

EVALUASI SISTEM DRAINASE DI NAIMATA

Jeannetha C. Pabiban¹ (jeanpabiban2002@gmail.com)

Judi K. Nasjono² (judi.nasjono@staf.undana.ac.id)

Wilhelmus Bunganaen³ (wilembunganaen@yahoo.co.id)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kapasitas saluran eksisting dalam menampung dan mengalirkan air hujan serta mengetahui solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan genangan air hujan yang terjadi di daerah Naimata pada Jalan Taebenu. Dalam penelitian ini dilakukan survey lokasi secara langsung untuk meninjau kondisi eksisting saluran, terdapat 6 saluran drainase berpenampang persegi. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan 20 tahun terakhir tahun 2004-2023 dari stasiun Meteorologi Eltari. Hasil analisis frekuensi curah hujan dan uji kecocokan digunakan metode Log Pearson Type III dengan nilai curah hujan pada kala ulang 5 tahun sebesar 155,955 mm. Nilai intensitas curah hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe yang mana nilai tersebut dipergunakan untuk menghitung debit banjir metode rasional. Hasil perhitungan didapat keenam saluran tidak memenuhi kapasitas debit yang ditampung ($Q_{EKS} \leq Q_R$) sehingga diberikan solusi dengan pengerukan sedimentasi didapat saluran A5 dan saluran A4 memenuhi kapasitas debit yang ditampung. Solusi redimensi saluran dilakukan pada saluran A3, A2, A1, dan saluran B dikarenakan tidak memenuhi kapasitas debit yang ditampung. Sehingga ketika dilakukan redimensi saluran keempat saluran tersebut sudah memenuhi kapasitas debit yang ditampung ($Q_{EKS} \geq Q_R$).

Kata Kunci: Evaluasi, Sistem Drainase, Debit Eksisting, Debit Rencana

ABSTRACT

This research aims at determining capacity of existing channels to accommodate and convey rainwater and find out the right solution to overcome the problem of rainwater puddles that occur in the Naimata area on Jalan Taebenu. A direct location survey was carried out to review the condition of the existing channels. There are 6 drainage channels with a square cross section. The rainfall data used is those from the last 20 years 2004-2023 of Eltari Meteorological Station. Analysis shows that rainfall frequency and suitability test used the Log Pearson Type III method with a rainfall value at the 5 year return period is 155.955 mm. The rainfall intensity value was calculated using the Mononobe formula and flood discharge was calculated by the rational method. It is shown that those the six channels do not meet the discharge capacity ($Q_{EX} \leq Q_R$) so the solution provided was sedimentation dredging to make channel A5 and channel A4 meet the capacity of the discharge. Redimension was carried out on channels A3, A2, A1, and channel B because they did not meet the discharge capacity. Applying these solutions capacity of the four mentioned channels can accommodate the discharge ($Q_{EX} \geq Q_R$).

Keywords: Evaluation, Drainage System, Existing Discharge, Planned Discharge.

PENDAHULUAN

Berkembangnya Kota Kupang khususnya pada daerah Naimata mengakibatkan pertambahan jumlah penduduk yang pesat. Jumlah penduduk yang bertambah membutuhkan lahan yang lebih besar. Hal ini yang menyebabkan adanya perubahan tata guna lahan dari lahan hijau menjadi

¹ Prodi Teknik Sipil, FST Undana (penulis korespondensi);

² Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

³ Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

bangunan-bangunan untuk kehidupan manusia. Dikarenakan perubahan tata guna lahan ini yang menyebabkan berkurangnya tanah yang mampu meresapkan air sehingga akan menimbulkan genangan ketika hujan turun, oleh karena itu diperlukan drainase yang baik untuk menghindari terjadinya genangan, tetapi pada kenyataannya drainase yang sudah ada di Naimata tidak dapat berfungsi secara optimal hal ini dikarenakan debit aliran air meningkat sehingga tidak dapat menampung debit air hujan yang berlebihan dan mengakibatkan genangan air. Naimata adalah Kelurahan di Kecamatan Maulafa, Kota Kupang yang mana sering mengalami genangan air ketika hujan. Hasil survei dan observasi di lapangan, saluran drainase yang berada di daerah tersebut tampak tidak baik. Terdapat beberapa saluran yang strukturnya sudah rusak, pada beberapa tempat terjadi pendangkalan pada saluran karena endapan lumpur serta sampah yang dibuang oleh masyarakat sekitar. Ketika hujan dengan intensitas tinggi dalam waktu yang singkat, saluran drainase di Naimata tidak mampu menampung air yang ada sehingga terjadi genangan. Hal ini bertentangan dengan yang seharusnya mengenai drainase yang baik menurut pedoman (Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021) dan menurut (Shahin, M.Y., Walter, 1994)

TINJAUAN PUSTAKA

Drainase

Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan sehingga fungsi lahan tidak terganggu (Suripin, 2004). Sistem drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004).

Uji Konsistensi Data Hujan

Analisa Kurva Massa Ganda

Kurva massa ganda adalah salah satu metode grafis untuk alat identifikasi atau untuk menguji konsistensi dan kesamaan jenis data hidrologi dari suatu pos hidrologi (Soewarno, 1995)

Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)

Uji konsistensi ini digunakan untuk menguji ketidakpanggahan antar data dalam stasiun itu sendiri dengan mendeteksi pergeseran nilai rata-rata (*average*). Pengujian dilakukan terhadap penyimpangan kumulatif dari nilai reratanya yang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Sk^*_0 = 0 \quad (1)$$

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y_r) \quad (2)$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_r)^2}{n} \quad (3)$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad (4)$$

dengan

Sk^*_0 adalah simpangan awal

Sk^* adalah simpangan mutlak

Sk^{**} adalah konsistensi data

Dy adalah simpangan rata-rata

Y_i adalah data curah hujan

Y_r adalah rerata curah hujan

n adalah banyaknya data hujan

Presentase nilai statistik Qy/\sqrt{n} dan Ry/\sqrt{n} dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Presentase nilai statistik Qy/\sqrt{n} dan Ry/\sqrt{n} (Sri Harto Br, 1993)

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
>100	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi

Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi–Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi, dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

$$X^2h = \sum_{i=1}^G \frac{\sum(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{5}$$

dengan

- X²h adalah parameter chi-kuadrat terhitung
- G adalah jumlah sub kelompok
- O_i adalah jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i
- E_i adalah jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke -i

Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji *Smirnov–Kolmogorov* sering juga disebut uji kecocokan non parametik (*non parametric test*). Karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

$$D_{maks} = [P(X_m) - P'(X_m)] \tag{6}$$

Analisis Intensitas Curah Hujan

Kemiringan Dasar Saluran

Kemiringan dasar saluran merupakan salah satu hal yang penting dalam analisis intensitas curah hujan, hal ini disebabkan karena digunakan dalam menentukan nilai waktu konsentrasi dan mempengaruhi kecepatan aliran air dalam saluran. Kemiringan dasar saluran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:.

$$S_o = \frac{\Delta t}{L} = \frac{(t_2 - t_1)}{L} \tag{7}$$

dengan

- S_o adalah kemiringan dasar saluran
- Δt adalah perbedaan ketinggian dasar saluran antara dihilir drainase
- L adalah panjang saluran

Waktu Kosentrasi

Waktu konsentrasi dapat dapat ditentukan dengan menjumlahkan waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dipermukaan lahan sampai saluran terdekat (t_o) dan waktu perjalanan dari pertama masuk ke saluran sampai ke titik keluaran (t_d).

$$t_c = t_o + t_d \tag{8}$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_{limp} \frac{nd}{S^{1/2}} \right)^{0,167} \tag{9}$$

$$t_d = \frac{L_{sal}}{60.V} \tag{10}$$

dengan

t_d adalah waktu aliran (menit)

t_o adalah waktu aliran masuk (menit)

nd adalah koefisien hambatan

L_{limp} adalah panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan (m)

S adalah kemiringan lahan

V adalah kecepatan aliran dalam saluran (m/dtk)

L_{sal} adalah panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)

Intensitas Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan yaitu data curah hujan harian, oleh karena itu menggunakan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \tag{11}$$

dengan

I adalah intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} adalah tinggi hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

T adalah lama hujan (jam)

Analisis Debit Banjir

Menghitung besarnya debit rancangan drainase umumnya menggunakan metode rasional (Permen PUPR No.15/P/BM/2021, Tentang Pedoman Desain Drainase Jalan) :

$$Q = 0,278.C.I.A \tag{12}$$

dengan

Q adalah debit puncak banjir ($m^3/detik$)

C adalah koefisien pengaliran

I adalah intensitas curah hujan selama waktu tiba dari banjir (mm/jam)

A adalah luas DAS (jika A dalam ha, maka persamaan tersebut dikali dengan 0,00278, dan jika A dalam km^2 , maka dikali dengan 0,278)

Debit Saluran Eksisting

Perhitungan debit saluran eksisting diperlukan untuk mengetahui apakah saluran awal yang sudah ada masih digunakan untuk menampung air akibat intensitas curah hujan dan sisa limbah air kotor untuk dibuang.

$$Q_s = A.V \tag{13}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_o^{1/2} \tag{14}$$

dengan

Q_s adalah debit banjir eksisting ($m^3/detik$)
 A adalah luas penampang basah (m^2)
 V adalah kecepatan air di saluran ($m/detik$)
 n adalah angka kekasaran manning
 R adalah jari-jari hidrolis (m)
 S_o adalah kemiringan dasar saluran

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada Jalan Taebenu kelurahan Naimata Kecamatan Maulafa, Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Jenis Data Penelitian

Data Primer

Data primer yang didapatkan dari lokasi penelitian di wilayah Naimata yaitu: dimensi drainase eksisting berupa ukuran penampang drainase dari tinggi, lebar, dan panjang saluran dalam satuan meter (m) serta arah alirannya. Tinggi dan lebar saluran diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan meteran. Untuk panjang saluran diperoleh dari hasil unduh citra satelit pada website petadasar.atrbpn.go.id kemudian diukur melalui QGIS. Kemiringan saluran diperoleh dari hasil pengukuran theodolite di lokasi penelitian. Kecepatan aliran Data ini diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan *flow meter*. Data material dasar saluran sebagai pembentuk penampang saluran drainase untuk mengetahui koefisien manning yang akan digunakan.

Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: data klimatologi yang digunakan adalah data curah hujan selama 20 tahun dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2023 yang diperoleh dari aplikasi data online pusat database BMKG pada stasiun Meteorologi El Tari Kupang. Peta kontur diperoleh dari data DEMNAS (*Digital Elevation Model* Nasional) yang diunduh dari Indonesia Geospatial Portal. Peta tata guna lahan, diperoleh dari website petadasar.atrbpn.go.id kemudian didigitasi melalui QGIS. Studi literatur dan peraturan-peraturan yang berhubungan dengan penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

Analisa Debit Banjir Metode Rasional

Hasil perhitungan debit banjir menggunakan metode rasional dapat dilihat pada Tabel 2.

Analisa Debit Banjir Metode Rasional

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan didapat bahwa ke-enam saluran tersebut semuanya berbentuk penampang persegi. Debit eksisting saluran drainase dapat kita cari dengan rumus luas dari bentuk penampang saluran kemudian dikali dengan kecepatan aliran pada saluran. Hasil perhitungan debit saluran eksisting dilihat pada Tabel 3.

Evaluasi Saluran Drainase

Setelah didapat besar dari debit banjir metode rasional (Q_R) dan debit eksisting saluran (Q_{EKS}), selanjutnya membuat tabel perbandingan antar keduanya untuk mengetahui apakah saluran tersebut memenuhi syarat atau tidak. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Banjir Metode Rasional

No	Nama Jalan	Saluran	Bentuk Saluran	C	I (mm/jam)	A (ha)	Q _R (m ³ /detik)
1	Jalan Taebenu	A5	Persegi	0,603	130,0690	1,546	0,3371
2		A4	Persegi	0,602	79,0170	1,453	0,1921
3		A3	Persegi	0,602	87,3460	1,348	0,1970
4		A2	Persegi	0,602	60,9250	5,955	0,6072
5		A1	Persegi	0,604	46,7930	1,873	0,1472
6		B	Persegi	0,603	130,0690	2,099	0,4577

Tabel 3. Hasil Perhitungan Debit Saluran Eksisting (Q_{EKS})

No	Nama Jalan	Saluran	Bentuk Saluran	Dimensi Eksisting		A (m ²)	V (m/detik)	Q _{EKS} (m ³ /detik)
				b (m)	h (m)			
1	Jalan Taebenu	A5	Persegi	0,525	0,610	0,3203	0,200	0,0641
2		A4	Persegi	0,590	0,662	0,3906	0,100	0,0391
3		A3	Persegi	0,430	0,210	0,0903	0,200	0,0181
4		A2	Persegi	0,510	0,560	0,2856	0,400	0,1142
5		A1	Persegi	0,390	0,170	0,0663	0,200	0,0133
6		B	Persegi	0,620	0,170	0,1054	0,200	0,0211

Tabel 4. Hasil Perbandingan Evaluasi Saluran

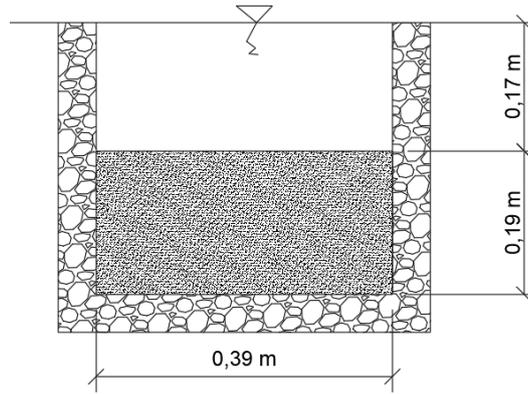
No	Nama Jalan	Saluran	Bentuk Saluran	Q _R	Q _{EKS}	Perbandingan
				m ³ /detik	m ³ /detik	
1	Jalan Taebenu	A5	Persegi	0,337	0,064	Tidak Memenuhi
2		A4	Persegi	0,192	0,039	Tidak Memenuhi
3		A3	Persegi	0,197	0,018	Tidak Memenuhi
4		A2	Persegi	0,607	0,114	Tidak Memenuhi
5		A1	Persegi	0,147	0,013	Tidak Memenuhi
6		B	Persegi	0,458	0,021	Tidak Memenuhi

Berdasarkan Tabel 4, didapatkan bahwa keenam saluran (A5, A4, A3, A2, A1, dan B) tersebut tidak memenuhi syarat dikarenakan $Q_R > Q_{Eks}$.

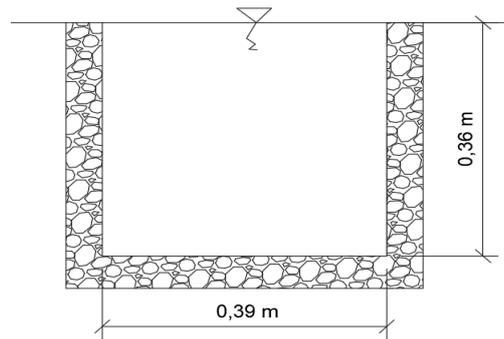
Solusi Pada Saluran Drainase yang Bermasalah

1. Normalisasi Saluran

Normalisasi saluran yaitu memperbesar kapasitas saluran drainase eksisting dengan cara pengerukan sedimentasi. Saluran eksisting A1 dapat dilihat pada Gambar 1 dan saluran eksisting A1 setelah pengerukan sedimentasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Saluran Eksisting A1



Gambar 2. Saluran Eksisting A1 Setelah Pengerukan Sedimentasi

Hasil perhitungan setelah pengerukan sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Setelah Pengerukan Sedimentasi

No	Nama Jalan	Saluran	b (m)	h (m)	Bentuk Saluran	A (m ²)	P (m)	R (m)	h ₂ (m)	h ₁ (m)	S	n	V (m ³ /det)	Q _{saluran} (m ³ /det)	Q _R (m ³ /det)	Evaluasi
1		A5	0,525	0,610	Persegi	0,320	1,745	0,183	111,967	109,777	0,014	0,025	1,526	0,488	0,337	Memenuhi
2		A4	0,590	0,712	Persegi	0,420	2,014	0,209	111,656	110,059	0,015	0,025	1,725	0,725	0,192	Memenuhi
3		A3	0,430	0,360	Persegi	0,155	1,150	0,135	111,195	110,521	0,007	0,025	0,881	0,137	0,197	Tidak Memenuhi
4	Jalan Taebenu	A2	0,510	0,710	Persegi	0,362	1,930	0,188	99,776	97,816	0,005	0,025	0,928	0,336	0,607	Tidak Memenuhi
5		A1	0,390	0,360	Persegi	0,140	1,110	0,126	105,107	102,836	0,010	0,025	1,005	0,141	0,147	Tidak Memenuhi
6		B	0,620	0,370	Persegi	0,229	1,360	0,168	113,230	111,728	0,009	0,025	1,155	0,264	0,458	Tidak Memenuhi

Berdasarkan dari Tabel 5, didapat bahwa pada saluran A5 dan A4 setelah pengerukan sedimentasi diperoleh kapasitas saluran dalam keadaan memenuhi syarat yang berarti dapat menampung debit banjir kala ulang 5 tahun, sedangkan saluran A3, A2, A1, dan B tidak memenuhi kapasitas saluran meskipun sudah dilakukan pengerukan sedimentasi sehingga harus dilakukan memperbesar dimensi saluran eksisting.

2. Memperbesar Dimensi Saluran Eksisting

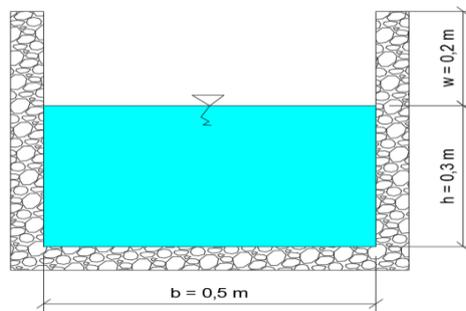
Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir yang telah diterima pada setiap saluran pada Tabel 5, akan dihitung dimensi saluran rencana untuk menampung debit air tersebut. Untuk

pemilihan bentuk saluran yang akan digunakan di lapangan, dilihat dari kondisi di lapangan. Maka dari itu, berdasarkan kondisi di lapangan dan dari segi ekonomis dipilihlah saluran berbentuk persegi. Hasil perhitungan setelah redimensi saluran dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Setelah Redimensi Saluran

No	Nama Jalan	Saluran	Bentuk Saluran	n	S	V (m ³ /det)	b (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	w (m)	Qsaluran (m ³ /det)	Q _R (m ³ /det)	Evaluasi
1		A3	Persegi	0,025	0,007	0,980	0,63	0,32	0,202	1,268	0,159	0,398	0,197	0,197	Memenuhi
2	Jalan	A2	Persegi	0,025	0,005	1,145	1,03	0,51	0,530	2,060	0,257	0,507	0,607	0,607	Memenuhi
3	Taebenu	A1	Persegi	0,025	0,010	1,041	0,53	0,27	0,143	1,063	0,135	0,364	0,147	0,147	Memenuhi
4		B	Persegi	0,025	0,009	1,330	0,83	0,41	0,344	1,660	0,207	0,455	0,458	0,458	Memenuhi

Hasil saluran eksisting A1 setelah redimensi saluran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Saluran Eksisting A1 Setelah Redimensi Saluran

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil evaluasi pada beberapa saluran drainase di Kelurahan Naimata pada Jalan Taebenu diketahui bahwa keenam saluran tersebut tidak memenuhi saluran dikarenakan $Q_R \geq Q_{EKS}$.
2. Solusi yang dilakukan pada keenam saluran tersebut dengan cara penggerukan sedimentasi dan memperbesar dimensi saluran dari saluran eksisting sebelumnya apabila $Q_R \geq Q_{EKS}$. Hasil yang diperoleh Ketika melakukan penggerukan sedimentasi didapat bahwa saluran A3, A2, A1, dan saluran B masih tidak memenuhi kapasitas saluran sedangkan saluran A5 dan A4 sudah memenuhi kapasitas saluran setelah dilakukan penggerukan sedimentasi. Saluran A3, A2, A1, dan saluran B dilakukan redimensi saluran, setelah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan dimensi baru hasil yang diperoleh bahwa saluran A3, A2, A1, dan saluran B memenuhi kapasitas saluran untuk menampung debit rencana ($Q_R \leq Q_{EKS}$)

Daftar Pustaka

- Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). *Permen PUPR No.15/P/BM/2021, Tentang Pedoman Desain Drainase Jalan*. Jakarta.
- Shahin, M.Y., Walter, J. . (1994). *Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using the PAVER System*. US Army Corps of Engineers. New York.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung: Nova.

Sri Harto Br. (1993). *Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian*. Yogyakarta: Nafiri Offset.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

