiran Tabel Distribusi Log Pearson Tipe III sebesar -0,181 untuk kala ulang 2 tahun dan Si = 0,140 ke dalam persamaan (2-15)

$$\begin{aligned}
 \text{Log X} &= \overline{\log x} + K \cdot S_i \\
 &= 2,020 + (-0,181 \times 0,140) = 1,995 \\
 X &= 98,78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, curah hujan rancangan kala ulang 2 th sebesar 98,78 mm. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.10 sampai tabel 4.11.

Tabel 4.10 Perhitungan Log Pearson Tipe III

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)	Log X	Log X - Log X_{rerata}	(Log X - Log X_{rerata}) ²	(Log X - Log X_{rerata}) ³
1	2004	71,45	1,854	-0,166	0,028	-0,005
2	2005	100,40	2,002	-0,018	0,000	0,000
3	2006	102,50	2,011	-0,009	0,000	0,000
4	2007	71,50	1,854	-0,166	0,027	-0,005
5	2008	220,00	2,342	0,322	0,104	0,034
6	2009	83,00	1,919	-0,101	0,010	-0,001
7	2010	156,50	2,195	0,175	0,030	0,005
8	2011	93,50	1,971	-0,049	0,002	0,000
9	2012	111,50	2,047	0,027	0,001	0,000
10	2013	119,00	2,076	0,056	0,003	0,000
11	2014	84,00	1,924	-0,096	0,009	-0,001
12	2015	111,00	2,045	0,025	0,001	0,000
Jumlah		1324,35	24,240	0,000	0,216	0,028
Rerata		110,36	2,020	0,000	0,018	0,002
Standar Deviasi					0,140	
Cs					1,105	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.11 Hujan Rancangan Metode Log Pearson Tipe III

Tr (Tahun)	Pr (%)	Log X_{rerata}	Sd	Cs	K (Tabel)	$X_{\text{rencangan}}$ (mm)	
						Log X	X
2	50	2,020	0,140	1,105	-0,181	1,995	98,78
5	20	2,020	0,140	1,105	0,744	2,124	133,15
10	10	2,020	0,140	1,105	1,341	2,208	161,41

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

4.2.4 Uji Kesesuaian Distribusi

1. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis, yang dinyatakan dalam Δ . Harga Δ terbesar (Δ_{maks}) dibandingkan dengan Δ_{Cr} (dari Tabel *Smirnov Kolmogorof*) dengan tingkat keyakinan α tertentu.

Pada tahap ini metode distribusi yang sudah dihitung sebelumnya yaitu metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III akan diuji. Distribusi dianggap sesuai jika $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{Cr}}$. Langkah-langkah perhitungan untuk masing-masing metode adalah sebagai berikut:

a. Metode Gumbel

- Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor urut data mulai dari yang terkecil sampai terbesar.

$$P(X) = \frac{12}{(12+1)} \times 100\%$$

$$= 0,923$$

- Menghitung nilai $Pe(X)$

$$Pe(X) = 1 - 0,923$$

$$= 0,077$$

- Menghitung nilai $f(t)$

$$f(t) = \frac{X - \bar{X}}{S_i}$$

$$= \frac{220 - 110,363}{41,712} = 2,628$$

- Menghitung nilai $P'(X)$

$$P'(X) = \frac{112}{(12-1)} \times 100\%$$

$$= 1,091$$

- Menghitung nilai $Pt(X)$

$$Pt(X) = 1 - 1,091$$

$$= -0,091$$

- Menghitung selisih $Pe(X)$ dan $Pt(X)$ dengan persamaan

$$\Delta_{maks} = |Pe(X) - Pt(X)|$$

$$= |0,077 - (-0,091)|$$

$$= 0,168$$

- Mencari nilai Δ_{cr} lalu bandingkan dengan Δ_{maks} . Untuk $\alpha = 5\%$ diperoleh $\Delta_{cr} = 0,475$ dan Δ_{maks} adalah $0,168$. Karena $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ maka data dapat diterima. dari tabel harga kritis uji smirnov-kolmogorov untuk $n = 12$, dan $\alpha = 1\%$ diperoleh $\Delta_{cr} = 0,450$. Karena $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ maka data dapat diterima. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Smirnov-Kolmogorov untuk Metode Gumbel

No.	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)	P(X)	Pe(X)	f(t)	P'(X)	Pt(X)	Pe(X) - Pt(X)
1	71,45	0,077	0,923	-0,933	0,091	0,909	0,014
2	71,50	0,154	0,846	-0,932	0,182	0,818	0,028
3	83,00	0,231	0,769	-0,656	0,273	0,727	0,042
4	84,00	0,308	0,692	-0,632	0,364	0,636	0,056
5	93,50	0,385	0,615	-0,404	0,455	0,545	0,070
6	100,4	0,462	0,538	-0,239	0,545	0,455	0,084
7	102,5	0,538	0,462	-0,188	0,636	0,364	0,098
8	111,00	0,615	0,385	0,015	0,727	0,273	0,112
9	111,50	0,692	0,308	0,027	0,818	0,182	0,126
10	119,00	0,769	0,231	0,207	0,909	0,091	0,140
11	156,50	0,846	0,154	1,106	1,000	0,000	0,154
12	220,00	0,923	0,077	2,628	1,091	-0,091	0,168
	Rerata		110,363				
	Standar Deviasi		41,712			Δ_{max}	0,168
	Cs		1,885				

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

b. Metode Log Pearson Tipe III

- Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor urut data mulai dari yang terkecil sampai terbesar.

$$\begin{aligned} S_n &= \frac{1}{(12+1)} \times 100\% \\ &= 0,077 \end{aligned}$$

- Mencari nilai logaritma dari data hujan rerata maksimum.

$$\text{Log } 119,00 = 2,076$$

- Mencari nilai K

$$\begin{aligned} \text{Log } X &= \text{Log } X + (K \times S_i) \\ K &= (\text{Log } X - \text{Log } X_{\text{rerata}}) / S_i \\ &= (2,076 - 2,020) / 0,140 \\ &= 0,396 \end{aligned}$$

- Mencari harga Pr melalui tabel distribusi Log Pearson Type III, didapat Pr = 31,287

- Menghitung nilai Pt(X)

$$\begin{aligned} \text{Pt}(X) &= 100 - 31,287 \\ &= 0,687 \end{aligned}$$

- Menghitung selisih Pe(X) dan Pt(X) dengan persamaan

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{maks}} &= | \text{Pe}(X) - \text{Pt}(X) | \\ &= | 0,769 - 0,687 | \\ &= 0,082 \end{aligned}$$

- Mencari nilai Δ_{cr} lalu bandingkan dengan Δ_{maks} . Untuk $\alpha = 5\%$ diperoleh $\Delta_{\text{cr}} = 0,375$ dan Δ_{maks} adalah 0,082. Karena $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{cr}}$ maka data dapat diterima. dari tabel harga kritis uji smirnov-kolmogorov untuk $n = 12$, dan $\alpha = 1\%$ diperoleh $\Delta_{\text{cr}} = 0,450$. Karena $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{cr}}$ maka data dapat diterima. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Smirnov-Kolmogorov untuk Metode Log Pearson Tipe III

No.	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)	Log X	Pe(X)	K	Pr	Pt(X)	Pe(X) - Pt(X)
1	71,45	1,854	0,077	-1,184	92,277	0,077	0,000
2	71,50	1,854	0,154	-1,182	92,214	0,078	0,076
3	83,00	1,919	0,231	-0,720	74,256	0,257	0,027
4	84,00	1,924	0,308	-0,683	72,587	0,274	0,034
5	93,50	1,971	0,385	-0,351	57,656	0,423	0,039
6	100,4	2,002	0,462	-0,130	48,365	0,516	0,055
7	102,5	2,011	0,538	-0,066	46,285	0,537	0,001
8	111,00	2,045	0,615	0,181	38,280	0,617	0,002
9	111,50	2,047	0,692	0,195	37,828	0,622	0,071
10	119,00	2,076	0,769	0,396	31,287	0,687	0,082
11	156,50	2,195	0,846	1,245	11,606	0,884	0,038
12	220,00	2,342	0,923	2,300	3,102	0,969	0,046
Rerata		2,020	0,500	0,000	50,479	0,495	0,039
Standar Deviasi			0,140				
Cs			1,105			Δ_{\max}	0,082

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

2. Uji Chi-Square

Contoh perhitungan untuk curah hujan tahun 2004 sampai dengan tahun 2015. Pada tahap ini metode distribusi yang sudah dihitung sebelumnya yaitu metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III akan diuji. Distribusi dianggap sesuai jika $X^2_{hitung} < X^2_{kritis}$. Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

a. Metode Gumbel

- Penentuan banyak kelas dengan persamaan (2-18)

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,322 \text{ Log } n \\ &= 1 + 3,322 \text{ Log } 12 \\ &= 5 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai selisih tiap kelas (ΔX) dengan persamaan

$$\begin{aligned} \Delta X &= (X_{\max} - X_{\min}) / (K - 1) \\ &= (220 - 71,45) / (5 - 1) \\ &= 37,14 \approx 37 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai awal pada batas kelas

$$\begin{aligned} X_{\text{awal}} &= X_{\text{min}} - (1/2 \cdot \Delta X) \\ &= 71,45 - (1/2 \cdot 37) \\ &= 52,95 \approx 53 \end{aligned}$$

- Menghitung frekuensi teoritis

$$\begin{aligned} Ef &= n / K \\ &= 12 / 5 = 2,4 \end{aligned}$$

- Mencari derajat kebebasan (Dk)

$$\begin{aligned} Dk &= K - h - 1, \text{ dimana } h = 2 \\ Dk &= 2 \end{aligned}$$

sehingga didapat $\alpha = 5\%$ dan $\alpha = 1\%$ melalui tabel harga *chi-square*.

- Mencari nilai X^2 hitung :

$$\begin{aligned} X^2_{\text{hitung}} &= \sum \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \\ &= 10,500 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Chi-Square untuk Metode Gumbel

No	Batas Kelas (mm)	Jumlah Data		Ef - Of	$(Ef - Of)^2 / Ef$
		<i>Expected Frequency (Ef)</i>	<i>Observed Frequency (Of)</i>		
1	0 - 53	2,4	0	2,400	2,400
2	53 - 90	2,4	4	1,600	1,067
3	90 - 127	2,4	6	3,600	5,400
4	127 - 164	2,4	1	1,400	0,817
5	164 - ~	2,4	1	1,400	0,817
Jumlah		12	12		10,500

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan nilai $\alpha = 5\%$ maka X^2_{kritis} dari tabel = 5,991 (lampiran harga tabel *chi - square*) dan dengan nilai $\alpha = 1\%$ maka X^2_{kritis} dari tabel = 9,210 (lampiran harga tabel *chi - square*). Karena $X^2_{\text{hitung}} > X^2_{\text{kritis}}$, maka distribusi Gumbel ditolak.

- b. Metode Log Pearson Tipe III

- Penentuan banyak kelas dengan persamaan (2-18)

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,322 \text{ Log } n \\ &= 1 + 3,322 \text{ Log } 12 = 5 \end{aligned}$$

- Sebaran peluang untuk masing masing kelas adalah $100\% / 5 = 20\%$

$$\text{Log } Y = \text{Log } X_{\text{rerata}} + K \cdot \text{Simpangan Baku}$$

$$= 2,020 + (-0,848 \cdot 0,140)$$

$$Y = 79,648$$

- Menghitung frekuensi teoritis

$$E_f = n / K$$

$$= 12 / 5 = 2,4$$

- Mencari derajat kebebasan (Dk)

$$Dk = K - h - 1, \text{ dimana } h = 2$$

$$Dk = 2$$

sehingga didapat $\alpha = 5\%$ dan $\alpha = 1\%$ melalui tabel harga *chi-square*.

- Mencari nilai X^2 hitung :

$$X^2_{\text{hitung}} = \sum \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} = 0,500$$

Tabel 4.15 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Chi-Square untuk Metode Log Pearson Tipe III Bagian 1

Probabilitas	K	K * Sd	LOG Y	Y
80	-0,848	-0,119	1,901	79,648
60	-0,403	-0,056	1,964	91,940
40	0,128	0,018	2,038	109,116
20	0,744	0,104	2,124	133,146

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.16 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Chi-Square untuk Metode Log Pearson Tipe III Bagian 2

No	Batas Kelas (mm)	Jumlah Data		Ef - Of	(Ef - Of) ² /Ef
		Expected Frequency (Ef)	Observed Frequency (Of)		
1	0 - 79,648	2,4	2	0,400	0,067
2	79,648 - 91,940	2,4	2	0,400	0,067
3	91,940 - 109,116	2,4	3	0,600	0,150
4	109,116 - 133,146	2,4	3	0,600	0,150
5	133,146 - ~	2,4	2	0,400	0,067
Jumlah		12	12		0,500

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan nilai $\alpha = 5\%$ maka X^2_{kritis} dari tabel = 5,991 (lampiran harga tabel *chi - square*) dan dengan nilai $\alpha = 1\%$ maka X^2_{kritis} dari tabel = 9,210 (lampiran harga tabel *chi - square*). Karena $X^2_{hitung} < X^2_{kritis}$, maka distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Tabel 4.17 Rekapitulasi Syarat Pemilihan Distribusi

Jenis Distribusi	Kriteria	Hasil	Kesimpulan
Log Pearson	$Cs \neq 0$	$Cs = 1,105$	Diterima
Gumbel	$Cs \leq 1,1396$ dan $Ck \leq 5,4002$	$Cs = 1,885$ dan $Ck = 7,435$	Ditolak

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.18 Rekapitulasi Uji Kesesuaian Distribusi

No	Kala Ulang (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)	
		Metode Log Pearson	Metode Gumbel
1	2	98,78	104,56
2	5	133,15	152,65
3	10	161,41	184,49

Uji Smirnov Kolmogorov

Interpretasi hasil:

Jika $\Delta_{maksimum} < \Delta_{kritis}$ maka, distribusi yang digunakan bisa diterima

$\Delta_{maksimum}$	0,082	0,168
Δ_{kritis} untuk a 5%	0,375	0,375
Kesimpulan	Diterima	Diterima
Δ_{kritis} untuk a 1%	0,450	0,450
Kesimpulan	Diterima	Diterima

Uji Chi-Square

Interpretasi hasil:

Jika $X^2_{hitung} < X^2_{kritis}$ maka, distribusi yang digunakan bisa diterima

X^2_{hitung}	0,500	10,500
X^2_{kritis} untuk a 5%	5,991	5,991
Kesimpulan	Diterima	Ditolak
X^2_{kritis} untuk a 1%	9,210	9,210
Kesimpulan	Diterima	Ditolak

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Dari hasil perhitungan dan rekapitulasi tabel 4.18 dapat dilihat bahwa perhitungan hujan rancangan metode Log Pearson Tipe III memenuhi syarat pemilihan distribusi dan uji kesesuaian distribusi. Untuk perhitungan hujan rancangan metode Gumbel tidak memenuhi syarat pemilihan distribusi dan uji Chi-Square. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa pada perhitungan evaluasi kapasitas tampungan saluran drainase eksisting akan menggunakan curah hujan rancangan metode Log Pearson Tipe III.

4.2.5 Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan adalah tinggi 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. Data hujan dapat diperoleh dari analisa pencatatan hujan otomatis dan pencatatan kertas grafis pada alat ukur hujan otomatis, kemudian diperoleh pencatatan waktu hujan yang lebih pendek misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, dan jam-jaman (Nugroho, 2011:28).

Apabila di sekitar daerah penelitian tidak terdapat stasiun hujan otomatis maka dengan sangat terpaksa dapat digunakan rumus pendekatan yang kebenarannya perlu ditelusuri kembali, hal ini supaya dapat menentukan rumus apa yang paling sesuai dengan daerah penelitian, belakangan ini banyak rumus-rumus pendekatan yang dibuat berdasarkan hasil percobaan di suatu daerah penelitian yang karakter distribusi intensitas hujan berbeda-beda (Nugroho, 2011: 30).

Untuk rumus intensitas hujan dinyatakan dengan rumus:

$$R_T = \frac{R_{24}}{t} \left(\frac{t}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dengan:

R_T	= Intensitas hujan rata-rata dalam T jam	(mm/jam)
R_{24}	= Curah hujan efektif dalam satu hari	(mm)
t	= Waktu mulai hujan	(jam)
T	= Waktu konsentrasi hujan	(jam)

Curah hujan jam-jaman dihitung dengan menganggap hujan terpusat selama 6 jam setiap hari. Langkah perhitungan untuk intensitas hujan kala ulang 5 tahun adalah sebagai berikut:

- Rerata hujan sampai jam ke T

Untuk daerah di Indonesia rata-rata $t = 6$ jam, maka:

$$T = 1 \text{ jam} \quad R_1 = R_{24}/6 \cdot (6/1)^{2/3} = 0,5503 \cdot R_{24}$$

$$\begin{aligned}
 T = 2 \text{ jam} & \quad R_2 = R_{24}/6.(6/2)^{2/3} = 0,3467.R_{24} \\
 T = 3 \text{ jam} & \quad R_3 = R_{24}/6.(6/3)^{2/3} = 0,2646.R_{24} \\
 T = 4 \text{ jam} & \quad R_4 = R_{24}/6.(6/4)^{2/3} = 0,2184.R_{24} \\
 T = 5 \text{ jam} & \quad R_5 = R_{24}/6.(6/5)^{2/3} = 0,1882.R_{24} \\
 T = 6 \text{ jam} & \quad R_6 = R_{24}/6.(6/6)^{2/3} = 0,1667.R_{24}
 \end{aligned}$$

b. Persentase Hujan Jam-Jaman (Rasio)

$$R_t = (t \times R_t) - ((t-1)(R_{t-1}))$$

$$T = 1 \text{ jam} \quad R_1 = (1 \times 0,5503R_{24}) - ((1-1) \times R_0)$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,5503R_{24} - 0$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,5503 \times 100\% = 55 \%$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = (2 \times 0,3467R_{24}) - ((2-1) \times 0,5503R_{24})$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,6934R_{24} - 0,5503R_{24}$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,1430 \times 100\% = 14\%$$

$$T = 3 \text{ jam} \quad R_3 = (3 \times 0,2646R_{24}) - ((3-1) \times 0,3467R_{24})$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,7937R_{24} - 0,6934R_{24}$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,1003 \times 100\% = 10\%$$

$$T = 4 \text{ jam} \quad R_4 = (4 \times 0,2184R_{24}) - ((4-1) \times 0,2646R_{24})$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,8736R_{24} - 0,7937R_{24}$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,0799 \times 100\% = 8 \%$$

$$T = 5 \text{ jam} \quad R_5 = (5 \times 0,1882R_{24}) - ((5-1) \times 0,2184R_{24})$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,941R_{24} - 0,8736R_{24}$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,0675 \times 100\% = 7 \%$$

$$T = 6 \text{ jam} \quad R_6 = (6 \times 0,1667R_{24}) - ((6-1) \times 0,1882R_{24})$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = R_{24} - 0,941R_{24}$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = 0,059 \times 100\% = 6 \%$$

c. Perhitungan Intensitas Hujan Jam-jaman

$$R_{5 \text{ th}} = \text{Rasio} \cdot X_{\text{rancangan}}$$

$$= 55\% \cdot 133,15 \text{ mm}$$

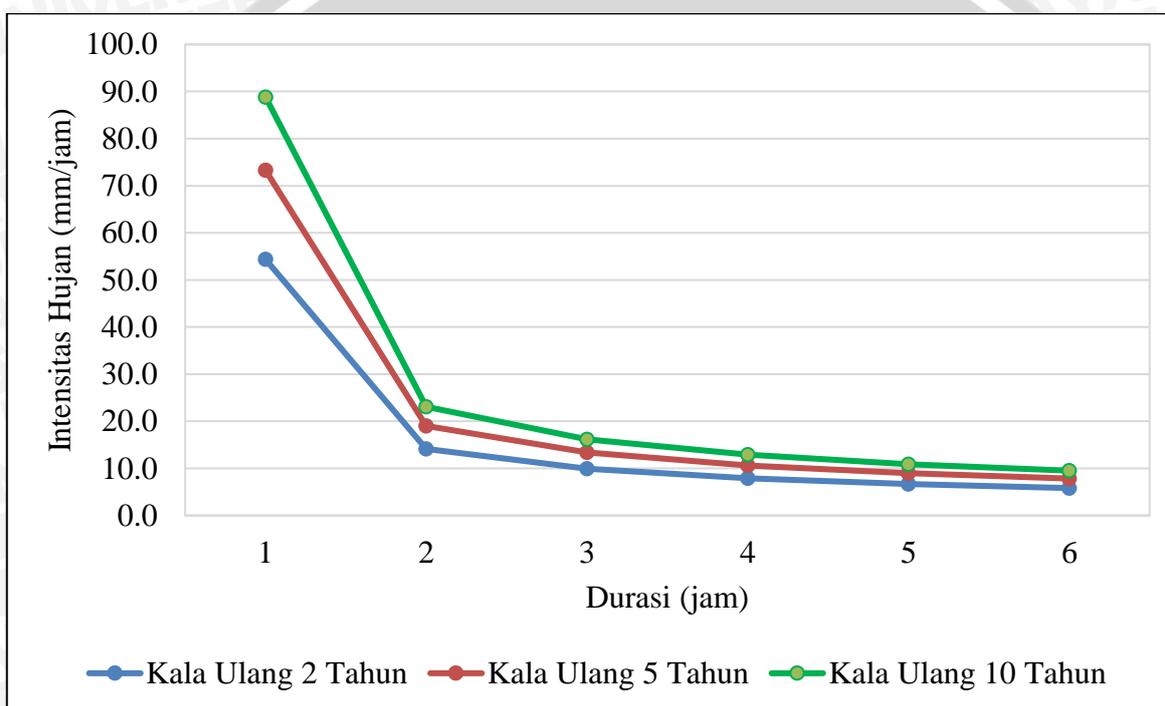
$$= 73,27 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.19 Perhitungan Intensitas Hujan Jam-jaman Metode Mononobe

Jam Ke	Rasio	Kumulatif	Intensitas Hujan dengan Kala Ulang (mm/jam)		
			2 th	5 th	10 th
1	55%	55%	54,36	73,27	88,83
2	14%	69%	14,13	19,05	23,09

Jam Ke	Rasio	Kumulatif	Intensitas Hujan dengan Kala Ulang (mm/jam)		
			2 th	5 th	10 th
3	10%	79%	9,91	13,36	16,20
4	8%	87%	7,89	10,64	12,89
5	7%	94%	6,66	8,98	10,89
6	6%	100%	5,82	7,85	9,52
Hujan Rancangan (mm)			98,78	133,15	161,41
Koefisien Pengaliran			0,60	0,60	0,60
Hujan Efektif (mm)			59,27	79,89	96,85

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016



Gambar 4.5 Grafik Kurva Intensitas Hujan Jam-jaman Metode Mononobe

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

4.2.6 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di permukaan akibat hujan (limpasan) dengan jumlah curah hujan yang turun di daerah tersebut (Suhardjono, 2013:78). Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa tata guna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Contoh diambil dari Saluran Jakarta Kiri sebagai berikut :

$$\text{Luas Pengaliran} = 3,6 \text{ Ha}$$

Pemukiman = 3,2 Ha

Jalan Aspal = 0,4 Ha

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot x C_i}{\sum_i A_i}$$

$$= \frac{0,40 \cdot 3,2 + 0,90 \cdot 0,4}{3,2 + 0,4}$$

$$= 0,45$$

4.2.7 Perhitungan Debit Rancangan dengan Menggunakan Metode Rasional

Metode rasional modifikasi merupakan pengembangan dari metode rasional untuk intensitas curah hujan yang lebih lama dari waktu konsentrasi. Metode ini telah dikembangkan sehingga konsep metode rasional modifikasi ini dapat menghasilkan hidrograf untuk memperhitungkan koefisien limpasan, koefisien tampungan, intensitas hujan dan luas daerah aliran dalam menghitung debit limpasan. Berikut adalah contoh perhitungan untuk Saluran Jakarta Kiri dengan hujan kala ulang 5 tahun yang menggunakan rumus (Suhardjono,2013:109):

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,00278 \cdot 0,45 \cdot 73,27 \cdot 3,6$$

$$= 0,333 \text{ m}^3/\text{det}$$

Selanjutnya perhitungan koefisien pengaliran dan perhitungan debit rancangan disajikan pada tabel 4.20 dan 4.21.

Tabel 4.20 Perhitungan Debit Limpasan Air Hujan Metode Rasional Kala Ulang 5 Tahun

Saluran Sekunder									
No.	Nama Saluran	Tata Guna Lahan	Luas Area (Ha)	Luas Catchment Area (Ha)	Koef. Pengaliran (C)	Koef. Pengaliran Rata-rata	Intensitas Hujan (mm/jam)	Q (m ³ /det)	Q limpasan total (m ³ /det)
1	Jl. Veteran Ka	Pemukiman	12,4	13	0,40	0,42	73,27	1,010	1,120
		Jalan	0,6		0,90			0,110	
2	Jl. Sumpersari Ka	Pemukiman	5,3	5,8	0,60	0,63	73,27	0,647	0,740
		Jalan	0,5		0,90			0,093	
3	Jl. Bend. Sutami Ka	Pemukiman	22,7	24	0,40	0,43	73,27	1,846	2,093
		Jalan	1,3		0,90			0,247	

Saluran Tersier									
No.	Nama Saluran	Tata Guna Lahan	Luas Area (Ha)	Luas Catchment Area (Ha)	Koef. Pengaliran (C)	Koef. Pengaliran Rata-rata	Intensitas Hujan (mm/jam)	Q (m ³ /det)	Q limpasan total (m ³ /det)
1	Jl. Jakarta Ki	Pemukiman	3,2	3,6	0,40	0,45	73,27	0,262	0,333
		Jalan	0,4		0,90			0,071	
2	Jl. Bogor	Pemukiman	6,8	7,2	0,40	0,43	73,27	0,550	0,632
		Jalan	0,5		0,90			0,082	
3	Jl. Terusan Surabaya Ki	Pemukiman	4,4	4,7	0,40	0,43	73,27	0,361	0,410
		Jalan	0,3		0,90			0,049	
4	Jl. Bendungan Sutami Ki	Pemukiman	8,9	9,5	0,60	0,62	73,27	1,088	1,198
		Jalan	0,6		0,90			0,110	
5	Jl. Surabaya Ki	Pemukiman	7,7	8,1	0,40	0,42	73,27	0,628	0,700
		Jalan	0,4		0,90			0,071	
6	Jl. Bend. Siguragura Ki	Pemukiman	6,4	7,1	0,40	0,45	73,27	0,524	0,647
		Jalan	0,7		0,90			0,123	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.21 Perhitungan Debit Limpasan Air Hujan Metode Rasional Kala Ulang 10 Tahun

Saluran Sekunder									
No.	Nama Saluran	Tata Guna Lahan	Luas Area (Ha)	Luas Catchment Area (Ha)	Koef. Pengaliran (C)	Koef. Pengaliran Rata-rata	Intensitas Hujan (mm/jam)	Q (m ³ /det)	Q limpasan total (m ³ /det)
1	Jl. Veteran Ka	Pemukiman	12,4	13	0,40	0,42	88,83	1,225	1,358
		Jalan	0,6		0,90			0,133	
2	Jl. Sumpersari Ka	Pemukiman	5,3	5,8	0,60	0,63	88,83	0,784	0,897
		Jalan	0,5		0,90			0,113	
3	Jl. Bend. Sutami Ka	Pemukiman	22,7	24	0,40	0,43	88,83	2,238	2,537
		Jalan	1,3		0,90			0,299	

Saluran Tersier									
No.	Nama Saluran	Tata Guna Lahan	Luas Area (Ha)	Luas Catchment Area (Ha)	Koef. Pengaliran (C)	Koef. Pengaliran Rata-rata	Intensitas Hujan (mm/jam)	Q (m ³ /det)	Q limpasan total (m ³ /det)
1	Jl. Jakarta Ki	Pemukiman	3,2	3,6	0,40	0,45	88,83	0,317	0,404
		Jalan	0,4		0,90			0,087	
2	Jl. Bogor	Pemukiman	6,8	7,2	0,40	0,43	88,83	0,667	0,767
		Jalan	0,5		0,90			0,100	
3	Jl. Terusan Surabaya Ki	Pemukiman	4,4	4,7	0,40	0,43	88,83	0,438	0,498
		Jalan	0,3		0,90			0,060	

No.	Nama Saluran	Tata Guna Lahan	Luas Area (Ha)	Luas Catchment Area (Ha)	Koef. Pengaliran (C)	Koef. Pengaliran Rata-rata	Intensitas Hujan (mm/jam)	Q (m ³ /det)	Q limpasan total (m ³ /det)
4	Jl. Bendugan Sutami Ki	Pemukiman	8,9	9,5	0,60	0,62	88,83	1,319	1,452
		Jalan	0,6		0,90			0,133	
5	Jl. Surabaya Ki	Pemukiman	7,7	8,1	0,40	0,42	88,83	0,762	0,848
		Jalan	0,4		0,90			0,087	
6	Jl. Bend. Siguragura Ki	Pemukiman	6,4	7,1	0,40	0,45	88,83	0,635	0,784
		Jalan	0,7		0,90			0,149	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

4.2.8 Perhitungan Debit Air Kotor

Perhitungan debit air buangan penduduk yang digunakan adalah jumlah penduduk Kelurahan Sumpersari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang pada tahun 2016. Selanjutnya, perhitungan debit air kotor dihitung sebagai berikut dengan Saluran Jakarta Kiri digunakan sebagai contoh perhitungan.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah penduduk} &= 14.661 \text{ jiwa} \\
 \text{Jumlah kebutuhan air penduduk} &= 150 \text{ liter/hari/jiwa} \\
 \text{Jumlah air buangan penduduk (q)} &= 80\% \times 150 \text{ liter/hari/jiwa} \\
 &= 120 \text{ liter/orang/jiwa} \\
 &= 0,0014 \text{ liter/detik/jiwa} \\
 \text{Luas daerah (A)} &= 77,8 \text{ ha} \\
 \text{Debit air kotor rata-rata} &= \frac{P_n \cdot xq}{A} \\
 &= \frac{14.661 \times 0,0000014}{77,8} \\
 &= 0,00026 \text{ m}^3/\text{det/ha} \\
 \text{Debit air kotor per daerah} &= 0,00026 \text{ m}^3/\text{det/ha} \times 3,2 \text{ ha} \\
 &= 0,00084 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Perhitungan Debit Air Kotor Kondisi Eksisting

No.	Nama Saluran	Penduduk (Jiwa)	Keb. Air (lt/hari/jiwa)	Air Buangan		Luas Pemukiman (ha)	Q _{per ha}	Q _{air kotor} (m ³ /det)
				(lt/hari/jiwa)	(lt/dt/jiwa)			
1	Jl. Veteran Ka	14661	150	120	0,0014	12,4	0,00026	0,00325
2	Jl. Sumbersari Ka	14661	150	120	0,0014	5,3	0,00026	0,00139
3	Jl. Bend. Sutami Ka	14661	150	120	0,0014	22,7	0,00026	0,00593
Saluran Tersier								
No.	Nama Saluran	Penduduk (Jiwa)	Keb. Air (lt/hari/jiwa)	Air Buangan		Luas Pemukiman (ha)	Q _{per ha}	Q _{air kotor} (m ³ /det)
				(lt/hari/jiwa)	(lt/dt/jiwa)			
1	Jl. Jakarta Ki	14661	150	120	0,0014	3,2	0,00026	0,00084
2	Jl. Bogor	14661	150	120	0,0014	6,8	0,00026	0,00177
3	Jl. Terusan Surabaya Ki	14661	150	120	0,0014	4,4	0,00026	0,00116
4	Jl. Bendungan Sutami Ki	14661	150	120	0,0014	8,9	0,00026	0,00233
5	Jl. Surabaya Ki	14661	150	120	0,0014	7,7	0,00026	0,00202
6	Jl. Bend. Siguragura Ki	14661	150	120	0,0014	6,4	0,00026	0,00168

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

4.2.9 Perhitungan Kapasitas Saluran

Perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran dalam menampung debit yang ada. Kapasitas saluran drainase eksisting ini selanjutnya dibandingkan dengan total debit rencana (debit impasan air hujan dan debit air kotor). Apabila kapasitas saluran drainase eksisting lebih besar daripada debit rencana, maka saluran drainase masih bisa menampung debit yang ada. Jika yang terjadi sebaliknya, maka saluran drainase eksisting disarankan untuk direncanakan perbaikan dimensi agar kapasitasnya memenuhi. Berikut merupakan contoh perhitungan saluran drainase dengan bentuk segi empat dan trapesium.

Saluran Jakarta Kiri dengan bentuk penampang trapesium

$$T = 0,87 \text{ m}$$

$$b = 0,70 \text{ m}$$

$$h = 0,60 \text{ m}$$

$$n = 0,013$$

$$m = 0,61$$

$$mh = 0,085$$

$$s = 0,001$$

$$A = (b + mh)h$$

$$= (0,70 + 0,085)0,60$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,471 \text{ m}^2 \\
 P &= b + 2h\sqrt{1+m^2} \\
 &= 0,70 + 2 \cdot 0,60\sqrt{1+0,61^2} \\
 &= 2,103 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= A/P \\
 &= 0,471 \text{ m}^2 / 2,103 \text{ m} \\
 &= 0,224 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sal}} &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= \frac{1}{0,013} \cdot 0,224^{2/3} \cdot 0,001^{1/2} \\
 &= 0,897 \text{ m}^2/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sal}} &= V \times A \\
 &= 0,897 \text{ m}^2/\text{det} \times 0,471 \text{ m}^2 \\
 &= 0,423 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Saluran Bogor dengan bentuk penampang segi empat

$$b = 0,80 \text{ m}$$

$$h = 1,00 \text{ m}$$

$$n = 0,012$$

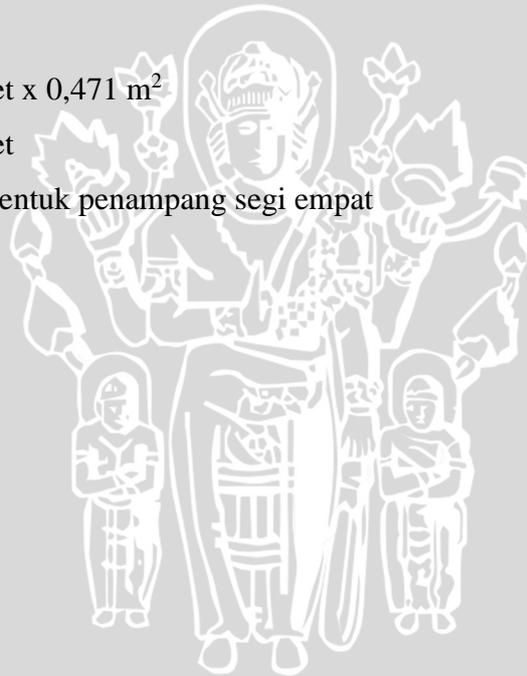
$$s = 0,027$$

$$\begin{aligned}
 A &= b \times h \\
 &= 0,80 \times 1,00 \\
 &= 0,800 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= b + 2h \\
 &= 0,80 + 2(1,00) \\
 &= 2,800 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= A/P \\
 &= 0,800 \text{ m}^2 / 2,800 \text{ m} \\
 &= 0,286 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sal}} &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= \frac{1}{0,012} \cdot 0,286^{2/3} \cdot 0,027^{1/2}
 \end{aligned}$$



$$= 5,940 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$Q_{\text{sal}} = V \times A$$

$$= 5,940 \text{ m}^2/\text{det} \times 0,800 \text{ m}^2$$

$$= 4,752 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perhitungan kapasitas seluruh saluran drainase eksisting dapat dilihat pada tabel 4.23.

Tabel 4.23 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Saluran Sekunder											
No	Nama Jalan	Dimensi			n	A (m ²)	P (m)	R (m)	Slope	V _{sal} (m ² /det)	Q _{saluran} (m ³ /det)
		T (m)	B (m)	h (m)							
1	Jl. Veteran Ka	0,80	0,60	1,00	0,012	0,700	3,4355	0,204	0,013	3,290	2,303
2	Jl. Sumbersari Ka		0,45	0,70	0,017	0,315	1,850	0,170	0,014	2,138	0,674
3	Jl. Bend. Sutami Ka		1,70	2,40	0,017	4,080	6,500	0,628	0,027	7,086	28,911
Saluran Tersier											
No	Nama Jalan	Dimensi			n	A (m ²)	P (m)	R (m)	Slope	V _{sal} (m ² /det)	Q _{saluran} (m ³ /det)
		T (m)	B (m)	h (m)							
1	Jl. Jakarta Ki	0,87	0,70	0,60	0,013	0,471	2,103	0,224	0,001	0,897	0,423
2	Jl. Bogor		0,80	1,00	0,012	0,800	2,800	0,286	0,027	5,940	4,752
3	Jl. Terusan Surabaya Ki		0,40	0,70	0,017	0,280	1,800	0,156	0,025	2,674	0,749
4	Jl. Bendungan Sutami Ki		0,70	0,60	0,013	0,420	1,900	0,221	0,027	4,621	1,941
5	Jl. Surabaya Ki		0,50	0,70	0,017	0,350	1,900	0,184	0,025	2,993	1,048
6	Jl. Bend. Siguragura Ki		0,35	0,60	0,013	0,210	1,550	0,135	0,020	2,870	0,603

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

4.2.10 Analisa Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting adalah menganalisa kapasitas saluran drainase apakah mampu menampung debit banjir rancangan atau tidak. Apabila tidak mampu menampung, maka terjadi limpasan dan genangan. Genangan yang terjadi adalah selisih antara debit banjir rancangan dengan kapasitas saluran (Q_{sal}). Jika $Q_{\text{ranc}} < Q_{\text{sal}}$ maka saluran aman terhadap genangan, sebaliknya jika $Q_{\text{ranc}} > Q_{\text{sal}}$ maka saluran tidak memenuhi atau terjadi limpasan. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase yang ada terhadap debit rancangan.

Saluran Jakarta Kiri dengan debit rancangan kala ulang 5 tahun.

$$\text{Debit air hujan} = 0,333 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Debit air kotor} = 0,00084 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kapasitas saluran} = 0,323 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit limpasan} &= Q \text{ rancangan} - Q \text{ saluran} \\
 &= Q_{\text{air kotor}} + Q_{\text{air hujan}} - Q_{\text{saluran eksisting}} \\
 &= 0,00084 \text{ m}^3/\text{det} + 0,333 \text{ m}^3/\text{det} - 0,323 \text{ m}^3/\text{det} \\
 &= 0,011 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas saluran eksisting lebih kecil dari debit rancangan yang dihasilkan, maka saluran drainase eksisting tersebut tidak menampung debit rancangan dan terjadi limpasan sebesar $0,011 \text{ m}^3/\text{det}$. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.24 sampai 4.27.

Tabel 4.24 Perhitungan Debit Rancangan Total Kala Ulang 5 Tahun

Saluran Sekunder						
No.	Nama Saluran	$Q_{\text{air hujan}}$ (m^3/det)	$Q_{\text{air kotor}}$ (m^3/det)	$Q_{\text{rancangan}}$ (m^3/det)	Keterangan	$Q_{\text{rancangan total}}$ (m^3/det)
1	Jl. Veteran Ka	1,120	0,00325	1,124	Tetap	1,124
2	Jl. Sumbersari Ka	0,740	0,00139	0,741	Tetap	0,741
3	Jl. Bend. Sutami Ka	2,093	0,00593	2,099	Tetap	2,099
Saluran Tersier						
No.	Nama Saluran	$Q_{\text{air hujan}}$ (m^3/det)	$Q_{\text{air kotor}}$ (m^3/det)	$Q_{\text{rancangan}}$ (m^3/det)	Keterangan	$Q_{\text{rancangan total}}$ (m^3/det)
1	Jl. Jakarta Ki	0,333	0,00084	0,334	Tetap	0,334
2	Jl. Bogor	0,632	0,00177	0,634	Veteran + Bogor	1,758
4	Jl. Terusan Surabaya Ki	0,410	0,00116	0,412	Tetap	0,412
5	Jl. Bendungan Sutami Ki	1,198	0,00233	1,200	Tetap	1,200
6	Jl. Surabaya Ki	0,700	0,00202	0,702	Trs Sby + Sby	1,113
7	Jl. Bend. Siguragura Ki	0,647	0,00168	0,648	Tetap	0,648

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.25 Perhitungan Debit Rancangan Total Kala Ulang 10 Tahun

Saluran Sekunder						
No.	Nama Saluran	$Q_{\text{air hujan}}$ (m^3/det)	$Q_{\text{air kotor}}$ (m^3/det)	$Q_{\text{rancangan}}$ (m^3/det)	Keterangan	$Q_{\text{rancangan total}}$ (m^3/det)
1	Jl. Veteran Ka	1,358	0,00325	1,361	Tetap	1,361
2	Jl. Sumbersari Ka	0,897	0,00139	0,899	Tetap	0,899
3	Jl. Bend. Sutami Ka	2,537	0,00593	2,543	Tetap	2,543
Saluran Tersier						
No.	Nama Saluran	$Q_{\text{air hujan}}$ (m^3/det)	$Q_{\text{air kotor}}$ (m^3/det)	$Q_{\text{rancangan}}$ (m^3/det)	Keterangan	$Q_{\text{rancangan total}}$ (m^3/det)
1	Jl. Jakarta Ki	0,404	0,00084	0,405	Tetap	0,405
2	Jl. Bogor	0,767	0,00177	0,769	Veteran + Bogor	2,130
3	Jl. Terusan Surabaya Ki	0,498	0,00116	0,499	Tetap	0,499

No.	Nama Saluran	$Q_{air\ hujan}$ (m^3/det)	$Q_{air\ kotor}$ (m^3/det)	$Q_{rancangan}$ (m^3/det)	Keterangan	$Q_{rancangan\ total}$ (m^3/det)
4	Jl. Bendugan Sutami Ki	1,452	0,00233	1,454	Tetap	1,454
5	Jl. Surabaya Ki	0,848	0,00202	0,850	Trs Sby + Sby	1,349
6	Jl. Bend. Siguragura Ki	0,784	0,00168	0,786	Tetap	0,786

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.26 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Eksisting Kala Ulang 5 Tahun

Saluran Sekunder					
No.	Nama Saluran	Kapasitas Saluran (m^3/det)	$Q_{rancangan}$ (m^3/det)	$Q_{limpasan}$ (m^3/det)	Keterangan
1	Jl. Veteran Ka	2,303	1,124	-1,179	Aman
2	Jl. Sumpersari Ka	0,674	0,741	0,068	Melimpas
3	Jl. Bend. Sutami Ka	28,911	2,099	-26,812	Aman
Saluran Tersier					
No.	Nama Saluran	Kapasitas Saluran (m^3/det)	$Q_{rancangan}$ (m^3/det)	$Q_{limpasan}$ (m^3/det)	Keterangan
1	Jl. Jakarta Ki	0,423	0,334	-0,089	Aman
2	Jl. Bogor	4,752	1,758	-2,994	Aman
3	Jl. Terusan Surabaya Ki	0,749	0,412	-0,337	Aman
4	Jl. Bendugan Sutami Ki	1,941	1,200	-0,741	Aman
5	Jl. Surabaya Ki	1,048	1,113	0,066	Melimpas
6	Jl. Bend. Siguragura Ki	0,603	0,648	0,046	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.27 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Eksisting Kala Ulang 10 Tahun

Saluran Sekunder					
No.	Nama Saluran	Kapasitas Saluran (m^3/det)	$Q_{rancangan}$ (m^3/det)	$Q_{limpasan}$ (m^3/det)	Keterangan
1	Jl. Veteran Ka	2,303	1,361	-0,942	Aman
2	Jl. Sumpersari Ka	0,674	0,899	0,225	Melimpas
3	Jl. Bend. Sutami Ka	28,911	2,543	-26,368	Aman
Saluran Tersier					
No.	Nama Saluran	Kapasitas Saluran (m^3/det)	$Q_{rancangan}$ (m^3/det)	$Q_{limpasan}$ (m^3/det)	Keterangan
1	Jl. Jakarta Ki	0,423	0,405	-0,018	Aman
2	Jl. Bogor	4,752	2,130	-2,622	Aman
3	Jl. Terusan Surabaya Ki	0,749	0,499	-0,250	Aman

No.	Nama Saluran	Kapasitas Saluran (m ³ /det)	Q _{rancangan} (m ³ /det)	Q _{limpasan} (m ³ /det)	Keterangan
4	Jl. Bendungan Sutami Ki	1,941	1,454	-0,486	Aman
5	Jl. Surabaya Ki	1,048	1,349	0,301	Melimpas
6	Jl. Bend. Siguragura Ki	0,603	0,786	0,183	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Dari tabel hasil evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting dapat diketahui ada beberapa saluran yang kapasitasnya sudah tidak mencukupi apabila dilakukan perhitungan dengan debit rancangan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Pada perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting dengan debit rancangan kala ulang 5 dan 10 tahun, dimensi saluran Sumpersari kanan, saluran Surabaya kiri, dan saluran Bendungan Siguragura kiri sudah tidak dapat menampung debit rancangan total. Maka dari itu, perubahan dimensi terhadap tiga saluran tersebut sangat direkomendasikan.

4.3. Penetapan Alternatif Penanggulangan Terhadap Permasalahan Sistem Drainase Eksisting

Komponen sarana dan prasarana yang terdapat pada Kelurahan Sumpersari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang adalah saluran terbuka dan saluran tertutup. Dari hasil inventarisasi (identifikasi kondisi eksisting dan penilaian kinerja sistem drainase eksisting) dan evaluasi kapasitas tampungan yang telah dilakukan, maka mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 dan Ditjen Cipta Karya (2013) mengenai operasi dan pemeliharaan sistem drainase perkotaan, alternatif penanggulangan terhadap permasalahan sistem drainase eksisting diperinci pada tabel 4.28.

Tabel 4.28 Alternatif Penanggulangan Terhadap Permasalahan Sistem Drainase Eksisting

No.	Jenis Komponen	Sub-Komponen	Durasi	Ketentuan Operasional
1	Saluran Terbuka	A. Inspeksi Rutin	Rutin 1 kali/bulan	Hanya bisa dilaksanakan dengan tenaga manusia
		B. Pengerukan sedimen saluran drainase tersier tipe terbuka di perumahan maupun lingkungan pemukiman	Berkala 2-3 kali/tahun	Hanya bisa dilaksanakan dengan tenaga manusia
		C. Pengerukan sedimen saluran sekunder	Berkala 1-2 kali/tahun	Hanya bisa dilaksanakan dengan tenaga manusia
2	Saluran Tertutup	A. Inspeksi Rutin	Rutin 1 kali/bulan	Hanya bisa dilaksanakan dengan tenaga manusia

No.	Jenis Komponen	Sub-Komponen	Durasi	Ketentuan Operasional
	B.	Pengerukan sedimen saluran drainase tersier tipe tertutup di perumahan maupun lingkungan pemukiman	Berkala 1-2 kali/tahun	Hanya bisa dilaksanakan dengan tenaga manusia
	C.	Pengerukan sedimen saluran sekunder	Berkala 1 kali/tahun	Hanya bisa dilaksanakan dengan tenaga manusia

Sumber: Hasil Analisa, 2016

Berdasarkan analisa permasalahan yang ada serta mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 dan Ditjen Cipta Karya (2013) mengenai operasi dan pemeliharaan sistem drainase perkotaan, maka alternatif penanganan yang akan dilakukan dibagi menjadi dua komponen, yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup. Setiap komponen mempunyai sub-komponen yang sama, hanya saja mempunyai durasi atau frekuensi yang berbeda tiap tahunnya. Inspeksi rutin akan dilakukan sama-sama satu kali setiap bulannya pada dua komponen tersebut. Untuk pengerukan sedimen pada saluran terbuka akan dilakukan lebih sering (2-3 kali/tahun), sedangkan pada saluran tertutup hanya 1-2 kali/tahun. Hal ini dikarenakan akses yang dibutuhkan untuk pengerjaan pengerukan jauh lebih mudah pada saluran terbuka daripada saluran tertutup.

4.4. Perhitungan Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan Sistem Drainase

AKNOP (Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan) merupakan perencanaan pembiayaan pengelolaan drainase yang didasarkan atas kebutuhan aktual pembiayaan operasi dan pemeliharaan tiap bangunan untuk mempertahankan kondisi dan fungsi drainase tersebut. AKNOP tersebut nantinya akan diuraikan menjadi beberapa bentuk pekerjaan atau kegiatan sesuai dengan komponen yang ada. Berikut contoh perhitungan biaya pekerjaan pengerukan sedimen saluran drainase tersier tipe terbuka di perumahan maupun lingkungan pemukiman pada saluran Jakarta kiri.

Komponen sistem drainase	= Saluran Jakarta Ki
Panjang saluran	= 450 m
Lebar saluran	= 0,7 m
Tinggi endapan	= 0,35 m
Volume sedimen	= panjang saluran x lebar saluran x tinggi endapan = 450 m x 0,7 m x 0,35 m = 110,25 m ³

Pemasangan papan nama proyek = jumlah x harga satuan

	= 1 bh x Rp. 326.289,18
	= Rp. 326.289,18
Dokumentasi proyek	= jumlah x harga satuan
	= 1 ls x Rp. 293.594,00
	= Rp. 293.594,00
Pengadaan karung plastik	= jumlah x harga satuan x indeks gab. Malang
	= (volume sedimen / volume karung plastik) x harga satuan
	= (110,25 m ³ / 0,063 L) x Rp. 1.000,00
	= Rp. 1.750.000,00
Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran terbuka	= volume sedimen x harga satuan
	= 110,25 m ³ x Rp. 48.333,55
	= Rp. 5.328.773,89
Pemasukan sedimen ke dalam karung	= jumlah karung plastik x harga satuan
	= 1.750 bh x Rp. 200,00
	= Rp. 350.000,00
Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 km	= waktu operasi dan mobilisasi x harga satuan
	= 2 jam x Rp. 251.312,92
	= Rp. 502.625,84
Total	= Rp. 8.551.282,91
Kontingensi 10%	= Rp. 8.551.282,91 x 10%
	= Rp. 855.128,29
Total	= Rp. 8.551.282,91 + Rp. 855.128,29
	= Rp. 9.406.411,20
PPN + PPh 12%	= Rp. 9.406.411,20 x 0,12
	= Rp. 1.128.769,34
Jumlah Biaya Pelaksanaan	= Rp. 9.406.411,20 + Rp. 1.128.769,34
	= Rp. 10.535.180,54
Biaya/m ³	= Rp. 10.535.180,54 / panjang saluran
	= Rp. 10.535.180,54 / 450 m
	= Rp. 23.411,51 / m ³

Berdasarkan alternatif penanggulangan yang telah ditetapkan, AKNOP sistem drainase Kelurahan Sumpersari berupa beberapa rangkaian pekerjaan yang akan dikelompokkan menjadi pemeliharaan rutin dan berkala untuk saluran terbuka dan saluran tertutup beserta

gorong-gorong. Untuk perhitungan biaya pekerjaan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.29 sampai tabel 4.40.

Tabel 4.29 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Sekunder Tipe Terbuka untuk Saluran Bendungan Sutami Kanan

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00
3	Pengadaan karung plastik	2158,73	bh	1.000,00	2.158.730,16
4	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran terbuka	136,00	m	48.333,55	6.573.362,80
5	Pemasukan sedimen ke dalam karung	2158,73	bh	200,00	431.746,03
6	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84
				Total	10.286.348,01
				Kontingensi 10%	1.028.634,80
				Total	11.314.982,81
				PPN+PPH 12%	1.357.797,94
				Jumlah Biaya Pelaksanaan	12.672.780,75
				Biaya/m ³	15.840,98

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.29 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase sekunder khususnya pada Saluran Bendungan Sutami Kanan. Pada tabel tersebut terdapat enam uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 10.286.348,01. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Bendungan Sutami Kanan sebesar Rp. 12.672.780,75.

Tabel 4.30 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Sekunder Tipe Tertutup untuk Saluran Veteran Kanan

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00
3	Pengadaan karung plastik	523,81	bh	1.000,00	523.809,52
4	Pengangkatan & penutupan plat penutup	96,00	bh	1.000,00	96.000,00
5	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran tertutup	33,00	m	57.948,75	1.912.308,75
6	Pemasukan sedimen ke dalam karung	523,81	bh	200,00	104.761,90
7	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84
				Total	3.759.389,20
				Kontingensi 10%	375.938,92
				Total	4.135.328,12
				PPN+PPh 12%	496.239,37
				Jumlah Biaya Pelaksanaan	4.631.567,49
				Biaya/m ³	4.210,52

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.30 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase sekunder khususnya pada Saluran Veteran Kanan. Pada tabel tersebut terdapat tujuh uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 3.759.389,20. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Veteran Kanan sebesar Rp. 4.631.567,49.

Tabel 4.31 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Sekunder Tipe Tertutup untuk Saluran Summersari Kanan

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00
3	Pengadaan karung plastik	535,71	bh	1.000,00	535.714,29
4	Pengangkatan & penutupan plat penutup	20,00	bh	1.000,00	20.000,00
5	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran tertutup	33,75	m	57.948,75	1.955.770,31
6	Pemasukan sedimen ke dalam karung	535,71	bh	200,00	107.142,86
7	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84
Total					3.741.136,48
Kontingensi 10%					374.113,65
Total					4.115.250,12
PPN+PPH 12%					493.830,01
Jumlah Biaya Pelaksanaan					4.609.080,14
Biaya/m ³					6.145,44

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.31 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase sekunder khususnya pada Saluran Summersari Kanan. Pada tabel tersebut terdapat tujuh uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 3.741.136,48. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Summersari Kanan sebesar Rp. 4.609.080,14.

Tabel 4.32 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Tersier Tipe Terbuka untuk Saluran Jakarta Kiri

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
3	Pengadaan karung plastik	1750,00	bh	1.000,00	1.750.000,00
4	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran terbuka	110,25	m	48.333,55	5.328.773,89
5	Pemasukan sedimen ke dalam karung	1750,00	bh	200,00	350.000,00
6	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84
Total					8.551.282,91
Kontingensi 10%					855.128,29
Total					9.406.411,20
PPN+PPh 12%					1.128.769,34
Jumlah Biaya Pelaksanaan					10.535.180,54
Biaya/m ³					23.411,51

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.32 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase tersier khususnya pada Saluran Jakarta Kiri. Pada tabel tersebut terdapat enam uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 8.551.282,91. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Jakarta Kiri sebesar Rp. 10.535.180,54.

Tabel 4.33 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Tersier Tipe Terbuka untuk Saluran Terusan Surabaya Kiri

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00
3	Pengadaan karung plastik	222,22	bh	1.000,00	222.222,22
4	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran terbuka	14,00	m	48.333,55	676.669,70
5	Pemasukan sedimen ke dalam karung	222,22	bh	200,00	44.444,44
6	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84

Total	2.065.845,39
Kontingensi 10%	206.584,54
Total	2.272.429,93
PPN+PPh 12%	272.691,59
Jumlah Biaya Pelaksanaan	2.545.121,52
Biaya/m ³	7.271,78

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.33 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase tersier khususnya pada Saluran Terusan Surabaya Kiri. Pada tabel tersebut terdapat enam uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 2.065.845,39. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Terusan Surabaya Kiri sebesar Rp. 2.545.121,52.

Tabel 4.34 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Tersier Tipe Terbuka untuk Saluran Surabaya Kiri

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00
3	Pengadaan karung plastik	317,46	bh	1.000,00	317.460,32
4	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran terbuka	20,00	m	48.333,55	966.671,00
5	Pemasukan sedimen ke dalam karung	317,46	bh	200,00	63.492,06
6	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84
	Total				2.470.132,40
	Kontingensi 10%				247.013,24
	Total				2.717.145,64
	PPN+PPh 12%				326.057,48
	Jumlah Biaya Pelaksanaan				3.043.203,12
	Biaya/m ³				7.608,01

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.34 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase tersier khususnya pada Saluran Surabaya Kiri. Pada tabel tersebut terdapat enam uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 2.470.132,40. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Surabaya Kiri sebesar Rp. 3.043.203,12.

Tabel 4.35 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Tersier Tipe Terbuka untuk Saluran Bendungan Sigura-gura Kiri

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00
3	Pengadaan karung plastik	333,33	bh	1.000,00	333.333,33
4	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran terbuka	21,00	m	48.333,55	1.015.004,55
5	Pemasukan sedimen ke dalam karung	333,33	bh	200,00	66.666,67
6	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84
				Total	2.537.513,57
				Kontingensi 10%	253.751,36
				Total	2.791.264,93
				PPN+PPh 12%	334.951,79
				Jumlah Biaya Pelaksanaan	3.126.216,72
				Biaya/m ³	5.210,36

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.35 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase tersier khususnya pada Saluran Bendungan Sigura-gura Kiri. Pada tabel tersebut terdapat enam uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 2.537.513,57. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko

akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Bendungan Sigura-gura Kiri sebesar Rp. 3.126.216,72.

Tabel 4.36 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Tersier Tipe Tertutup untuk Saluran Bogor

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00
3	Pengadaan karung plastik	507,94	bh	1.000,00	507.936,51
4	Pengangkatan & penutupan plat penutup	36,00	bh	1.000,00	36.000,00
5	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran tertutup	32,00	m	57.948,75	1.854.360,00
6	Pemasukan sedimen ke dalam karung	507,94	bh	200,00	101.587,30
7	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84
Total					3.622.392,83
Kontingensi 10%					362.239,28
Total					3.984.632,11
PPN+PPh 12%					478.155,85
Jumlah Biaya Pelaksanaan					4.462.787,97
Biaya/m ³					11.156,97

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.36 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase tersier khususnya pada Saluran Bogor. Pada tabel tersebut terdapat tujuh uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 3.622.392,83. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali

ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Bogor sebesar Rp. 4.462.787,97.

Tabel 4.37 Rencana Anggaran Biaya Pengerukan Sedimen Saluran Drainase Tersier Tipe Tertutup untuk Saluran Bendungan Sutami Kiri

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pemasangan papan nama proyek	1,00	bh	326.289,18	326.289,18
2	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	293.594,00
3	Pengadaan karung plastik	1333,33	bh	1.000,00	1.333.333,33
4	Pengangkatan & penutupan plat penutup	52,00	bh	1.000,00	52.000,00
5	Pengerukan sedimen dengan cangkul dan sekop untuk saluran tertutup	84,00	m	57.948,75	4.867.695,00
6	Pemasukan sedimen ke dalam karung	1333,33	bh	200,00	266.666,67
7	Pengangkutan sedimen dengan dump truck/10 Km	2,00	jam	251.312,92	502.625,84
				Total	7.642.204,02
				Kontingensi 10%	764.220,40
				Total	8.406.424,42
				PPN+PPh 12%	1.008.770,93
				Jumlah Biaya Pelaksanaan	9.415.195,35
				Biaya/m ³	11.768,99

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.37 merupakan rencana anggaran biaya berdasarkan kebutuhan aktual untuk pemeliharaan berkala yang berupa pengerukan sedimen saluran drainase tersier khususnya pada Saluran Bendungan Sutami Kiri. Pada tabel tersebut terdapat tujuh uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 7.642.204,02. Biaya kontingensi 10% dialokasikan untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh resiko-resiko akibat ketidakpastian yang disebabkan kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan data proyek yang dibutuhkan. Biaya kontingensi atau biaya tak terduga ini biasanya dialokasikan sebesar 10-15% dari total biaya. Perhitungan PPN dan PPh sebesar 12% disesuaikan dengan PP Nomor 51 Tahun 2008 dan Peraturan LPJK Nomor 11 Tahun 2006 dimana pada studi kali ini proyek yang direncanakan termasuk kualifikasi usaha kecil. Dari seluruh komponen yang ada total biaya yang dibutuhkan pada Saluran Bendungan Sutami Kiri sebesar Rp. 9.415.195,35.

Tabel 4.38 Rencana Anggaran Biaya Inspeksi Rutin Saluran Terbuka

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Upah inspeksi	2,00	org/event	379.440,00	758.880,00
2	Bahan bakar	3,00	lt/event	12.200,00	36.600,00
3	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	317.081,52
Total					1.112.561,52

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.38 merupakan rencana anggaran biaya untuk pemeliharaan rutin yang berupa inspeksi rutin meliputi seluruh saluran terbuka tersier dan sekunder yang ada pada Kelurahan Summersari. Pekerjaan (*event*) tersebut dilaksanakan selama tiga hari dimana setiap harinya inspektor sebanyak dua orang melakukan inspeksi untuk tiga saluran serta membutuhkan 1 L bahan bakar untuk kebutuhan mobilisasi. Pada tabel tersebut terdapat tiga uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 1.112.561,52.

Tabel 4.39 Rencana Anggaran Biaya Inspeksi Rutin Saluran Tertutup

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Upah inspeksi	2,00	org/event	379.440,00	758.880,00
2	Bahan bakar	3,00	lt/event	12.200,00	36.600,00
3	Pengangkatan & penutupan plat penutup	204,00	bh	1.000,00	220.320,00
4	Dokumentasi proyek	1,00	ls	293.594,00	317.081,52
Total					1.332.881,52

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.39 merupakan rencana anggaran biaya untuk pemeliharaan rutin yang berupa inspeksi rutin meliputi seluruh saluran tertutup tersier dan sekunder yang ada pada Kelurahan Summersari. Pekerjaan (*event*) tersebut dilaksanakan selama tiga hari dimana setiap harinya inspektor sebanyak dua orang melakukan inspeksi untuk tiga saluran serta membutuhkan 1 L bahan bakar untuk kebutuhan mobilisasi. Pada tabel tersebut terdapat empat uraian pekerjaan yang jika biayanya diakumulasikan mencapai Rp. 1.332.881,52.

Tabel 4.40 Rekapitulasi Angka Kebutuhan Nyata Sistem Drainase Kelurahan Sumbersari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Dalam Satu Tahun

No.	Jenis Komponen	Sub-Komponen	Frekuensi per Tahun	Biaya per Komponen (Rp)	Total Biaya per Tahun (Rp)
1.	Saluran Terbuka	A. Inspeksi Rutin	12	1.112.561,52	13.350.738,24
		B. Pengerukan sedimen saluran drainase tersier tipe terbuka di perumahan maupun lingkungan pemukiman	3	19.249.721,89	57.749.165,68
		C. Pengerukan sedimen saluran sekunder	2	12.672.780,75	25.345.561,50
2.	Saluran Tertutup	A. Inspeksi Rutin	12	1.332.881,52	15.994.578,24
		B. Pengerukan sedimen saluran drainase tersier tipe tertutup di perumahan maupun lingkungan pemukiman	1	13.877.983,32	13.877.983,32
		C. Pengerukan sedimen saluran sekunder	1	9.240.647,63	9.240.647,63
Total Biaya AKNOP Sistem Drainase Kelurahan Sumbersari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang dalam Satu Tahun					135.558.674,61

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel rekapitulasi di atas merupakan rincian atau uraian dari biaya pekerjaan yang dikelompokkan ke dalam komponen saluran terbuka dan saluran tertutup. Setiap sub-komponen yang ada memiliki frekuensi pekerjaan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan komponen bangunan drainase. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, total angka kebutuhan nyata operasi dan pemeliharaan (AKNOP) untuk Sistem Drainase Kelurahan Sumbersari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, dalam satu tahun adalah sebesar Rp. 135.558.674,61.

