

EVALUASI SISTEM DRAINASE TERHADAP GENANGAN DI KECAMATAN WATES KABUPATEN BLITAR

Marcos Amaral De Jesus Fatima dan Suhudi

PS. Teknik Sipil, Fak. Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang

Abstract

Phond that happened in Wates Street Blitar City reached height of ± 20 cm and duration of the pond was ± 30 minutes. This condition resulted in broken traffic band and people took a longer other band. One of the generated impact of the existence of the pond was the damage on hard surface of the street. The final goal of this activity was in order that drainage network system can perform well in a long time according to the plan so that it can endure evaluated from construction facet and its function. The method used was by analysing flood discharge that happened ($Q_a \text{ max}$) $1,129 \text{ m}^3/\text{s}$ and channel capacity existing ($Q_{ke \text{ min}}$) $0,014 \text{ m}^3/\text{s}$, hereinafter evaluated and its channel capacity in handling the problem of flood can be conducted by dimension repeat channel. Dimension of channel plan in the form of square. Final result of analysis showed $Q_a < Q_{kr}$, the flood will not happed and capacity control (ΔQ) = 9.3 %.

Key words: drainage, flood, capacity, channel, existing, plan, evaluated.

Pendahuluan

Air merupakan sumber kehidupan dan kemakmuran manusia, tetapi air adalah musuh utama pada konstruksi jalan, oleh karena itu pengelolaan terhadap air baik air permukaan, air dalam badan jalan harus diperhatikan. Hal-hal yang harus didukung terhadap keberadaan air permukaan tanah atau jalan adalah saluran pembuangan, saluran pengumpul di tepi jalan, inlet atau lubang pembuang di tanggul atau di tepi. Kata drainase berasal dari kata drainase yang artinya mengeringkan atau mengalirkan. Drainase didefinisikan sebagai sarana dan prasarana yang dibangun sebagai usaha untuk menangani persoalan kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun air yang berada di bawah permukaan tanah pada suatu kawasan (Hasmar, 2004).

Sumber permasalahan genangan yang utama adalah peningkatan jumlah penduduk yang sangat pesat, akibat dari

pertumbuhan penduduk dan urbanisasi. Peningkatan jumlah penduduk selalu diikuti dengan peningkatan infrastruktur, seperti perumahan, sarana transportasi, air bersih, sarana pendidikan dan lain-lain. Disamping itu, peningkatan jumlah penduduk juga diikuti dengan peningkatan limbah, baik limbah padat (sampah) maupun cair (Suripin, 2003).

Pada musim hujan, kadar air tanah akan lebih tinggi dari pada musim kemarau. Perubahan kadar air ini sangat berpengaruh pada perkerasan jalan. Jika tanah dasar terdiri dari tanah lempung ekspansif (mudah berkembang) maka perubahan kadar air akan diikuti oleh berubahnya volume tanah sehingga menimbulkan gerakan-gerakan pada perkerasan jalan yang dapat menyebabkan retak-retak pada permukaan aspal dan akhirnya rusak. Kerusakan jalan dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan yang intensitas curah hujannya tinggi dan juga diikuti dengan

sistem drainase yang kurang baik (Cristiady, 2007).

Dalam perencanaan drainase, analisa hidrologi berupa besaran atau jumlah debit pembuangan yang dihitung berdasarkan besarnya data curah hujan. Untuk mendapatkan curah hujan maksimum dilakukan dengan menganalisis curah hujan harian maksimum dan dipilih curah hujan terbesar (tertinggi), yang kemudian dipergunakan sebagai input dalam menganalisa curah hujan rancangan. Dalam perencanaan bangunan air, hidrologi mempunyai peranan yang cukup penting yaitu dengan adanya data hidrologi dan dilakukan analisa maka dapat mengetahui besarnya debit banjir maksimum (debit rencana) sebagai dasar perencanaan bangunan air tersebut.

Penelitian ini dilatar belakangi oleh suatu kondisi dimana setiap tahun pada musim penghujan air meluap dari saluran drainase, sehingga sering terjadi genangan yang mengganggu aktivitas masyarakat dan kondisi jalan tersebut. Berdasarkan identifikasi, permasalahan genangan yang terjadi di jalan Kecamatan Wates yang mencapai ± 20 cm selama ± 30 menit disebabkan oleh, karena letak ladang di kiri kanan jalan mengalihkan fungsi saluran menjadi ladang sehingga aliran air yang sebenarnya mengalir menuju pembuangan di hilir melainkan tergenang di atas bahu jalan sampai badan jalan. Selain itu, disebabkan juga oleh intensitas hujan yang tinggi dan ditunjang dengan berkurangnya kapasitas saluran drainase akibat endapan sedimen pada dasar saluran drainase sehingga tidak berfungsi lagi sesuai dengan kapasitas rencana awal drainase tersebut.



Gambar 1. Kondisi jalan di Kecamatan Wates yang rusak akibat limpasan permukaan



Gambar 2. Kondisi saluran eksisting.

Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan masalah genangan di Jalan Kecamatan Wates ini agar tidak terjadi kerusakan pada jalan sehingga transportasi lancar dan dapat menunjang perkembangan roda perekonomian daerah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kapasitas saluran eksisting terhadap saluran rencana, agar kapasitas saluran drainase yang direncanakan tersebut dapat mengalirkan debit banjir rencana dengan baik.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Wates Kabupaten Blitar tepatnya pada jalan masuk menuju Kecamatan Wates dengan panjang jalan (saluran drainase) keseluruhan adalah 9,150 km. Jalan raya dengan kondisi eksisting geometriknya yang ada pada saat ini adalah 1 lajur 2

arah dengan tanah dasar berupa tanah lempung ekspansif (mudah berkembang). Luas wilayah Kecamatan Wates 80,86 km² dibagi menjadi 8 desa, 22 dusun, 54 RW, 240 RT.

Data yang diperoleh bersumber dari data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh dengan melakukan survei langsung ke lokasi meliputi data permasalahan (lokasi genangan, lama genangan dan tinggi genangan) serta data kondisi geometri saluran pada saat ini. Data sekunder diperoleh dari dinas-dinas terkait. Anggapan penelitian ini adalah bahwa semua data sekunder yang diperoleh dianggap benar dan mempunyai karakteristik yang sesuai serta mempunyai tingkat akurasi yang baik.

Limpasan permukaan

a. Curah hujan rancangan

Jatuhnya hujan di suatu daerah, baik menurut waktu maupun pembagian geografisnya tidak tetap melainkan berubah-ubah.

Tabel 1. Curah hujan harian maksimum tahunan

No	Tahun	Curah hujan Xi (mm)
1	2003	99
2	2004	99
3	2005	95
4	2006	97
5	2007	107
6	2008	82
7	2009	71
8	2010	107
9	2011	95
10	2012	96

Sumber: Badan Meterologi Geofisika, Karang Ploso Malang

Data curah hujan yang dipergunakan dari Stasiun Penakar Birowo Kecamatan Binangun. Setelah diketahuinya tinggi curah hujan harian maksimum dari data

hujan yang diperoleh, dilakukan analisa curah hujan rancangan dengan menggunakan distribusi Log Pearson Type III (Soemarto, 1987).

$$\overline{\text{Log}X} = \text{Log}\bar{X} + G \times S$$

Keterangan:

$\text{Log}\bar{X}$ = Nilai rata-rata

G = Nilai yang diambil dari faktor-faktor sifat Distribusi Log Pearson III, fungsi dari Cs (koefisien kemencengan) dan probabilitas (kala ulang)

S = Simpangan baku

b. Intensitas hujan

Intensitas hujan adalah besarnya curah hujan rata-rata yang terjadi di suatu daerah dalam kurung waktu tertentu yang sesuai dengan waktu konsentrasi pada periode ulang tertentu (Sosrodarsono, 1999). Pada umumnya makin besar waktu (t) intensitas hujannya makin kecil. Jika tidak ada waktu untuk mengamati beberapa intensitas hujan atau disebabkan oleh alatnya tidak ada, dapat ditempuh dengan cara empiris dengan menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3}$$

Keterangan:

R_{24} = Curah hujan rancangan (mm)

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

c. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) dihitung dengan menggunakan rumus Kirpich (Suripin, 2003).

$$t_c = \frac{0.0195}{60} \times \left[\frac{L}{\sqrt{s}} \right]^{0.77}$$

Keterangan:

L = Panjang saluran (m)

s = Kemiringan dasar saluran

d. Debit banjir rencana

Pada perencanaan bangunan air pada daerah pengaliran sungai dimana masih ada kaitan masalah hidrologi didalamnya, sering dijumpai dalam puncak banjirnya dihitung dengan metode yang sederhana dan praktis (Metode Rasional).

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Keterangan:

C = Koefisien run off

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

Dimensi penampang saluran

Analisa kapasitas saluran berbentuk segiempat dengan rumus-rumus Manning adalah sebagai berikut (Chow, 1997) :

Luas penampang basah $A = b \times h$

basah

Keliling basah $P = b + 2h$

Jari-jari hidrolis $R = A/P$

Kecepatan aliran $V = 1/n \times R^{2/3} \times s^{1/2}$

Kapasitas saluran $Q = A \cdot V$

saluran

Keterangan:

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi muka air (m)

n = Koefisien kekasaran dinding

s = Kemiringan dasar saluran

Evaluasi kapasitas saluran

Kontrol kapasitas saluran disyaratkan kurang dari 10% dengan harapan pendimensionan saluran tidak terjadi pemborosan.

$$\Delta Q = \frac{Q_{kr} - Q_a}{Q_a} \times 100\%$$

Keterangan:

Q_{kr} = Kapasitas saluran rencana (m³/dt)

Q_a = Debit banjir yang terjadi (m³/dt)

Hasil dan Pembahasan

a. Debit banjir

Hasil analisa data curah hujan harian maksimum dengan kala ulang 10 tahun diperoleh curah hujan rancangan (X_T) 107,016 mm. Hasil analisa debit banjir rencana menunjukkan bahwa saluran S5 debit banjir yang tertinggi (Q_a max) yaitu 1.129 m³/dt. Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 1.

b. Kapasitas saluran eksisting

Pengukuran karakteristik dan geometri saluran yang ada (*eksisting*) berbentuk segiempat dan terbuat dari pasangan batu kali. Setelah dilakukan analisa hidrolika dengan menggunakan pendekatan rumus-rumus Manning diperoleh kapasitas saluran, dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisa menunjukkan bahwa kapasitas saluran yang terkecil (Q_{ke} min) adalah 0.014 m³/dt pada saluran S15.

Tabel 1. Analisa debit banjir

Nama Saluran	L (m)	El. Hulu (m)	El. Hilir (m)	s	tc (jam)	I (mm/jam)	C	A (km ²)	Qa (m ³ /dt)
S0	569	298	241	0.003	0.386	70.064	0.710	0.008	0.106
S1	202	314	298	0.002	0.223	101.176	0.710	0.015	0.300
S2	260	326	314	0.002	0.244	95.276	0.710	0.017	0.320
S3	210	336	326	0.002	0.204	107.178	0.710	0.039	0.825
S4	559	359	336	0.002	0.459	62.436	0.710	0.064	0.789
S5	549	359	355	0.002	0.425	65.761	0.710	0.087	1.129
S6	635	368	355	0.001	0.577	53.571	0.710	0.094	0.994
S7	774	389	368	0.001	0.718	46.321	0.710	0.089	0.814
S8	230	389	383	0.003	0.211	104.714	0.710	0.013	0.269
S9	340	389	383	0.003	0.273	88.348	0.710	0.048	0.825
S10	366	389	375	0.003	0.297	83.473	0.710	0.043	0.698
S11	240	383	375	0.003	0.199	109.106	0.710	0.013	0.276
S12	697	383	361	0.001	0.625	50.819	0.710	0.094	0.930
S13	729	395	383	0.001	0.679	48.093	0.710	0.064	0.608
S14	357	395	391	0.002	0.314	80.351	0.710	0.038	0.603
S15	816	410	391	0.001	0.779	43.866	0.710	0.059	0.511
S16	416	413	410	0.001	0.547	55.517	0.710	0.012	0.131
S17	792	418	413	0.001	0.946	38.546	0.710	0.069	0.525
S18	165	422	418	0.003	0.155	129.060	0.710	0.016	0.408
S19	157	422	420	0.002	0.191	112.232	0.710	0.014	0.310
S20	146	424	420	0.003	0.134	141.816	0.710	0.012	0.336

Pada Tabel 1, pengukuran panjang saluran, elevasi hulu dan hilir saluran dilakukan dengan menggunakan alat theodolit tiap *cross section* sesuai kondisi lapangan sehingga mendapatkan kemiringan dasar saluran. Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran titik kontrol setelah tanah menjadi jenuh. Nilai koefisien pengaliran dipengaruhi tata guna lahan pada tiap saluran. Asumsi pemanfaatan tata guna lahan ada 3 tata guna lahan yaitu lahan kosong (22%), jalan aspal (33%) dan permukiman (45%) dengan nilai koefisien pengaliran lahan kosong 0.35, jalan aspal 0.95 dan permukiman

0.70. Luas daerah pengaliran (*catchment area*) dihitung dengan bantuan peta topografi yang mencakup daerah aliran air menuju saluran. Metode Rasional digunakan untuk menghitung debit banjir dengan anggapan bahwa metode ini sangat sesuai untuk menganalisa debit dengan adanya genangan.

Tabel 2 merupakan data pengukuran saluran di lapangan meliputi lebar dasar saluran dan tinggi saluran, selain itu juga memantau kondisi saluran yang ada (*eksisting*) yaitu kondisi saluran yang terdapat tumbuhan liar yang berada di dinding saluran dan sedimentasi (penumpukan sampah).

Tabel 2. Kapasitas saluran eksisting

Nama Saluran	L (m)	n	s	b (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/det)	Qke (m ³ /det)
S0	569	0.025	0.003	0.300	0.200	0.060	0.700	0.086	0.449	0.027
S1	202	0.025	0.002	0.300	0.400	0.120	1.100	0.109	0.383	0.046
S2	260	0.025	0.002	0.300	0.400	0.120	1.100	0.109	0.439	0.053
S3	210	0.025	0.002	0.300	0.400	0.120	1.100	0.109	0.446	0.053
S4	559	0.025	0.002	0.300	0.400	0.120	1.100	0.109	0.414	0.050
S5	549	0.025	0.002	0.270	0.400	0.108	1.070	0.101	0.427	0.046
S6	635	0.025	0.001	0.270	0.300	0.081	0.870	0.093	0.314	0.025
S7	774	0.025	0.001	0.270	0.300	0.081	0.870	0.093	0.289	0.023
S8	230	0.025	0.003	0.270	0.300	0.081	0.870	0.093	0.420	0.034
S9	340	0.025	0.003	0.270	0.300	0.081	0.870	0.093	0.446	0.036
S10	366	0.025	0.003	0.270	0.300	0.081	0.870	0.093	0.446	0.036
S11	240	0.025	0.003	0.250	0.300	0.075	0.850	0.088	0.458	0.034
S12	697	0.025	0.001	0.250	0.300	0.075	0.850	0.088	0.300	0.023
S13	729	0.025	0.001	0.270	0.300	0.081	0.870	0.093	0.289	0.023
S14	357	0.025	0.002	0.270	0.300	0.081	0.870	0.093	0.446	0.036
S15	816	0.025	0.001	0.200	0.300	0.060	0.800	0.075	0.237	0.014
S16	416	0.025	0.001	0.350	0.700	0.245	1.750	0.140	0.290	0.071
S17	792	0.025	0.001	0.300	0.300	0.090	0.900	0.100	0.217	0.019
S18	165	0.025	0.003	0.300	1.000	0.300	2.300	0.130	0.566	0.170
S19	157	0.025	0.002	0.300	1.000	0.300	2.300	0.130	0.411	0.123
S20	146	0.025	0.003	0.300	1.000	0.300	2.300	0.130	0.602	0.181

c. Evaluasi kapasitas saluran

Berdasarkan hasil analisa debit banjir rencana (Tabel 1) dan kapasitas saluran eksisting (Tabel 2) di atas menunjukkan bahwa terjadi limpasan permukaan dan genangan karena kapasitas saluran yang ada tidak mampu mengalirkan debit banjir yang terjadi. Oleh karena itu dilakukan evaluasi dimensi saluran agar kapasitas saluran yang direncanakan mampu mengalirkan debit dengan baik sehingga dapat berfungsi sebagai mana mestinya. Perubahan dimensi saluran yang dilakukan dengan cara

memperdalam dan memperlebar saluran tersebut. Hasil analisa dimensi ulang pada saluran yang direncanakan dan selanjutnya dilakukan evaluasi kapasitas saluran dapat dilihat pada Tabel 3. Pendimensian saluran perlu diperhatikan efisiensi hidrolis artinya dalam pembuatan saluran diharapkan tidak terjadi permasalahan baru dengan dibuatnya saluran tersebut sehubungan dengan perilaku aliran yang terjadi. Oleh karena itu langkah selanjutnya dilakukan analisa seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Evaluasi kapasitas saluran rencana

Nama Saluran	n	s	b _{renc} (m)	h _{renc} (m)	Q _{kr} (m ³ /det)	Q _a (m ³ /dt)	Q _{kr} - Q _a (m ³ /dt)	Δ Q (%)	Ket
S0	0.025	0.003	0.60	0.300	0.111	0.106	0.005	5.0	Aman
S1	0.025	0.002	0.95	0.475	0.310	0.300	0.010	3.2	Aman
S2	0.025	0.002	1.00	0.500	0.355	0.320	0.035	9.0	Aman
S3	0.025	0.002	1.40	0.700	0.871	0.825	0.046	5.5	Aman
S4	0.025	0.002	1.35	0.675	0.790	0.789	0.001	0.2	Aman
S5	0.025	0.002	1.55	0.775	1.142	1.129	0.013	1.2	Aman
S6	0.025	0.001	1.70	0.850	1.033	0.994	0.039	3.9	Aman
S7	0.025	0.001	1.60	0.800	0.879	0.814	0.065	8.0	Aman
S8	0.025	0.003	0.85	0.425	0.282	0.269	0.013	4.8	Aman
S9	0.025	0.003	1.30	0.650	0.875	0.825	0.050	6.1	Aman
S10	0.025	0.003	1.20	0.600	0.707	0.698	0.009	1.3	Aman
S11	0.025	0.003	0.85	0.425	0.282	0.276	0.006	2.1	Aman
S12	0.025	0.001	1.65	0.825	0.954	0.930	0.024	2.6	Aman
S13	0.025	0.001	1.40	0.700	0.616	0.608	0.008	1.3	Aman
S14	0.025	0.002	1.25	0.625	0.644	0.603	0.041	6.7	Aman
S15	0.025	0.001	1.35	0.675	0.559	0.511	0.048	9.3	Aman
S16	0.025	0.001	0.80	0.400	0.138	0.131	0.007	5.7	Aman
S17	0.025	0.001	1.35	0.675	0.559	0.525	0.034	6.4	Aman
S18	0.025	0.003	1.00	0.500	0.435	0.408	0.027	6.6	Aman
S19	0.025	0.002	0.95	0.475	0.310	0.310	0.000	0	Aman
S20	0.025	0.003	0.95	0.475	0.379	0.336	0.043	8.2	Aman

Saluran direncanakan terbuat dari pasangan batu kali dengan nilai kekasaran dinding saluran (n) 0.025 dan berbentuk persegi panjang. Kemiringan dasar saluran mengikuti kemiringan dasar saluran yang telah ada. Lebar dasar saluran (h) dan tinggi muka air (h) mengikuti aturan persyaratan pendimensian saluran agar terjadi efisiensi hidrolis dan praktis (mudah) dalam pelaksanaannya.

Setelah dilakukan analisa kapasitas saluran rencana (Q_{kr}) dengan menggunakan persamaan Manning, menunjukkan bahwa kapasitas saluran rencana lebih besar dari pada debit banjir yang terjadi sehingga saluran tersebut mampu mengalirkan air dengan baik. Sebagai kontrol dalam perencanaan saluran agar tidak

berlebihan, maka dilakukan analisa evaluasi kapasitas saluran rencana terhadap debit banjir (Δ Q) Yang diharapkan tidak lebih dari 10% dan dari TABEL 3 (Δ Q) terbesar adalah 9.3%. Hasil analisa secara keseluruhan menunjukkan bahwa perencanaan saluran yang dilakukan efisien secara hidrolis, praktis (mudah) dan ekonomis.

Tabel 4 menunjukkan bahwa kecepatan aliran rencana lebih besar dari kecepatan minimum (V_{min}) dan lebih kecil dari kecepatan maksimum (V_{maks}), hal ini berarti tidak terjadi pengendapan sedimen dan penggerusan sehingga kecepatan aliran rencana aman dan didukung dengan besarnya bilangan Froude yang kurang dari 1(sub kritis).

Tabel 4. Kontrol aliran

Nama Saluran	V renc (m/dt)	V min (m/dt)	V maks (m/dt)	Kondisi V	Bilangan Froude	Kondisi Fr	Jenis aliran
S0	0.619	0.4	1.5	Memenuhi	0.361	Fr < 1	Sub Kritis
S1	0.686	0.4	1.5	Memenuhi	0.318	Fr < 1	Sub Kritis
S2	0.710	0.4	1.5	Memenuhi	0.321	Fr < 1	Sub Kritis
S3	0.888	0.4	1.5	Memenuhi	0.339	Fr < 1	Sub Kritis
S4	0.867	0.4	1.5	Memenuhi	0.337	Fr < 1	Sub Kritis
S5	0.951	0.4	1.5	Memenuhi	0.345	Fr < 1	Sub Kritis
S6	0.715	0.4	1.5	Memenuhi	0.248	Fr < 1	Sub Kritis
S7	0.687	0.4	1.5	Memenuhi	0.245	Fr < 1	Sub Kritis
S8	0.780	0.4	1.5	Memenuhi	0.382	Fr < 1	Sub Kritis
S9	1.036	0.4	1.5	Memenuhi	0.410	Fr < 1	Sub Kritis
S10	0.982	0.4	1.5	Memenuhi	0.405	Fr < 1	Sub Kritis
S11	0.780	0.4	1.5	Memenuhi	0.382	Fr < 1	Sub Kritis
S12	0.701	0.4	1.5	Memenuhi	0.246	Fr < 1	Sub Kritis
S13	0.628	0.4	1.5	Memenuhi	0.240	Fr < 1	Sub Kritis
S14	0.824	0.4	1.5	Memenuhi	0.333	Fr < 1	Sub Kritis
S15	0.613	0.4	1.5	Memenuhi	0.238	Fr < 1	Sub Kritis
S16	0.433	0.4	1.5	Memenuhi	0.218	Fr < 1	Sub Kritis
S17	0.613	0.4	1.5	Memenuhi	0.238	Fr < 1	Sub Kritis
S18	0.869	0.4	1.5	Memenuhi	0.393	Fr < 1	Sub Kritis
S19	0.686	0.4	1.5	Memenuhi	0.318	Fr < 1	Sub Kritis
S20	0.840	0.4	1.5	Memenuhi	0.389	Fr < 1	Sub Kritis

Kesimpulan

Dari hasil analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa kerusakan jalan yang terjadi akibat dari limpasan permukaan karena kapasitas saluran yang ada tidak mampu mengalirkan air dengan baik dan didukung dengan kondisi tanah yang ekspansif. Dimensi ulang yang dilakukan memberikan jalan keluar untuk mengatasi permasalahan genangan yang terjadi dengan acuan tidak melakukan pemborosan dalam pendimensian, ditunjukkan ΔQ mak = 9.3%.

Daftar Pustaka

- Chow, V. T. 1997. Hidrolika Saluran Terbuka. Erlangga. Jakarta.
- Cristiady, H. 2007. Pemeliharaan Jalan Raya: Perkerasan Drainase Longsor. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hasmar, H. 2004. Drainasi Perkotaan. UII Press. Yogyakarta.
- Soemarto, C.D. 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional. Surabaya.
- Sosrodarsono S. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. Cetakan Kedelapan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Suripin. 2003. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Andi. Yogyakarta.