

**ANALISA DEBIT BANJIR MENGGUNAKAN *EPA Storm Water Management Model (SWMM)* di Sub DAS Kampar Kiri
(Studi Kasus: Desa Lipat Kain, Kampar Kiri)**

Robby Aulia Syuhada¹⁾, Yohanna Lilis Handayani²⁾, Bambang Sujatmoko²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

E-mail : Robie_aulia@yahoo.com

ABSTRACT

Flood occurs when the water discharge exceeds the capacity of the river, which may harm impact of flooding in municipal area. This research aims to test the reliability of EPA SWMM software in rural area and compare it with the discharge from HEC-HMS. The reliability of the softwares was determined by calculating the difference in discharge error (DE). The simulation was performed by using flood discharge with 5 and 25 years of return period. Based on the test results, the EPA SWMM 5.0 software has good reliability with the calculated DE value less than 5% (2,593% for 5 years-return period and 2,268% for 25 years-return period). For HEC-HMS software, the DE is calculated as 1,196% for 5 years-period discharge and 2,072% for 25 years-period discharge. Therefore, it can be concluded that the HEC-HMS software has better accuracy than the EPA SWMM softwareresidential and agriculture areas.

Keywords : *Flood discharge, EPA SWMM 5.0, correction difference discharge*

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang

Sungai Kampar merupakan sebuah sungai yang ada di Provinsi Riau, Kabupaten Kampar. Sungai ini merupakan pertemuan dua buah sungai yang hampir sama besar yaitu sungai Kampar Kiri dan sungai Kampar Kiri. Sungai Kampar Kiri merupakan sungai utama bagi Sub DAS Kampar Kiri yang berada di Kecamatan Kampar Kiri, Kabupaten Kampar. Sungai Kampar Kiri ini memiliki dua anak sungai besar bernama Sungai Sibayang dan Sungai Singingi yang dimanfaatkan oleh masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan untuk keperluan perikanan, areal pertanian, transportasi serta pemukiman oleh warga (Firdaus, 2014). Sungai Kampar Kiri merupakan salah satu sungai di Kampar yang menyumbang bencana banjir tiap tahunnya.

Perubahan tata guna lahan merupakan salah satu faktor penyebab banjir di DAS Kampar Kiri. Meningkatnya arus urbanisasi dan populasi penduduk menyebabkan peningkatan kebutuhan lahan. Karena luas lahan tidak bertambah, maka terjadi pembukaan-pembukaan lahan untuk tempat tinggal dan daerah pertanian pada daerah hijau. Akibat dari pembukaan lahan tersebut adalah berkurangnya daerah resapan dan meningkatnya limpasan sehingga debit semakin besar yang mengakibatkan banjir pada musim penghujan.

Salah satu daerah yang terkena dampak banjir terbesar yang disebabkan oleh meluapnya Sungai Kampar Kiri adalah Desa Lipat Kain. Seringkali pada musim penghujan penduduk yang bermukim di bantaran sungai maupun kawasan rendah harus bersiaga terjadinya banjir karena kapasitas pada Sungai

Kampar Kiri tidak mampu menahan debit air Sungai Kampar Kiri.

Berdasarkan uraian diatas, untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Perencanaan pengendalian banjir di suatu DAS dapat dilakukan dengan baik apabila debit banjir rencana diketahui. Sebuah model yang telah dikembangkan dan digunakan di Amerika mungkin dapat menjadi salah satu solusi pemecahan masalah yang terjadi di Kawasan Desa Lipat Kain yaitu program SWMM (Storm Water Management Model).

Dengan keunggulan yang ada pada SWMM maka pemilihan program SWMM untuk di uji keandalannya di Kawasan Rural pada Desa Lipat Kain Kabupaten Kampar karena model ini paling banyak dikembangkan untuk simulasi proses hidrologi dan hidrolika di wilayah perkotaan. Penelitian mengenai Sungai Kampar Kiri ini sebelumnya sudah dibahas Firdaus, 2014 dengan judul Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Banjir di sub DAS Kampar Kiri, namun menggunakan aplikasi program yang berbeda yaitu aplikasi HEC-HMS dan hanya lebih fokus meninjau penyebab banjir dari perubahan tata guna lahan.

I.2. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk menguji keandalan program bantu EPA SWMM 5.0 terhadap debit banjir di Sub DAS Kampar Kiri pada Desa Lipat Kain, dan membandingkan hasil keluaran debit program bantu EPA SWMM 5.0 dengan debit keluaran HEC-HMS.

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi dan pertimbangan penanganan banjir dengan program EPA SWMM 5.0 dalam analisis debit banjir rencana di DAS Kampar Kiri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Banjir

Banjir merupakan suatu keadaan sungai dimana aliran airnya tidak tertampung oleh palung sungai, karena debit banjir lebih besar dari kapasitas sungai yang ada. Secara umum penyebab terjadinya banjir dapat dikategorikan menjadi dua hal, yaitu karena secara alami dan tindakan manusia. Penyebab banjir yang termasuk sebab alami diantaranya yaitucurah hujan, pengaruh fisiografi, kapasitas sungai, erosi dan sedimentasi

II.2 Analisis frekuensi

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Kala ulang (*return periode*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui (Suripin, 2004).

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik (Suripin, 2004).

Kala ulang yang digunakan untuk desain hidrologi sistem drainase perkotaan berpedoman pada standar yang telah ditetapkan, seperti terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan

Luas DAS (Ha)	Kala Ulang (Tahun)	Metode perhitungan debit banjir
< 10	2	Rasional
10 – 100	2 – 5	Rasional
101 – 500	5 – 20	Rasional
> 500	10 – 25	Hidrograf satuan

Sumber: Suripin, 2004

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu

distribusi normal, distribusi Log-Normal, distribusi Gumbel, dan distribusi Log-Person III.

Tabel 2. Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3 C_v$ $C_k = C_v^2 + 6 C_v^3 + 15 C_v^4 + 16 C_v^5 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Person III	Selain nilai di atas

Sumber : Triatmodjo, 2009

II.3 Analisis intensitas hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air per-satuan waktu. Sifat umum intensitas hujan adalah makin singkat hujan berlangsung maka intensitasnya makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi intensitasnya.

Untuk memperoleh grafik IDF dari data curah hujan harian dilakukan dengan metode Mononobe. Persamaan ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

Keterangan Rumus 1:

I = intensitas hujan (mm/jam),

R_{24} = tinggi hujan maksimum harian (mm),

t = durasi hujan (jam).

II.4 Pengenalan EPA SWMM

EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*) adalah sebuah *software* yang didesain untuk membuat model simulasi hujan-runoff dinamik. *Software* ini mampu mensimulasikan pengaruh hujan-runoff dari suatu wilayah pada sistem drainasinya untuk jangka

pendek maupun jangka panjang sekaligus memiliki fasilitas alternatif untuk mengantisipasi masalah banjir.

- a. Kemampuan EPA SWMM
Kemampuan ini meliputi:
 1. Tangkai jaringan dengan ukuran tidak terbatas,
 2. menggunakan standar yang luas untuk menutup dan membuka saluran seperti halnya saluran alami,
 3. model khusus seperti penyimpangan, pembagi aliran, pompa, bendungan,
 4. penerapan air dan masukan arus eksternal berkualitas dari permukaan aliran, aliran bawah tanah,
 5. penggunaan gelombang baik kinematik maupun arus gelombang yang penuh,
 6. berbagai macam arus, seperti air yang tertahan karena pasang, pembalikan arus dan permukaan kolam,
 7. menerapkan kendali dinamis untuk menirukan operasi pompa mulut yang membuka dan tingkatan puncak bendungan.
- b. Obyek pada EPA SWMM
 1. *Rain gage*
SWMM menggunakan obyek *rain gage* untuk menampilkan input data ke sistem. *Rain gage* menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subcatchment* area pada studi wilayah (Manual EPA SWMM).
 2. *Subcatchment*
Subcatchment adalah unit hidrologi dari tanah dimana topografi dan element sistem drainase menunjukan permukaan *runoff* pada satu titik pelepasan (Manual EPA SWMM).
 3. *Outfall*
Outfall adalah titik terminal dari sistem drainase biasanya ditetapkan akhir dari batas hilir (Manual EPA SWMM).

Untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam pemodelan sebaiknya disesuaikan pada kecocokan penerapan metode pada daerah yang bersangkutan dan ketersediaan data pada daerah tersebut. Untuk penentuan precipitation loss dan precipitation excess pada penelitian ini akan digunakan metode Soil Conservation Service (SCS) Curve number.

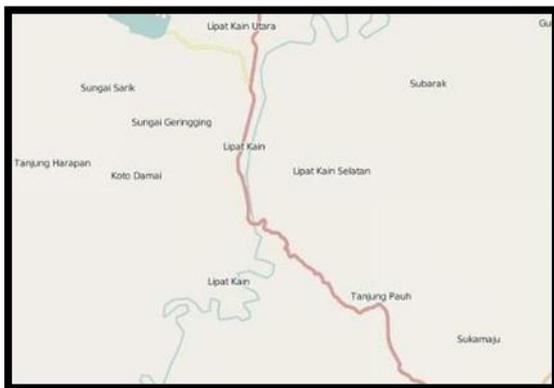
II.5 Program Berbasis *Geographic Information System (GIS)*

Perhitungan nilai koefisien limpasan, CN suatu DAS memerlukan informasi yang terdistribusi secara spasial yaitu penggunaan lahan dan jenis tanah. Penggunaan program berbasis ini akan digunakan untuk mencari luas dan klasifikasi penggunaan lahan pada DAS dalam penelitian ini.

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Lokasi Penelitian

Lokasi studi kasus penelitian ini berada di Sub DAS Kampar Kiri, yang outlet DASnya di stasiun AWLR Lipat Kain Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

III.2 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang terdapat dalam penelitian ini adalah studi literatur, pengumpulan data dan pengolahan data. Metodologi penyelesaian tugas akhir dalam penelitian ini adalah seperti yang digambarkan dalam bagan alir

Studi literatur adalah studi kepustakaan guna mendapatkan dasar-dasar teori serta langkah-langkah penelitian yang berkaitan penggunaan pemodelan SWMM yang diambil dari buku-buku, website, dan jurnal.

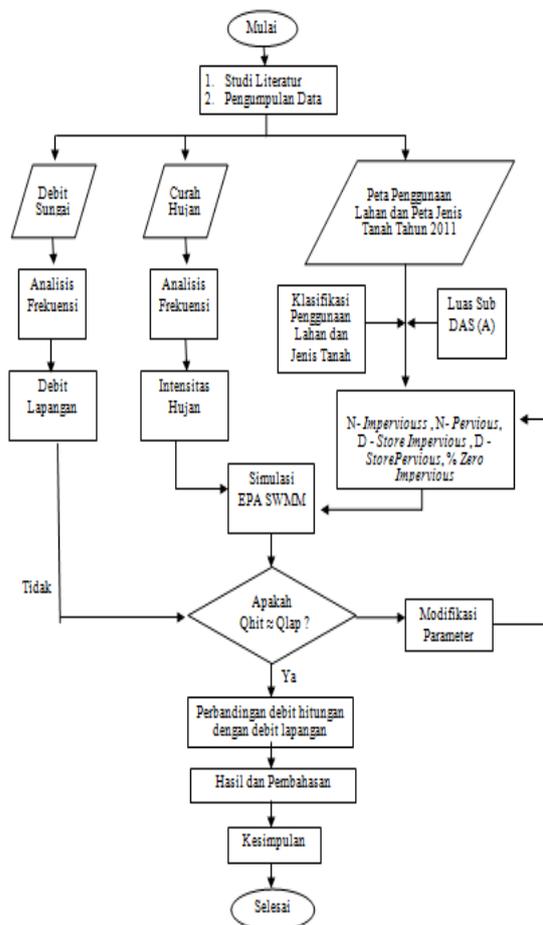
Adapun langkah-langkah dalam pengumpulan data pada penelitian iniyaitu data curah hujan dan data debit sungai harian yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai III Provinsi Riau, dan peta penggunaan lahan dan peta jenis tanah Sub DAS Kampar Kiri yang diperoleh dari Balai Pengelolaan Derah Sungai Indragiri-Rokan Kementerian Kehutanan.

Pengolahan dan analisis data adalah sebagai berikut ini.

1. Analisis Hidrologi dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :
 - a. menentukan analisis curah hujan harian maksimum dengan distribusi statistik,
 - b. melakukan uji kesesuaian distribusi, berupa uji Chi – Kuadrat dan Uji Smirnov – Kolmogorof,
 - c. melakukan distribusi tinggi curah hujan jam-jaman dengan rumus Dr. Mononobe,
2. menganalisis luasan sub area dan klasifikasi penggunaan lahan dari peta penggunaan lahan yang diolah dengan menggunakan program berbasis GIS,
3. menganalisis debit banjir rencana menggunakan program SWMM,
4. membandingkan debit banjir rencana dengan debit terukur dari data debit sungai harian.

III.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Analisa hidrologi

a. Curah hujan maksimum harian

Penetapan Seri data curah hujan harian maksimum Stasiun Pekanbaru yang akan digunakan dalam analisis frekuensi diperoleh dengan metode *maximum annual series* (Data Maksimum Tahunan). Data curah hujan harian maksimum tersebut disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Curah hujan harian maksimum stasiun Pekanbaru

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1	2000	91
2	2001	104,5
3	2002	99
4	2003	89,5
5	2004	120
6	2005	92
7	2006	150
8	2007	106
9	2008	125
10	2009	125,5
11	2010	90,5
12	2011	88,5

b. Perhitungan curah hujan

Curah hujan rancangan / rencana untuk periode ulang tertentu secara statistik dapat diperkirakan berdasarkan seri data curah hujan harian maksimum tahunan (*maximum annual series*) jangka panjang dengan analisis distribusi frekuensi. Curah hujan rancangan/desain ini biasanya dihitung untuk periode ulang 5, 25, dan 50 tahun

Tabel 4. Hasil perhitungan curah hujan rencana

Periode Ulang (Tahun)	Probabilitas	Log X	Curah Hujan Rencana (mm)
5	20	2,080	120,324
25	4	2,172	148,529
50	2	2,207	160,907

c. Intensitas hujan rencana

Perencanaan sistem drainase memerlukan perkiraan debit puncak pada daerah tangkapan kecil dengan cara menganalisa grafik IDF atau hubungan antara intensitas hujan dengan durasi dan frekuensi. Untuk memperoleh grafik IDF dari data curah hujan harian dilakukan dengan rumus Mononobe. Hasil

perhitungan intensitas hujan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan intensitas hujan

Durasi		Intensitas (mm/jam)		
		5 tahun	25 tahun	50 tahun
Menit	Jam	120,324	148,529	160,907
15	0,25	105,113	129,752	140,565
30	0,5	66,217	81,739	88,551
45	0,75	50,533	62,378	67,577
60	1	41,714	51,492	55,783
120	2	26,278	32,438	35,141
180	3	20,054	24,755	26,818
240	4	16,554	20,435	22,138
300	5	14,266	17,610	19,078
360	6	12,633	15,595	16,894

IV.2 Analisis Debit Lapangan

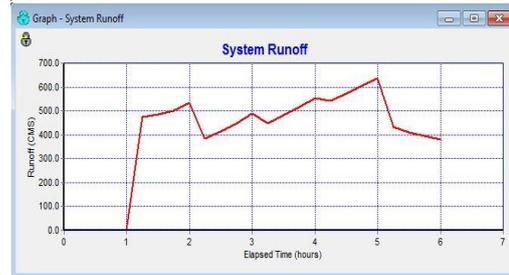
Dari perhitungan penetapan seri data, analisis frekuensi serta analisiskecocokan dari data debitharian AWLR Lipat Kain selama 4 tahun, maka diperoleh nilai debit harian dengan kala ulang 25 dan 50 tahun,dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Debit Kala Ulang Harian Stasiun AWLR Lipat Kain

Kala ulang	Nilai K	Log X _T	X _T (m ³ /det)
2	-0,155	2,710	513,325
5	0,764	2,816	654,373
10	1,339	2,882	761,620
25	2,029	2,961	913,861
50	2,517	3,017	1039,560
100	2,985	3,071	1176,365

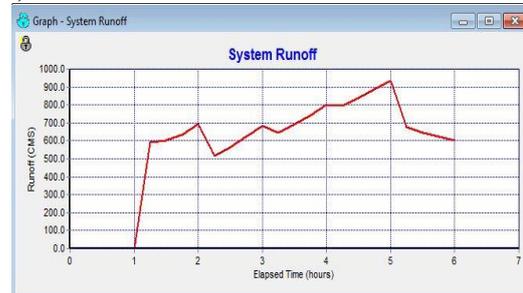
IV.3 Hasil Debit Banjir Rencana dari Program SWMM

Berdasarkan hasil running pada program SWMM dengan memasukkan semua parameter data yang dibutuhkan, maka hasil debit banjir rencana dari program SWMM adalah sebagai berikut. Hasil debit banjir rencana dari program SWMM pada Kala Ulang 5 Tahun sebesar 637,404 m³/det (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun

Hasil debit banjir rencana dari program SWMM pada Kala Ulang 25 Tahun sebesar 934,591m³/det (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun

IV.4 Selisih Hasil Simulasi Debit Banjir Rencana Dengan Debit Lapangan

Selisih discharge error (DE) dari hasil debit lapangan dan debit rencana dengan kala ulang 5 dan 25 tahun pada peta landuse 2011 adalah :

Untuk kala ulang 5 tahun, dengan menggunakan persamaan:

$$DE = \left| \frac{Q_{obs} - Q_{cal}}{Q_{obs}} \right| \times 100\%$$

$$DE = \left| \frac{637,404 - 654,373}{654,373} \right| \times 100\% = 2,593\%$$

Hasil perhitungan nilai selisih discharge error (DE) untuk kala ulang yang lain dapat dilihat pada Tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Nilai Selisih Discharge Error Debit Lapangan dan Debit Rencana

Kala Ulang	Qobs	Qcal (m3/det)	Discharge Error (DE) %	QFirdaus (m3/det)	Discharge Error (DE) %
	(m3/det)	2011	2011	2011	2011
5	654,373	637,404	2,593	662,201	1,196
25	913,861	934,591	2,268	932,801	2,072

Nilai selisih discharge error (DE) sebesar 2,593% dan 2,268% pada kala ulang 5 dan 25 tahun menunjukkan bahwa selisih debit perhitungan dengan debit terukur dikategorikan baik karena nilai DE < 5 %.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisa debit banjir menggunakan EPA *Storm Water Management Model* (SWMM) di sub DAS Kampar Kiri ini menghasilkan kesimpulan yaitu :

- Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh bahwa EPA SWMM 5.0 mempunyai keandalan dalam menganalisa debit banjir di Sub DAS Kampar Kiri karena mempunyai nilai selisih *discharge error* (DE) sebesar 2,593% dan 2,268% pada kala ulang 5 dan 25 tahun menunjukkan bahwa selisih debit perhitungan dengan debit terukur dikategorikan baik karena nilai DE < 5 %
- Berdasarkan perbandingan hasil dari nilai selisih debit lapangan dan debit rencana antara penggunaan *software* EPA SWMM dan *software* HEC-HMS. *Software* EPA SWMM memiliki nilai selisih yaitu 2,593 % pada kala ulang 5 tahun dan 2,268 % pada kala ulang 25 tahun sedangkan pada *software* HEC-HMS memiliki nilai selisih 1,196 % pada kala ulang 5 tahun dan 2,072 % pada kala ulang

25 tahun. Maka dapat disimpulkan bahwa *software* HEC-HMS memiliki tingkat keakuratan lebih baik daripada *software* EPA SWMM

V.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah agar mahasiswa dapat melakukan penelitian analisa debit banjir dengan menggunakan *software* EPA SWMM untuk wilayah atau daerah aliran sungai lainnya yang berpotensi terkena dampak banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Openstreetmap.**[online] diperoleh dari: <www.openstreetmap.com> [diakses pada tanggal 15 Mei 2015].
- Anonim.** 1997. *Drainase Perkotaan*. Universitas Gunadarma : Jakarta.
- Rossman, Lewis A.**2009. *Storm Water Management Model Applications Manual*. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency.
- Rossman, Lewis A.**2010. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency.

- Soemarto, C.D.** 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Erlangga.
- Suripin.** 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi.
- Triatmodjo, Bambang.** 2003. *Hidrolika II*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang.** 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Gufriyon,E.S.** 2014. “*Analisa Hujan-Debit Pada Daerah Aliran Sungai Menggunakan Program Bantu HEC-HMS* ”. Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Firdaus.** 2014. Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Banjir di SUB DAS Kampar Kiri. Skripsi S-1. Program Studi Teknik Sipil, FT-Universitas Riau.
- Environmental Protection Agency.** 2009. Storm Water Management Model Applications Manual. United States