

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KOMPLEKS PERKANTORAN BUPATI BOLAANG MONGONDOW

Leonardo Taawoeda,
Alex Binilang, Fuad Halim

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Permasalahan yang sering muncul pada musim penghujan adalah terjadinya genangan air pada beberapa lokasi seperti pada lokasi tinjauan yaitu, kawasan perkantoran bupati Kabupaten Bolaang Mongondow. Hal ini bisa berlangsung diakibatkan belum adanya saluran drainase yang memadai (masih berupa saluran alami). Tujuan Penelitian ini adalah 1) Merencanakan sistem drainase dalam rangka mengatasi genangan air hujan, 2) Mendapatkan dimensi saluran sebagai alternatif mengatasi genangan air di kawasan tersebut.

Metodologi yang digunakan adalah; 1) Pengumpulan data baik primer maupun sekunder, 2) Perencanaan teknis sistem drainase berdasarkan hasil analisa hidrologi, 3) Penyusunan laporan. Pengumpulan data primer seperti mencari lokasi stasiun curah hujan, pengumpulan data sekunder seperti mencari data spasial yang sudah tersedia seperti Peta Rupa Bumi Indonesia, Peta Tanah, dan lain sebagainya. Perencanaan teknis dilakukan setelah daerah fokus penelitian diperoleh, dengan terlebih dahulu mencari persamaan intensitas hujan untuk pertimbangan desain. Perencanaan desain direncanakan mulai dari perhitungan debit limpasan, perhitungan saluran drainase, perhitungan bangunan dimensi pelengkap, dan gambar. Penyusunan laporan dibuat sesuai hasil yang diperoleh, baik perhitungan, analisa, sampai masukan dan saran

Dari hasil analisis diperoleh saluran sebanyak 165 ruas dan gorong-gorong sebanyak 41 buah dengan nilai debit saluran terbesar (Q) yaitu $5,9307 \text{ m}^3/\text{det}$, dimensi penampang berbentuk trapesium dengan nilai lebar bawah (b) 1,45 m, tinggi 1,5 m pada saluran (162-165).

Kata Kunci : Air Hujan, Genangan, Drainase

PENDAHULUAN

Banjir merupakan kata yang populer di Indonesia, khususnya pada musim hujan, mengingat hampir semua kota di Indonesia mengalami bencana banjir/genangan. Peristiwa ini hampir setiap tahun berulang, namun permasalahan ini belum terselesaikan, bahkan cenderung meningkat, baik frekuensinya, luasannya, kedalamannya, maupun durasinya. Dalam mengatasi masalah banjir atau genangan ini diperlukan suatu sistem drainase yang baik, dengan didukung berbagai aspek perencanaan yang terkait didalamnya.

Air hujan yang jatuh dapat menimbulkan permasalahan tersendiri bagi lingkungan. Dalam kondisi air normal air hujan ketika jatuh ke tanah sebagian besar masuk ke dalam tanah, sebagian lainnya dialirkan, dan sebagian lainnya menguap. Air hujan menjadi permasalahan ketika air tersebut tidak masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*), tidak dialirkan dan menyebabkan timbulnya genangan atau biasa

diterjemahkan secara bebas sebagai banjir. Banjir umumnya disebabkan curah hujan yang tinggi disertai dengan tidak memadainya kapasitas sistem drainase.

Hampir semua sistem prinsip pada paradigma lama, yakni suatu model drainase mendesain agar aliran *runoff* secepat mungkin dibuang ke sungai. Ironisnya, prinsip ini pun tidak didukung dimensi bangunan yang cukup.

Salah satu daerah yang bermasalah adalah kompleks perkantoran Pemerintah Daerah Kabupaten Bolaang Mongondow. Daerah ini merupakan salah satu wilayah yang rentan dalam permasalahan ini, karena belum memiliki sistem drainase yang memadai. Dengan intensitas hujan yang tinggi, potensi banjir/genangan sangatlah mungkin terjadi.

Konsep perencanaan drainase dengan mempertimbangkan faktor-faktor hidrologi dan fenomena fisik daerah, diharapkan dapat membantu dalam memecahkan permasalahan banjir di daerah tersebut.

LINGKUP DAN TUJUAN

TUJUAN ANALISIS

Tujuan kajian ini antara lain adalah mengevaluasi permasalahan banjir pada sistem drainase dan menyusun rencana sistem drainase (Arah aliran, dimensi saluran, dan dimensi bangunan pelengkap) di kawasan kantor Bupati Kabupaten Bolaang Mongondow sehingga diharapkan bisa membantu dalam memecahkan permasalahan banjir di daerah tersebut.

LINGKUP ANALISIS

Kajian perencanaan sistem drainase mencakup kajian-kajian sebagai berikut:

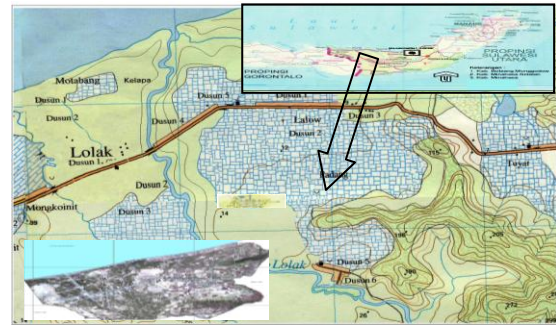
1. Pengujian data awal, normalisasi data dan transformasi data curah hujan serta tipe distribusi curah hujan yang paling cocok.
2. Penghitungan nilai intensitas hujan dengan metode Talbot, ishiguro dan Sherman.
3. Evaluasi eksisting sistem drainase dan kondisi fisik (topografi dan tata guna lahan) serta alternatif sistem jaringan drainase di lokasi tinjauan.
4. Penghitungan nilai debit rencana.
5. Reprerentasi nilai debit terhadap periode ulang hujan (PUH).
6. Penghitungan dimensi rencana saluran drainase..

GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN

Kajian perencanaan sistem drainase dilaksanakan untuk kawasan perkantoran bupati Bolaang Mongondow. Secara administratif kawasan ini terletak di Kecamatan Lolak Kabupaten Bolaang Mongondow dengan batas wilayah meliputi: sebelah utara laut Sulawesi, sebelah barat Kecamatan Sang Tombolang, sebelah selatan Kecamatan Dumoga, sebelah timur kecamatan bolaang

Kota Lolak memiliki kondisi fisiografi yang cukup beragam, sebagian besar terdiri dari kemiringan lereng >40%, kemiringan 15-40%, serta kemiringan 0-2% di wilayah pesisir utaranya. Sebagian besar wilayah Kota Lolak berada di ketinggian <500 mdpl.

Umumnya batas administrasi kecamatan yang berada di bukit - gunung, juga merupakan batas pemisah aliran air permukaan (DAS/GPS).



Gambar 1. Lokasi Daerah Perencanaan Perkantoran Bupati Kabupaten Bolaang Mongondow sebagai pusat pemerintahan, saat ini belum memiliki sistem drainase yang terencana dan terkendali dengan baik dalam artian drainase eksisting masih berupa cekungan tanah. Hal ini dikhawatirkan akan memungkinkan terjadinya suatu bencana alam banjir dan pencemaran lingkungan dalam artian bisa menimbulkan suatu wabah penyakit bagi masyarakat.

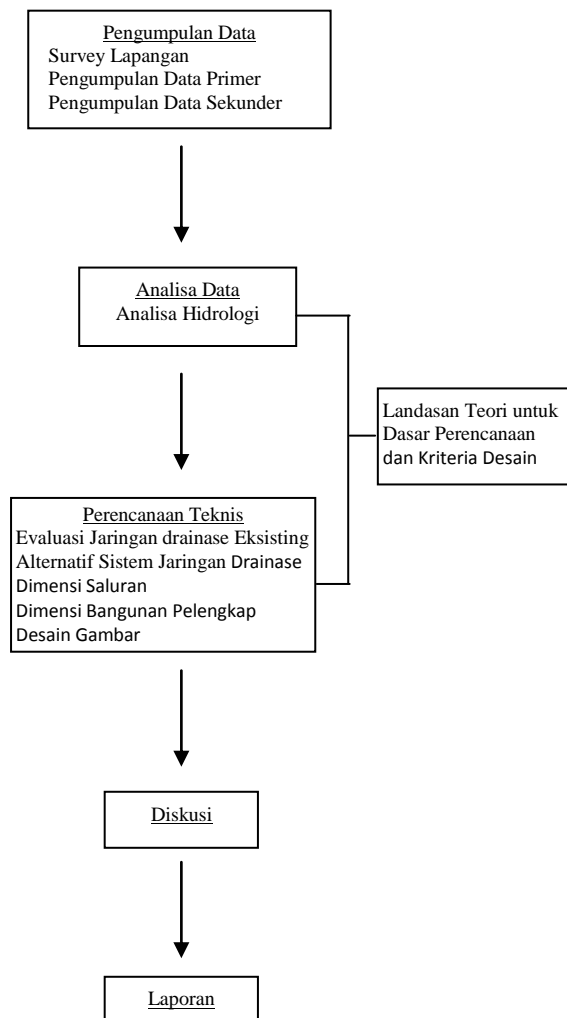
PROSEDUR ANALISIS DATA

Analisis perencanaan sistem drainase meliputi rangkaian tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data; berupa survey lapangan, pengumpulan data primer dan data sekunder
 - Survey lapangan; Peninjauan langsung ke lapangan dengan tujuan mengetahui kondisi terkini dari daerah penelitian
 - Pengumpulan data primer; data primer merupakan data yang diperoleh langsung dilapangan dengan cara sebagai berikut:
 - Melakukan pendataan langsung lokasi koordinat stasiun curah hujan, untuk selanjutnya diketahui pada stasiun mana yang berpengaruh terhadap daerah perencanaan
 - Mengetahui kondisi daerah perencanaan seperti letak genangan, ketinggian genangan, luas genangan, frekuensi genangan dan lama genangan
 - Mengetahui jaringan eksisting saluran dan bangunan pelengkap beserta dengan kapasitasnya
 - Melakukan inventarisasi sistem jaringan drainase yang dilengkapi dengan arah aliran

- Mengetahui kondisi badan air penerima
 - Pengumpulan data sekunder; diperoleh dari instansi terkait setempat dan jaringan internet yang berkenaan langsung dengan tugas akhir seperti:
 - Kumpulan studi-studi terkait
 - Citra Satelit yang memvisualisasikan daerah penelitian.
 - Data curah hujan dari BMG Kayuwatu
 - Peta Topografi dari dinas pertanahan nasional
 - Data prasarana dan fasilitas kota yang telah ada dan yang direncanakan (data lingkungan lokasi studi)
 - Data rencana pengembangan kota, pembiayaan, institusi dan kelembagaan serta peran serta masyarakat
2. Analisis hidrologi
- Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan jam-jam, dengan lama pengamatan sekurang-kurangnya 10 tahun
 - Melakukan analisa frekuensi curah hujan dengan metode Gumbel, Normal, Log Normal, Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III. Dari metode tersebut dipilih metode yang paling sesuai
 - Mengubah data curah hujan menjadi intensitas hujan dengan menggunakan metode Tallbot, Sherman dan Ishiguro
 - Menetapkan persamaan intensitas
3. Tahap perencanaan teknis
- Pengukuran Sistem jaringan drainase; data yang dibutuhkan adalah jaringan eksisting saluran dan peta
 - Menyusun pola aliran dan sistem drainase kota dengan alternatif sistem
 - Menyusun besaran daerah pengaliran (*catchment area*) dalam m^2 , saluran menjadi sub sistem daerah pengaliran
 - Menentukan periode ulang hujan (PUH) pada saluran
 - Perhitungan debit rencana masing-masing saluran
 - Perhitungan dimensi saluran
 - Perhitungan dimensi bangunan pelengkap (gorong-gorong)

- Gambar saluran dan bangunan pelengkap
- Prosedur perencanaan disajikan dalam bentuk bagan alir proses gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Perencanaan Drainase

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan analisis genangan air hujan di lokasi perencanaan, dibutuhkan data-data primer dan sekunder untuk mendapatkan hasil berupa debit dan dimensi saluran rencana. Pembahasan secara berurutan dalam analisis mengantisipasi masalah genangan air hujan adalah:

1. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan menitan sebanyak 12 tahun pengamatan.
2. Analisis dilakukan terhadap data yang telah di kelompokkan berdasarkan durasinya (Tabel 1).
3. Uji homogenitas data; data yang bersifat outlier dikeluarkan dari analisis. Berdasarkan proses ini ternyata tidak

No	Tahun	Durasi (menit)											
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	1995	10.0	15.5	25.8	35.6	44.0	53.5	53.5	53.5	67.7	77.6	78.0	86.8
2	1996	10.1	19.8	27.5	37.0	53.0	53.9	61.7	66.7	72.6	77.9	79.8	100.0
3	1997	11.6	20.0	28.1	40.0	53.1	56.2	66.7	72.5	77.6	81.6	88.0	105.1
4	1998	12.0	20.0	30.0	42.8	53.5	58.0	72.5	75.8	81.5	85.9	90.8	112.4
5	1999	14.0	21.1	34.5	44.0	54.6	60.0	76.5	76.5	83.0	90.8	100.0	118.4
6	2000	18.8	28.0	36.0	48.5	56.2	62.0	78.0	84.0	90.8	94.0	104.8	119.4
7	2001	20.0	29.4	39.4	53.5	60.3	70.8	90.8	90.8	90.8	104.8	114.6	139.2
8	2002	27.0	32.5	40.5	56.3	66	72.0	100.8	100.8	114.6	114.6	132.0	152.8
9	2003	29.0	35.0	46	59.5	79.4	74.8	103.0	112.7	135.0	151.5	152.3	153.2
10	2004	38	40	50.0	69.4	80.0	90.8	104.1	113.0	150.5	152.8	152.8	163.2
11	2005	67.0	67.8	71.0	85.3	88.5	96.0	106.4	136.1	151.5	158.7	158.7	188.2
12	2006	76.0	77.0	80.0	87.0	95.6	103.2	140.5	154.5	162.7	188.1	188.1	199.2

Tabel 1. Data Curah Hujan Diurutkan

No	Tahun	Durasi (menit; log)											
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	1995	1.00	1.19	1.41	1.55	1.64	1.73	1.73	1.73	1.83	1.89	1.89	1.94
2	1996	1.00	1.30	1.44	1.57	1.72	1.73	1.79	1.82	1.86	1.89	1.90	2.00
...
12	2006	1.88	1.89	1.90	1.94	1.98	2.01	2.15	2.19	2.21	2.27	2.27	2.30
Mean		1.3375	1.4754	1.5992	1.7206	1.8032	1.8399	1.9288	1.9575	2.0072	2.0398	2.0615	2.1217
Standar Deviasi		0.3053	0.2165	0.1578	0.1320	0.1057	0.1001	0.1196	0.1339	0.1371	0.1367	0.1286	0.1126
Koefisien Variasi		0.2283	0.1467	0.0987	0.0767	0.0586	0.0544	0.0620	0.0684	0.0683	0.0670	0.0624	0.0531
Koefisien Skewness		0.6662	0.7960	0.8091	0.4969	0.4187	0.6139	0.0544	0.1578	0.3635	0.5175	0.2162	0.0698
Koefisien Kurtosis		3.0909	3.6356	3.5971	2.9387	2.7837	2.7982	3.3166	3.2748	2.2623	2.4900	2.4851	2.8287
Nilai K		2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13
Log Xh		1.99	1.94	1.94	2.00	2.03	2.05	2.18	2.24	2.30	2.33	2.34	2.36
Log Xl		0.69	1.01	1.26	1.44	1.58	1.63	1.67	1.67	1.71	1.75	1.79	1.88
Batas Atas (Xh)		97.49	86.56	86.27	100.53	106.83	113.12	152.74	175.06	199.42	214.49	216.75	230.12
Batas Bawah (Xl)		4.85	10.31	18.30	27.48	37.82	42.30	47.16	46.96	51.84	56.00	61.25	76.13
X minimum		10.00	15.50	25.80	35.60	44.00	53.50	53.50	53.50	67.70	77.60	78.00	86.80
X maksimum		76.00	77.00	80.00	87.00	95.60	103.20	140.50	154.50	162.70	188.10	188.10	199.20
Outlier Rendah ?		Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Outlier Tinggi ?		Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

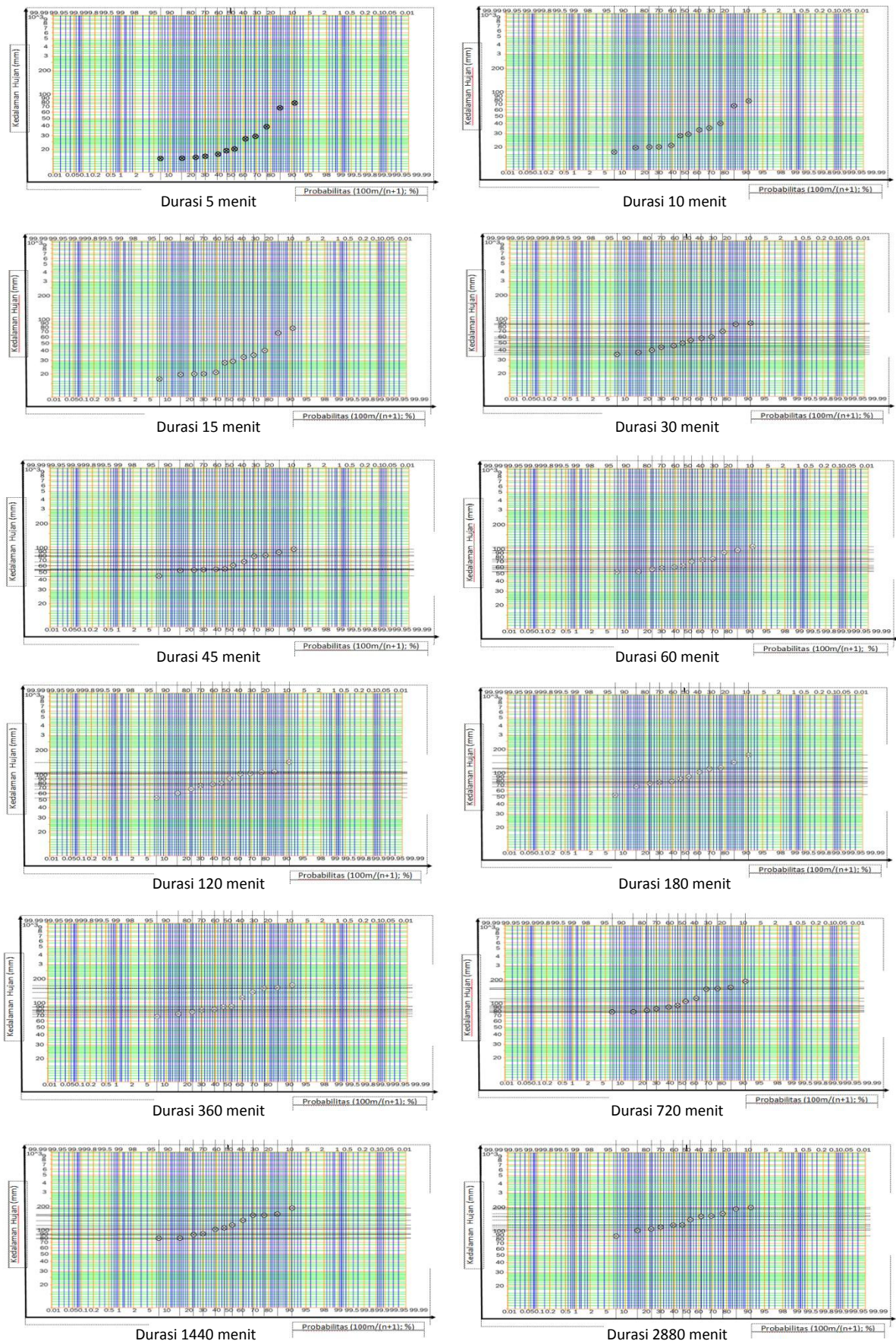
Tabel 2. Uji Homogenitas Data

- ditemukan data *outlier*, sehingga keseluruhan data dipakai dalam analisis untuk mendapatkan data-data parameter statistik (Tabel 2).
- Parameter statistik yang dihitung yaitu *mean* (nilai rata-rata), standar deviasi, koefisien variabilitas, koefisien kemencengan (*skewness*), dan koefisien kurtosis.
 - Parameter statistik yang didapat hasil analisis akan menentukan jenis sebaran dari tiap populasi data.
 - Uji normalitas data; dilakukan untuk melihat apakah data tersebar secara normal atau tidak. Jika tidak tersebar secara normal maka dilakukan transformasi semilog. Dalam hal ini dilakukan transformasi logaritma bilangan dasar 10 terhadap data durasi hujan
 - Dari parameter statistik diketahui tipe sebaran adalah distribusi log Pearson III (tabel 3).
 - Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut (penyimpangan/deviasi yang mengandung kesalahan terkecil). Maka dilakukan uji kesesuaian/kecocokan dengan cara grafis dan cara matematis/analitis.
 - Uji kecocokan dengan cara grafis didapat dengan melakukan pengeplotan data empiris pada kertas probabilitas distribusi teoritis (distribusi terpilih yaitu sebaran distribusi metode log Pearson tipe III). Dari gambar diketahui bahwa data mempunyai deviasi yang kecil dan dapat

No	Tahun	Durasi (menit)													
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880		
1	1995	10.0	15.5	25.8	35.6	44.0	53.5	53.5	53.5	67.7	77.6	78.0	86.8		
2	1996	10.1	19.8	27.5	37.0	53.0	53.9	61.7	66.7	72.6	77.9	79.8	100.0		
...		
12	2006	76.0	77.0	80.0	87.0	95.6	103.2	140.5	154.5	162.7	188.1	188.1	199.2		
Mean ($X_{rata-rata}$)		27.792	33.842	42.400	54.908	65.350	70.933	87.875	94.742	106.525	114.858	119.992	136.492		
Standar Deviasi (S)		22.239	19.517	17.253	17.609	16.479	17.210	24.418	29.815	34.585	37.998	36.075	35.494		
Koefisien Variasi (Cv)		0.800	0.577	0.407	0.321	0.252	0.243	0.278	0.315	0.325	0.331	0.301	0.260		
Koefisien Skewness (Cs)		1.490	1.514	1.350	0.892	0.701	0.848	0.659	0.736	0.577	0.783	0.549	0.453		
Koefisien Kurtosis (Ck)		4.847	5.067	4.708	3.459	2.966	3.162	4.127	3.664	2.396	2.972	2.898	2.991		
Normal	x-s dan x+s	68.27	83.3	83.3	83.3	66.7	75.0	50.0	75.0	66.7	83.3	66.7	66.7		
	x-2s dan x+2s	95.44	91.7	91.7	91.7	100.0	100.0	100.0	91.7	91.7	100.0	100.0	100.0		
	(X - S)	5.5523	14.3251	25.1472	37.2990	48.8712	53.7234	63.4570	64.9263	71.9400	76.8601	83.9169	100.9977		
	(X + S)	50.0310	53.3582	59.6528	72.5177	81.8288	88.1433	112.2930	124.5570	141.1100	152.8566	156.0665	171.9857		
	(X - 2S)	-16.6871	-5.1914	7.8945	19.6896	32.3925	36.5134	39.0389	35.1110	37.3549	38.8619	47.8421	65.5037		
	(X + 2S)	72.2704	72.8747	76.9055	90.1271	98.3075	105.3532	136.7111	154.3724	175.6951	190.8548	192.1413	207.4797		
	Cs ≈ 0	0	1.4897	1.5142	1.3497	0.8924	0.7009	0.8480	0.6586	0.7363	0.5766	0.7828	0.5495	0.4533	
	Ck ≈ 3S ²	1483.7698	4.8466	5.0671	4.7078	3.4594	2.9665	3.1621	4.1266	3.6636	2.3961	2.9722	2.8976	2.9913	
	Log Normal	Cs ≈ 3Cv + Cv ²	3.0410	1.4897	1.5142	1.3497	0.8924	0.7009	0.8480	0.6586	0.7363	0.5766	0.7828	0.5495	0.4533
	Gumbel	Cs ≈ 1,14	1.1400	1.4897	1.5142	1.3497	0.8924	0.7009	0.8480	0.6586	0.7363	0.5766	0.7828	0.5495	0.4533
Ck ≈ 5,4002		5.4002	4.8466	5.0671	4.7078	3.4594	2.9665	3.1621	4.1266	3.6636	2.3961	2.9722	2.8976	2.9913	
Log Pearson Tipe III	Apabila ketiga syarat diatas tidak memenuhi	Distribusi Terpilih:	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	Log Pearson Tipe III	

Tabel 3. Penentuan Tipe Distribusi Sebaran Hujan Berdasar Parameter Statistik

- diterima (gambar 3 dan tabel 4). Untuk uji kesesuaian dengan cara analitis/matematis, dipakai dua metode yaitu uji chi-kuadrat dan uji smirnov-kolmogorov.
- Pada uji chi-kuadrat dalam analisis frekuensi curah hujan (tabel 5 dan 6), semua metode dapat diterima. Dengan pertimbangan faktor keamanan, akhirnya dipilih curah hujan rencana menurut metode log pearson tipe III (metode terpilih dengan melihat parameter statistik) sama halnya pada uji smirnov-kolmogorov yang semua datanya memenuhi untuk analisis lanjut (tabel 7).
 - Setelah itu dilakukan perhitungan curah hujan rencana (tabel 8).
 - Dari perhitungan metode log pearson tipe III beberapa periode ulang hujan (PUH), curah hujan rencana diubah menjadi intensitas hujan empirik, kemudian analisis dilanjutkan dengan menghitung harga dalam masing-masing suku dalam intensitas curah hujan rencana. Untuk kemudian dicari harga tiap suku dalam rumus intensitas hujan (rumus talbot, sherman, dan ishiguro).
 - Selanjutnya dilakukan pemeriksaan yang cocok digunakan dengan mencari deviasi intensitas hujan rencana dan hasil prediksi berdasarkan persamaan talbot, sherman, dan ishiguro. Untuk deviasi rata-rata yang terkecil dianggap sebagai rumus yang paling cocok. Untuk PUH rencana yaitu 10 tahun didapatkan persamaan intensitas curah hujan metode talbot (tabel 9).
 - Analisis hujan rencana digunakan untuk mendapatkan harga intensitas curah hujan. Dalam mencari intensitas curah hujan, persamaan terpilih adalah persamaan Talbot untuk kala ulang 10 tahun.
 - Pada persamaan intensitas hujan, salah satu parameter yang penting adalah waktu pengaliran (waktu mengalir air di lahan ditambah waktu pengaliran di saluran).
 - Selain intensitas hujan, faktor luas daerah tangkapan (*catchment area*) dan koefisien pengaliran (yang tergantung dari jenis penutup lahan) merupakan parameter untuk menentukan besarnya nilai debit di saluran.
 - Dari survey lapangan diketahui bahwa saluran eksisting masih merupakan saluran alamiah (berupa cekungan tanah; gambar 5). Untuk itu disusun pola aliran dan sistem jaringan drainase alternatif (gambar 6).



Gambar 3. Penggambaran Data Pada Kertas Probabilitas Log Pearson III Tiap Durasi Hujan.

DISTRIBUSI DATA

No	Tahun	P(x) = m/(n+1); %	Durasi (menit)											
			5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	1995	7.6923	10.0	15.5	25.8	35.6	44.0	53.5	53.5	53.5	67.7	77.6	78.0	86.8
2	1996	15.3846	10.1	19.8	27.5	37.0	53.0	53.9	61.7	66.7	72.6	77.9	79.8	100.0
...
12	2006	92.3077	76.0	77.0	80.0	87.0	95.6	103.2	140.5	154.5	162.7	188.1	188.1	199.2

DISTRIBUSI TEORITIS

PUH	K _T	X _T	2	5	10	25	50	75	100	125	150	175	200					
			K _T	X _T	K _T	X _T	K _T	X _T	K _T	X _T	K _T	X _T	K _T	X _T				
2	K _T	X _T	-0.0508	20.99	-0.0358	21.21	-0.0262	21.35	-0.0221	21.42	-0.0179	-0.0170	-0.0201	-0.0224	-0.0229	-0.0229	-0.0216	-0.0190
	K _T	X _T	0.8236	38.81	0.8290	38.95	0.8325	39.05	0.8325	39.05	0.8325	39.05	0.8325	39.05	0.8325	0.8325	0.8325	0.8325
5	K _T	X _T	1.3094	54.60	1.3023	54.33	1.2972	1.2949	1.2925	1.2920	1.2938	1.2950	1.2953	1.2953	1.2953	1.2946	1.2931	
	K _T	X _T	1.8506	79.88	1.8231	78.35	1.8041	1.7956	1.7869	1.7850	1.7915	1.7962	1.7972	1.7971	1.7971	1.7944	1.7891	
10	K _T	X _T	2.014	112.14	1.980	110.22	1.940	1.900	1.8737	1.8737	1.9048	2.0122	2.0498	2.0994	2.1297	2.1496	2.2001	
	K _T	X _T	2.2827	141.296	2.2481	139.947	2.1987	2.1561	2.1267	2.1027	2.1267	2.1845	2.2622	2.3400	2.4199	2.4998	2.5797	2.6596
25	K _T	X _T	2.6596	188.1	2.6231	186.1	2.5877	2.5523	2.5267	2.5011	2.5267	2.6045	2.6822	2.7600	2.8379	2.9158	2.9937	3.0716
	K _T	X _T	2.8287	229.9	2.7931	227.9	2.7577	2.7223	2.6967	2.6711	2.6967	2.7745	2.8522	2.9300	3.0079	3.0858	3.1637	3.2416

Tabel 4. Data yang digunakan pada uji kecocokan (*the goodness of fittest test*) cara grafis.

Data ditransormasi (dalam Log)

No	Tahun	Durasi (menit)											
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	1995	1.000	1.190	1.412	1.551	1.643	1.728	1.728	1.728	1.831	1.890	1.892	1.939
2	1996	1.004	1.297	1.439	1.568	1.724	1.732	1.790	1.824	1.861	1.892	1.902	2.000
...
12	2006	1.881	1.886	1.903	1.940	1.980	2.014	2.148	2.189	2.211	2.274	2.274	2.299
Standar Deviasi		0.3053	0.2165	0.1578	0.1320	0.1057	0.1001	0.1196	0.1339	0.1371	0.1367	0.1286	0.1126
Koefisien Variasi		0.2283	0.1467	0.0987	0.0767	0.0586	0.0544	0.0620	0.0684	0.0683	0.0670	0.0624	0.0531
Koefisien Skewness		0.6662	0.7960	0.8091	0.4969	0.4187	0.6139	0.0544	0.1578	0.3635	0.5175	0.2162	0.0698
Koefisien Kurtosis		3.0909	3.6356	3.5971	2.9387	2.7837	2.7982	3.3166	3.2748	2.2623	2.4900	2.4851	2.8287
Jumlah Kelas (k)		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Interval	Pr	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
		75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
K _T	25%	0.6428	0.6284	0.6269	0.6598	0.6672	0.6486	0.6974	0.6894	0.6724	0.6579	0.6849	0.6962
	50%	-0.1103	-0.1314	-0.1335	-0.0825	-0.0692	-0.1014	-0.0093	-0.0262	-0.0602	-0.0858	-0.0357	-0.0119
	75%	-0.7325	-0.7353	-0.7354	-0.7271	-0.7242	-0.7311	-0.7050	-0.7113	-0.7219	-0.7278	-0.7147	-0.7060
Log X	25%	1.5337	1.6114	1.6981	1.8077	1.8737	1.9048	2.0122	2.0498	2.0994	2.1297	2.1496	2.2001
	50%	1.3038	1.4469	1.5781	1.7097	1.7959	1.8298	1.9277	1.9540	1.9990	2.0281	2.0570	2.1204
	75%	1.1138	1.3162	1.4831	1.6247	1.7267	1.7667	1.8445	1.8622	1.9083	1.9403	1.9696	2.0423
X	25%	34.1746	40.8708	49.8976	64.2264	74.7658	80.3228	102.8417	112.1451	125.7196	134.7974	141.1296	158.5287
	50%	20.1288	27.9864	37.8532	51.2561	62.4999	67.5719	84.6582	89.9427	99.7637	106.6728	114.0122	131.9487
	75%	12.9970	20.7122	30.4173	42.1376	53.2914	58.4431	69.8990	72.8196	80.9562	87.1610	93.2495	110.2235

Tabel 5. Rekapitulasi Uji Chi-Kuadrat Simpangan Vertikal - 1 (Cara Analitik).

Durasi	Batas Kelas	Jumlah		Fe - Ft	(Fe - Ft)² / Ft	Jumlah	Durasi	Batas Kelas	Jumlah		Fe - Ft	(Fe - Ft)² / Ft	Jumlah
		Fe	Ft						Fe	Ft			
5	0.000 - 12.99	4.0	3.0	1.000	0.333	0.667	120	0.000 - 69.899	3.0	3.0	0.000	0.000	0.667
	12.99 - 20.12	3.0	3.0	0.000	0.000			69.899 - 84.658	3.0	3.0	0.000	0.000	
	20.12 - 34.17	2.0	3.0	-	0.333			84.658 - 102.84	2.0	3.0	-	0.333	
	34.17 - ~	3.0	3.0	0.000	0.000			102.84 - ~	4.0	3.0	1.000	0.333	
10	0.000 - 20.71	4.0	3.0	1.000	0.333	3.333	180	0.000 - 72.820	3.0	3.0	0.000	0.000	0.667
	20.71 - 27.98	1.0	3.0	-	1.333			72.820 - 89.943	3.0	3.0	0.000	0.000	
	27.98 - 40.87	5.0	3.0	2.000	1.333			89.943 - 112.14	2.0	3.0	-	0.333	
	40.87 - ~	2.0	3.0	-	0.333			112.14 - ~	4.0	3.0	1.000	0.333	
15	0.000 - 30.41	4.0	3.0	1.000	0.333	0.667	360	0.000 - 80.956	3.0	3.0	0.000	0.000	2.000
	30.41 - 37.85	2.0	3.0	-	0.333			80.956 - 99.764	4.0	3.0	1.000	0.333	
	37.85 - 49.89	3.0	3.0	0.000	0.000			99.764 - 125.72	1.0	3.0	-	1.333	
	49.89 - ~	3.0	3.0	0.000	0.000			125.72 - ~	4.0	3.0	1.000	0.333	
30	0.000 - 42.13	3.0	3.0	0.000	0.000	0.000	720	0.000 - 87.161	4.0	3.0	1.000	0.333	2.000
	42.13 - 51.25	3.0	3.0	0.000	0.000			87.161 - 106.67	3.0	3.0	0.000	0.000	
	51.25 - 64.22	3.0	3.0	0.000	0.000			106.67 - 134.79	1.0	3.0	-	1.333	
	64.22 - ~	3.0	3.0	0.000	0.000			134.79 - ~	4.0	3.0	1.000	0.333	
45	0.000 - 53.29	3.0	3.0	0.000	0.000	2.000	1440	0.000 - 93.249	4.0	3.0	1.000	0.333	1.333
	53.29 - 62.50	4.0	3.0	1.000	0.333			93.249 - 114.01	2.0	3.0	-	0.333	
	62.50 - 74.76	1.0	3.0	-	1.333			114.01 - 141.13	2.0	3.0	-	0.333	
	74.76 - ~	4.0	3.0	1.000	0.333			141.13 - ~	4.0	3.0	1.000	0.333	
60	0.000 - 58.44	4.0	3.0	1.000	0.333	0.667	2880	0.000 - 110.22	3.0	3.0	0.000	0.000	0.000
	58.44 - 67.57	2.0	3.0	-	0.333			110.22 - 131.94	3.0	3.0	0.000	0.000	
	67.57 - 80.32	3.0	3.0	0.000	0.000			131.94 - 158.52	3.0	3.0	0.000	0.000	
	80.32 - ~	3.0	3.0	0.000	0.000			158.52 - ~	3.0	3.0	0.000	0.000	

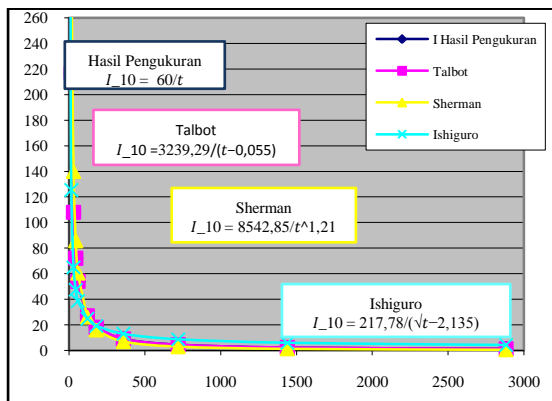
Tabel 6. Rekapitulasi Uji Chi-Kuadrat Simpangan Vertikal - 2 (Cara Analitik).

No	Peluang Pe (X)	Durasi (menit)											
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	0.0769	-0.0566	-0.0119	-0.0414	-0.0201	0.0153	-0.0541	-0.0105	-0.0060	-0.0170	-0.0595	-0.0121	-0.0174
2	0.1538	0.0166	-0.0562	-0.0065	0.0275	-0.0840	0.0100	0.0283	-0.0106	0.0064	0.0107	0.0480	0.0099
3	0.2308	0.0412	0.0132	0.0561	0.0429	-0.0099	0.0435	0.0374	-0.0148	0.0328	0.0522	0.0458	0.0408
4	0.3077	0.1043	0.0902	0.0807	0.0451	0.0569	0.0773	0.0074	0.0107	0.0542	0.0809	0.0920	0.0286
5	0.3846	0.0980	0.1271	0.0175	0.0889	0.1033	0.1006	0.0133	0.0767	0.1101	0.0936	0.0502	0.0325
6	0.4615	0.0156	-0.0075	0.0518	0.0491	0.1371	0.1257	0.0646	0.0432	0.0834	0.1305	0.0695	0.0976
7	0.5385	0.0591	0.0334	0.0383	0.0097	0.1086	-0.0052	-0.0556	0.0286	0.1603	0.0799	0.0366	-0.0379
8	0.6154	-0.0114	0.0411	0.0887	0.0278	0.0529	0.0462	-0.1115	-0.0131	-0.0256	0.0574	-0.0536	-0.0869
9	0.6923	0.0309	0.0669	0.0429	0.0411	-0.1252	0.0652	-0.0620	-0.0629	-0.1217	-0.1500	-0.1312	-0.0135
10	0.7692	-0.0230	0.0517	0.0395	-0.0483	-0.0550	-0.1058	0.0014	0.0110	-0.1192	-0.0790	-0.0567	-0.0219
11	0.8462	-0.0842	-0.0915	-0.0899	-0.0893	-0.0615	-0.0689	0.0505	-0.0564	-0.0468	-0.0281	-0.0074	-0.0613
12	0.9231	-0.0264	-0.0400	-0.0446	-0.0202	-0.0224	-0.0294	-0.0388	-0.0285	-0.0188	-0.0680	-0.0547	-0.0105
	D _{maks}	0.1640	0.2166	0.2331	0.1541	0.1162	0.2050	-0.0756	-0.0222	0.0981	0.1206	0.0265	-0.0400

Tabel 7. Rekapitulasi Uji Smirnov-Kolmogorov (Cara Analitik).

No	Tahun	Durasi (menit; log)											
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	1995	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9
2	1996	1.0	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0
...
12	2006	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3
Mean		1.337	1.475	1.599	1.721	1.803	1.840	1.929	1.957	2.007	2.040	2.062	2.122
Standar Deviasi		0.305	0.216	0.158	0.132	0.106	0.100	0.120	0.134	0.137	0.137	0.129	0.113
Koefisien Variasi		0.228	0.147	0.099	0.077	0.059	0.054	0.062	0.068	0.068	0.067	0.062	0.053
Koefisien Skewness		0.666	0.796	0.809	0.497	0.419	0.614	0.054	0.158	0.364	0.517	0.216	0.070
Koefisien Kurtosis		3.091	3.636	3.597	2.939	2.784	2.798	3.317	3.275	2.262	2.490	2.485	2.829
Nilai K _r													
No	Return Period	Durasi (Menit)											
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	2	-0.0508	-0.0358	-0.0262	-0.0221	-0.0179	-0.0170	-0.0201	-0.0224	-0.0229	-0.0229	-0.0216	-0.0190
2	5	0.8236	0.8290	0.8325	0.8325	0.8325	0.8325	0.8325	0.8325	0.8325	0.8325	0.8325	0.8325
3	10	1.3094	1.3023	1.2972	1.2949	1.2925	1.2920	1.2938	1.2950	1.2953	1.2953	1.2946	1.2931
4	25	1.8506	1.8231	1.8041	1.7956	1.7869	1.7850	1.7915	1.7962	1.7972	1.7971	1.7944	1.7891
Y _T = log XT													
No	Return Period	Durasi (Menit)											
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	2	1.3220	1.3265	1.3295	1.3307	1.3320	1.3323	1.3313	1.3306	1.3305	1.3305	1.3309	1.3317
2	5	1.5889	1.5906	1.5916	1.5916	1.5916	1.5916	1.5916	1.5916	1.5916	1.5916	1.5916	1.5916
3	10	1.7372	1.7350	1.7335	1.7328	1.7321	1.7319	1.7324	1.7328	1.7329	1.7329	1.7327	1.7322
4	25	1.9024	1.8940	1.8882	1.8856	1.8830	1.8824	1.8844	1.8858	1.8861	1.8861	1.8853	1.8837
Hujan Rencana (X _T ; mm)													
No	Return Period	Durasi (Menit)											
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440	2880
1	2	20.99	21.21	21.35	21.42	21.48	21.49	21.45	21.41	21.40	21.40	21.42	21.46
2	5	38.81	38.95	39.05	39.05	39.05	39.05	39.05	39.05	39.05	39.05	39.05	39.05
3	10	54.60	54.33	54.14	54.05	53.96	53.94	54.01	54.05	54.07	54.06	54.04	53.98
4	25	79.88	78.35	77.31	76.85	76.38	76.28	76.63	76.88	76.94	76.93	76.79	76.50

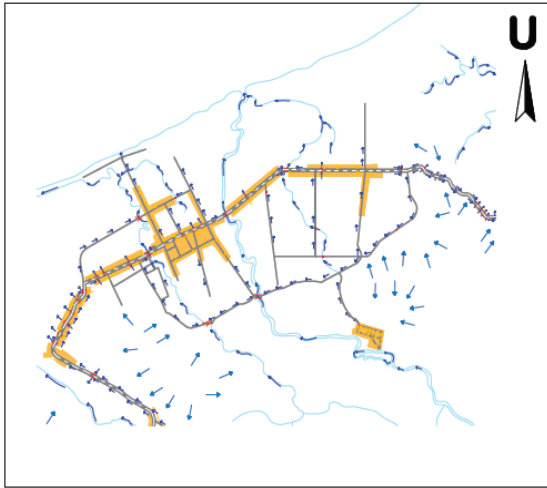
Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III.



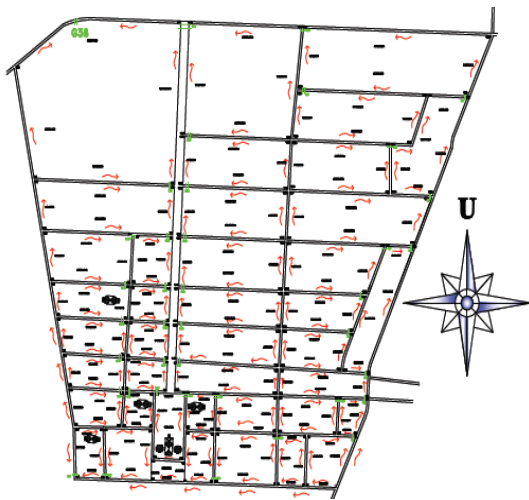
Gambar 4. Perbandingan intensitas hujan hasil pengukuran dengan metode lain (Talbot, Sherman dan Ishiguro) pada periode ulang hujan (PUH) 10 tahun.

No	t (menit)	I (mm/jam)	Intensitas Hujan (mm/jam)			Deviasi		
			Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
a	b	c	d	e	f	g=d-c	h=e-c	i=f-c
1	5	655.24	655.04	1220.88	2155.63	-0.20	565.64	1500.39
2	10	325.99	325.71	528.18	212.00	-0.27	202.19	-113.98
3	15	216.54	216.74	323.53	125.31	0.20	106.99	-91.24
4	30	108.10	108.17	139.97	65.16	0.08	31.87	-42.94
5	45	71.94	72.07	85.74	47.62	0.13	13.79	-24.32
6	60	53.94	54.04	60.55	38.81	0.10	6.61	-15.13
7	120	27.00	27.01	26.20	24.69	0.00	-0.81	-2.31
8	180	18.02	18.00	16.05	19.30	-0.02	-1.97	1.29
9	360	9.01	9.00	6.94	12.93	-0.01	-2.07	3.92
10	720	4.51	4.50	3.00	8.82	-0.01	-1.50	4.31
11	1440	2.25	2.25	1.30	6.08	0.00	-0.95	3.83
12	2880	1.12	1.12	0.56	4.23	0.00	-0.56	3.10
Σ						0.0010	919.2372	1226.9276
Deviasi rata-rata						0.0001	76.6031	102.2440

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan intensitas dengan PUH 10 tahun.



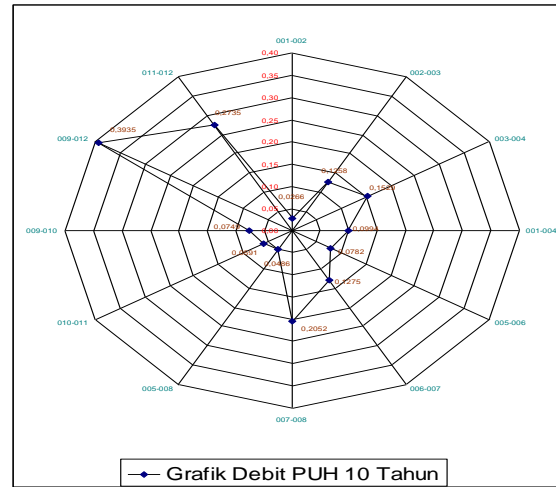
Gambar 5. Alur Alami Drainase.



Gambar 6. Rencana Jaringan Drainase.

18. Penomoran pada sistem jaringan drainase dimulai dari kontur tinggi ke kontur yang lebih rendah sesuai dengan pola aliran rencana (nomor saluran kecil ke nomor saluran besar).
19. Periode ulang hujan (PUH) untuk saluran drainase yang dipilih adalah 10 tahun. Karena dilokasi studi luasnya hanya ± 2 km² atau sekitar 200 Ha.
20. Penghitungan debit menggunakan rumus rasional kemudian besaran debit di presentasikan dalam bentuk grafik (gambar 7).
21. Grafik debit berfungsi untuk membandingkan kapasitas debit rencana periode ulang hujan tertentu dengan kapasitas debit dari saluran drainase eksisting (menurut asep sunandar, dkk).
22. Karena tidak ada saluran drainase eksisting, maka grafik debit hanya berupa besarnya nilai debit di masing-masing

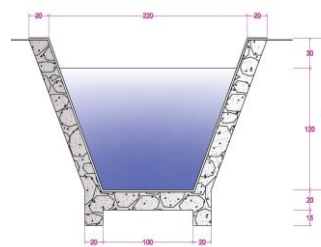
saluran dengan PUH tertentu dalam hal ini PUH 10 tahun.



Sumber: Asep, dkk. 2005

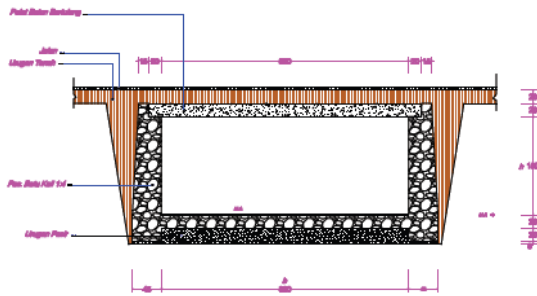
Gambar 7. Grafik Beberapa Nilai Debit Rencana Untuk Periode Ulang Hujan (PUH) 10 Tahun.

23. Tujuan dari grafik debit (gambar 5) adalah untuk merepresentasikan nilai debit pada setiap ruas saluran secara cepat dalam rangka mendapatkan dimensi rencana dari setiap saluran.
24. Grafik debit akan berubah-ubah mengikuti nilai debit di tiap-tiap saluran.
25. Setelah nilai debit di masing-masing saluran diperoleh, analisis dilanjutkan dengan cara mencoba-coba dimensi penampangnya.
26. Dimensi penampang saluran di desain berbentuk trapezium
27. Jumlah dimensi saluran masing-masing saluran (B x H) yaitu: (0,25 m x 0,50 m) 120 buah; (0,4 m x 0,6 m) 3 buah; (0,5 m x 0,65 m) 5 buah; (0,5 m x 0,7 m) 3 buah; (0,5 m x 0,8 m) 3 buah; (0,6 m x 0,85 m) 6 buah; (0,7 m x 0,9 m) 6 buah; (0,7 m x 0,95 m) 1 buah; (0,8 m x 1,05 m) 8 buah; (0,7 m x 1,1 m) 4 buah; (0,8 m x 1,25 m) 2 buah; (0,9 m x 1,30 m) 3 buah; (1,45 m x 1,50 m) 1 buah. Total saluran adalah 165 buah ruas saluran.



Gambar 8. Prototipe Saluran Drainase

28. Sedangkan dimensi gorong-gorong masing-masing (B x H) yaitu: (0,65 m x 0,65 m) 8 buah; (0,9 m x 0,70 m) 1 buah; (0,95 m x 0,90 m) 9 buah; (1,05 m x 1,0 m) 3 buah; (1,05 m x 1,05 m) 2 buah; (1,6 m x 1,10 m) 7 buah; (1,65 m x 1,20 m) 4 buah; (1,90 m x 1,25 m) 2 buah; (1,95 m x 1,30 m) 2 buah; (2,85 m x 1,35 m) 1 buah; (2,85 m x 1,40 m) 1 buah; (3,8 m x 1,50 m) 1 buah. Total gorong-gorong adalah sebanyak 41 buah.



Gambar 8. Prototipe Gorong-Gorong

Perencanaan dimensi saluran dan sistem jaringan baru menjadikan saluran tersebut memiliki kemampuan untuk menampung debit rencana sesuai dengan pola aliran yang direncanakan, sehingga resiko terjadinya luapan air dan genangan sehabis hujan bisa dihindari.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk mengantisipasi masalah genangan air hujan dibuat sistem jaringan saluran yang baru.
2. Sistem jaringan saluran di lokasi perencanaan meliputi 165 ruas dan 41 gorong-gorong yang baru

SARAN

1. Diperlukan kajian yang mendalam terkait masalah perencanaan, dan sistem informasi geografis merupakan metode optimum yang bisa digunakan sebagai alternatif kajian.
2. Perlu adanya pendukung data yang lebih baik sebagai input untuk hal-hal terkait masalah keruangan, terkait masalah

ketelitian, kevalidan, dan akurasi dari *output*.

3. Ruang lingkup saluran drainase yang direncanakan dapat diperluas hingga ke saluran yang lebih kecil yaitu saluran tersier.
4. Untuk memperoleh hasil rekomendasi yang lebih detail. Diperlukan penelitian lanjutan yang terfokus terkait struktur dari kolam penahan air hujan, penggunaan sumur resapan dan biopori.
5. Perlu adanya simulasi aliran pada saluran drainase dengan menggunakan pemodelan *network flow*.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T. *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book Company Tokyo.
- Gunadharma. 1997. *Drainase Perkotaan*.
- Limantara, L. M. 2010. *Bahan Ajar Hidrologi Teknik Dasar*. Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang.
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya-Indonesia.
- Sunandar, A., Soedjono, E.S., BS, Didik. 2005. *Optimalisasi Sistem Pengelolaan Drainase Kota Bandung (studi kasus: Kecamatan Arcamanik)*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi I. hal E6.1-E6.12.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi. Yogyakarta.
- Standar Perencanaan Irigasi. 1986. *KP-04 Bagian Bangunan*. Direktorat Sumber Daya Air. Jakarta.
- Tanudjaja, L. 2009. *Materi Kuliah Drainase Dan Pengendalian Banjir*. Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Manado.