

DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN BERBAGAI PERIODE ULANG UNTUK SALURAN DRAINASE DI JALAN RAYA NGINDEN SURABAYA

Michael Suprpto¹, Yohanes Benyamin Ralf², Cilcia Kusumastuti³, Herry Pintardi Chandra⁴

ABSTRAK: Banjir dapat terjadi apabila dalam suatu perkotaan sistem drainase tidak berfungsi dengan baik. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung debit banjir rencana dengan berbagai periode ulang untuk perencanaan saluran drainase di Jalan Raya Nginden Surabaya. Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan tahun 2005 sampai dengan 2016. Terdapat 4 (empat) stasiun hujan terdekat dari Jalan Raya Nginden yaitu Stasiun Hujan Gubeng, Wonokromo, Wonorejo, dan Gunung Sari. Dengan menggunakan metode Poligon Thiessen, diketahui bahwa Stasiun Hujan Wonokromo dapat mewakili daerah tersebut. Analisis statistik sebaran dan uji kecocokan distribusi data hujan yang dilakukan menunjukkan bahwa data hujan yang tercatat di Stasiun Hujan Wonokromo mengikuti sebaran Log Pearson Tipe III. Analisis debit banjir rencana dengan metode Rasional yang telah dilakukan menghasilkan debit banjir rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun sebesar 1,99 m³/detik, 2,34 m³/detik, 2,93 m³/detik, 3,59 m³/detik, dan 4,17 m³/detik. Besarnya debit banjir yang diperoleh dapat digunakan sebagai data utama perencanaan kapasitas saluran drainase di Jalan Raya Nginden Surabaya.

KATA KUNCI: debit banjir rencana, log pearson tipe III, poligon thiessen, rasional, saluran drainase

1. PENDAHULUAN

Air merupakan hal yang sangat penting bagi makhluk hidup. Salah satu sumber air adalah hujan. Namun hujan yang berlebihan dapat menimbulkan dapat menyebabkan terjadinya banjir. Sejak tahun 2000 hingga 2017, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat sebanyak 15 kejadian bencana banjir yang menyebabkan 2.800 korban yang harus mengungsi di Surabaya. Selain itu banjir di Surabaya juga menyebabkan 114 rumah rusak ringan dan 4.568 rumah terendam. Dengan demikian perencanaan saluran drainase yang baik dinilai sangat diperlukan.

Dalam merencanakan penampang saluran drainase yang baik dan optimal diperlukan beberapa tahapan. Salah satu tahapan terpenting adalah analisis data curah hujan berdasarkan dari data hujan yang tercatat di satu atau lebih stasiun hujan. Dengan mengetahui intensitas hujan yang terjadi, diharapkan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan kapasitas saluran drainase pada periode ulang tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stasiun hujan yang mewakili area Jalan Raya Nginden, mengetahui sebaran data hujan, dan debit banjir rencana di Jalan Raya Nginden.

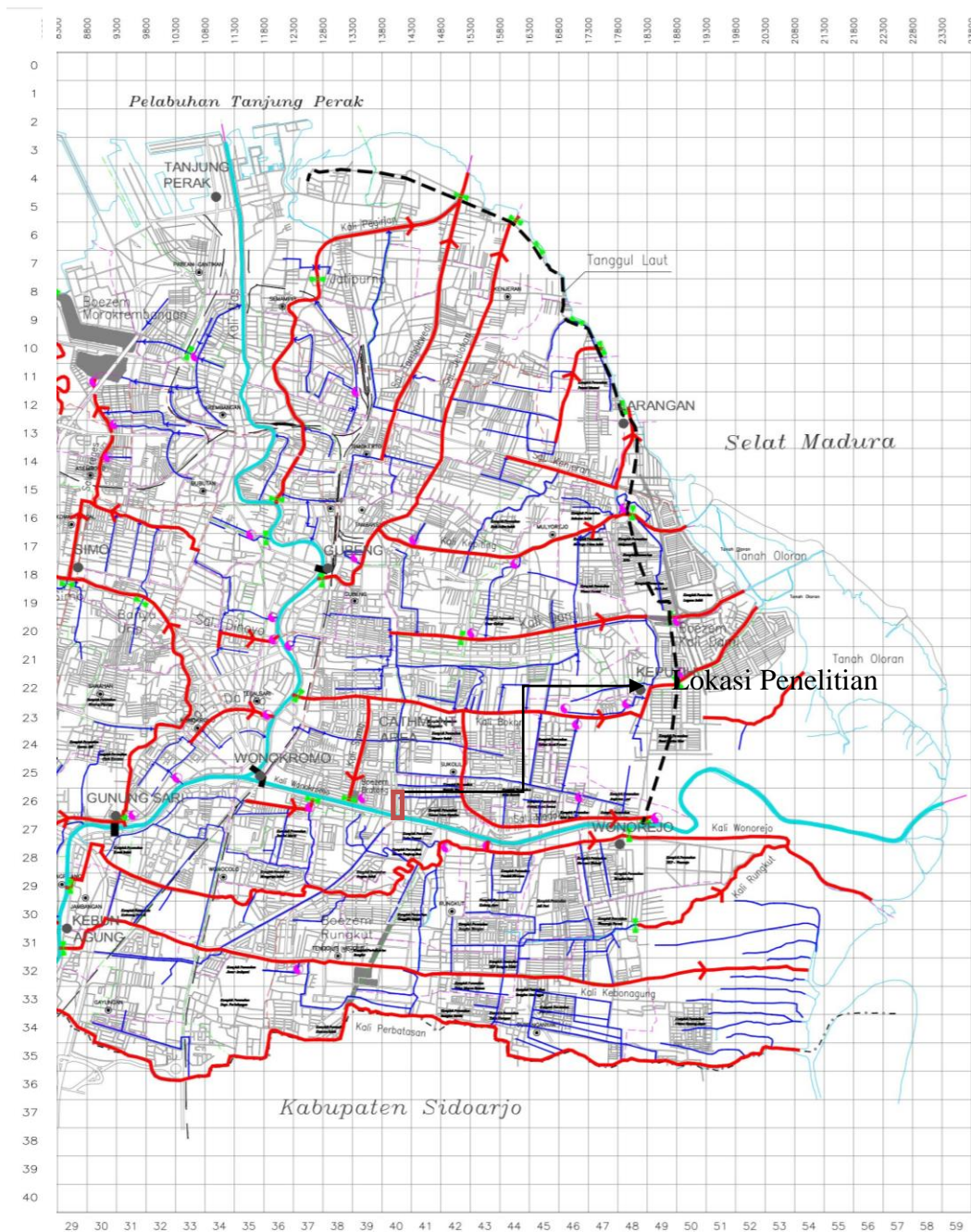
¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414095@john.petra.ac.id.

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414159@john.petra.ac.id.

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, cilcia.k@petra.ac.id.

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, herry-pin@petra.ac.id.

Pada penelitian sebelumnya di Surabaya, untuk daerah penelitian di Surabaya Barat (Stasiun Hujan Kandangan, Simo, Gunungsari) diketahui tipe sebaran data adalah Log Normal (Hartono & Kosasih, 2016); di Surabaya Selatan (Stasiun Hujan Gubeng, Wonokromo, Gunungsari) diketahui tipe sebaran data yang digunakan adalah Log Pearson Tipe III (Hadi & Christian, 2015); di Surabaya Selatan (Stasiun Hujan Kebon Agung, Wonorejo, Gunungsari, Keputih) diketahui tipe sebaran data yang digunakan adalah Log Pearson Tipe III (Nababan & Antonio, 2017); di Surabaya Selatan (Stasiun Meterologi Juanda, Stasiun Hujan Wonokromo, Wonorejo, Gunungsari, Kebon Agung) diketahui tipe sebaran data adalah distribusi Normal (Sanjaya & Gunawan, 2018). **Gambar 1** menunjukkan peta saluran drainase di Kota Surabaya dengan masing-masing lokasi stasiun hujan di sekitar wilayah penelitian.







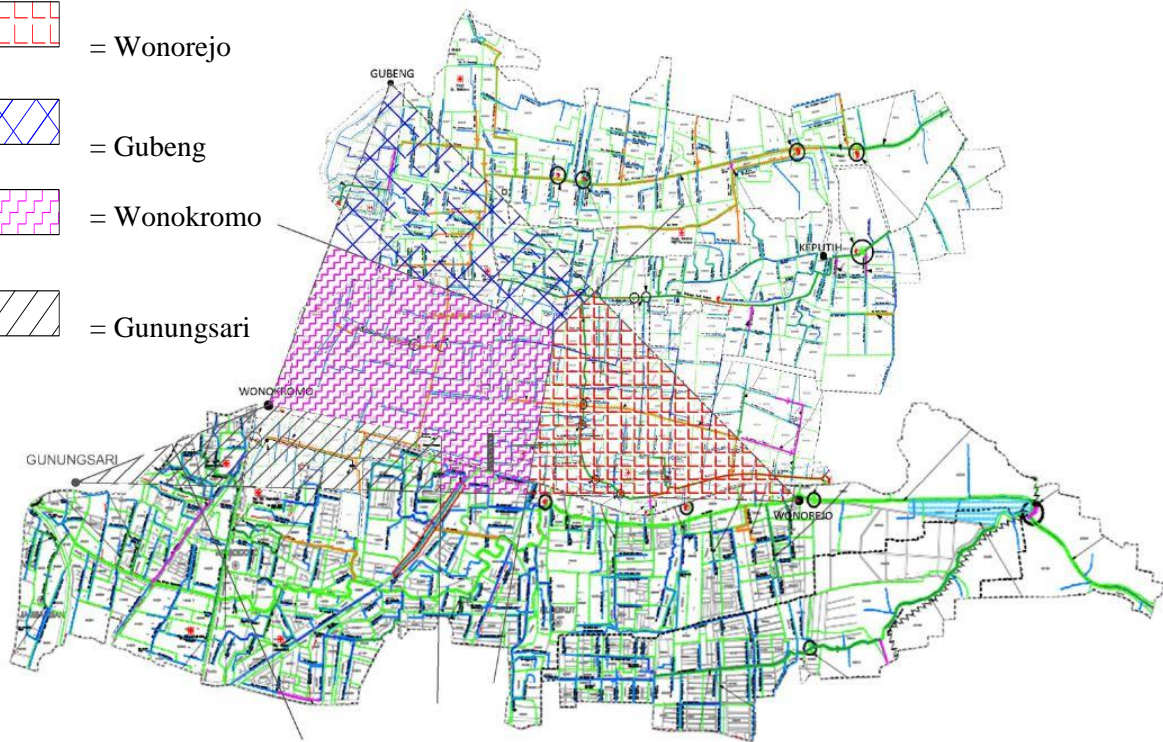
Gambar 1. Peta Rencana Sistem Drainase Kota Surabaya

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan penentuan data curah hujan *area* dengan menggunakan salah satu metode yaitu metode Poligon Thiessen yang dapat dilihat pada **Gambar 2**. Data curah hujan harian dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan intensitas hujan di wilayah Jalan Raya Nginden. Selanjutnya melakukan analisis frekuensi untuk mencari sebaran yang cocok dengan data curah hujan yang ada yaitu dengan menghitung koefisien kemencengan (C_s), koefisien kurtosis (C_k), standar deviasi (S), dan koefisien variasi (C_v) sehingga dapat ditentukan jenis sebaran yang sesuai dengan distribusi peluang hidrologi seperti sebaran Normal, sebaran Log Normal, sebaran Log Pearson III, dan sebaran Gumbel. Kemudian uji kecocokan (*test of goodness of fit*) digunakan untuk menentukan apakah sebaran peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Dari persamaan sebaran yang diperoleh dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50. Nilai tersebut kemudian dapat digunakan untuk menentukan debit banjir rencana dengan periode ulang yang sama.

Keterangan:

-  = Wonorejo
-  = Gubeng
-  = Wonokromo
-  = Gunungsari



Gambar 2. Area Diwakili Masing-Masing Stasiun Hujan

3. DATA CURAH HUJAN AREA

Data hujan yang diperoleh dari pos stasiun hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat. Hujan sangat bervariasi terhadap tempat, maka untuk kawasan yang luas, satu pos stasiun hujan belum bisa menggambarkan hujan wilayah tersebut. Oleh karena itu, diperlukan hujan area yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa pos stasiun hujan yang ada di dalam atau di sekitar kawasan tersebut (Suripin, 2004).

Pada **Gambar 2**, dapat dilihat bahwa dengan metode Poligon Thiessen stasiun hujan Wonokromo adalah stasiun hujan yang mewakili area Jalan Raya Nginden, Surabaya. Oleh karena itu analisis data curah hujan menggunakan data yang terukur di stasiun hujan

Wonokromo. Data hujan yang dianalisis adalah data tahun 2005-2016. Besarnya curah hujan harian maksimum dari tahun 2005-2016 disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Curah Hujan Harian Maksimum Area Nginden Surabaya

No	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2006	100,00
2	2007	107,00
3	2008	81,00
4	2009	104,00
5	2010	110,00
6	2011	98,00
7	2012	106,00
8	2013	87,00
9	2014	83,00
10	2015	63,00
11	2016	108,00
Total		1047,00
Rata-Rata		95,18

4. PENGUKURAN DISPERSI DATA CURAH HUJAN STASIUN HUJAN WONOKROMO

Menurut Soewarno (1995), dalam analisis frekuensi curah hujan, data hidrologi dikumpulkan, dihitung, disajikan dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu, yaitu metode statistik Namun pada kenyataannya, tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Dispersi adalah besaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Perhitungan variabel sebaran Log Normal dan sebaran Log Pearson Tipe III disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Komponen Perhitungan Variabel Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Tahun	Curah Hujan (mm)	$Z = \text{Log } X$	$Z - \bar{X}$	$(Z - \bar{X})^2$	$(Z - \bar{X})^3$	$(Z - \bar{X})^4$
1	2006	100	2	0,026892	0,000723178	0,000019448	0,000000523
2	2007	107	2,029384	0,0562757	0,003166959	0,000178223	0,000010030
3	2008	81	1,908485	-0,064623	0,004176135	-0,000269874	0,000017440
4	2009	104	2,017033	0,0439253	0,001929432	0,000084751	0,000003723
5	2010	110	2,041393	0,0682846	0,004662793	0,000318397	0,000021742
6	2011	98	1,991226	0,018118	0,000328263	0,000005947	0,000000108
7	2012	106	2,025306	0,0521978	0,002724613	0,000142219	0,000007424
8	2013	87	1,939519	-0,033589	0,001128206	-0,000037895	0,000001273
9	2014	83	1,919078	-0,05403	0,002919235	-0,000157726	0,000008522
10	2015	63	1,799341	-0,173767	0,030195140	-0,005246934	0,000911746
11	2016	108	2,033424	0,0603157	0,003637986	0,000219428	0,000013235
Total		1047	21,70419	0	0,055591940	-0,004744016	0,000995765
Rata-Rata		95,18	1,973108				

Besarnya curah hujan rencana dengan metode Log Pearson Tipe III dapat ditentukan dengan persamaan (1).

$$\log X_t = \log \bar{X} + K.s \quad (1)$$

Dimana : X_t = Kedalaman hujan (mm)
 \bar{X} = rata-rata curah hujan (mm)
 K = faktor frekuensi

Penentuan dispersi distribusi Log Normal dan Log Pearson Tipe III untuk data curah hujan stasiun Wonokromo dengan melakukan perhitungan standar deviasi (pers. 2), koefisien variasi (pers.3), koefisien kemencengan (pers.4), dan koefisien kurtosis (pers.5).

- Standar Deviasi (S) untuk pengukuran dispersi sebaran data curah hujan.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z + \bar{Z})^2}{n-1}} \quad (2)$$

- Koefisien Variasi (C_v) untuk pengukuran dispersi sebaran data curah hujan.

$$C_v = \frac{S}{\bar{Z}} \quad (3)$$

- Koefisien Kemencengan (C_s) untuk pengukuran dispersi sebaran data curah hujan.

$$C_s = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Z + \bar{Z}}{S} \right)^3 \times \frac{n}{(n-1)(n-2)} \quad (4)$$

- Koefisien Kurtosis (C_k) untuk pengukuran dispersi sebaran data curah hujan.

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z + \bar{Z})^4}{S^4} \quad (5)$$

Dengan nilai S = 0,075, C_v = 0,038, C_s = 1,4, C_k = 2,939, maka distribusi data hujan menggunakan tipe sebaran Log Pearson Tipe III. Untuk Nilai koefisien kemencengan (C_s) = 1,4 maka didapatkan nilai faktor frekuensi (K) = 2,706

6. UJI CHI-KUADRAT

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Suripin, 2004). Perhitungan pengujian kecocokan distribusi data hujan Stasiun Hujan Wonokromo dengan menggunakan uji Chi-Kuadrat dengan (pers. 6). Hasil uji Chi-Kuadrat dapat dilihat pada **Tabel 3**.

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \text{ dengan } E_i = \frac{n}{G} \quad (6)$$

Dengan Log Pearson Tipe III digunakan R = 1

$$Dk = G - (R+1)$$

Keterangan:

Xh² = parameter chi-kuadrat terhitung
G = jumlah sub-kelompok
O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i
E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i
Dk = derajat kebebasan
n = jumlah data

Tabel 3. Uji Chi-Kuadrat Data Hujan di Jalan Raya Nginden Surabaya

Nilai Batas kelompok	O _i	E _i	(O _i -E _i) ²	(O _i -E _i) ² /E _i
X ≤ 82,712	2	2,2	0,04	0,02
82,718 ≤ X ≤ 91,472	2	2,2	0,04	0,02
91,472 ≤ X ≤ 98,891	1	2,2	1,44	0,65
98,891 ≤ X ≤ 107,646	4	2,2	3,24	1,47
X > 107,646	2	2,2	0,04	0,02
Jumlah	11			2,2

Untuk nilai Dk = 3, dengan menggunakan signifikansi (α) = 0,05, diperoleh harga Chi-Kuadrat kritis X²Cr = 7,815 (Suripin, 2004). Dari hasil perhitungan diperoleh X²Cr = 2,2 untuk Distribusi Log Pearson Tipe III, nilai tersebut lebih kecil dari Chi-Kuadrat kritis. Maka dapat Distribusi Log Pearson Tipe III memenuhi syarat dan dipilih untuk perhitungan curah hujan rencana.

7. DEBIT BANJIR RENCANA DI AREA JALAN RAYA NGINDEN, SURABAYA

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang diharapkan akan terjadi pada periode tertentu. Cara perhitungan debit banjir rencana ini didasarkan koefisien aliran permukaan, intensitas hujan dan luas *catchment area*.

- Koefisien Aliran Permukaan (C)

Permukaan yang padat seperti aspal dan beton akan menghasilkan 100% koefisien aliran permukaan setelah permukaannya menjadi basah dan tidak dipengaruhi kemiringan permukaan. Faktor mempengaruhi koefisien aliran permukaan antara lain adalah intensitas hujan, tingkat kepadatan tanah, tanaman, kemiringan lahan. (Chow, 1988). Pada penelitian ini, diperhitungkan nilai koefisien aliran permukaan komposit yang disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Koefisien Aliran Permukaan Komposit

Periode Ulang (Tahun)	Tata Guna Lahan				C _k
	Beton/Atap		Aspal		
	C ₁ *	A ₁ (ha)	C ₂ *	A ₂ (ha)	
2	0,75	12	0,73	30,75	0,74
5	0,8	12	0,77	30,75	0,78
10	0,83	12	0,81	30,75	0,82
25	0,88	12	0,86	30,75	0,87
50	0,92	12	0,9	30,75	0,91

Sumber: *Chow, 1988

- Intensitas Hujan dan Waktu konsentrasi

Pada penelitian ini, intensitas hujan untuk berbagai periode yang dihitung dengan Mononobe (pers.7) Hasil perhitungan intensitas hujan dan waktu konsentrasi disajikan pada **Tabel 5**.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

Dimana : I = intensitas hujan (mm/jam)
R₂₄ = curah hujan maksimum harian (mm)
tc = waktu konsentrasi (jam)

Tabel 5. Intensitas Hujan dan Waktu Konsentrasi

Periode Ulang (Tahun)	2	5	10	25	50
R24 (mm)	90,41	100,04	118,41	135,74	149,99
t_c (jam)	0,3772	0,3772	0,3772	0,3772	0,3772
I (mm/jam)	60,04	66,44	78,64	90,15	99,61

Waktu konsentrasi (t_c) dihitung dengan persamaan (8). Besarnya waktu konsentrasi (t_c) dipengaruhi dengan panjang saluran dan kecepatan aliran saluran drainase. Saluran drainase di Jalan Raya Nginden memiliki panjang 410 meter dengan koefisien kekasaran Manning (n) = 0,013 (Chow, 1959) untuk material beton dan kemiringan saluran sebesar 0,001 Maka diperoleh waktu konsentrasi untuk saluran tersebut sebesar 0,3772 jam yang dapat dihitung (Suripin, 2004).

$$t_c = t_o + t_d \quad (8)$$

dengan:

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{L}{V}$$

Dimana :

- t_o = waktu konsentrasi (menit)
- t_d = waktu tempuh aliran di saluran (menit)
- L = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
- L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)
- S = kemiringan lahan
- n = angka kekasaran Manning
- V = kecepatan aliran (m/detik)

- *Catchment Area*

Catchment area atau luas daerah drainase (A) didapatkan dari peta rencana sistem drainase kota Surabaya (Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya, 2010). *Catchment area* yang diakomodasi oleh saluran drainase di Jalan Raya Nginden sebesar 15,375 ha.

Setelah mendapatkan nilai koefisien aliran permukaan (C), intensitas hujan (I) dan luas daerah drainase atau *catchment area* maka dapat melakukan perhitungan debit banjir rencana untuk saluran drainase di Jalan Raya Nginden Surabaya.

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang diharapkan akan terjadi pada periode tertentu. Cara perhitungan debit banjir rencana ini didasarkan pada hujan rencana. Debit banjir rencana dapat dihitung dengan menggunakan metode Rasional seperti pada persamaan (9) (Suripin, 2004). Hasil perhitungan debit banjir rencana dapat dilihat pada **Tabel 6**.

$$Q_d = 0,00278 C I A \quad (9)$$

Dimana :

- Q = debit rencana saluran (m³/det)
- C = koefisien pengaliran
- I = Intensitas curah hujan yang sesuai dengan waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = luas daerah drainase (km²)

Tabel 6. Debit Banjir Rencana untuk V = 1 m/detik

Periode Ulang (Tahun)	Koefisien	Koefisien Pengaliran Komposit (C _k)	Luas (ha)	I (mm/jam)	Q _d (m ³ /detik)
2	0,00278	0,74	15,375	60,04	1,89
5	0,00278	0,78	15,375	66,44	2,21
10	0,00278	0,82	15,375	78,64	2,74
25	0,00278	0,87	15,375	90,15	3,34
50	0,00278	0,91	15,375	99,61	3,86

Pada **Tabel 6** perhitungan debit banjir rencana dilakukan berdasarkan asumsi $V = 1$ m/detik. Sehingga perlu mencari kecepatan aliran sebenarnya (V_{aktual}) dengan cara sebagai berikut. Setelah mendapatkan V_{aktual} maka diulangi langkah perhitungan intensitas hujan dan waktu konsentrasi, sehingga diperoleh debit banjir rencana dengan kecepatan aliran sebenarnya dan disajikan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Debit Banjir Dengan V_{aktual}

Periode Ulang (Tahun)	R ₂₄ (mm)	V _{aktual} (m/detik)	t _d (menit)	t _o (menit)	t _c (menit)	t _c (jam)	I (mm/jam)	C _k	A (ha)	Q _d (m ³ /detik)
2	90,41	1,32	5,17	15,80	20,97	0,34952	63,17	0,74	15,375	1,99
5	100,04	1,37	4,98	15,80	20,78	0,34632	70,33	0,78	15,375	2,34
10	118,41	1,45	4,71	15,80	20,51	0,34184	83,97	0,82	15,375	2,93
25	135,74	1,52	4,50	15,80	20,30	0,33826	96,93	0,87	15,375	3,59
50	149,99	1,57	4,34	15,80	20,14	0,33568	107,66	0,91	15,375	4,17

8. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data hujan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa data curah hujan yang tercatat di stasiun hujan Wonokromo dapat mewakili kawasan Jalan Raya Nginden. Dari analisis frekuensi dan uji kecocokan Chi-Kuadrat yang dilakukan, data hujan yang tercatat di stasiun hujan Wonokromo sesuai dengan sebaran Log Pearson Tipe III. Dengan tipe sebaran tersebut, diperoleh debit banjir rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun sebesar 1,99 m³/detik, 2,34 m³/detik, 2,93 m³/detik, 3,59 m³/detik, dan 4,17 m³/detik. Debit banjir rencana tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan kapasitas saluran drainase di Jalan Raya Nginden.

9. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2017). Data Informasi Bencana Indonesia. *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, < <https://bnpb.cloud/dibi/laporan4> > (November 12, 2018).
- Chow, V.T. (1959). *Open Channel Hydraulics*. McGrawHill, New York.
- Chow, V.T. (1988). *Applied Hydrology*. McGrawHill, Singapore.
- Hadi, A. & Christian, Y. (2015). "Analisa Keuangan Rumah Toko dengan Penerapan Pengolahan Air Limbah dan Penampungan Air Hujan". *Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol. 5, No. 1.
- Hartono, K. & Kosasih, W. (2016). "Perencanaan Sistem Rainwater Harvesting yang berbasis Value Engineering". *Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol. 5, No. 2.
- Nababan, E. & Antonio, J. (2017). *Evaluasi Kapasitas Primer dan Busem Wonorejo*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Sanjaya, Y. & Gunawan, J. (2018). *Biaya Sistem Konservasi Air Existing dan Usulan pada Apartemen Amega Crown Residence Surabaya*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik*. Nova, Bandung.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi, Yogyakarta.