

# Prosiding

ISBN : 978-602-19441-1-0

## Seminar Nasional

# Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah

**Magister Teknik Sipil  
Universitas Lampung**

**Hotel Novotel - Bandar Lampung  
3 Mei 2012**

Organized by:



**Lampung Post**



Prosiding Seminar Nasional  
Magister Teknik Sipil Universitas Lampung

**"Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah"**

03 Mei 2012, Hotel Novotel - Bandar Lampung

**Pengarah:**

1. Gubernur Provinsi Lampung (Drs. Sjachroedin ZP.,SH)
2. Dekan Fakultas Teknik Unila (Dr. Lusmeilia Afriani,D.E.A.)
3. Ketua Bappeda Provinsi Lampung (Ir. Fahrizal Darminto, MA)
4. Kepala Dinas Perhubungan Provinsi Lampung (Drs. Ishak, MH)
5. Ketua KIAT Fakultas Teknik Unila (Ir. Hi. Berlian Tihang, MM)
6. Ir. Anshori Djausal, MT
7. Wakil Pimpinan Umum Lampung Post ( Bpk. Djadjat Sudradjat)
8. Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Unila (DR. Dyah Indriana K. S.T.,M.Sc.)
9. Ketua HPJI (Ir. A. Lianurzen, MT)

**Penyunting:**

1. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T.,M.Sc.
2. Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T.,M.T.
3. Ir. Ahmad Zakaria, Ph.D.
4. Siti Nurul Khotimah, S.T.,M.Sc.

**Cover Designer & Editor:**

Moh. Andi Susanto

**ISBN :978-602-19441-1-0**

Sekretariat:  
Jln. Prof. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedungmeneng  
Bandar Lampung 35145  
Telepon (0721) 704947, Fax (0721) 704947, ext 225

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi ALLAH SWT., Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan Rahmat dan Nikmat-Nya kepada kita semua. Dalam rangka mewujudkan Tri Dharma Perguruan Tinggi, Magister Teknik Sipil Universitas Lampung bekerja sama dengan Lampung Post telah menyelenggarakan Seminar Nasional Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah di Bandar Lampung pada tanggal 3 Mei 2012. Seminar Nasional ini dihadiri oleh para ahli, akademisi, praktisi, maupun profesional di bidang infrastruktur dan pengembangan wilayah serta sektor terkait.

Artikel ilmiah yang disajikan pada seminar ini meliputi segala aspek yang berkaitan dengan infrastruktur dan pengembangan wilayah yaitu kebijakan dan kerjasama pemerintah-swasta dalam pembangunan infrastruktur dan pengembangan wilayah, infrastruktur dan moda transportasi dalam mendukung pengembangan wilayah, serta daya dukung lingkungan dalam pembangunan infrastruktur dan pengembangan wilayah.

Presentasi serta diskusi yang berlangsung selama seminar ini diharapkan memberikan sumbangan pemikiran terhadap konsep, strategi, maupun berbagi pengalaman tentang pembangunan infrastruktur dan pengembangan wilayah di Indonesia umumnya, dan di provinsi Lampung khususnya. Terima kasih kepada panitia pelaksana, panitia pengarah, dewan penyunting, penulis artikel serta semua pihak yang telah membantu terselenggaranya seminar ini.

Bandar Lampung, 10 Mei 2012  
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil  
Universitas Lampung

Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
<b>Nama</b>	<b>Judul</b>
<b>1. Kebijakan dan Kerjasama Pemerintah Swasta dalam Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah</b>	
Agus Triono	1
	PRESPEKTIF HUKUM TENTANG PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DALAM RANGKA PENGEMBANGAN WILAYAH DI ERA OTONOMI DAERAH
Eka Kurniawan	11
	PENGEMBANGAN INDUSTRI SEKUNDER BERBASIS KOMIDITI KOPI DALAM UPAYA MEMBANGUN KLUSTER EKONOMI ANDALAN DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT
Eko Bagus Delianto	19
	KERJASAMA PEMERINTAH DAN SWASTA (KPS) STUDI KASUS: INFRASTRUKTUR AIR MINUM
Kristianto Usman	36
	STUDI PENYUSUNAN <i>MASTER PLAN</i> TERMINAL AGRIBISNIS (TA) DI PENENGAHAN-LAMPUNG SELATAN
Lukman Hakim	46
	ANALISIS PERTUMBUHAN EKONOMI, KETIMPANGAN ANTAR KABUPATEN/KOTA, DAN SEKTOR UNGGULAN : STUDI PROVINSI LAMPUNG
Marlia Eka Putri A.T.	51
	KONSEP HUKUM PENATAAN RUANG DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR UNTUK PENGEMBANGAN WILAYAH BERDASARKAN OTONOMI DAERAH
Moh. Waspa Kusuma Budi	57
	JEMBATAN SELAT SUNDA DAN PEMBANGUNAN PEREKONOMIAN DI PROVINSI LAMPUNG
Muhammad Hutri	63
	MODEL KEUNTUNGAN DAN <i>OVERHEAD</i> DALAM MENYUSUN HARGA PERKIRAAN SENDIRI (HPS) UNTUK PEKERJAAN KONSTRUKSI PADA INSTANSI PEMERINTAH

Nelia Aida	PENGARUH <i>SPILLOVER EFFECT</i> PROVINSI DKI JAKARTA DAN PROVINSI SUMATERA SELATAN TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI PROVINSI LAMPUNG	75
Nurmayani	KEBIJAKAN PEMERINTAH DAERAH PROPINSI LAMPUNG DALAM PEMUNGUTAN PAJAK KENDARAAN BERMOTOR SEBAGAI UPAYA PERBAIKAN INFRASTRUKTUR DI PROPINSI LAMPUNG	87
Selvi Diana Meilinda	PENGEMBANGAN WILAYAH BERBASIS KEBIJAKAN GENDER (Evaluasi Pengarusutamaan Gender dalam Program <i>Rural Infrastructure Support</i> PNPM Propinsi Lampung)	94
Upik Hamidah	PENGADAAN TANAH UNTUK KEPENTINGAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DALAM RANGKA PENGEMBANGAN WILAYAH	109
Yuda Romdania	ANALISA EKONOMI TEKNIK PADA KAWASAN <i>WATER FRONT CITY</i>	122
<b>2. Infrastruktur dan Moda Transportasi dalam Mendukung Pengembangan Wilayah</b>		
Abdul Mukahfi	ANALISIS BERBAGAI PEMICU KEMACETAN DI JALAN ZAINAL ABIDIN PAGAR ALAM BANDAR LAMPUNG	130
Andius Dasa Putra	EVALUASI TEKNIS FASILITAS SISI UDARA UNTUK DAPAT DIDARATI PESAWAT BERBADAN LEBAR ( <i>WIDE BODY AIRCRAFT</i> ) (Studi Penyiapan Bandara Radin Inten II sebagai Embarkasi Haji Provinsi Lampung)	137
Anwarudin	MODEL PENGEMBANGAN TERPADU TERMINAL KHUSUS CPO PADA PELABUHAN MULTIPURPOSE EKSISTING	147
Budi Aji Purwoko	PENINGKATAN SISTEM INTERLOKING DAN HUBUNGAN BLOK PERSINYALAN MIS 801 DI STASIUN SEMARANG TAWANG (STUDI KASUS ALAT PENDETEKSI SARANA KERETA API)	157
Djarot Tri Wardhono	VARIABEL-VARIABEL DALAM PENERIMAAN <i>SMART CARD</i> DENGAN <i>THEORY PLANNED BEHAVIOUR</i> (TPB)	166

Fandi Suratman	SARANA TRANSPORTASI DI KOTA BANDAR LAMPUNG	173
Ginta Wiryasenjaya Gazali	LAMPUNG <i>CONNECTION</i> BAKAUHENI-SUKADANA-MENGGALA-BALAMBANGAN UMPU	178
Hanif Adi Yudhitami	PENINGKATAN AKSESIBILITAS ZONA 1 DAN ZONA 8 DI KABUPATEN NGAWI	186
I Made Suraharta	EVALUASI SISTEM JALAN ARTERI DENGAN BEBERAPA SIMPANG YANG DIKENDALIKAN DENGAN SISTEM TUNGGAL (STUDI KASUS : KORIDOR JALAN GATOT SUBROTO BARAT KOTA DENPASAR, BALI)	195
I.B. Ilham Malik	PENGINTEGRASIAN PEMBANGUNAN MEGAPROYEK INFRASTRUKTUR LAMPUNG	211
Ida Susanti	PENGARUH INFRASTRUKTUR TRANSPORTASI BAGI PERKEMBANGAN PEREKONOMIAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH	219
Lucia Nathania C. A	JEMBATAN SELAT SUNDA	223
Marulin Febrita	ANALISA TINGKAT KEBISINGAN PADA DAERAH YANG BERDEKATAN DENGAN REL KERETA API (STUDI KASUS : LINTAS JAKARTA KOTA – MANGGARAI)	229
Muhammad Baqiyudin Nadjib	KAJIAN FAKTOR-FAKTOR PENGHAMBAT PENGADAAN TANAH PADA PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI PROVINSI JAWA BARAT (STUDI KASUS: WADUK JATIGEDE)	239
Muiz Thohir	MENGEMBANGKAN <i>TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT</i> DI KORIDOR JEMBATAN SELAT SUNDA	248
Rahayu Sulistyorini	PELUANG PENGEMBANGAN TRANSPORTASI INTERMODA DI PROPINSI LAMPUNG	255
Restita Winandi	TINJAUAN KEBERADAAN MALL RAMAYANA ROBINSON TERHADAP ASPEK PEDESTRIAN AREA DAN PARKIR DI KOTA BANDAR LAMPUNG	268

Sri Susanti	ANALISA TINGKAT AKSESIBILITAS DAN KARAKTERISTIK PENUMPANG BRT TRANS BANDAR LAMPUNG	275
Tas'an Junaedi	KONDISI DAN KINERJA TRANSPORTASI DI DAERAH OTONOMI BARU (Studi Kasus di Kabupaten Pringsewu)	283
<b>3. Daya Dukung Lingkungan dalam Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah</b>		
Agus Sugiri	PEMBUATAN MESIN PENYANGRAI KACANG TANAH UNTUK MENINGKATKAN PENDAPATAN MASYARAKAT DESA MUTARALAM KECAMATAN WAY TENONG KABUPATEN LAMPUNG BARAT	292
Ahmad Zaenudin	PENCITRAAN RESISTIVITAS BAWAH PERMUKAAN UNTUK MONITORING BADAN JALAN LINTAS SUMATERA -LAMPUNG SELATAN	297
Ahmad Zakaria	SIMULASI WAKTU PERAMBATAN DAN TINGGI GELOMBANG TSUNAMI AKIBAT MELETUSNYA GUNUNG ANAK KRAKATAU	306
Bagus Sapto Mulyatno	PENENTUAN <i>AQUIFER</i> AIR TANAH DI DAERAH LAMPUNG TENGAH DENGAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS	315
Citra Dewi	PERANAN INFRASTRUKTUR DATA SPASIAL NASIONAL DALAM Mendukung KEGIATAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN	321
Citra Persada	PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR TERPADU DALAM PENGEMBANGAN WILAYAH METROPOLITAN BANDARLAMPUNG YANG BERKELANJUTAN	326
Dwi Joko Winarno	KAJIAN HIDRO-OSEANOGRAFI PASANG SURUT DAN ARUS PASANG SURUT DALAM PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR PELABUHAN DI TELUK LAMPUNG	340
Dyah Indriana Kusumastuti	SIGNIFIKANSI ANALISIS HIDROLOGI DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DAN PENGEMBANGAN WILAYAH DI PROVINSI LAMPUNG	350

Laksmi Irianti	PERBANDINGAN KETAHANAN SULFAT PADA BETON YANG MENGGUNAKAN SEMEN PCC DENGAN BETON YANG MENGGUNAKAN SEMEN OPC+ FLY ASH	342
Lilies Widodojoko	MEKANISME PENYUSUTAN DAN PENGARUH <i>SET ACCELERATOR</i> PADA BETON TEMBAK	350
Muhammad Jafri	PENGARUH WAKTU PERENDAMAN PADA STABILISASI MENGGUNAKAN ABU GUNUNG MERAPI TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG ORGANIK	360
Muh Sarkowi	ANALISA KESTABILAN DAERAH RENCANA JEMBATAN SELAT SUNDA BERDASRKAN DATA GEOLOGI, GEOFISIKA DAN SEISMOLOGI	370
Nur Arifaini	KONSTRUKSI SLAB BETON SEBAGAI PELAPIS KEDAP AIR PADA TANAH DASAR JALAN KERETA API UNTUK MENCEGAH TERJADINYA MUD PUMPING	377
Pio Ranap Tua Naibaho	PERILAKU PERBAIKAN STRUKTUR BALOK KANTILEVER AKIBAT <i>OVERLOADING</i> DENGAN MENGGUNAKAN <i>CARBON FIBRE REINFORCED PLATE CROSS</i>	385
Ratna Widyawati	PERKUATAN STRUKTUR BETON AKIBAT ALIH FUNGSI BANGUNAN DENGAN MENGGUNAKAN BAJA STRIP	401
Rustadi	GEOLOGI BATUAN DAERAH TELUK LAMPUNG DAN KONSEKUENSI TERHADAP BAHAYA KEGEMPAAN	411
Siti Nurul Khotimah	DESAIN OPTIMAL DRAINASE PERKOTAAN YANG BERKELANJUTAN	416
Suharno	RESIKO GEMPA BUMI DI PROVINSI LAMPUNG	430
Suharno	HIDUP NYAMAN DI LOKASI BERPOTENSI GEMPA BUMI TINGGI	440
Yohanes Martono Hadi	KINERJA JARINGAN JALAN NASIONAL PROVINSI JAMBI	449



# DESAIN OPTIMAL DRAINASE PERKOTAAN YANG BERKELANJUTAN

Siti Nurul Khotimah

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil - UNILA  
Jl. Soemantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung  
E-mail : [unun\\_salim2@yahoo.com](mailto:unun_salim2@yahoo.com)

## Abstrak

Sistem drainase berkelanjutan merupakan suatu paradigma baru dalam pengendalian air buangan. Pengendalian air ini mengintegrasikan pengendalian air secara kuantitas dan kualitas serta kenyamanan dalam lingkungan. Bentuk teknologi sistem drainase berkelanjutan ini bermacam-macam, misalnya teknologi yang lebih utama didesain untuk mengontrol polusi air, dapat diterapkan bioretensi. Sedangkan untuk mengontrol kuantitas air misalnya dapat diterapkan *dry pond* atau *rain barrel* yang tujuannya adalah menahan air secara temporal sebelum masuk dalam sistem drainase konvensional yang ada dan masih banyak lagi contoh teknologi drainase perkotaan berkelanjutan ini. Namun, penerapan teknologi ini bisa menjadi sangat mahal, misalnya pada level regional mungkin diperlukan ratusan atau ribuan teknologi ini. Desain yang optimal baik dari segi jumlah dan konfigurasi dimensi desain dari teknologi drainase berkelanjutan ini menjadi sangat penting. Untuk itu, telah dilakukan studi kasus desain optimal dari sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan pada Kota West Garforth, Leeds, UK. Tujuan utama dari studi kasus adalah pengendalian air pada kota ini untuk mengurangi debit puncak yang *cost effective*, yaitu didapatnya dimensi dan lokasi desain yang mampu mencapai tujuan pengendalian air namun dengan biaya yang seminimal mungkin. Dalam studi, peneliti dibantu dengan sebuah *software* bernama EPA-SUSTAIN. Teknologi yang digunakan dalam studi ini adalah *dry pond* dan *rain barrel*. Variabel keputusan (*decision variables*) untuk optimalisasi *dry pond* adalah panjang kolam dengan dimensi tetap adalah lebar dari kolam. Sedangkan pada *rain barrel*, variabel keputusannya adalah jumlah unit *rain barrel* dengan diameter adalah variabel tetap dalam optimalisasi. Hasil studi menunjukkan EPA-SUSTAIN mampu membantu peneliti mendapatkan desain optimal teknologi drainase perkotaan berkelanjutan dalam bentuk dimensi serta lokasi penempatannya yang diterapkan pada kota studi kasus. Pada studi kasus ini, nilai debit maksimum yang didapat sebelum dilakukan optimalisasi adalah 2,5 cfs. Dari hasil optimalisasi, kurva *cost effectiveness* memiliki kemiringan yang tidak begitu landai, sehingga pengambil keputusan perlu berhati-hati dalam memilih solusi implementasi drainase berkelanjutan ini. Perubahan pada implementasi desain drainase berkelanjutan tidak akan memberikan pengurangan debit puncak yang begitu berarti. Dari kurva *cost effectiveness*, solusi pengurangan debit puncak berkisar antara 15% sampai dengan 40%.

**Kata Kunci:** Sistem drainase berkelanjutan, desain optimal, *dry pond* dan *rain barrel*, mengurangi debit puncak, *cost effective*.

## 1. PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan suatu wilayah akibat urbanisasi, menimbulkan permasalahan air baik dari segi kuantitas maupun kualitas (Akan, dkk., 2003). Lahan yang tadinya merupakan lahan hijau menjadi lahan perkotaan yang didominasi oleh permukaan tanah yang kedap air karena permukaan tanah telah diperkeras oleh aspal atau pun beton. Konsekuensinya, ketika air hujan turun, jumlah limpasan air hujan akan meningkat. Dengan hanya mengandalkan sistem drainase konvensional yang berprinsip menyalurkan pembuangan air limpasan hujan tersebut ke badan air terdekat, menyebabkan sistem pengendalian air ini menjadi tidak berkelanjutan (*unsustainable*). Air yang disegerakan melimpas ke badan air, belum sempat menyerap ke dalam tanah untuk memberikan kontribusi isian kembali air tanah. Air tersebut dapat saja menimbulkan masalah baru berupa banjir pada daerah lain terutama pada daerah hilir. Air limpasan hujan ini pun dapat membawa polutan sumber tersebar (*non source point pollutant*) yang terbawa saat menyapu permukaan suatu lahan. Maka ketika limpasan ini masuk ke dalam badan air, pencemaran air dapat terjadi. Sistem pengendalian air seperti ini dikatakan tidak berkelanjutan karena sistem ini belum memberikan solusi optimal dari pengendalian air dan sayangnya akan terus menerus menimbulkan permasalahan-permasalahan baru.

Suatu paradigma baru memunculkan konsep pengendalian air buangan baru yang dikenal dengan nama sistem drainase yang berkelanjutan (*sustainable urban drainage*). Suatu sistem dikatakan berkelanjutan, jika sistem tersebut dapat menjamin kebutuhan saat ini tanpa mengkompromikan kemampuan generasi yang akan datang dalam memenuhi kebutuhan mereka. Jadi diharapkan dengan adanya sistem drainase berkelanjutan ini, sistem pengendalian air ini akan dapat menjamin generasi yang akan datang mendapatkan jaminan akan adanya perbaikan kondisi permasalahan air pada wilayah tertentu. Sistem drainase berkelanjutan ini mengendalikan air melalui mekanisme pengintegrasian pengendalian air secara kuantitas, kualitas serta kenyamanan dalam lingkungan. Sistem drainase berkelanjutan menjamin air limpasan hujan berkesempatan menyerap (berinfiltrasi) ke dalam tanah, sehingga proses *recharge* air tanah terjadi. Tidak hanya itu, sistem ini pun dapat saja dirancang untuk mengendalikan pencemaran air limpasan hujan sehingga mengurangi pencemaran pada badan air. Konsep drainase perkotaan berkelanjutan ini pun dapat didesain dengan apik yang melingkupi aspek estetika sehingga meningkatkan kenyamanan masyarakat dalam lingkungannya.

Telah banyak sistem dalam drainase perkotaan yang berkelanjutan ini dikembangkan. Misalnya sistem drainase perkotaan berkelanjutan yang desain utamanya adalah untuk menyerap air, memfilter air, menghilangkan polutan, menahan air secara permanen atau temporal. Contoh dari sistem ini misalnya implementasi *dry pond*, kolam penahan air secara temporal, yang tujuannya adalah menahan air secara temporal sehingga membantu mengurangi debit puncak limpasan. Bioretensi yang tujuan utamanya adalah memfilter air limpasan hujan sebelum masuk ke dalam tanah dan juga ke dalam sistem drainase sehingga terbentuk sistem pengendalian kualitas air. Dan banyak lagi contoh teknologi sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan ini. Sistem ini melakukan pengontrolan air dari sumbernya (pencegahan polusi air dan kuantitas air berlebihan) sebelum masuk ke dalam sistem drainase konvensional yang ada (*existing drainage system*).

Penerapan teknologi sistem drainase berkelanjutan dapat dilakukan secara online mau pun offline (Nur, 2009) baik dalam skala kecil (level lokal) atau pun skala besar (level regional) (Shoemaker, dkk., 2009). Penerapan secara online maksudnya adalah teknologi sistem drainase berkelanjutan diterapkan secara seri dengan sistem drainase yang ada sedangkan secara off line maksudnya teknologi tersebut diterapkan secara paralel dengan sistem drainase. Penerapan teknologi ini dalam suatu level regional dapat saja membutuhkan ratusan atau ribuan drainase berkelanjutan, hal ini menyebabkan aplikasinya bisa jadi mahal (Shoemaker, dkk., 2009). Untuk itulah diperlukan penerapan teknologi ini secara optimal baik dari segi jumlah ataupun konfigurasi desainnya dimensinya. Desain yang optimal baik dari segi jumlah dan konfigurasi dimensi desain dari teknologi drainase berkelanjutan ini menjadi sangat penting (Artika, dkk., 2008, Chang, dkk., 2009, Riverson, dkk., 2004, Shaw, dkk., 2003, Zhen, dkk., 2004).

Untuk kepentingan ini, telah dilakukan studi kasus tentang desain optimal penerapan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan. Studi kasus dilakukan untuk Kota West Garforth, Leeds, UK. Kota ini memiliki sejarah banjir. Berdasarkan studi sebelumnya yang dilakukan oleh *Departement for Environment Food and Rural Affair* (DEFRA) UK dari tahun 2006 sampai dengan 2008 (Defra, 2008, Hellmers, 2009), dinyatakan bahwa kapasitas dari sistem drainase yang ada kurang dalam melayani limpasan hujan sehingga terjadi luapan pada sistem drainase dan menyebabkan banjir. Terkait dengan tantangan untuk mendapatkan desain optimal ini, penulis menggunakan program komputer yang relatif baru dipublikasikan bernama EPA-SUSTAIN. Program ini dibangun untuk

mendesain dan menganalisis desain optimal sistem drainase berkelanjutan. Program ini bekerja di bawah Arc GIS 9.3. Dalam optimalisasi ini tujuan yang ingin dicapai dalam pengelolaan limpasan hujan adalah: pengendalian kuantitas air dalam bentuk pengurangan debit puncak sehingga didapatkan desain yang *cost effective*, yaitu desain yang mampu mencapai tujuan pengendalian air namun dengan biaya yang seminimal mungkin (Khotimah, 2011). Dalam studi kasus, teknologi yang diterapkan adalah teknologi *dry pond* dan *rain barrel*. *Dry pond* adalah kolam tampungan untuk menampung secara temporal dari air limpasan hujan sedangkan *rain barrel* adalah tangki air berukuran kecil yang disiapkan untuk menampung air hujan dari limpasan atap.

## **2. DRAINASE PERKOTAAN YANG BERKELANJUTAN**

Istilah drainase perkotaan yang berkelanjutan ini, di Inggris biasa dikenal dengan nama *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDs), di Amerika digunakan istilah *Best Management Practices* (BMPs), sedangkan di Australia dikenal dengan nama *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) (Wikipedia, 2010).

Drainase perkotaan yang berkelanjutan merupakan suatu paradigma baru pengendalian air buangan. Drainase perkotaan yang berkelanjutan mengendalikan air buangan dari sumbernya baik secara kuantitas maupun secara kualitas. Jadi sebelum air limpasan hujan masuk ke dalam sistem drainase yang sudah ada (*existing drainage system*) yang merupakan sistem drainase konvensional, air limpasan tersebut masuk terlebih dahulu ke dalam sistem drainase berkelanjutan yang akan mentreatment air tersebut.

Tidak seperti drainase perkotaan yang konvensional yaitu menyebarkan air buangan dari suatu wilayah menuju ke badan air, maka drainase perkotaan yang berkelanjutan mempunyai konsep desain untuk memberikan kesempatan air untuk terserap ke dalam tanah. Sistem ini pun dapat berfungsi untuk menyaring polutan sumber tersebar (yang terangkut ketika air melimpas di atas permukaan tanah) sebelum masuk ke dalam badan air.

Berdasarkan tujuan utama desainnya, drainase perkotaan yang berkelanjutan ini dibagi menjadi beberapa sistem (Artita, dkk., 2008), yaitu:

### **1. Sistem Infiltrasi**

Sistem ini utamanya didesain untuk menangkap sejumlah volume limpasan hujan, menahan dan menyerap ke dalam tanah.

### **2. Sistem Detensi**

Sistem ini utamanya didesain untuk menyimpan air sementara yang kemudian secara bertahap dilepaskan ke badan air.

### **3. Sistem Retensi**

Sistem ini utamanya didesain untuk menangkap sejumlah volume limpasan hujan, menahannya sampai kejadian hujan selanjutnya datang untuk memindahkannya.

### **4. Sistem Wetland**

Didesain untuk utamanya mengontrol kualitas air dan juga kuantitas air. Keseimbangan air sangat penting dalam sistem ini untuk memastikan air cukup untuk menopang pertumbuhan vegetasi diantara musim hujan dan musim kering.

### **5. Sistem Filtrasi**

Didesain untuk memfilter/menyaring sehingga polutan dapat dihilangkan.

### **6. Sistem Vegetasi.**

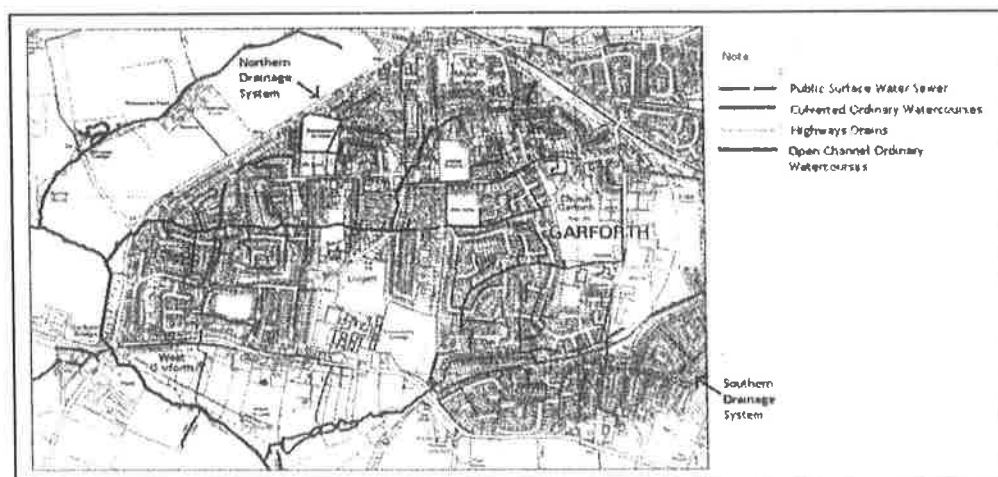
Didesain untuk menyalurkan dan men-treatment aliran air.

Contoh teknologi Drainase Perkotaan Berkelanjutan dengan berbagai sistem di atas dapat dilihat pada Lampiran.

### 3. STUDI KASUS PADA WEST GARFOTH, LEEDS, UK

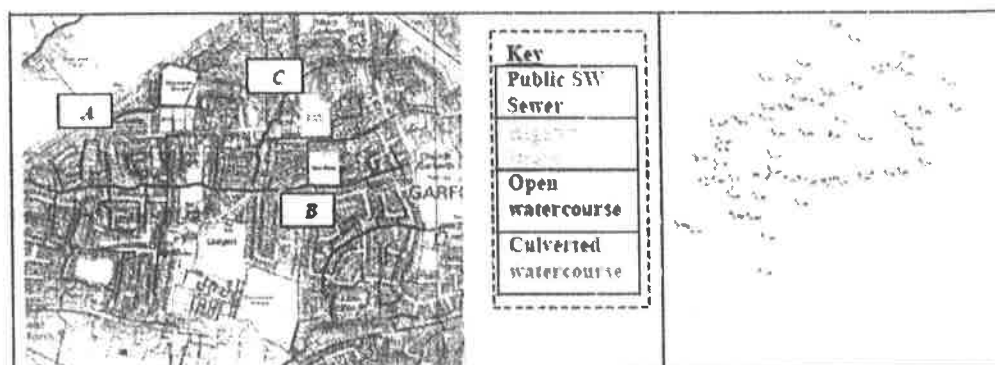
Studi Kasus ini merupakan bagian kecil dari penelitian tesis penulis yang diselesaikan pada Juni 2011. Studi Kasus dilakukan pada Kota West Garforth. West Garforth adalah sebuah kota di Leeds, Inggris. Kota ini memiliki sejarah banjir sejak tahun 1980-an. Banjir terburuk terjadi pada Bulan Agustus 1997, Musim Gugur tahun 2000, Agustus dan Desember 2002, Agustus 2004, Musim Dingin 2005 dan Musim Panas 2007 (Defra, 2008, Nur, 2009).

Banjir di West Garforth terjadi karena kapasitas sistem drainase untuk air hujan di wilayah tersebut tidak mencukupi. Sistem drainase di West Garforth yang merupakan sistem drainase terpisah (antara sistem drainase air hujan dan sistem drainase air limbah) terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian utara dan bagian selatan. Titik-titik banjir yang terjadi di West Garforth terjadi pada kedua sistem drainase ini. Namun, dalam studi yang dilakukan, batasan masalah pengendalian banjir dengan penerapan drainase perkotaan berkelanjutan hanya dilakukan pada sistem drainase utara. Gambar 1. merupakan sistem drainase pada West Garforth, sedangkan Gambar 2 menunjukkan titik-titik banjir yang terjadi pada sistem drainase utara berdasarkan studi yang dilakukan oleh Defra (2008).



Gambar 1. Sistem Drainase di West Garforth

Sumber: Defra (2008)



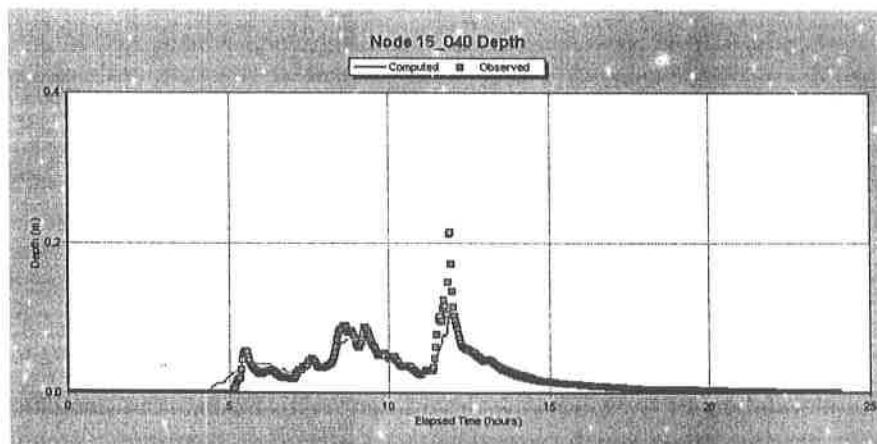
Gambar 2. Titik Banjir di Sistem Drainase Utara Berdasarkan Analisis Infowork vs 7.5

Pada makalah ini, akan ditampilkan desain optimal drainase berkelanjutan pada daerah yang ditandai dengan lingkaran merah. Daerah ini adalah daerah yang mungkin diterapkan *Dry Pond*. Model yang dibuat dalam EPA-SUSTAIN dalam hal ini diberi nama Model 1.

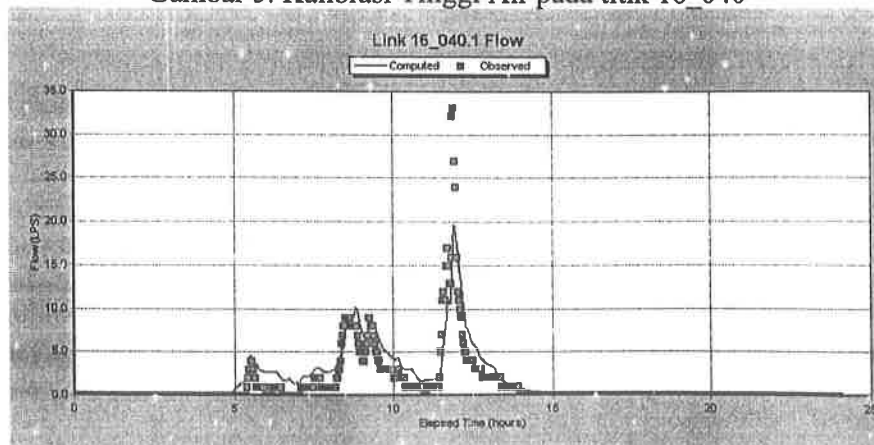
### 3. 1. Setting Model

Sebelum model optimalisasi dibuat ke dalam EPA-SUSTAIN, dilakukan terlebih dahulu model kalibrasi, dimana model kalibrasi dibantu menggunakan *software* SWMM 5.2. Dari hasil kalibrasi ini didapatkan karakter daerah tangkapan air (*catchment area*) yang paling mendekati keadaan di lapangan. Karakter *catchment* hasil kalibrasi ini menjadi input pada *land simulation* pada EPA-SUSTAIN. *Land Simulation* adalah paket dalam EPA-SUSTAIN yang berfungsi untuk menghasilkan hydrograph dan pollutograph pada daerah *catchment* yang dipelajari. Dalam studi ini, penulis menggunakan *internal land simulation* pada analisa land simulasinya.

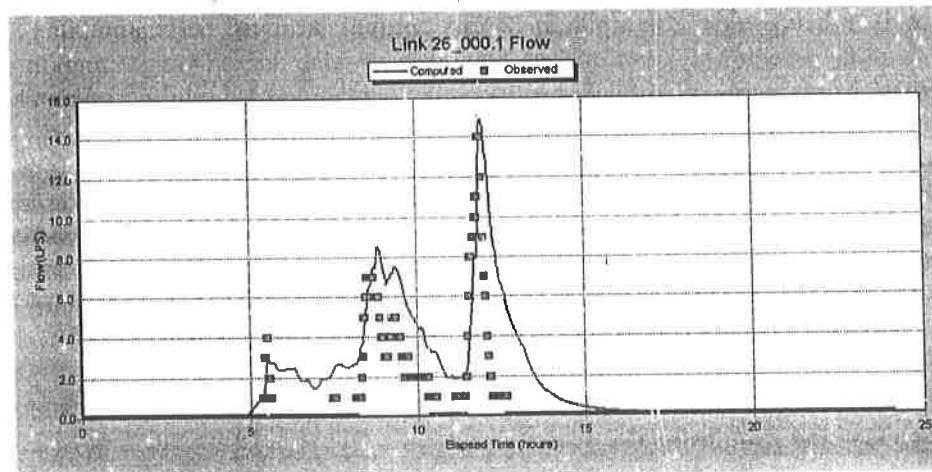
Model kalibrasi menggunakan data hujan 19 September 2007 sampai dengan 21 September 2007. Dimana data hujan yang dimiliki adalah data hujan 2 menit. Untuk flow routing, dalam kalibrasi ini dilakukan menggunakan *Kinematic Flow Routing*, model infiltrasi yang digunakan adalah metode Green Ampt. Gambar 5 sampai dengan Gambar 8. Menunjukkan hasil dari model kalibrasi. Dari model kalibrasi menunjukkan bahwa model kalibrasi telah mendekati data lapangan kecuali pada kalibrasi Debit pada Saluran 26\_000.1.



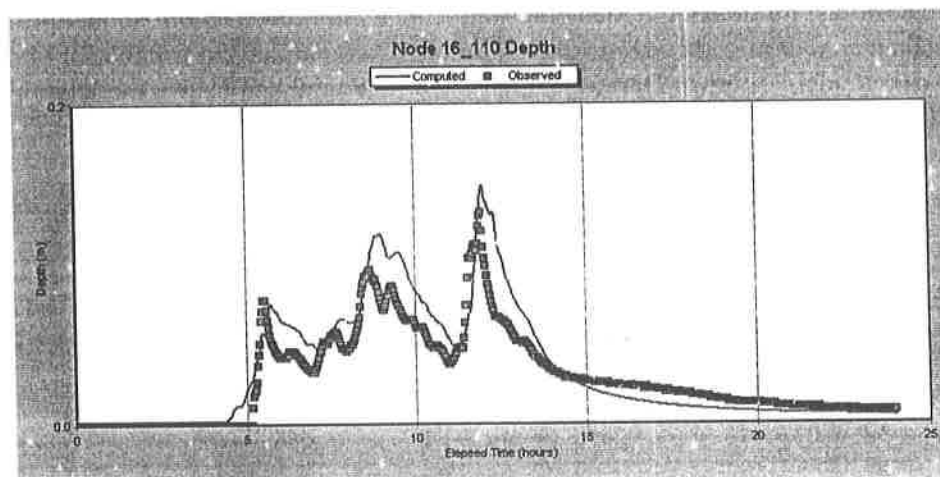
Gambar 5. Kalibrasi Tinggi Air pada titik 16\_040



Gambar 6. Kalibrasi Debit pada Saluran 16\_040.1



Gambar 7. Kalibrasi Debit pada Saluran 26\_000.1

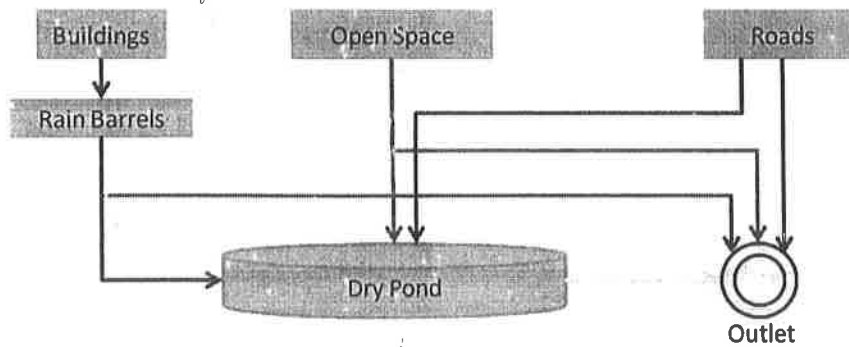


Gambar 8. Kalibrasi Tinggi Air Titik 16\_110

Setting model dalam EPA-SUSTAIN, desain dan analisa dilakukan dengan menggunakan data hujan per jam. Data hujan berasal dari UK *Weather Generator* sepanjang 3 bulan dengan intensitas maksimum 0,63 in/jam.

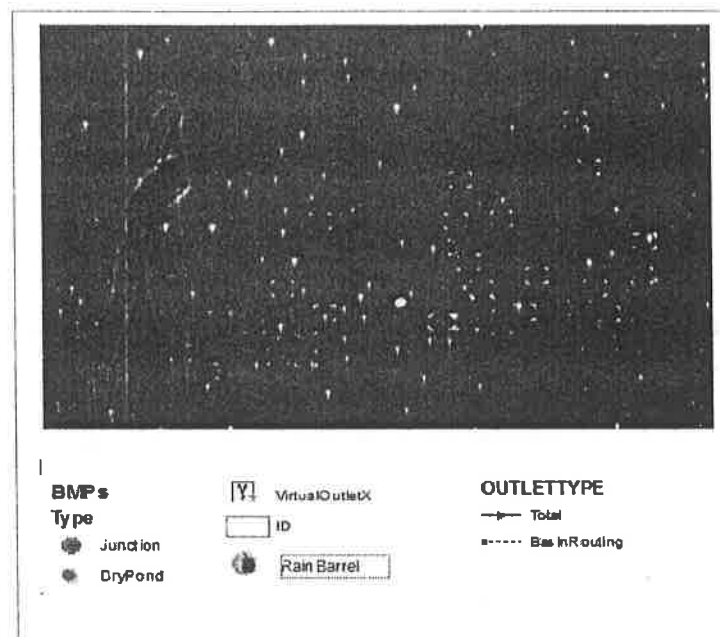
### 3. 2. Optimalisasi Drainase Perkotaan Berkelanjutan di West Garforth

Teknologi drainase perkotaan yang digunakan untuk mengendalikan banjir pada sistem drainase utara di West Garforth adalah *Dry Pond* dan *Rain Barrel*. Tujuan desain optimal yang dibantu menggunakan *software* EPA-SUSTAIN adalah pengendalian kuantitas air dalam bentuk pengurangan debit puncak sehingga didapatkan desain yang *cost effective*. Skema routing network dari teknologi drainase berkelanjutan dapat dilihat pada Gambar 3. Skema ini menggambarkan aliran air dari atap rumah dikumpulkan pada rain barrel. Limpasan air hujan dari rain barrel dapat dialirkan ke *Dry Pond*. *Dry pond* juga menerima limpasan dari daerah terbuka dan dari jalan. Untuk daerah tangkapan hujan yang tidak diletakkan *Dry Pond* atau *Rain Barrel* akan mengalirkan air langsung ke saluran drainase yang ada.



Gambar 3. Skema Routing Network Drainase Berkelanjutan.

Skema ini kemudian dimodelkan pada EPA-SUSTAIN menjadi seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Routing Network Model 1 pada EPA-SUSTAIN.

Tabel 1 adalah variabel keputusan yang digunakan dalam optimalisasi. Tabel 2 dan Tabel 3 adalah biaya dari Drainase Berkelanjutan yang digunakan dalam analisis.

Tabel 1. Variabel Keputusan dalam optimalisasi

No	DPB <sup>(1)</sup>	Lokasi (Sub-Catchment)	ID	Variabel keputusan	Nilai Minimum	Nilai Maksimum (ft)	Peningkatan (ft)
1.	Dry Pond	10	20	Panjang	0	100	10
2.	Rain Barrel	2	24	Jumlah Unit	0	28	2
3.	Rain Barrel	3	21	Jumlah Unit	0	4	1
4.	Rain Barrel	4	25	Jumlah Unit	0	3	1
5.	Rain Barrel	5	26	Jumlah Unit	0	6	1
6.	Rain Barrel	6	27	Jumlah Unit	0	24	2
7.	Rain Barrel	7	28	Jumlah Unit	0	6	1
8.	Rain Barrel	8	29	Jumlah Unit	0	6	1

9.	Rain Barrel	9	30	Jumlah Unit	0	10	1
10.	Rain Barrel	12	33	Jumlah Unit	0	6	1
11.	Rain Barrel	13	31	Jumlah Unit	0	3	1
12.	Rain Barrel	14	35	Jumlah Unit	0	28	2
13.	Rain Barrel	15	23	Jumlah Unit	0	30	5
14.	Rain Barrel	16	22	Jumlah Unit	0	10	1
15.	Rain Barrel	18	32	Jumlah Unit	0	24	2
16.	Rain Barrel	20	34	Jumlah Unit	0	6	1

(<sup>1)</sup> Drainase Perkotaan Berkelanjutan

Tabel 2. Biaya *Dry Pond* yang digunakan dalam analisis.

Komponen Biaya	Referensi	Tahun	Satuan	Num Unit	Biaya Per Unit	Pangkat Biaya
Excavation	AL*	2002	Cubic Feet	1	0.1111	1
Grading/Finishing	AL*	2002	Square Feet	1	0.0597	1
Grass	AL*	2002	Square Feet	1	0.3056	1
Gravel3	AL*	2002	Cubic Feet	1	1.1396	1
Inlet Structures	MN**	2006	Per Unit	1	1500	1
Outlet Structures	MN**	2006	Per Unit	1	92.5926	1
Land Cost	User Defined	2011	Square Feet	1	30	1
O&M	User Defined	2011	Percentage	1	30	1

\* Berdasarkan biaya Alabama NRCS, \*\* Minnesota Pollution Control Agency

Tabel 3. Biaya *Rain Barrel* yang digunakan dalam analisis.

Komponen Biaya	Referensi	Tahun	Satuan	Num Unit	Biaya Per Unit	Pangkat Biaya
RB	User Defined	2011	Per Unit	1	200	1
O&M	User Defined	2011	Percentage	1	20	1

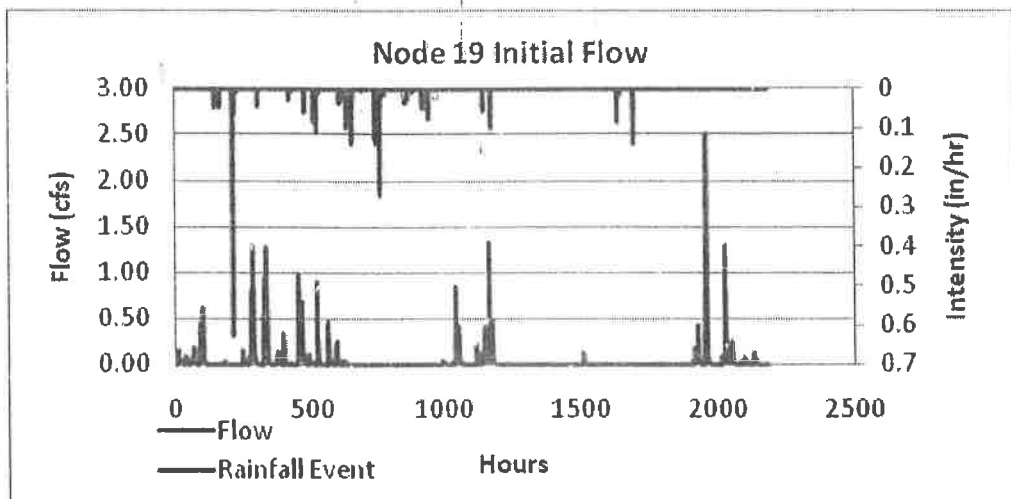
### 3. 3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum EPA-SUSTAIN melakukan optimalisasi, program menjalankan analisa *land simulation* yang menghasilkan hydrograph dengan 3 skenario, yaitu *Pre Development*, *Post Development* dan *Initial Condition*. Kondisi *pre development* adalah kondisi sebelum adanya pembangunan pada daerah studi, *post development* adalah kondisi setelah adanya pembangunan. *Initial condition* adalah kondisi setelah pembangunan dengan kondisi eksisting drainase berkelanjutan pada daerah studi. Karena dalam studi ini, sebelumnya drainase berkelanjutan belum pernah ada, hasil hydrograph pada *intial condition* sama dengan *post development*. *Initial hydrograph* ini menjadi dasar bagi proses awal optimalisasi. *Initial hydrograph* dapat dilihat pada Gambar 5. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa debit maksimal bernilai 2,5 cfs. Nilai hydrograph pada titik 19 sebagai *assessment point* ini akan menjadi acuan dalam proses optimalisasi.

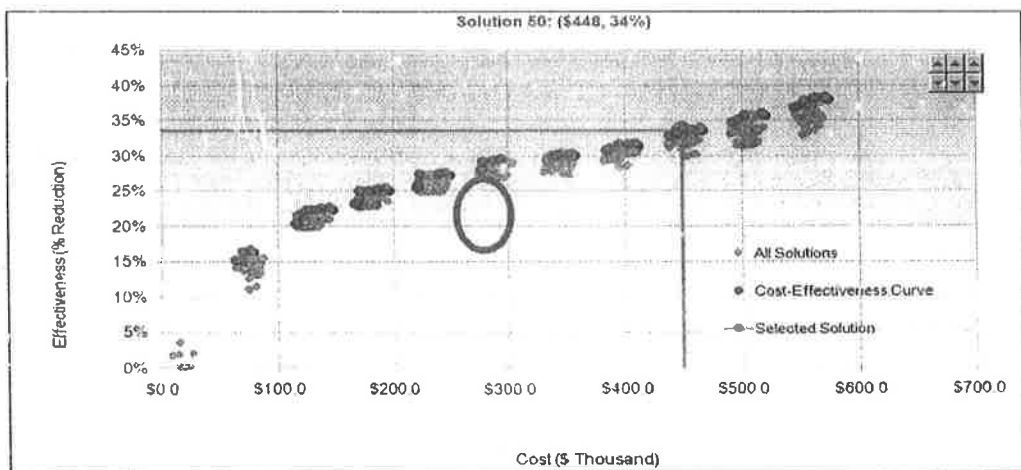
Gambar 6. menunjukkan kurva *cost effectiveness*. Dari gambar ini, terlihat bahwa solusi optimalisasi menghasilkan *pareto optimal solution* yang tidak begitu landai yang artinya, perubahan pada implementasi desain drainase berkelanjutan tidak akan memberikan pengurangan debit puncak yang begitu berarti. Uniknya, dari *cost effectiveness* tersebut, ada loncatan solusi (ditandai dengan lingkaran biru). Pada titik ini, pengambil keputusan perlu berhati-hati karena perubahan biaya implementasi drainase berkelanjutan yang berarti tidak akan memberikan efek perubahan debit puncak yang berarti. Dari kurva



tersebut juga diketahui bahwa pengurangan debit puncak berkisar antara 15% sampai dengan 40%.



Gambar 5. Hydrograph pada *assessment point*



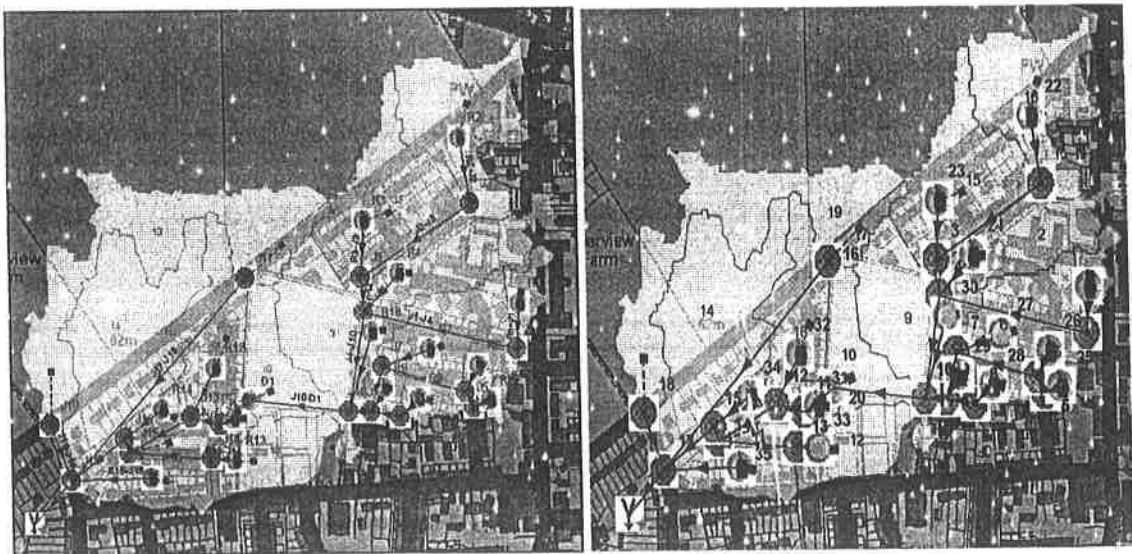
Gambar 6. Kurva Cost Effective

Pada Tabel 4. Terlihat hasil optimalisasi pada solusi ke-50. Terlihat pada tabel, bahwa tidak semua nilai variable keputusan terpilih oleh mesin optimalisasi. Nilai panjang dry pond yang terpilih hanya cukup berukuran 80 ft dari variable keputusan 100 ft. Dengan formasi pada tabel 4 tersebut, nilai maksimum pengurangan debit puncak adalah 33,577% dengan biaya implementasi \$448.310,9. Tidak semua rain barrel terpilih dalam solusi ini.

Gambar 7 menunjukkan perbandingan sistem drainase sebelum optimalisasi dan sesudah optimalisasi pada solusi terpilih yaitu solusi ke-50. Dari sini dapat kita dapatkan lokasi optimal untuk menempatkan drainase berkelanjutan sehingga tercapai tujuan implementasi drainase berkelanjutan yang kita inginkan. Pada Gambar 7, tanda lingkaran penuh berwarna kuning adalah drainase berkelanjutan yang tidak terpilih pada proses optimalisasi.

Tabel 4. Konfigurasi Desain Optimal pada Solusi ke 50

No	DPB	Lokasi (Sub-Catchment)	ID	Variabel keputusan	Nilai Minimum	Nilai Maksimum (ft)	Peningkatan (ft)	DPB yang terpilih
1.	Dry Pond	10	20	Panjang	0	100	10	80
2.	Rain Barrel	2	24	Jumlah Unit	0	28	2	2
3.	Rain Barrel	3	21	Jumlah Unit	0	4	1	3
4.	Rain Barrel	4	25	Jumlah Unit	0	3	1	3
5.	Rain Barrel	5	26	Jumlah Unit	0	6	1	6
6.	Rain Barrel	6	27	Jumlah Unit	0	24	2	0
7.	Rain Barrel	7	28	Jumlah Unit	0	6	1	2
8.	Rain Barrel	8	29	Jumlah Unit	0	6	1	2
9.	Rain Barrel	9	30	Jumlah Unit	0	10	1	0
10.	Rain Barrel	12	33	Jumlah Unit	0	6	1	0
11.	Rain Barrel	13	31	Jumlah Unit	0	3	1	3
12.	Rain Barrel	14	35	Jumlah Unit	0	28	2	2
13.	Rain Barrel	15	23	Jumlah Unit	0	30	5	25
14.	Rain Barrel	16	22	Jumlah Unit	0	10	1	1
15.	Rain Barrel	18	32	Jumlah Unit	0	24	2	22
16.	Rain Barrel	20	34	Jumlah Unit	0	6	1	2



Gambar 7. Perbandingan Sebelum Dilakukan Optimalisasi dan Setelah Optimalisasi Solusi ke-50.

#### 4. KESIMPULAN

1. Pada studi kasus ini, nilai debit maksimum yang didapat sebelum dilakukan optimalisasi adalah 2,5 cfs.
2. Dari hasil optimalisasi, kurva cost effectiveness memiliki kemiringan yang tidak begitu landai, sehingga pengambil keputusan perlu berhati-hati dalam memilih solusi implementasi drainase berkelanjutan ini. perubahan pada implementasi desain drainase berkelanjutan tidak akan memberikan pengurangan debit puncak yang begitu berarti.
3. Dari kurva cost effectiveness, pengurangan debit puncak berkisar antara 15% sampai dengan 40%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akan A, Houghtalen R (2003) Urban hydrology, hydraulics, and stormwater quality: engineering applications and computer modeling Wiley
- Anderson E, Helleckson D, Merickle J, Wilson G, Wilson M, Bonick C (2001) Minnesota Urban Small Site BMP Manual: Stormwater Best Management Practices for Cold Climate, Minnesota
- Artita KS, Kaini P, Nicklow JW (2008) Generating Alternative Watershed-Scale BMP Designs with Evolutionary Algorithms. In: Roger WB, Jr, Raymond W (eds) ASCE, pp. 127.
- Chang C, Lo S, Huang S (2009) Optimal strategies for best management practice placement in a synthetic watershed. Environmental Monitoring and Assessment 153: 359-364 DOI 10.1007/s10661-008-0362-y
- Defra (2008) West Garforth Integrated Urban Drainage Pilot Study, West Garforth.
- Hellmers S (2009) Project Work - Sustainable Concept of Urban Drainage in the UK and Assessment Methods of Their Effectiveness - Case Study West Garforth University of Technology Hamburg, Hamburg.
- Nur I (2009) An assessment of flood risk in a local drainage system Case study: West Garforth, Yorkshire (UK). MSc Master Thesis, UNESCO-IHE
- Khotimah, S.N. (2011) Structural Best Management Practice (BMP) Design and Analysis Using EPA – SUSTAIN A Case Study of West Garforth, UK. MSc, UNESCO – IHE
- Perez-Pedini C, Limbrunner JF, Vogel RM (2005) Optimal Location of Infiltration-Based Best Management Practices for Storm Water Management. Journal of Water Resources Planning and Management 131: 441-448
- Riverson J, Zhen J, Shoemaker L, Lai F-h (2004) Design of a Decision Support System for Selection and Placement of BMPs in Urban Watersheds. In: Gerald S, Donald FH, David KS (eds) ASCE, pp. 40.
- Shaw L, Yu PD, Zhen JX, Zhai SY (2003) Development Of A Stormwater Best Management Practice Placement Strategy For The Virginia Department Of Transportation Virginia Transportation Research Council.
- Shoemaker L, Jr. JR, Alvi K, Zhen JX, Paul S, Rafi T (2009) SUSTAIN - A Framework for Placement of Best Management Practices in Urban Watersheds to Protect Water Quality - REPORT U.S. Environment Protection Agency.
- Zhen X-YJ, Yu SL, Lin J-Y (2004) Optimal Location and Sizing of Stormwater Basins at Watershed Scale. Journal of Water Resources Planning and Management 130: 339-347
- Best management practice for water pollution (2010) [http://en.wikipedia.org/wiki/Best\\_management\\_practice\\_for\\_water\\_pollution](http://en.wikipedia.org/wiki/Best_management_practice_for_water_pollution). Cited 12 February 2011 2011
- Sustainable urban drainage systems (2010). [http://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable\\_urban\\_drainage\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_urban_drainage_systems). Cited 12 February 2011