

**SALIRAN BANDAR DAN AMALAN PENGURUSAN TERBAIK BAGI  
TAMAN DAMAI I & II, PARIT BUNTAR PERAK**

Oleh

Mariati Binti Salang

Disertasi ini dikemukakan kepada

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat  
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)**

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam  
Universiti Sains Malaysia

APRIL 2005

## PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya ingin mengucapkan syukur ke hadrat ilahi kerana dapat menyiapkan projek tahun akhir ini dalam tempoh yang ditetapkan berkat kesabaran, ketabahan dan bantuan pelbagai pihak

Saya juga mengambil kesempatan ini menyampaikan ucapan penghargaan dan terima kasih kepada Penyelia Projek Tahun Akhir saya, Prof. Madya Dr Rozi bin Abdullah di atas bimbingan, nasihat, galakan dan pelbagai bantuan lain sepanjang projek ini dijalankan.

Penghargaan juga ingin saya tujukan buat kedua ibu bapa saya yang telah banyak memberi sokongan dan dorongan yang berterusan sepanjang menyiapkan projek tahun akhir. Terima kasih juga untuk kakitangan REDAC terutamanya Encik Nasrul kerana sudi menghulurkan bantuan kepada saya

Akhir sekali, ucapan penghargaan dan terima kasih ini juga saya tujukan buat rakan – rakan seperjuangan yang sentiasa memberi dorongan. Semoga segala usaha saya diberkati oleh Allah terutamanya, dan sekali lagi terima kasih kepada semua yang terlibat.

Sekian, terima kasih.

## ABSTRAK

Pengurusan air larian ribut adalah penting untuk memastikan kejadian yang tidak diingini berlaku seperti banjir kilat. Memang diketahui umum bahawa bencana banjir membawa pelbagai kesan negatif kepada alam sekitar dan kerosakan harta benda, nyawa dan sebagainya. Antara impak banjir ialah pencemaran, hakisan, kerosakan pada struktur bangunan, kehilangan harta benda, kerosakan sistem saliran dan kerencatan aktiviti ekonomi. Amalan pengurusan terbaik (BMPs) diperkenalkan untuk mengurangkan aliran puncak hidrograf sebelum ia memasuki sistem sungai. Di samping itu BMPs juga dapat mengurangkan banjir dan hakisan. Penulisan dimulakan dengan memberi pengenalan tentang kajian yang dijalankan. Bab seterusnya menerangkan kaedah yang terdapat dalam BMPs dari segi kebaikan serta rekabentuk secara Ringkas. Selain itu juga langkah-langkah untuk pemilihan BMPs disertakan. Bab ketiga pula lebih kepada penilaian secara kuantiti seperti sistem saliran terhadap tapak kajian iaitu Taman Damai I & II, Parit Buntar Perak. Bab Keempat pula membincangkan sistem alternatif yang dicadangkan bagi kawasan tapak kajian. Dalam bab ini, kaedah BMPs dibincangkan secara terperinci berpandukan kepada Manual Baru Saliran Mesra Alam (MASMA, 2000). Bab terakhir pula merujuk kepada rumusan dan kesimpulan keseluruhan kajian yang dilakukan di kawasan Taman Damai I & II, Parit Buntar Perak Darul Ridzuan.

## **ABSTRACT**

Urban stormwater management are important practice to manage and mitigate the flood in urban areas. Flood disaster can effect the environment, socio-economic public, damage property, life and etc. The disaster effect to the environment such as pollution, erosion, damage to building/structure, property loss, damage to drainage system damage and economy activity. Best management practices are introduced to reduce peak flow hydrograph before stormwater flow to river system or receiving water body. Besides that BMPs also can reduce flood disaster and erosion based on control at source. This dissertation starts with the introduction on BMPs, where the concept, principles and approach were described. The selection of BMPs are also given. Chapter three includes and described about existing system evaluation for Taman Damai I & II, Parit Buntar Perak. Chapter Four discuss on the proposed alternative system for study area. In this chapter further discussion on the design based on Urban Stormwater Management Manual For Malaysia ( MASMA, 2000). The conclusion for this study for Taman Damai I & II, Parit Buntar Perak included in the last chapter.

## KANDUNGAN

## MUKASURAT

### PERHARGAAN

<b>ABSTRAK</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iii</b>
<b>KANDUNGAN</b>	<b>iv</b>
<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>vi</b>
<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>vii</b>
<b>GAMBARAJAH</b>	<b>ix</b>
<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1      PENGENALAN</b>	<b>1</b>
1.1      Penyataan Masalah	1
1.2      Objektif Kajian	2
1.3      Skop Kajian	3
1.4      Metodologi Kajian	4
<b>BAB 2      SOROTAN LITERATUR</b>	<b>5</b>
2.1      Pengenalan BMPS	5
2.2      Objektif BMPS	9
2.2      Kaedah – Kaedah BMPS	
2.2.1      Kaedah Struktur	12
2.2.2      Kaedah Tanpa Struktur	38
2.3      Kaedah Pemilihan BMPs	40
<b>BAB 3      METODOLOGI KAJIAN</b>	<b>43</b>
3.1      Pengenalan	43
3.2      Sistem Saliran	46
3.3      Isu dan Masalah	52

3.4	Cadangan Penyelesaian Masalah	53
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS KUANTITI</b>	
4.1	Analisis Sistem Yang Sedia ada	54
<b>BAB 5</b>	<b>SISTEM YANG DICADANGKAN</b>	
5.1	Pengenalan	72
5.2	Sistem Alternatif Pertama	73
5.3	Sistem Alternatif Kedua	75
<b>BAB 6</b>	<b>PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN</b>	
6.1	Perbincangan	82
6.2	Kesimpulan	84
<b>RUJUKAN</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## SENARAI RAJAH

- 2.1 Keseimbangan Air Larian Ribut Sebelum Dan Selepas Pembangunan.
- 2.2 Perubahan Aliran Hidrologi Bagi Sesuatu Kawasan Pembangunan.
- 2.3 Kualiti Air Larian Ribut Sebelum Dan Selepas Sesuatu Pembangunan.
- 2.4 Perubahan Air Larian Ribut Akibat Peningkatan Kawasan Yang Telap Air. (Livingston And Mccarron, 1992).
- 2.5 Model Kitaran Hayat Untuk Sistem Saluran Berumput (Backstrom, 2001)
- 2.6 Turutan Kaedah Yang Dijalankan Untuk Mengaplikasikan Kaedah Bmps.
- 2.7 Perhubungan Di Antara *Swale* Dan Kecekapan Penyingkiran, Panjang Dan Kecerunan ( Yu Et, 2001 ).
- 2.8 Perhubungan Di Antara *Swale* Dan Kecekapan Penyingkiran, Penyingkiran Jumlah Phosporus ( TP ), Panjang Dan Kecerunan ( Yu Et Al, 2001 )
- 3.1 Data Hujan Bagi Stesen Dennistown Parit Buntar Pada Tahun 2002, Perak
- 3.2 Data Hujan Bagi Stesen Dennistown Parit Buntar Pada Jan-Mei 2003, Perak
- 3.3 Model Kitaran Hayat Untuk Parit Konkrit.
- 3.4 Hubungan Sistem Alternatif Yang Dicapadangkan Bagi Tapak Kajian.
- 4.1 Analisa Untuk Menentukan Puncak Aliran Sub Kawasan Tadahan Menerusi Kaedah Rasional.
- 5.1 Aliran Air Larian Ribut Bagi Sistem Alternatif Pertama.

5.2 Aliran Air Larian Ribut Bagi Sistem Alternatif Kedua

**SENARAI JADUAL**

- 2.1 Keberkesanan Rawatan Menggunakan Kaedah Amalan Pengurusan Terbaik, (EPA,2000).
- 2.2 Penyingkiran Bahan-Bahan Pencemar Menggunakan Kaedah Kolam Tahanan Kering.
- 2.3 Penyingkiran Bahan-Bahan Pencemar Menggunakan Kaedah Penyusupan.
- 2.4 Bahan-Bahan Pencemar Yang Dapat Disingkirkan Bagi Kaedah Penapisan
- 2.5 Penyingkiran Bahan-Bahan Pencemar Menggunakan Kaedah *Grassed Swale*.
- 2.6 Anggaran Bahan Pencemar Yang Dapat Disingkirkan Melalui *Swale* (EPA, 1999)
- 2.7 Anggaran Penyingkiran Bahan Pencemar Bagi *Swale* (Schueler, 1997).
- 2.8 Bahan Pencemar Yang Boleh Disingkirkan Oleh Saluran Berumput (Schueler, 1987, California Stormwater Task Force, 1993, Schueler, Et Al., 1992 ).
- 2.9 Aktiviti Penyelenggaraan Yang Terlibat Serta Kekerapan Aktiviti Yang Dilakukan ( CWP,1996 )
- 2.10 Penyingkiran Bahan-Bahan Pencemar Menggunakan *Grass Filter Strips*



- 2.11 Keberkesanan Penyingkiran Bahan Pencemar Bagi Kaedah Bmps Yang Berlainan.
- 2.12 Hubungan Kait Antara Kos Dan Kerja-Kerja Penyelenggaraan Yang Dilakukan Bagi Kaedah Bmps. Setiap Kaedah Bmps Ini Memerlukan Kos Dan Kerja-Kerja Penyelenggaraan Yang Berbeza
- 3.1 Rekod Hujan Bagi Bandar Parit Buntar Pada Tahun 2002.
- 3.2 Rekod Hujan Bagi Bandar Parit Buntar Pada Tahun 2003.
- 4.1 Ari Yang Digunakan Adalah Berdasarkan Pada Jenis Kaedah Bmps.
- 4.2 Koeffisyen Untuk Persamaan Lengkung Idf Bagi Berlainan Bandar Besar Dan Daerah Di Malaysia ( $30 \leq T \leq 1000$  Min)
- 4.3 Nilai  $F_d$ , Pekali Pembolehkan Bagi Tempoh Hujan.
- 4.4 Penilaian Kapasiti Sistem,  $Q_5$  Yang Sedia Ada Bagi Kawasan Perumahan Taman Damai I Dan Ii, Parit Buntar Perak
- 4.5 Penilaian Kapasiti Sistem,  $Q_{10}$  Yang Sedia Ada Bagi Kawasan Perumahan Taman Damai I Dan II, Parit Buntar Perak.
- 4.6 Perbandingan Nilai Kadaralir Antara  $Q_5$ ,  $Q_{10}$  Dan  $Q_a$  Bagi Kawasan Perumahan Taman Damai I Dan II Parit Buntar, Perak
- 5.1 Rekabentuk Sistem Saliran Parit Bagi Kawasan Perumahan Taman Damai I Dan II, Parit Buntar Perak
- 5.2 Tangki Bawah Tanah ( OSD ) Yang Akan Diaplikasikan Bagi Taman Damai I & II Parit Buntar, Perak.
- 5.3 Rekabentuk Eko-Swale Bagi Taman Damai I & Ii Parit Buntar, Perak.
- 5.4 Rekabentuk Perimeter Swale Bagi Taman Damai I & Ii Parit Buntar, Perak

## GAMBARAJAH

- 2.1 Rekabentuk Bmps Yang Baik Dapat Mengawal Kadaralir Air Hujan Dan Mengurangkan Banjir Berlaku
- 2.2 Contoh *Dry Extended Detention Pond*.
- 2.3 Contoh Turapan Berporos.
- 2.4 Contoh Penapis Berpasir.
- 2.5 Contoh Grassed Swales.
- 2.6 *Grassed Swale* (Schueler, 1992 )
- 2.7 Contoh *Grass Filter Strips*.
- 2.8 Contoh Bekas Takungan ( Catch Basin).
- 3.1 Keadaan Air Yang Tidak Bersih Di Dalam Longkang.
- 3.2 Saiz Longkang Yang Kecil.
- 3.3 Longkang Di Penuhi Dengan Daun- Daun
- 3.4 Longkang Yang Tersumbat Meyukarkan Pengaliran .
- 3.5 Longkang Juga Di Penuhi Tanah Dan Sampah Sarap
- 3.6 Air Larian Ribut Di Salurkan Kepada Saliran Utama.
- 3.7 Keadaan Sistem Perparitan Di Taman Damai I Dan II, Parit Buntar Perak.
- 5.1 Sistem Alternatif I Bagi Taman Damai I & II Parit Buntar, Perak.
- 5.2 Sistem Alternatif II Bagi Taman Damai I & II Parit Buntar, Perak

## SENARAI LAMPIRAN

- Lampiran A Lengkung IDF Untuk Bagan Serai, Perak Darul Ridzuan.
- Lampiran B Jadual Pemotongan Rumput Dengan Menggunakan Mesin Grass Chopper Kawasan Parit Buntar Dan Traktor AAT 6623 Kawasan Bagan Serai/ Kuala Kurau Mengikut Senarai Pada Tiap-Tiap Bulan
- Lampiran C Jadual Menunjukkan Kawasan Operasi Pungutan Sisa Pepejal Majlis Daerah Kerian.
- Lampiran D Jadual Senarai Kontraktor Yang Terlibat Dalam Pembersihan Longkang /Parit Bagi Daerah Kerian
- Lampiran E Jadual 13.A: Pemalar Bagi Lengkung IDF Bagi 35 Kawasan Bandar ( MSMA, 2000 )
- Lampiran F Carta Rekabentuk 14.1: Anggaran Masa Lebihan Untuk Nomograf Dan 14.2: Masa Aliran Untuk Bebandul Jalan (MASMA, 2000 )
- Lampiran G Carta Rekabentuk 14.3 : Pemalar Air Larian Ribut Bagi Kawasan Bandar (MSMA, 2000 )
- Lampiran H Carta Rekabentuk 14.4 : Pemalar Air Larian Ribut Bagi Kawasan Luar Bandar (MSMA, 2000 )
- Lampiran I Jadual Keamatan Hujan Bagi Bagan Serai, Perak
- Lampiran J Jadual Peratus Pengurangan Bahan Pencemar Terendah Bagi Dua Swale Di Central Florida ( Harper, 1988)
- Lampiran K Rajah Untuk Penentuan Nilai  $^2P_{24}$  (MSMA, 2000).
- Lampiran L Bentuk Swale Yang Di Cadangkan ( MSMA, 2000 ).
- Lampiran M Lampiran Data Hujan Bagi Stesen Dennistown Parit Buntar Pada Tahun 2002, Perak

- Lampiran N Data Hujan Bagi Stesen Dennistown Parit Buntar Pada Tahun 2003,  
Perak
- Lampiran O Contoh Pengiraan Kapasiti Bagi Sistem Yang Sedia Ada Bagi Parit N<sub>1</sub>
- Lampiran P Contoh Pengiraan Ekologikal Swale, E<sub>1</sub>
- Lampiran Q Rekabentuk OSD (Bangunan C ) Untuk Taman Damai I & II, Parit  
Buntar Perak Darul Ridzuan.

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 PENYATAAN MASALAH**

Pengurusan air larian ribut amat penting untuk memastikan sistem perparitan dalam tahap yang baik agar tidak memberi impak yang negatif kepada alam sekeliling terutamanya sungai. Amalan Pengurusan Terbaik (BMPs) merupakan salah satu kaedah yang mempunyai pelbagai kombinasi prosedur untuk memelihara keadaan semula jadi serta mengawal pencemaran agar tidak menjejaskan kualiti alam sekitar. Kaedah ini boleh diaplikasikan di kawasan tapak kajian yang seterusnya dapat meningkatkan kualiti air dari saluran bandar sebelum di salurkan ke sungai. Oleh itu kajian yang teliti harus dilakukan bagi memastikan kaedah BMPs adalah bersesuaian dengan tapak kajian seperti jenis tanah, keamatan hujan tempatan dan sebagainya.

Pengurusan sumber air seharusnya memberi lebih tumpuan untuk kawalan kualiti dan kuantiti air larian kerana ia merupakan aspek penting dalam pengurusan air larian ribut yang lebih efektif di masa hadapan. Dalam usaha mengatasi masalah banjir di kawasan bandar, pelbagai program telah dilaksanakan termasuk kerja pemuliharaan sungai serta pembinaan parit utama, struktur saluran dan rumah pam. Program kajian juga dijalankan untuk menaik taraf dan memperbaiki sistem saluran bandar sedia ada. BMPs adalah kaedah alternatif kepada sistem saluran sedia ada, yang mengalirkan air dengan banyak dan cepat ke sungai dan seterusnya boleh mengakibatkan banjir di kawasan hilir. Pendekatan alternatif ini adalah selaras dengan usaha JPS untuk mengatasi masalah berdasarkan kawalan di punca dengan strategi sumbangan puncak sifar

## 1.2 **OBJEKTIF KAJIAN**

- 1.2.1 Kajian dijalankan untuk menilai keberkesanan sistem yang sedia ada. Ini untuk mengenalpasti masalah dari segi sistem saliran.
- 1.2.2 Menilai kawalan dari segi kuantiti bagi sistem perparitan di Kawasan tapak kajian. Di samping mengaplikasikan amalan pengurusan terbaik (BMPs) bagi suatu kawasan taman perumahan.
- 1.2.3 Mengenalpasti masalah yang wujud terutama bagi taman perumahan yang telah lama di bangunkan berbanding taman perumahan yang baru dibangunkan. Memandangkan sistem perparitan dulu yang menggunakan kaedah konvensional untuk rekabentuk berbanding sistem yang diguna pakai sekarang lebih menumpu kepada MASMA (Manual Mesra Alam Malaysia)
- 1.2.4 Kajian ini dijalankan untuk mengenalpasti serta mencadangkan sistem yang lebih baik (upgrading), yang sesuai serta jimat untuk menguruskan air larian ribut dengan terancang. Selain itu juga mencadangkan alternatif sistem perparitan yang lebih baik.

### **1.3 SKOP KAJIAN**

Kajian ini lebih kepada penilaian kawalan kuantiti pada sistem saliran yang sedia ada bagi Taman Damai I & II, Parit Buntar Perak. Di samping itu juga, proses mengenalpasti masalah yang wujud dan keberkesanan sistem yang sedia juga dijalankan. Setelah menjalankan analisis kuantiti air larian ribut maka sistem alternatif dicadangkan berdasarkan keadaan tapak kajian. Kombinasi kaedah BMPs boleh diaplikasikan di kawasan tapak kajian setelah kaedah yang sesuai dipilih untuk tapak kajian. Rekabentuk yang dijalankan adalah berdasarkan Manual Saliran Mesra Alam (MASMA, 2000).

### **1.4 METODOLOGI KAJIAN**

Kajian yang dijalankan di Taman Damai 1 dan II, Parit Buntar Perak melibatkan beberapa langkah untuk memastikan cadangan untuk mengaplikasikan BMPs di kawasan kajian dapat dijalankan. Setiap langkah yang dijalankan melibatkan Peringkat Awalan dan Pengumpulan Data, Peringkat Menganalisis Data dan Cadangan Alternatif

#### **1.3.1 Peringkat Awalan dan Pengumpulan Data**

Fasa ini melibatkan proses mendapatkan maklumat dan data yang diperlukan untuk kajian. Data terbahagi kepada dua peringkat iaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperolehi daripada Majlis Daerah Kerian, Jabatan Pengairan Dan Saliran serta REDAC. Manakala data sekunder merujuk kepada data yang diperolehi dari data primer seperti trend hujan bagi kawasan tapak kajian pada tahun sebelumnya. Data yang diperlukan diperolehi dari Majlis Daerah kerian (MDK) Parit Buntar seperti

pelan kunci serta data-data yang berkaitan. Selain itu juga, data hujan diperolehi dari Jabatan Pengairan Dan Saliran (JPS), Bagan Serai. Data hujan yang diperolehi adalah untuk lampiran yang menyatakan trend hujan di kawasan tapak kajian.

Disamping itu juga, maklumat juga diperolehi dari REDAC Usm Kampus Kejuruteraan seperti MASMA serta data yang selebihnya diperolehi daripada buku-buku rujukan serta internet.

### 1.3.2 Peringkat Lawatan Tapak Dan Analisis Data

Setelah maklumat dikumpulkan, kajian diteruskan dengan melawat tapak kajian. Lawatan dijalankan untuk melihat sendiri sistem yang sedia ada dan permasalahan yang wujud. Gambar-gambar diambil untuk dimuatkan ke dalam laporan untuk menunjukkan kawasan sebenar. Antara kriteria-kriteria yang diberi perhatian semasa lawatan tapak di jalankan ialah inlet, outlet, keberkesanan aliran air dan sebagainya. Maklumat yang diperolehi digunakan untuk mendapatkan panjang sistem saliran yang sedia ada, jumlah hujan yang turun serta pengiraan yang lain-lain. Analisis pengiraan ditunjukkan dalam Bab 3.

### 1.3.3 Cadangan Alternatif

Fasa terakhir melibatkan penyiapan laporan dengan memasukkan segala maklumat yang diperolehi dan juga jalan pengiraan bagi rekabentuk sistem alternatif yang dicadangkan. Laporan perlu disediakan dengan teliti untuk memastikan kaedah yang sesuai dapat diaplikasikan kepada kawasan kajian.



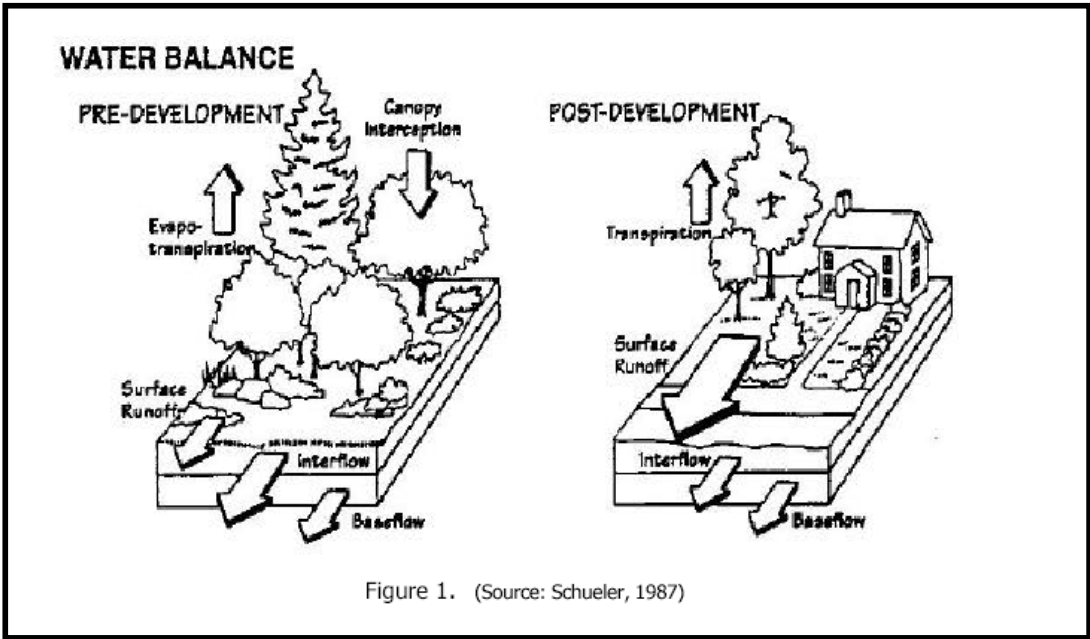
## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERATUR**

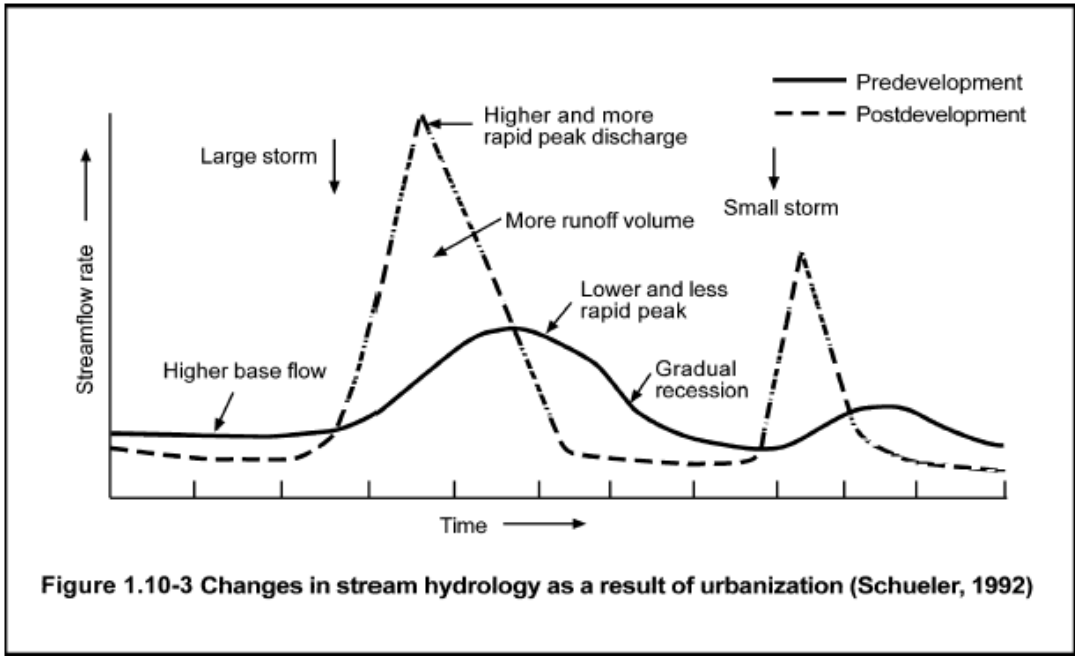
#### **2.1 PENGENALAN**

Pembangunan yang pesat telah menyebabkan banyak kawasan bandar berkembang untuk memenuhi kehendak kehidupan penduduk setempat dan demi tercapainya matlamat sebuah negara perindustrian baru. Pembangunan yang disebutkan merangkumi pembangunan perumahan, perindustrian dan pembinaan infrastruktur. Bagaimanapun, kesan daripada pembangunan telah menjadi salah satu punca utama yang mengakibatkan berlakunya banjir. Apabila pembukaan tanah hutan berlaku kerana projek pembangunan, permukaan semulajadi telah ditukarkan kepada permukaan yang tidak telap air seperti simen, tar, konkrit dan sebagainya seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1 dan 2.3. Oleh sebab air hujan tidak dapat diserap seperti yang sepatutnya, air akan mengambil masa yang singkat untuk mengalir ke sistem saliran. Maka, sekejap sahaja isipadu air yang banyak dan aliran yang pesat itu akan menyebabkan sistem saliran menjadi cepat penuh. Sistem saliran tersebut tidak mampu menampung isipadu air yang sebegitu banyak dan mengakibatkan air melimpah keluar. Inilah sebabnya banjir kilat berlaku selepas sekejap sahaja hujan turun.

Pembangunan yang pesat telah mewujudkan banyak kawasan yang tak telap atau kurang telap yang boleh mengakibatkan penambahan isipadu dalam air larian permukaan dan mengurangkan masa laluan. Ini menyebabkan hidrograf banjir mencapai aliran puncak pada masa yang lebih singkat serta magnitud aliran puncak seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2.

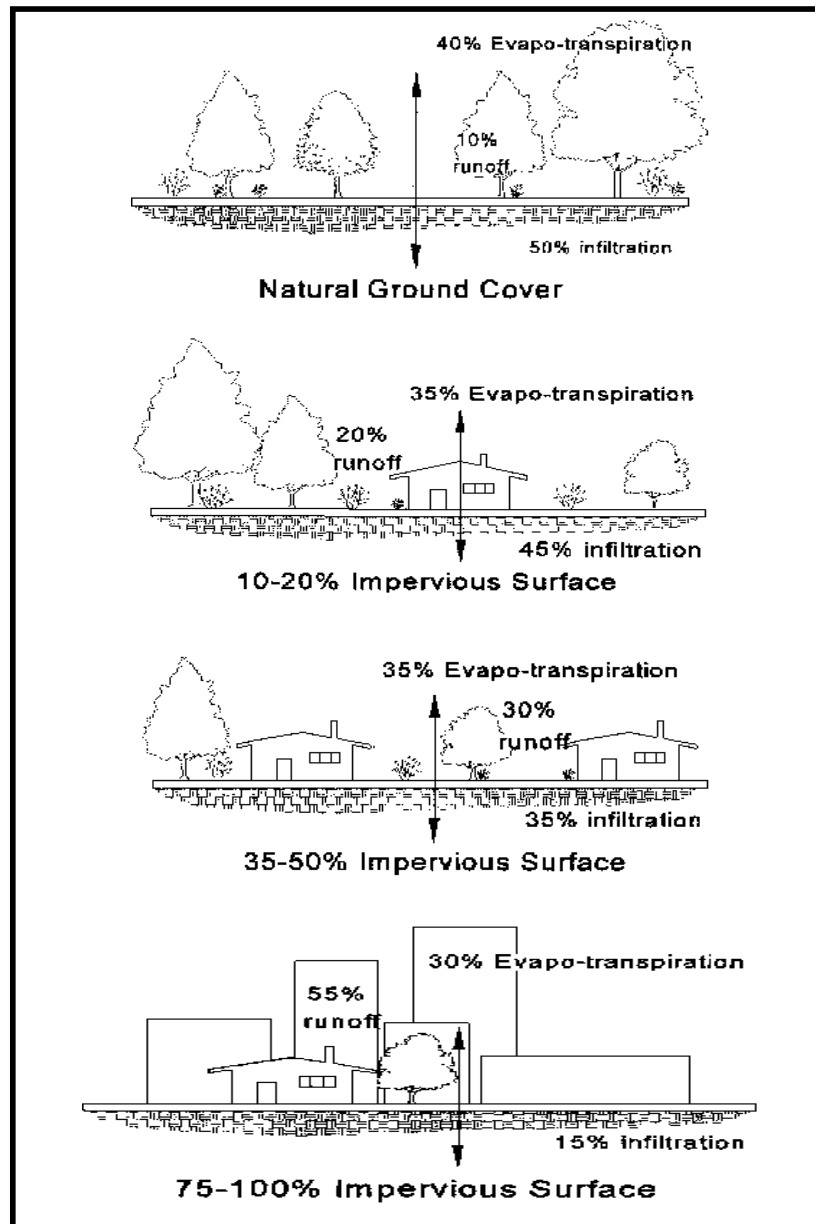


Rajah 2.1. : Keseimbangan Air Larian Ribut Sebelum Dan Selepas Pembangunan  
( Schueler, 1987)



Rajah 2.2 : Perubahan Aliran Hidrologi Bagi Sesuatu Kawasan Pembangunan  
( Schueler, 1987)

Untuk mencapai  $Q_{post} < Q_{pre}$  ( $Q_{post}$  adalah kadaralir proses pembangunan ;  $Q_{pre}$  adalah kadaralir pra pembangunan) pelbagai kaedah atau kombinasi BMPs boleh disediakan untuk kawasan pembangunan. Aliran Hidrograf perlu diketahui sebelum ia memasuki sistem sungai. Pengecilan hidrograf bertujuan mengurangkan puncak kadar aliran dan akan mengurangkan puncak kadar aliran dan akan mengurangkan banjir dan hakisan serta penambahan masa aliran.



Rajah 2.3 : Perubahan Air Larian Ribut Akibat Peningkatan Kawasan Yang Telap Air.

( Livingston and McCarron, 1992)

Amalan Pengurusan Terbaik (BMPs) ditakrifkan sebagai suatu kaedah pengurusan air larian yang terhasil ketika kejadian hujan agar ia mengalir ke sungai tanpa menghasilkan kesan yang negatif kepada persekitaran seperti banjir. BMPs ialah kaedah struktur atau kaedah tanpa struktur atau kombinasi kaedah yang di tentukan paling berkesan dan praktikal dalam mengawal pencemaran agar tidak menjejaskan kualiti alam sekitar. Ia juga merupakan suatu kombinasi di antara sistem pengurusan, persekitaran dan pembinaan yang dilakukan dengan perancangan yang sistematik dan teliti. BMPs merupakan strategi terbaik yang diamalkan untuk mengurus dan mengawal kualiti dan kuantiti air ribut untuk mencapai tahap kosong dalam kesan sumbangan pembangunan (N.A Zakaria, et al, 2002).

Amalan pengurusan terbaik ini telah lama di perkenalkan di luar negara dan aplikasi penggunaan telah di gunakan secara meluas untuk tujuan pembangunan dan sistem perparitan. Kaedah ini banyak digunakan dalam perancangan perparitan bagi negara United Kingdom (Bettes, 1996), United States (Stahre urbanos, 1995), Germany (Grotehusmann et.al, 1993), Australia (Argue and Pezzanti, 1998), and Japan (Akagawa et.al, 1997). Walaubagaimanapun implementasi penggunaan BMPs di Malaysia masih lagi di peringkat awal memandangkan keadaan hidrologi Malaysia yang mempunyai iklim tropika dengan purata hujan yang tinggi. Namun begitu pelbagai kajian telah dijalankan untuk mengaplikasikan penggunaannya di Malaysia. Universiti Sains Malaysia telah memperkenalkan salah satu aplikasi dari Amalan Pengurusan Terbaik iaitu Bio-ecological Drainage System (BIOECODS).

Menurut kaedah pengurusan air larian ribut secara konvensional pula untuk kebanyakan kawasan pembangunan dan perbandaran air hujan dialirkan ke dalam sistem perparitan seperti longkang atau pembentung sebelum di bebaskan ke dalam sungai atau tasik. Apabila ini berlaku banyak masalah akan timbul terutamanya yang membabitkan kualiti air dan pelbagai masalah lain. Untuk mengatasi masalah tersebut Amalan Pengurusan Terbaik telah menyediakan pelbagai kaedah yang boleh diterima sebagai langkah penyelesaian terhadap permasalahan pengurusan air larian ribut. Kaedah–kaedah ini akan dibincangkan dengan lebih terperinci seperti di bawah.

## **2.2 OBJEKTIF AMALAN PENGURUSAN TERBAIK (BMPs)**

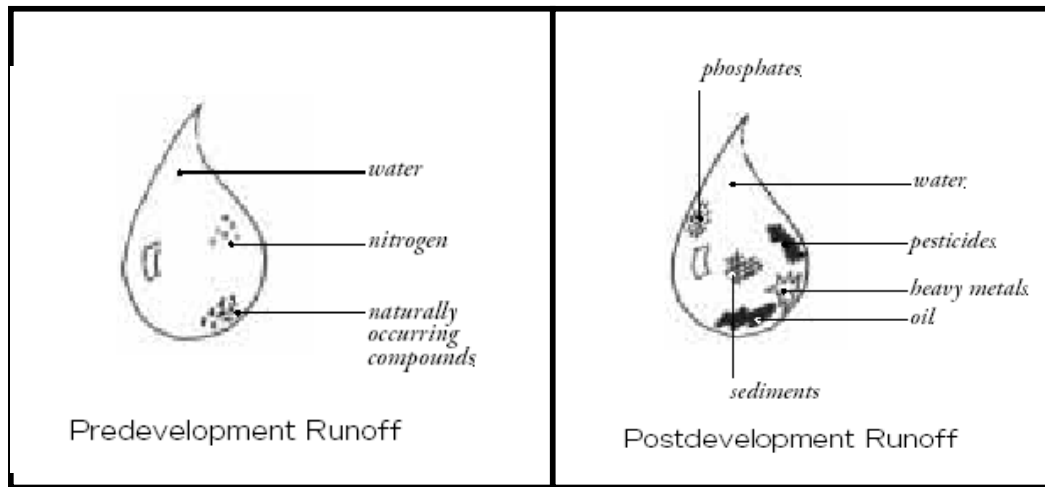
Antara Objektif Amalan Pengurusan Terbaik iaitu

- Meningkatkan kualiti air larian ribut
- Mengelakkan banjir berlaku

### **2.2.1 Meningkatkan Kualiti air larian ribut**

Kualiti air larian permukaan yang menyusup masuk akan meningkat apabila menggunakan kaedah penapis berpasir. Air larian permukaan yang memasuki bumi tidak dapat dikawal kualitinya kerana mengandungi bahan-bahan seperti kandungan sedimen, BOD, pH dan kekeruhan. Terdapat berbagai-bagai punca pencemaran air larian seperti dari kawasan perumahan, kawasan pertanian, kawasan perindustrian dan kawasan jalan. Apabila hujan berlaku, air larian akan membawa bersama kesemua bahan pencemar atau kotoran yang terdapat ke sungai seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.3. Di samping dapat meningkatkan kualiti air larian ribut, BMPs juga dapat

mempercepatkan penyusupan air bawah tanah, perlindungan saluran, pengawalan banjir serta pengurangan bahan pencemar seperti dalam Jadual 2.1.



Rajah 2.4 : Kualiti Air Larian Ribut Sebelum Dan Selepas Sesuatu Pembangunan ( Maine, 2000).

Jadual 2.1 : Matrik Bagi Keberkesanan Rawatan Menggunakan Kaedah-Kaedah

Bmps

BMP	Penyusupan air bawah tanah?	Perlindungan saluran?	Kawalan banjir?	Mengurangkan pencemaran?
Kolam tahanan kering	T	Y	Y	T
Kolam bawah Tanah	T	Y	Y	T
Kolam tahanan kering lanjutan	T	Y	Y	Y
Kolam tahanan basah lanjutan	T	Y	Y	Y
Wetland	T	Y	Y	Y
Penapis berpasir		T	T	Y
Penapis pasir	T	T	T	Y
Perimeter penapis berpasir		T	T	Y
Bioretention		T	T	Y

Swale	Y	C	T	Y
Saluran terbuka berumput	Y	C	T	?
Kolam kering	Y	T	T	<i>f</i>
Jalur Penapis (Filter Strip)	Y	T	T	<i>f</i>
Wetland berkelikir	T	T	T	<i>f</i>
Y: Ya    T: Tidak    ?: tidak diketahui				
: digunakan apabila exfiltration dibekalkan    C: di gunakan sebagai kaedah penstabilan				
<i>f</i> : kombinasi dengan kaedah lain.				

### 2.2.2 Mengelakkan banjir berlaku

Kewujudan kawasan yang tidak telap air seperti turapan konkrit, bumbung rumah, jalan raya mahupun di atas tanah yang mempunyai kebolehtelapan yang rendah boleh menyebabkan isipadu air larian ribut yang terjana lebih banyak kerana air larian tidak dapat menyusup ke bumi secara semulajadi. Kerja pelebaran dan penambahan kedalaman juga boleh mengakibatkan tanah di angkut bersama air sungai semasa hujan dan sekaligus boleh menyebabkan banjir di hilir sungai kerana tidak dapat menampung kapasiti kadar alir. Bagaimanapun masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan kaedah-kaedah BMPs seperti kolam tahanan kering di mana halaju air larian dikurangkan dan membolehkan air larian permukaan menyusup ke bumi secara semulajadi. Di samping itu air larian permukaan dapat di takung dalam suatu kolam tadahan sebelum di bebaskan ke dalam sungai. Kaedah-kaedah BMPs juga dijangkakan dapat membantu sesebuah sungai menampung kapasiti lazim kadar alir ketika hujan agar sungai tidak di bebani oleh kadar alir yang tinggi bagi mengelakkan kejadian banjir.



Gambarajah 2.1 : Rekabentuk Bmps Yang Baik Dapat Mengawal Kadar Alir Air Hujan Dan Mengurangkan Banjir Berlaku.

### **2.3 KAEDAH- KAEDAH AMALAN PENGURUSAN TERBAIK**

Kaedah-kaedah BMPs terbahagi kepada dua bahagian utama iaitu :

- Kaedah Tanpa struktur (nonstructural)

Kaedah tanpa struktur merupakan suatu kaedah pencegahan bahan pencemar sebelum memasuki kawalan sumber. Ia juga dikenali sebagai Pengurusan Sumber (source control).

- Kaedah Berstruktur (structural)

Kaedah ini pula berfungsi sebagai kaedah pengawalan di mana penyingkiran bahan pencemar dan tempat perawatan.

#### **2.3.1 Kaedah-kaedah berstruktur**

Di antara kaedah- kaedah berstruktur yang lazim digunakan ialah

1. Kolam ( Ponds )
2. Kaedah Penyusupan (Infiltration Practices )
3. Kaedah Penapisan (Filtration Practices )
4. Pengawalan berumput (Vegetative Control )
5. Kaedah Rawatan Awal



### 2.3.1.1 Kolam (Ponds)

Antara jenis-jenis kolam yang lazim ialah

- Kolam Takungan kering (Dry detention ponds )
- Kolam Tahanan basah (Wet ponds)

Kolam Tahanan kering adalah merupakan suatu tempat tahanan (kolam) air yang mana saluran keluar direka bentuk untuk menahan air permukaan yang bertujuan merendahkan aliran puncak jika berlakunya kejadian banjir serta menyingkirkan bahan pencemar yang terdapat dalam air tersebut. Ia di rekabentuk supaya masa pengosongan air adalah kurang daripada 24 jam. Masa tahanan biasanya sehingga 24 jam manakala minima ialah 6 hingga 12 jam (Scheuler et al, 1991). Kolam ini mampu mengurangkan 80% kandungan TP, TSS, BOD dan zink serta 60 – 75 % kandungan TN, kuprum dan plumbum. Penambahan masa tahanan adalah efektif dan menjimatkan kos untuk mengurangkan partikel pencemar dan kesan daripada arus larian pada dasar kolam dan hakisan tebing. Manakala kolam takungan kering biasanya direkabentuk untuk menahan air larian selama satu atau dua jam (Metropolitan Washington Council of Government, 1983). Ianya dikatakan ‘Tahanan kering’ kerana kolam ini akan kering apabila kejadian hujan tidak berlaku.

Terdapat pelbagai jenis kolam tahanan yang lazim digunakan. Antaranya ialah kolam takungan kering. Kolam takungan kering kurang efektif dalam menyingkirkan pencemar kerana masa tahanan yang rendah (Yu et al, 1994). Kecekapan penyingkiran pencemar bagi Kolam takungan kering hanya sehingga 20% daripada keseluruhan beban pencemar (Field et. al, 1993).



Gambarajah 2.2 : Contoh *Dry extended detention pond*

Kolam takungan kering mampu menurunkan input pencemar sebanyak 80 %. Kolam takungan kering dengan sistem penapisan di dapati penting dalam kecekapan penyingkiran bahan pencemar. Kolam takungan kering beserta orifis yang kecil dapat menyingkirkan pencemar pada kadar 30% untuk zink dan 55 % untuk TSS (Yu et al, 1994). Purata penyingkiran pencemar secara keseluruhan dalam kolam tahanan adalah sebanyak 40 %. Jadual 2.2 menunjukkan penyingkiran bahan-bahan menggunakan kaedah kolam tahanan kering.

Jadual 2.2 : Penyingkiran Bahan-Bahan Pencemar Menggunakan Kaedah Kolam Tahanan Kering

Bahan pencemar	Anggaran keberkesanan penyingkiran
<b>Nutrien tumbuhan</b>	
Fosforus	Rendah
Nitrogen	Rendah
<b>Sedimen</b>	
Pepejal Terampai	Tinggi
<b>Logam</b>	
Plumbum	Sederhana hingga Tinggi
Zink	Sederhana
<b>Bahan organik</b>	
Keperluan oksigen	sederhana
Biokimia dan kimia	

*Wet ponds* pula mampu membenarkan partikel pencemar termendap dan pencemar terlarut disingkir melalui pengambilan biological dengan mengekalkan keadaan kolam yang asal. Kajian yang dijalankan di sekitar Florida mendapati *wet pond* mampu mengurangkan 80% kandungan TSS dan kecekapan penyingkiran sebanyak 40 – 50 % untuk TN, TP dan BOD. Kecekapan penyingkiran pada *wet pond* adalah baik untuk orthophosphorus, total phosphorus, TSS, BOD dan logam berat walaupun kecekapan penyingkirannya kurang dari 80%. Anggaran penyingkiran purata bagi jangka masa panjang adalah 50 – 90 % bagi TSS, 40 – 60 % bagi nutrien dan 40 – 45 % bagi zink (Field et. al, 1993).

i. Kriteria Rekabentuk

Antara perkara yang perlu di pertimbangkan semasa merekabentuk ialah lokasi tapak, masa tahanan, rawatan yang diperlukan dan prosedur penyenggaraan. Tanah yang sesuai terdiri daripada jenis tanah kebolehtelapan yang tinggi supaya ia bertahan ketika mengalami penyusupan. Di samping itu juga air larian ribut mestilah tertakung dalam masa 24 jam. Takungan hulu adalah bahagian kolam yang di asingkan dengan kolam utama di mana kolam takungan hulu ini berfungsi menerima input sebelum dilepaskan ke kolam utama.

ii. Keberkesanan

Kolam takungan kering berkesan dalam mengawal banjir, penyingkiran bahan pencemar serta pengawalan saluran. Ia mengurangkan kadar aliran puncak memasuki sungai ketika hujan. Kolam takungan kering mudah di rekabentuk

untuk kawalan banjir dan itu adalah tujuan utama kolam takungan kering direkabentuk.

iii. Had Penggunaan

Walaupun penggunaan kolam takungan kering meluas namun begitu terdapat beberapa had penggunaan seperti Kolam takungan air boleh menjadi gangguan kepada pembiakan nyamuk ketika ia kering. Di samping itu ia menjejaskan pemandangan apabila di penuh oleh sampah sarap dan bahan-bahan terapung apabila kolam ini di penuh air. Kolam takungan kering juga tidak begitu efektif bagi penyingkiran bahan-bahan pencemaran berbanding dengan kaedah lain

iv. Penyelenggaraan

Aktiviti penyelenggaraan diperlukan untuk memastikan kaedah BMPs untuk air larian ribut berfungsi dengan baik. "Micropool" merupakan outlet bagi kolam tahanan kering untuk mengeluarkan sedimen dan mengelakkan ia tersumbat (*outlet clogging*). Rekabentuk yang baik termasuk juga saluran penyelenggaraan.

### 2.3.1.2 Kaedah Penyusupan (Infiltration Practices )

Antara jenis-jenis kaedah penyusupan yang lazim digunakan ialah

- Penyusupan kolam (Infiltration Basin)
- Penyusupan semulajadi (Infiltration trench )
- Turapan berporos (Porous Pavement )

Penyusupan merujuk kepada proses kemasukan air ke dalam tanah secara semulajadi. Penyusupan dapat menyingkirkan bahan-bahan pencemar secara efektif melalui penyerapan air ke dalam tanah. Walaupun kaedah penyusupan ini merupakan satu konsep yang mudah namun ianya mesti direkabentuk dengan teliti untuk mendapatkan kesan yang baik. Turapan berporos adalah permukaan turapan yang boleh telap dengan meletakkan batu untuk menakung air larian permukaan untuk sementara sebelum penyusupan berlaku ke dalam tanah. Turapan berporos memerlukan jenis tanah yang berketelapan tinggi dan paras air bumi yang dalam. Disebabkan turapan berporos ini mengalir secara terus, ia dapat merawat kualiti air yang menyusup melaluinya. Banyak bahan pencemar dapat di singkirkan seperti sedimen, nutrient dan bahan-bahan organik.



Gambarajah 2.3: Contoh Turapan Berporos

i. Kriteria Rekabentuk

Rekabentuk turapan berporos adalah berpandukan prinsip iaitu terdiri daripada asphalt atau konkrit yang mengandungi kurang aggergat halus. Selain itu juga turapan berporos dibentuk daripada blok-blok simen yang diletakkan ke atas dasar gravel kasar. Geotekstil perlu diletak di atas permukaan gravel bagi mengelak pemindahan tanah di lapisan atas ke bawah.

ii. Keberkesanan

Turapan berporos boleh digunakan untuk menyediakan pengeluaran air ke dalam tanah dan mengurangkan pencemaran dalam air larian permukaan. Turapan berporos berpotensi tinggi untuk menghasilkan kualiti air berbanding kaedah-kaedah lain. Sesetengah data mencadangkan bahawa sebanyak 70 hingga 80 peratus air hujan akan mengalir terus ke dalam air bawah tanah (Gburek and Urban, 1980)..

iii. Had Penggunaan

Turapan berporos mudah mencapai kegagalan apabila dibebani oleh kenderaan yang berat. Apabila turapan berporos diimplentasikan kepada masyarakat, ia menunjukkan purata kegagalan yang tinggi sebanyak 75 peratus dalam masa dua tahun (Galli, 1992). Lubang-lubang poros pula mudah mengalami masalah tersumbat menyebabkan ia tidak berfungsi dengan berkesan. Beberapa kajian yang telah dijalankan menyatakan bahawa turapan berporos dapat bertahan kebolehtelapannya dengan menjalankan kerja baikpulih yang sempurna (e.g., Goforth et al., 1983; Gburek and Urban, 1980; Hossain and Scofield, 1991). Jadual 2.3 menunjukkan penyingkiran bahan-bahan pencemar menggunakan kaedah penyusupan.

Jadual 2.3 :Penyingkiran Bahan-bahan pencemar menggunakan kaedah penyusupan.

Bahan Pencemar	Anggaran keberkesanan penyingkiran
<b>Nutrien Tumbuhan</b>	
Fosforus	Tinggi
Nitrogen	Tinggi
<b>Sedimen</b>	
Pepejal terampai	Sangat tinggi
<b>Logam</b>	
Plumbum	Sangat Tinggi
zink	Sangat tinggi
<b>Bahan Organik</b>	
Keperluan oksigen Biokimia dan kimia ( BOD @ COD )	Sangat tinggi
<b>Minyak dan gris</b>	Tinggi
<b>Bakteria</b>	Sangat tinggi

iv. Penyelenggaraan

Penyelenggaraan yang kerap perlu dilakukan untuk memastikan keberkesanan bagi *Infiltration Basin* . Kajian telah dijalankan di PrinceGeorge's County, Maryland (Galli, 1992), telah menunjukkan bahawa *Infiltration Basin* akan tersumbat dalam masa 2 tahun. Situasi ini berbeza bagi keadaan tanah dan kadar penyusupan. Di kawasan Pacific Northwest menunjukkan jangka masa yang lama kerana kawasan yang mempunyai kadar kebolehtelapan yang tinggi (Hilding, 1996).

2.3.1.3 Kaedah Penapisan (Filtration Practices )

Antara kaedah Penapisan yang lazim digunakan ialah

- Penapis berpasir dan berorganik (Sand and organic filters)
- Bioretention

Penapis berpasir terbahagi kepada dua bahagian iaitu bahagian pemendapan dan bahagian yang mengandungi pasir atau bahan penapis yang lain. Apabila air larian ribut memasuki bahagian pemendapan, partikel yang besar akan keluar dan partikel yang kecil serta bahan pencemar yang lain akan keluar melalui bahagian yang mengandungi pasir atau bahan penapis yang lain. Penapis berpasir digunakan untuk mengawal air larian ribut yang terjana daripada bangunan-bangunan besar, jalan, lebuhraya dan tempat letak kereta.

i. Keberkesanan

Kaedah penapisan sesuai untuk menyingkirkan bahan pencemaran kerana ia dapat menyingkirkan partikel yang besar dan partikel yang kecil. Jadual 2.4 menunjukkan keberkesanan penapis berpasir (peratus) menyingkirkan bahan-bahan pencemar.

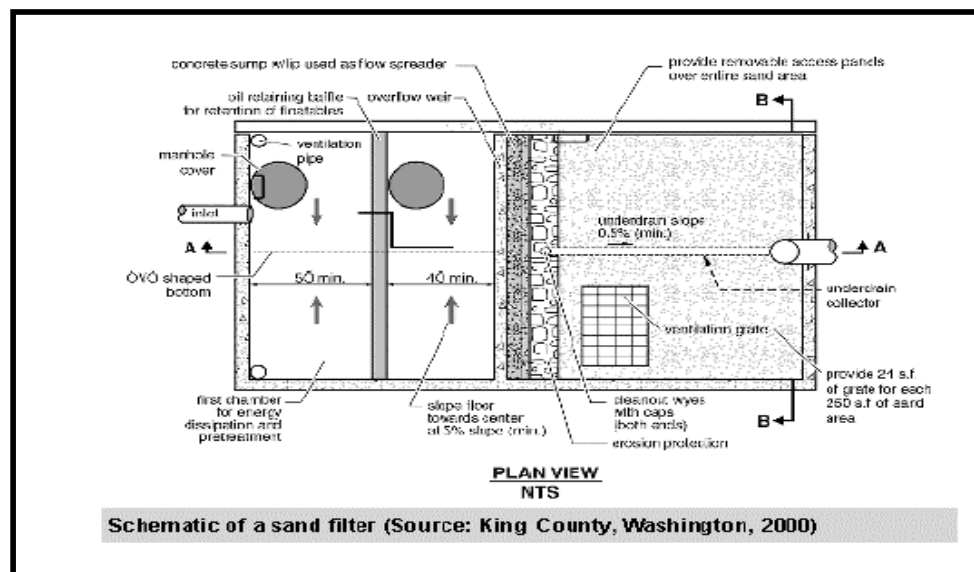
Jadual 2.4: Bahan-Bahan Pencemar Yang Dapat Disingkirkan Bagi Kaedah Penapisan

	<i>Penapis pasir (Scueller, 1997)</i>	<i>Penapis Pasir (Curran, 1996)</i>	<i>Sistem penapis</i>		<i>Kombinasi Rawatan</i>		
			Stewart, 1992	Leif, 1999	Pitt et al., 1997	Pitt, 1996	Greb et al., 1998
<b>TSS</b>	87	66	95	85	85	83	98
<b>TP</b>	51	51	41	4	80	-	84
<b>TN</b>	44	47	-	-	-	-	-
<b>Nitrat</b>	-13	22	-34	-95	-	14	-
<b>Logam</b>	34-80	26-75	61-88	44-75	65-90	91-100	83-89
<b>Bakteria</b>	55	-	-	-	-	-	-



ii. Had Penggunaan

Terdapat beberapa had penggunaan Penapis berpasir iaitu penapis berpasir tidak dapat mengawal banjir kerana secara amnya penapis berpasir tidak direkabentuk untuk melindungi aliran daripada hakisan. Penapis berpasir tidak sesuai digunakan untuk kawasan perparitan yang besar.



Gambarajah 2.4 :Contoh Penapis Berpasir

iii. Penyelenggaraan

Kerja penyelenggaraan perlu dilakukan dengan lebih kerap untuk memastikan penapis dapat berfungsi dengan lebih baik Penyelenggaraan meliputi pemeriksaan dan pembersihan pada penapis.

2.3.1.4 Pengawalan berumput ( Vegetative Control )

Kaedah Pengawalan berumput terdiri daripada

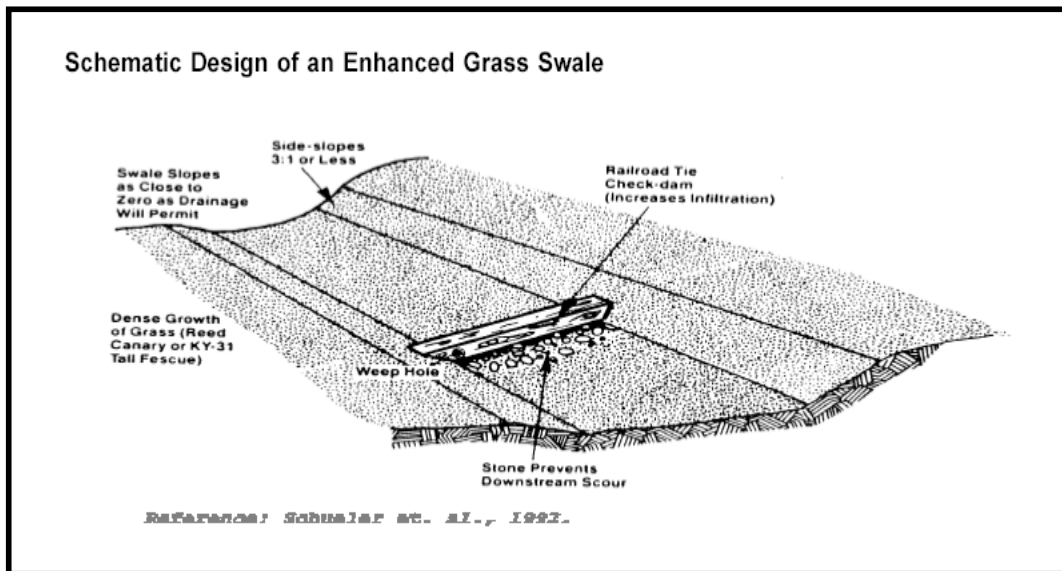
- Wetland
- Swales
- Penapis berumput

*Swale* (grassed channel, dry swale, wet swale, biofilter) merujuk kepada kumpulan saluran yang berumput, kaedah pengurusan saluran terbuka yang direkabentuk untuk menyingkirkan bahan-bahan pencemar. *Swale* merupakan saluran terbuka yang diliputi oleh tumbuhan berumput untuk menyingkirkan bahan pencemar melalui penapisan menggunakan media rumput dan penyusupan melalui tanah (Schueler, 1992). *Grassed Swale* merupakan saluran yang di selaputi oleh rumput pada permukaannya. *Grassed Swale* beroperasi melalui pemendapan dan penyusupan air larian di sepanjang struktur *swale*. Rumput mempunyai kekasaran yang tinggi yang mampu memperlahankan aliran air larian dan kadar air puncak ketika hujan lebat serta memberikan masa untuk air menyusup ke dalam tanah. Rumput mampu bertindak sebagai penuras dan memerangkap partikel jika halaju aliran air adalah rendah dimana ia memanjangkan masa pergerakan partikel. Partikel yang besar akan disingkirkan kesemuanya dari air larian jika rekabentuk *filter strips* adalah baik (Neibling and Dillaha, 1979).

Kawasan berumput juga digunakan dengan meluas untuk kawalan kualiti dan kuantiti di sepanjang laluan lebuh raya yang dikenali sebagai masalah pencemaran air larian yang tinggi (Barrett et al., 1998). Kecekapan penyingkiran bahan-bahan pencemar ini bergantung kepada isipadu kuantiti aliran, taburan dan ketinggian rumput kecerunan *swale* dan boleh telapan tanah berkenaan.

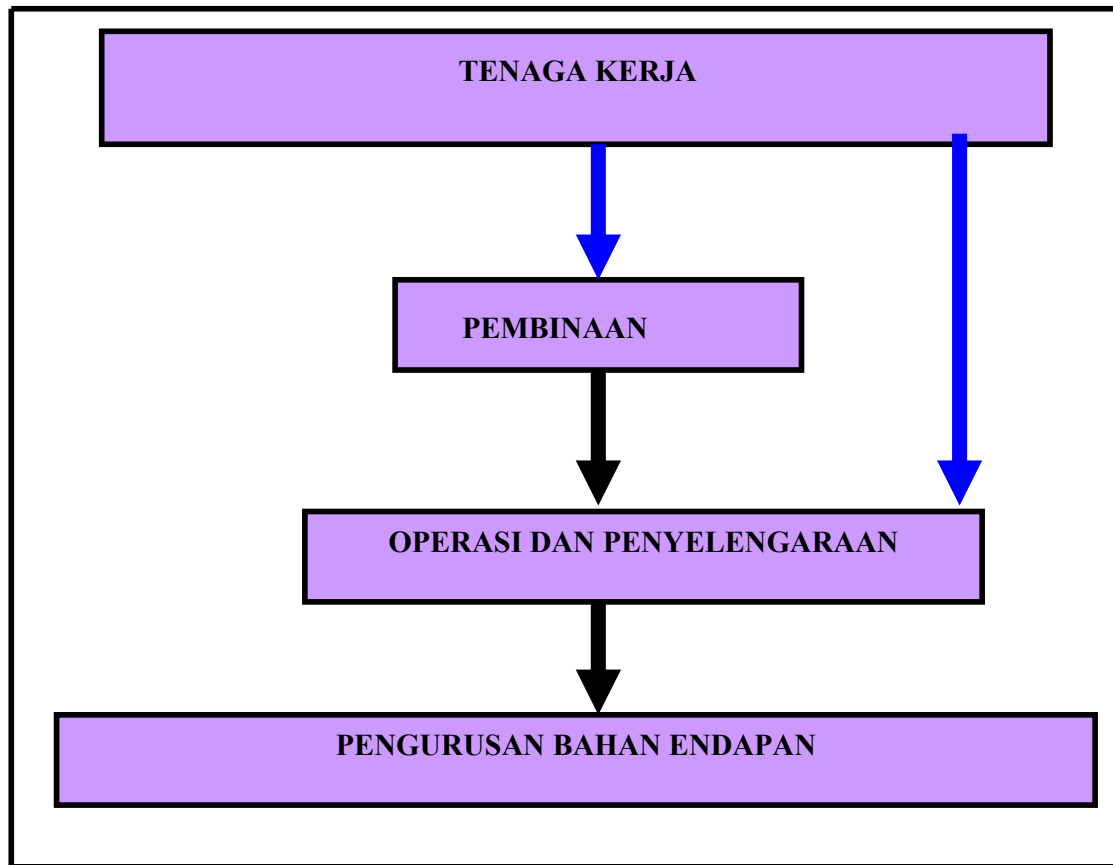


Gambarajah 2.5: Contoh Grassed swales



Gambarajah 2.6 : Grassed swale (Schueler, 1992 )

*Swale* merupakan rawatan awalan sebelum mengalirkan air larian ribut yang seterusnya kepada kaedah BMPs yang lain (Driscoll and mangarella, 1990). Keberkesanan penyingkiran bahan pencemar bergantung kepada beberapa faktor seperti dimensi *swale*, ketinggian rumput, kecerunan *swale* dan jenis rumput. Rekabentuk yang optimum akan meningkatkan masa air larian ribut melalui *swale* dan memperkukuhkan kadar penyingkiran bahan pencemar. Rajah 2.5 menunjukkan kitar hayat bagi *swale*.



Rajah 2.5 : Model Kitaran Hayat Untuk Sistem Saluran Berumput ( Backstrom, 2001)

- Keberkesanan Penyingkiran bahan pencemar

*Swale* merupakan satu kaedah efektif bagi menyingkirkan pencemar seperti logam dan pepejal terampai. Air larian hujan daripada jalan raya mempunyai kandungan kepekatan logam yang tinggi sepanjang 50 – 100 kaki dari salur masuk hingga ke *swale* dan 5 cm daripada bahagian atas tanah (Wigington et al., 1986, Yousef et al., 1985). Sebuah *swale* sepanjang 200 kaki di Washington mampu menyingkirkan pepejal terampai dan plumbum sebanyak 80%. Kebolehan *swale* menakung air dengan lebih lama membolehkan mekanisme pengendapan