ANALISA SPASIAL LIMPASAN PERMUKAAN MENGGUNAKAN MODEL HIDROLOGI DI WILAYAH PERKOTAAN

Donny Harisuseno, Mohammad Bisri, Adipandang Yudono, dan Febrina Dwi Purnamasari
Fakultas teknik Universitas brawijaya
Email : donnyhari@ub.ac.id

ABSTRAK

Permasalahan genangan akibat hujan dengan intensitas tinggi menjadi masalah utama khususnya di kawasan perkotaan dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Terjadinya alih fungsi lahan dari kawasan resapan menjadi kawasan kedap air menjadi penyebab utama meningkatnya limpasan permukaan yang mendorong terjadinya banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sebaran limpasan permukaan secara spasial dengan variasi tahun penggunaan lahan dan menganalisa fungsionalitas jaringan drainase dalam mengurangi genangan yang terjadi.

Penelitian ini mengambil lokasi di Sub DAS Brantas, Kecamatan Klojen, Kota Malang. Analisa sebaran limpasan permukaan dilakukan dengan menggunakan model KINEROS yang diintegrasikan dengan perangkat lunak ArcView GIS 3.3. Masukan dari model KINEROS adalah peta tata guna lahan, peta jenis tanah, peta topografi, dan data hujan. Nilai debit limpasan permukaan yang dihasilkan model KINEROS (*Qh*) selanjutnya ditambahkan debit air buangan (*Qk*) untuk mendapatkan debit rencana (*Qr*). Berikutnya dilakukan analisa fungsionalitas jaringan drainase di lokasi penelitian dalam mengurangi limpasan.

Hasil studi menunjukkan limpasan yang terjadi meningkat seiring dengan semakin meningkatnya luasan kawasan kedap air. Tinggi limpasan permukaan tertinggi dihasilkan tahun 2010 setinggi 142,76mm yang terjadi di Kelurahan Penanggungan. Besar limpasan yang tereduksi oleh saluran drainase yaitu sebesar 51,637 m^3/dtk. Hasil evaluasi kemampuan saluran drainase menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit limpasan permukaan sehingga menimbulkan genangan.

Kata kunci : tinggi limpasan, model hidrologi, tata guna lahan

ABSTRACT

Problem of inundation caused by high rainfall intensity recently become main problem especially in an urbanized area. Landuse change from pervious area into impervious area in urbanized area surely contribute to the increasing of runoff depth and straightaway will cause flood and inundation area. The purpose of this research is to apply a hydrological model to estimate spatially distribution of runoff depth and evaluate the effectiveness of drainage network system on reducing inundation in urban area.

The research location was at Klojen Sub District, Malang Municipality, East Java Province. The procedure analysis of runoff depth distribution was performed by using hydrology model KINEROS based Geographical Information System (GIS). Input of the model consists of rainfall data, landuse, soil type, and topographical map.

The results showed that runoff increased along with increment of impervious area. The highest of runoff depth showed was 142,76mm for landuse year 2010, located in Penanggungan Village. Total runoff which was reduced by drainage channel is 51,637m^3/s. Further, evaluation of drainage capability exhibited that there were drainage channels which could not accommodate runoff, thus induced occurrence of inundation problem.

Keywords : *runoff depth, hydrology model, landuse*

PROOF

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kecamatan Klojen merupakan pusat kota yang padat penduduk. Begitu banyak pembangunan sarana fisik wajib dilakukan untuk menjamin kesejahteraan sosial penduduknya. Pembangunan yang dilakukan berarti juga akan mengalihfungsikan penggunaan lahan. Akibat alih penggunaan lahan akan menyebabkan air hujan tidak dapat lagi meresap kedalam tanah pada musim penghujan sehingga mengakibatkan limpasan di permukaan (*surface runoff*) yang kemudian menjadi genangan atau banjir. Hal ini juga akan mempengaruhi kelestarian air tanah (*groundwater*), karena air hujan yang meresap kedalam tanah merupakan imbuhan air tanah secara alami. Oleh karena itu dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air, infiltrasi dan limpasan merupakan masalah yang seharusnya diatasi terlebih dahulu sebelum upaya berikutnya dilakukan, terlebih lagi perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada saat ini tentunya sangat mempengaruhi besarnya laju infiltrasi dan limpasan.

Pengukuran limpasan dan infiltrasi di lapangan selain memerlukan waktu dan tenaga juga membutuhkan anggaran biaya yang tidak sedikit sehingga dianggap memberatkan dan akibatnya data infiltrasi seringkali diabaikan. Selain itu air hujan yang intensitasnya berlebih dapat mengakibatkan limpasan permukaan yang akan di tangkap oleh saluran drainase pada suatu kawasan. Namun jika drainase tidak berfungsi secara optimal maka dapat mengakibatkan genangan dengan waktu yang sangat lama, sehingga mengakibatkan terganggunya aktifitas pada daerah yang tergenang. Oleh karena itu, untuk itu diperlukan suatu pendekatan melalui suatu model yang tepat dan sesuai dengan kondisi di suatu daerah sebagai dasar estimasi dalam menentukan besarnya limpasan yang terjadi, terutama besarnya limpasan dan infiltrasi yang terjadi pada suatu kawasan.

Identifikasi Masalah

- Permasalahan yang melatarbelakangi penelitian dijelaskan sebagai berikut: Timbulnya alih tata guna lahan RTH menjadi kawasan padat permukiman dan kawasan terbangun sehingga mengakibatkan limpasan permukaan (*surface runoff*).
- Adanya genangan yang diakibatkan alihfungsi lahan serta ketidakmampuan sistem drainase dalam menampung limpasan permukaan

Batasan Masalah

Permasalahan studi ini mempunyai batasan - batasan sebagai berikut:

1. Daerah studi adalah Sub DAS Brantas Kecamatan Klojen
2. Peta tata guna lahan yang digunakan yaitu pada tahun 2000, 2005, 2010.
3. Dalam memprediksi besarnya debit limpasan permukaan digunakan model hidrologi KINEROS

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil dalam studi ini adalah:

1. Bagaimanakah sebaran limpasan permukaan yang terjadi di lokasi penelitian untuk setiap penggunaan lahan tahun 2000, 2005 dan 2010?
2. Berapa debit limpasan permukaan yang tereduksi dengan jaringan drainase di lokasi penelitian?
3. Bagaimanakah pengaruh jaringan drainase yang ada di lokasi penelitian studi dalam mengurangi permasalahan genangan yang terjadi di lokasi penelitian?

Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa tinggi dan sebaran limpasan permukaan secara spasial pada beberapa tahun penggunaan lahan dengan model limpasan permukaan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Selanjutnya dilakukan analisa fungsionalitas jaringan drainase di lokasi penelitian dalam mengurangi genangan yang terjadi, kemudian membuat peta lokasi saluran drainase yang tidak mampu menampung limpasan permukaan yang terjadi.

PROOF

Hasil dari kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman untuk melakukan pendugaan limpasan permukaan secara keruangan pada tata guna lahan yang berbeda serta sebagai data pendukung dalam menangani permasalahan genangan yang terjadi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Limpasan pemukaan

Limpasan permukaan yang berlebih merupakan ancaman bahaya banjir sehingga dalam penataan kawasan, identifikasi dari parameter - parameter yang mempengaruhi limpasan permukaan harus dilakukan. Pengaruh vegetasi terhadap limpasan permukaan dapat diterangkan bahwa vegetasi dapat menghalangi jalannya air larian dan memperbesar jumlah air yang tertahan diatas permukaan tanah (*surface detention*), dengan demikian menurunkan laju limpasan permukaan (Asdak, 1995: 155). Ada beberapa faktor yang menentukan dan saling mempengaruhi limpasan permukaan secara bersamaan. Faktor - faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu elemen meteorologi dan elemen sifat fisik daerah pengaliran (Sosrodarsono & Takeda, 1978 : 135). Elemen meteorologi meliputi jenis presipitasi, intensitas hujan, durasi hujan, dan distribusi hujan dalam daerah pengaliran, sedangkan elemen sifat fisik meliputi tata guna lahan (*land use*), jenis tanah, dan kondisi topografi daerah pengaliran (*catchment*).

B. Analisa Hidrologi

1. Uji Konsistensi data

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran. Data hujan disebut konsistensi berarti data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi (Soewarno, 2000:199).

2. Hujan rerata daerah

Dalam penelitian ini, analisa hujan rerata daerah dilakukan dengan menggunakan cara rata-rata aljabar :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + ...d_n}{n} = \sum_1^n \frac{d_i}{n}$$

dimana :

d = tinggi curah hujan rerata daerah
$d_1, d_2, d_3 \ldots d_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,…n
n = banyaknya pos penakar

3. Hujan Rancangan

Hujan rancangan adalah hujan terbesar yang mungkin terjadi pada suatu daerah tertentu pada periode ulang tertentu. Metode yang digunakan pada studi ini adalah *Log Pearson Type III.*

4. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji ini dilakukan secara horisontal dengan menggunakan *Metode Smirnov Kolmogorof* dan vertikal dengan menggunakan *Metode Chi Square.*

C. Analisa Limpasan Permukaan Model Hidrologi KINEROS

Analisis limpasan permukaan dalam model KINEROS merupakan pengembangan dari teori Hortonian Overland Flow (*HOF*) sebagai berikut (Chow,1988):

$$Q = \alpha h^m$$

dimana :

Q = debit per satuan lebar (m^3 $detik^{-1}$/lebar)
H = limpasan permukaan per unit lahan (m)
α, m= konstanta/ faktor yang mempengaruhi

Hasil model KINEROS adalah tampilan berupa peta zoning dari parameter yang dikehendaki yaitu infiltrasi (mm), limpasan (mm), hasil sedimentasi (kg/ha), aliran puncak atau *peakflow* (m^3/dt) dan hasil sedimentasi puncak atau *peak sediment discharge* (kg/s), sedangkan hasil keluaran yang dipakai dalam penelitian ini adalah tinggi limpasan permukaan (mm) untuk tiap - tiap sub DAS.

PROOF

D. Perhitungan Pertumbuhan Penduduk

Perkiraan jumlah penduduk pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan metode eksponensial sebagai berikut:

$$Pn = Po.\ e^{r.n}$$

dimana:

Pn = jumlah penduduk pada tahun ke-*n* (jiwa/tahun)
Po = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa/tahun)
e = bilangan logaritma
n = interval waktu (tahun)

E. Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah debit yang berasal dari air buangan penduduk. Debit air buangan ditetapkan sebesar 70% - 90% dari jumlah kebutuhan air bersih per hari. Dalam penelitian ini kebutuhan air bersih diambil sebesar diambil sebesar 150 liter/orang/hari.

$Q_{rumah\ tangga} = \Sigma Penduduk \times air\ buangan$

E. Evaluasi Saluran Drainase Terhadap Debit Rancangan

Analisa kapasitas saluran drainase dilakukan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase yang ada terhadap debit rencana pada hasil perhitungan. Apabila kapasitas saluran drainase lebih besar dari debit rencana maka saluran tersebut masih layak dan tidak ada luapan air.

Debit rencana (*Qr)* adalah penjumlahan dari debit rancangan air hujan (*Qh*) dan air kotor (*Qk*) yang ditentukan dengan persamaan:

$$Qr = Qh + Qk$$

Untuk mengetahui kemampuan kapasitas saluran drainase terhadap debit rencana maka digunakan persamaan:

$$Q = Qs - Qr$$

dengan :

Qs = debit saluran (m^3/det)
Qr = debit rencana (m^3/det).

F. Kapasitas Saluran

Untuk menghitung kapasitas saluran, dipergunakan persamaan kontinuitas dan rumus manning (Chow, 1997):

$$Q = A.V$$

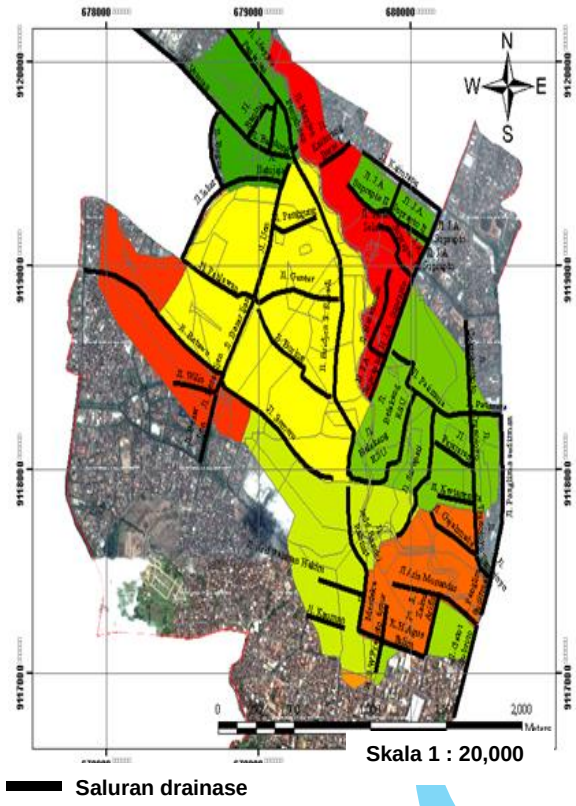
$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$R = \frac{As}{P}$$

dimana :

Q = debit saluran (m^3/dt)
v = kecepatan rata - rata dalam saluran (m/dt)
A = luas penampang basah (m^2)
n = koefisien kekasaran Manning
R = jari-jari hidrolis (m)

PROOF



Gambar 1. Lokasi penelitian

S = kemiringan dasar saluran
As = luas penampang saluran (m^2)
P = keliling basah saluran (m)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian meliputi sistem drainase utama di Sub DAS Brantas di Kecamatan Klojen Kota Malang yang memiliki luas DAS relatif kecil 4,403 km^2. Jenis tanah yang terdapat di lokasi terdiri dari aluvial dan andosol. Lokasi penelitian ditunjukkan pada **Gambar 1.** Sedangkan jaringan drainase eksisting di lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2.**

Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan perhitungan debit limpasan permukaan dengan model hidrologi KINEROS, debit air kotor dan kapasitas

Gambar 2. Sub DAS dan jaringan drainase beserta arah aliran

saluran yang telah ada. Setelah menentukan besarnya debit rencana dengan menjumlahkan debit limpasan model hidrologi KINEROS dengan debit air buangan, kemudian melakukan evaluasi kapasitas saluran drainase yang ada.

Data yang digunakan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

1. Peta administrasi lokasi
2. Peta topografi.
3. Peta penggunaan lahan skala 1 : 50.000 dan Citra Satelit
4. Peta pencitraan tahun 2010
5. Data jenis tanah
6. Skema jaringan drainase
7. Data curah hujan 2000-2010 untuk keperluan hidrologi.
8. Data penduduk untuk proyeksi jumlah penduduk dan menghitung kebutuhan air bersih.
9. Data dimensi saluran drainase eksisting.

10. Data tinggi genangan Sub DAS Brantas, Kecamatan Klojen tahun 2007.
11. Data pengukuran genangan langsung di lapangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Intensitas Hujan

Sebagai data input hujan untuk menjalankan program AGWA atau KINEROS dibutuhkan besar intensitas hujan masing-masing kala ulang. Nilai intensitas hujan untuk masing-masing kala ulang tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel. 1 Intensitas hujan

No	Kala Ulang	*I* (mm/jam)
1	2	26,65
2	5	31,28
3	10	34,20
4	25	37,78

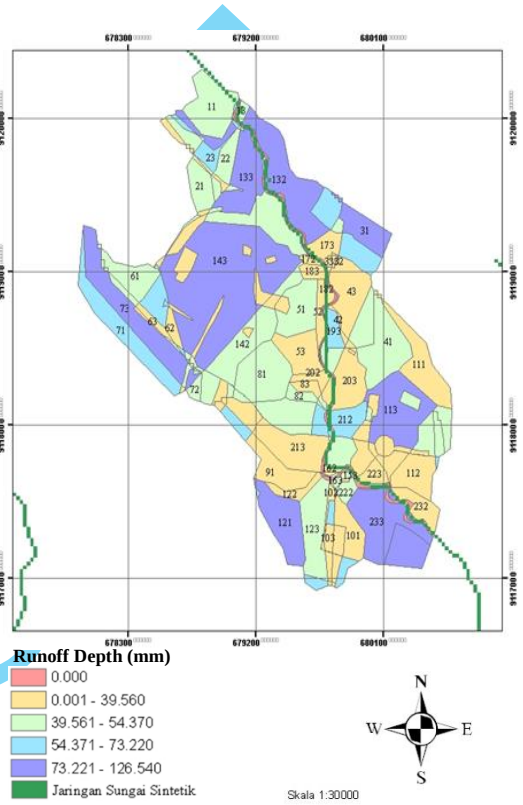
Sumber: Hasil perhitungan

Debit Limpasan Model Hidrologi KINEROS

Analisa sebaran limpasan dengan menggunakan model KINEROS dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ArcView GIS 3.3. Sebagai *input* dari model KINEROS adalah peta tata guna lahan, peta jenis tanah, peta topografi, dan data hujan.

Sebaran nilai tinggi limpasan yang terjadi di lokasi penelitian dilakukan untuk setiap masukan intensitas hujan dengan berbagai kala ulang. **Gambar 3** menunjukkan hasil analisa sebaran limpasan permukaan akibat hujan dengan kala ulang 5 tahun untuk penggunaan lahan tahun 2010.

Simulasi model yang dilakukan dengan variasi penggunaan lahan menunjukkan hasil yaitu adanya peningkatan nilai limpasan permukaan untuk setiap variasi penggunaan lahan, dalam hal ini adalah pada tahun 2000, 2005 dan 2010. Hasil analisa sebaran limpasan permukaan menunjukkan bahwa nilai tinggi limpasan tertinggi yang dihasilkan tahun 2010 yaitu setinggi 142,76 mm yang terjadi di wilayah administrasi Kelurahan Penanggungan. Hasil kalibrasi nilai limpasan permukaan hasil perhitungan model KINEROS dengan nilai limpasan hasil pengukuran langsung di lapangan menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan dan dapat dikatakan relatif sama (terutama pada kala ulang 2 tahun dan 5 tahun yang memiliki kesalahan relatif 9,09%).



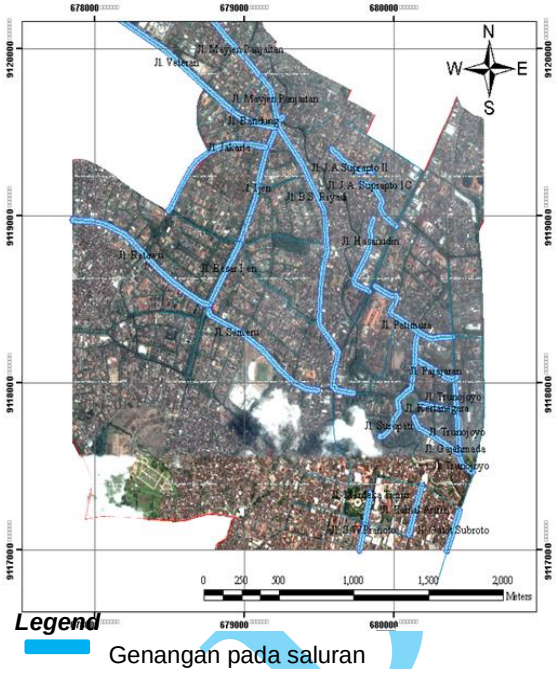
Gambar 3. Kedalaman limpasan akibat hujan kala ulang 5 th (tata guna lahan 2010)

Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase

Nilai debit limpasan permukaan yang dihasilkan model KINEROS (*Qh*) selanjutnya ditambahkan debit air kotor (*Qk*) untuk mendapatkan debit rencana (*Qr*) yang terjadi di lokasi penelitian. Tahap berikutnya dilakukan analisa fungsionalitas jaringan drainase yang ada di lokasi penelitian dalam mengurangi limpasan yang terjadi. Genangan terjadi apabila kapasitas saluran drainase (*Qs*) lebih kecil dari debit rencana (*Qr*) yang direncanakan. **Gambar 4** menunjukkan lokasi saluran drainase yang tidak mampu menampung limpasan di lokasi penelitian.

Evaluasi saluran drainase menunjukkan bahwa total limpasan yang dapat direduksi oleh saluran drainase di lokasi penelitian sebesar 51,637 m^3/dt..

Dari hasil evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting terhadap debit banjir rancangan model KINEROS dengan kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun, pada saluran drainase eksisting ada beberapa saluran yang tidak mampu lagi menampung debit sehingga air meluap ke jalan raya (genangan) yaitu Jl. Mayjen Panjahitan, Jl.



Gambar 4. Evaluasi saluran drainase eksisting (hujan 5 th, tata guna lahan 2010)

Trunojoyo, Jl. Pajajaran, Jl. Kertanegara, di depan Stasiun Kereta Api (pertemuan antara trunojoyo-kertanegara), Jl. Veteran-Bogor, Jl. Veteran (depan Matos), Jl. J.A. Suprapto, Jl. Besar Ijen, Jl. Brigjen.S.Riyadi, Jl. S.W.Pranoto, Jl. Patimura (perempatan rampal), Jl. Merdeka Timur-S.W.Pranoto, Jl. Gatot Subroto. Hasil analisa juga menunjukkan bahwa untuk kejadian hujan dengan kala ulang 5 tahun serta penggunaan lahan tahun 2010, maka diperoleh prosentase saluran drainase yang tidak mampu menampung limpasan berturut-turut di lokasi penelitian adalah sebesar 40% untuk saluran drainase sekunder, 37% untuk saluran drainase tersier, dan 100% untuk saluran drainase kuarter.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Parameter yang mempengaruhi nilai limpasan permukaan diantaranya adalah intensitas hujan, penggunaan lahan, dan jenis tanah. Nilai limpasan permukaan yang terjadi menunjukkan peningkatan untuk setiap variasi penggunaan lahan tahun 2000, 2005 dan 2010. Tinggi limpasan permukaan tertinggi dihasilkan tahun 2010 setinggi 142,76mm yang terjadi di wilayah administrasi Kelurahan Penanggungan.
2. Evaluasi saluran drainase menunjukkan bahwa total limpasan yang dapat direduksi oleh saluran drainase di lokasi penelitian sebesar 51,637 m^3/dt.
3. Dari hasil evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting terhadap debit banjir rancangan model KINEROS dengan kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun masihterdapat beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit sehingga menyebabkan terjadinya genangan.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Chow, Ven Te. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Jakarta: Erlangga.

Chow, Ven Te., David R. Maidment, Larry W. Mays. 1988. *Applied Hydrology*. New York.

Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*, Jakarta: Erlangga.

Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analiasa Data Jilid I*, Bandung: Nova.

Sosrodarsono, S., Takeda, K., 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma Bandung

Suhardjono, 1984. *Drainase*. Universitas Brawijaya

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