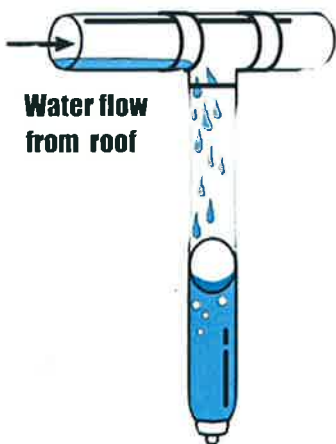




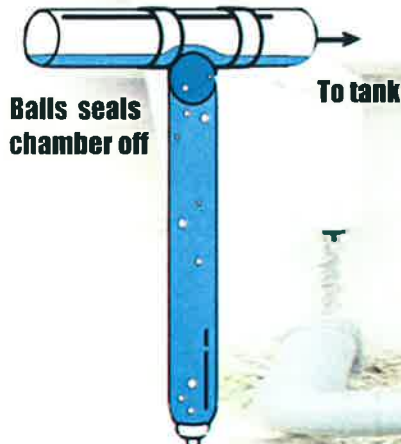
REKABENTUK SISTEM PENUAIAN AIR HUJAN

PANDUAN 06

First flush of contaminated water
is diverted into chamber



Once chamber is full,
fresh water flows to tank



PRAKATA

Terdapat sembilan (9) Panduan Kejuruteraan Awam yang menjadi teras Manual Rekabentuk Kejuruteraan Awam (Kerja Sivil) bagi projek bangunan iaitu:

- Panduan 01 : Rekabentuk Kerja Tanah dan Pelan Kawalan Hakisan & Kelodak
- Panduan 02 : Rekabentuk Jalan Dalam
- Panduan 03 : Rekabentuk Sistem Saliran
- Panduan 04 : Rekabentuk Sistem Retikulasi Air
- Panduan 05 : Rekabentuk Sistem Pembetungan
- Panduan 06 : Rekabentuk Sistem Pengumpulan dan Penggunaan Semula Air Hujan (SPAH)
- Panduan 07 : Penyediaan Lukisan Kejuruteraan Awam
- Panduan 08 : Tatacara Asas Penggunaan Perisian Kejuruteraan Awam
- Panduan 09 : Pemeriksaan Pembinaan Kerja Sivil

Manual ini hanya memberi penumpuan kepada aspek prosedur dan proses rekabentuk sahaja. Manual Kualiti, Prosedur Sistem Pengurusan Bersepadu Jabatan Kerja Raya (JKR) dan Sistem Pemantauan Projek JKR (SKALA) hendaklah digunakan bersama untuk menjana dan menyimpan rekod kualiti semasa kerja rekabentuk dilaksanakan.

Pelan tapak, lukisan ukur kejuruteraan dan semua maklumat berkaitan rekabentuk kejuruteraan awam (kerja sivil) perlu diperolehi daripada pihak arkitek, juruukur dan pihak berkuasa tempatan (PBT) seperti Indah Water Konsortium, Majaari Services, Jabatan Pengairan dan Saliran serta Pihak Berkuasa Air Negeri terlebih dahulu sebelum kerja-kerja rekabentuk dimulakan.

1.0 PENDAHULUAN

Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) atau *Rainwater Harvesting System* adalah satu kaedah untuk mengumpul air hujan dan kemudiannya ia diguna semula untuk tujuan bukan minuman (*non drinking*) sebagai contoh untuk basuhan luaran, landskap atau mengepam tandas.

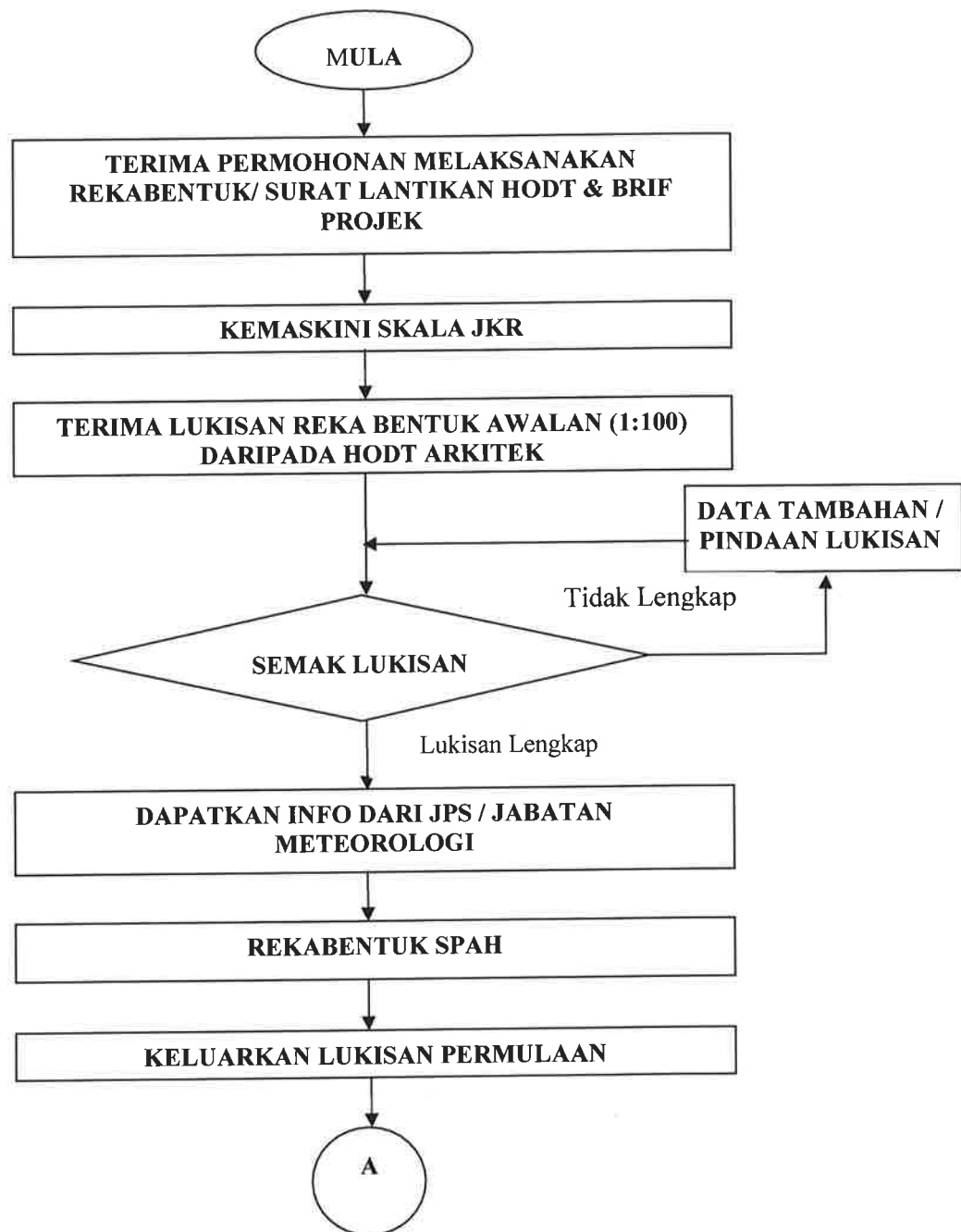
Kebaikan SPAH adalah ia dapat menjimatkan penggunaan air terawat, mengurangkan bil ar, mengurangkan kesan banjir dan mesra alam sekitar. SPAH juga merupakan salah satu komponen di bawah elemen kecekapan air di dalam Sistem Penarafan Hijau JKR (pH JKR).

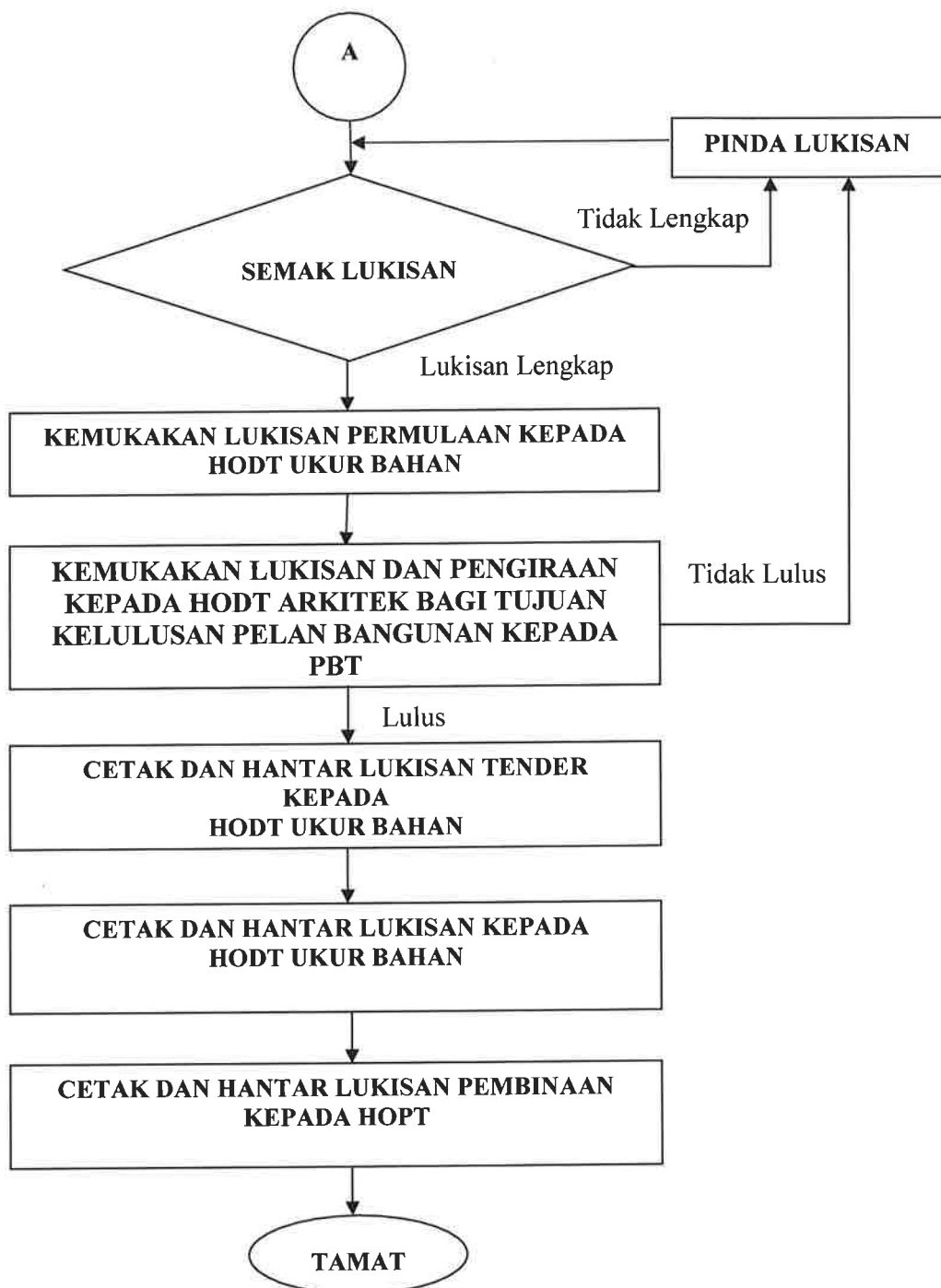
2.0 OBJEKTIF

- 2.1 Memberi penerangan mengenai SPAH dari pengumpulan sehingga kepada penggunaan semula air hujan untuk tujuan tertentu
- 2.2 Menyediakan panduan dan turutan kerja di dalam rekabentuk SPAH kepada pereka.
- 2.3 Mempercepatkan proses pembelajaran
- 2.4 Melaksanakan kerja rekabentuk dengan pengawasan minima dari penyelia
- 2.5 Menyiapkan rekabentuk mengikut jadual yang ditetapkan

3.0 CARTA ALIRAN REKABENTUK

Carta alir dibawah menerangkan langkah-langkah yang perlu dilaksanakan untuk merekabentuk Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) bermula daripada terima permohonan sehingga siap pengeluaran lukisan.



CARTA ALIRAN REKABENTUK (Sambungan..)

4.0 PROSES KERJA REKABENTUK

Bil.	Aktiviti	Tindakan	Proses
1.	Terima Permohonan Melaksanakan Rekabentuk/ Surat Lantikan HODT & Brif Projek	HOPT/ HODT	1. Terima surat lantikan sebagai HODT dan Brif Projek daripada HOPT. 2. Sediakan D-Plan di dalam sistem SKALA JKR
2.	Kemaskini SKALA JKR	PPK/ PP/ PJ	1. Semak Q-Plan dan D-Plan. 2. Sahkan D-Plan
3.	Terima Lukisan daripada HODT Arkitek	HODT Arkitek/ PPK/ PP/ PJ	1. Terima Lukisan Pelan Tapak & Bangunan dari Arkitek (100 scale) 2. Maklumkan kepada Arkitek keperluan SPAH
4.	Dapatkan info dari JPS /Jabatan Meteorologi	PPK/ PP/ PJ	1. Dapatkan maklumat mengenai taburan hujan di tapak projek
5.	Rekabentuk SPAH	PPK/ PP/ PJ	1. Tentukan tujuan penggunaan SPAH 3. Semak jenis dan keluasan bumbung 4. Semak taburan hujan tahunan semasa. 5. Tentukan saiz talang & RWDP 6. Tentukan lokasi tangki SPAH samada di atas bumbung, atas tanah atau bawah tanah 7. Kira kuantiti air hujan yang dapat dikumpul 8. Tentukan saiz <i>first flush</i> 9. Tentukan lokasi <i>leaf filter</i> & <i>first flush</i> 10. Tentukan saiz tangki SPAH 11. Pastikan paip bekalan sir domestik untuk <i>water backup</i> disediakan 12. Jika tujuan SPAH untuk mengepam tandas , penapis (<i>filter</i>) hendaklah digunakan 13. Jika memerlukan pam rujuk HODT Mekanikal 14. Jika memerlukan sistem elektrik rujuk HODT Elektrik.

PROSES KERJA REKABENTUK (Sambungan..)

Bil.	Aktiviti	Tindakan	Proses
6.	Semak Rekabentuk dan Lukisan	KPPK/ PPK/ PP	1. Semak rekabentuk dan lukisan bagi memastikan ia adalah teratur
7.	Kemukakan Lukisan Permulaan Kepada HODT Ukur Bahan	KPPK/ PPK/ PP/ PJ/ JRB	1. Sediakan lukisan permulaan SPAH berpandukan Manual Penyediaan Lukisan BKA 2. Majukan lukisan kepada HODT Ukur Bahan untuk penyediaan BQ
8.	Kemukakan Lukisan dan Pengiraan kepada HODT Arkitek bagi tujuan Kelulusan Pelan Bangunan kepada PBT	KPPK/ PPK/ PP/ PJ/ JRB	1. Semak keperluan PBT 2. Kemukakan lukisan SPAH kepada HODT Arkitek jika perlu dikemukakan kepada PBT 3. Pastikan lukisan ditandatangani.
9.	Cetak dan Hantar Lukisan Tender Kepada HODT Ukur Bahan	KPPK / PPK / PP / PJ/ JRB	1. Sediakan lukisan tender SPAH 2. Kemukakan bilangan lukisan kontrak SPAH yang diperlukan oleh HODT Ukur Bahan
10.	Cetak dan Hantar Lukisan Kontrak Kepada HODT Ukur Bahan	KPPK/ PPK/ PP/ PJ/ JRB	1. Sediakan lukisan kontrak yang bertandatangan 2. Kemukakan bilangan lukisan kontrak yang diperlukan oleh HODT Ukur Bahan
11.	Cetak dan Hantar Lukisan Pembinaan kepada HOPT	KPPK/ PPK/ PP/ PJ/ JRB	1. Sediakan lukisan pembinaan mengikut rekabentuk dan Manual Penyediaan Lukisan BKA

5.0 KRITERIA REKABENTUK

5.1 SKOP REKABENTUK SPAH

5.1.1 Pada masa kini, bagi projek JKR, SPAH hanya digunakan untuk tujuan basuhan luaran (*exterior washing*) dan landskap (*landscape*) sahaja. Manakala penggunaan untuk tujuan mengepam tandas (*toilet flushing*) adalah mengikut kehendak dan persetujuan pihak pelanggan.

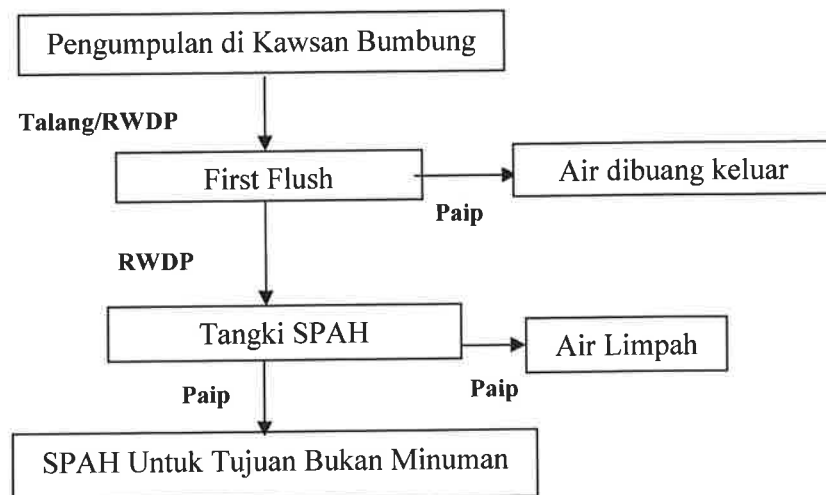
5.1.2 Pemasangan SPAH hendaklah menggunakan salah satu dari tiga (3) kaedah berikut:-

- Sistem Graviti (*Gravity Fed System*)
- Sistem Pengepaman Terus (*Direct Pumping System*)
- Sistem Pengepaman Tidak Terus (*Indirect Pumping System*)

5.1.3 Kaedah sistem graviti adalah diberi keutamaan di dalam SPAH dan penggunaan sistem pam akan digunakan jika lokasi tangki SPAH terletak di bawah tanah atau di atas tanah dan ia tidak mempunyai baki tekanan yang mencukupi.

5.1.4 SPAH hendaklah disediakan jika terdapat keperluan dari pihak DBKL dan PBT di tujuh (7) buah negeri yang telah mewartakan SPAH iaitu Kelantan, Johor, Perak, Selangor, Perlis, Melaka dan Pahang.

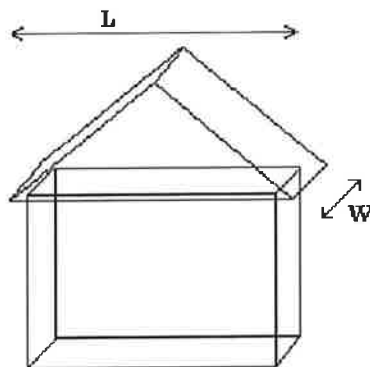
5.1.5 Proses asas SPAH adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.0



Rajah 1.0: Proses Asas SPAH

5.2 KAWASAN PENGUMPULAN (*CATCHMENT AREA*)

- 5.2.1 Pengumpulan air hujan untuk SPAH adalah merangkumi kawasan permukaan bumbung dan dataran kejat sahaja.
- 5.2.2 Permukaan bumbung hendaklah dari jenis bukan toksik manakala permukaan bumbung yang bercat adalah tidak disyorkan untuk mengumpul air hujan.
- 5.2.3 Dataran kejat adalah merangkumi permukaan luar bangunan, kawasan letak kenderaan dan OSD.
- 5.2.4 Keluasan bumbung adalah panjang (L) x lebar bumbung (W). Rajah 2.0 menunjukkan ukuran yang digunakan untuk mengira keluasan bumbung (m^2)
- 5.2.5 Garis Panduan ini hanya membincangkan mengenai pengumpulan air hujan dari kawasan permukaan bumbung sahaja



Rajah 2.0 : Keluasan Permukaan Bumbung

5.3 TABURAN HUJAN

- 5.3.1 Taburan hujan tahunan adalah purata hujan tahunan yang direkod di setesen JPS/Jabatan Meteorologi yang terdapat di bandar-bandar di seluruh Malaysia
- 5.3.2 Data dan maklumat purata hujan tahunan boleh didapati dari pihak JPS atau Jabatan Meteorologi Malaysia.
- 5.3.3 Maklumat mengenai purata hujan adalah sangat penting kerana corak taburan hujan adalah berbeza di setiap negeri dan ia direkodkan pada setiap hari.
- 5.3.4 Jadual 5.1 menunjukkan contoh purata hujan tahunan di beberapa bandar besar yang dicatatkan di setesen hujan JPS.

No.	Bandar	Purata Hujan Tahunan	Tempoh Di Rekod
1	Alor Star	2365	1948 - 2007
2	Ipoh	2228	1972 - 2008
3	Klang	2197	1953 - 2008
4	Kuala Lumpur	2527	1953 - 2008
5	Kuala Terengganu	2659	1954 - 2008

Jadual 5.1: Purata Hujan Tahunan (Jadual 6.2 Chapter 6: MSMA 2nd Edition)

5.4 PENGUMPULAN EFISIYEN (*COLLECTION EFFICIENCY*)

- 5.4.1 Pengumpulan efisien kuantiti air hujan yang boleh dikumpul di atas permukaan bumbung atau dataran kejut adalah bergantung kepada permukaannya
- 5.4.2 Hujan renyai akan mengumpul kuantiti air hujan yang sedikit kerana ia akan membasahi permukaan bumbung dan akan menyejat (*evaporates*) ke udara.
- 5.4.3 Hujan lebat pula akan menyebabkan air hujan terkeluar (*splashing*) dari talang dan tidak dapat dikumpul sepenuhnya.

- 5.4.4 Keberkesanan pengumpulan adalah digunakan untuk menentukan keberkesanan setiap permukaan bumbung untuk mengumpul air hujan.
- 5.4.5 Jadual 5.2 di bawah menunjukkan pekali pengumpulan bagi setiap permukaan yang berbeza

Jenis Bumbung	Pekali Pengumpulan
Concrete Tiles	0.75 – 0.95
Pave Area	0.50 – 0.85
Bare Ground	0.10 – 0.20
Green Area	0.05 – 0.10

Jadual 5.2: Pekali Pengumpulan bagi Permukaan Bumbung
(*Rujukan Rainwater Harvesting Guideline 2008*)

5.5 TALANG (*GUTTER*) DAN *RAIN WATER DOWN PIPE* (RWDP)

- 5.5.1 Lukisan kedudukan dan saiz untuk talang dan RWDP hendaklah merujuk kepada lukisan Arkitek.
- 5.5.2 Air hujan dari permukaan bumbung akan memasuki talang dan RWDP sebelum disalurkan ke tangki air hujan
- 5.5.3 Pengiraan saiz talang dan RWDP yang sesuai berdasarkan keluasan dan intensiti hujan boleh merujuk kepada Chapter 4 – MSMA 2nd Edition

5.6 PRA PENAPISAN (*PRE FILTRATION*)

- 5.6.1 Aliran air hujan biasanya mengandungi daun, sedimen dan pepejal yang boleh menjejaskan kualiti air hujan yang memasuki tangki SPAH.
- 5.6.2 Pembersihan yang kerap di permukaan bumbung bangunan bagi membuang bahan-bahan seperti daun, sedimen dan pepejal adalah kurang praktikal.

5.6.3 Penapis daun (*leaf filter*) dan jaring hendaklah dipasang di RWDP sebagai pra penapisan (*pre filtration*) bagi menghalang daun dan bahan pepejal dari memasuki RWDP dan tangki SPAH. (Rajah 3.0)



Rajah 3.0 : Leaf Filter

5.7 PEMBUANGAN AIR HUJAN PERTAMA (FIRST FLUSH)

5.7.1 Air hujan yang pertama biasanya mengandungi kotoran yang terdiri dari sedimen dan najis haiwan.

5.7.2 *First flush* hendaklah dipasang pada paip air hujan bagi mengeluarkan air hujan yang pertama dari memasuki tangki SPAH. (Rajah 4.0)

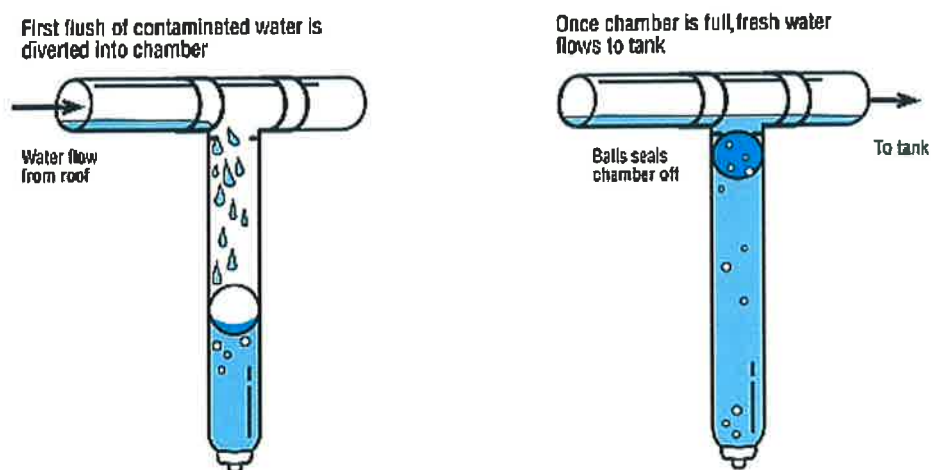
5.7.3 Kuantiti air hujan pertama yang perlu dibuang adalah sebanyak 0.5 mm daripada keluasan kawasan tadahan bumbung. – rujuk Chapter 6 MSMA 2nd Edition

5.7.4 Jadual 5.3 menunjukkan isipadu *first flush* berbanding keluasan bumbung

Keluasan Bumbung (m ²)	Isipadu First Flush
Kurang 100	0.025 – 0.05
100 - 4356	0.05 – 2.5
Besar dari 4356	2.5

Jadual 5.3: Isipadu First Flush. (Rujuk Chapter 6: MSMA 2nd Edition)

Nota : Sekiranya permukaan bumbung dipenuhi dengan tanah, sampah dan sedimen yang banyak isipadu *First Flush* ditetapkan sebanyak 5m^3 .



Rajah 4.0: First Flush

5.8 PAIP SPAH

5.8.1 Paip SPAH ditandakan bagi membezakan paip air dalaman (*internal plumbing*) bagi memastikan pengguna tidak keliru dengan penggunaannya.

5.8.2 Paip SPAH hendaklah berwarna hijau bagi membezakan ia dengan paip domestik.

5.8.3 Pili SPAH hendaklah ditandakan “Bukan Untuk Tujuan Minuman atau Mandian” dengan jelas

5.8.4 Jenis paip SPAH hendaklah sama dengan paip dalaman (*internal plumbing*) dan mendapat kelulusan SPAN dan Pihak Berkuasa Air Negeri.

5.9 TANGKI SPAH

5.9.1 Tangki SPAH boleh dipasang di lokasi berikut:-

- a) Atas Bumbung
- b) Atas Tanah (ground floor)
- c) Bawah Tanah (underground)

5.9.2 Lokasi tangki SPAH hendaklah dirujuk bersama dengan HODT Akitek dan HODT Mekanikal bagi tujuan penyelarasan rekabentuk.

5.9.3 Jenis tangki SPAH hendaklah seperti yang dinyatakan di dalam Spesifikasi Bangunan JKR 2014 serta mendapat kelulusan produk dari SPAN dan Pihak Berkuasa Air Negeri.

5.9.4 Tangki SPAH hendaklah dilengkapi dengan paip limpah (*over flow pipe*) bersais lebih besar dari paip masuk.

5.9.5 Lokasi paip limpah hendaklah terletak sekurang-kurangnya 225 mm di bawah aras paip masuk

5.9.6 Injap apungan dan rod elektrod hendaklah dipasang untuk memulakan atau menghentikan aliran masuk air hujan ke dalam tangki SPAH

5.9.7 Injap pengurang tekanan (*pressure reducer valve*) hendaklah dipasang pada paip SPAH jika baki tekanan melebihi 30m.

5.9.8 Jika sistem pam diperlukan, saiz, jenis pam, butiran dan spesifikasi pam hendaklah merujuk kepada HODT Mekanikal.

5.9.9 Butiran dan spesifikasi panel elektrik hendaklah merujuk kepada HODT Elektrik.

5.9.10 Meter penunjuk aras air hendaklah dipasang bagi mengetahui paras air dalam tangki SPAH.

5.9.11 Sub meter hendaklah disediakan bagi mengukur jumlah air hujan digunakan dan air domestik yang digunakan sebagai *water backup*.

5.10 PENAPIS (*FILTER*)

5.10.1 Penapis hendaklah dipasang sebelum tangki SPAH jika sekiranya air hujan digunakan untuk tujuan mengepam tandas.

5.10.2 Penapis jenis *sand filter* adalah biasanya digunakan untuk menapis sedimen dan kotoran halus di dalam air hujan.(Rajah 5.0)

5.10.3 Kapasiti penapis yang digunakan hendaklah berdasarkan kadar alir penggunaan air hujan untuk mengepam tandas.



Rajah 5.0: Sand Filter

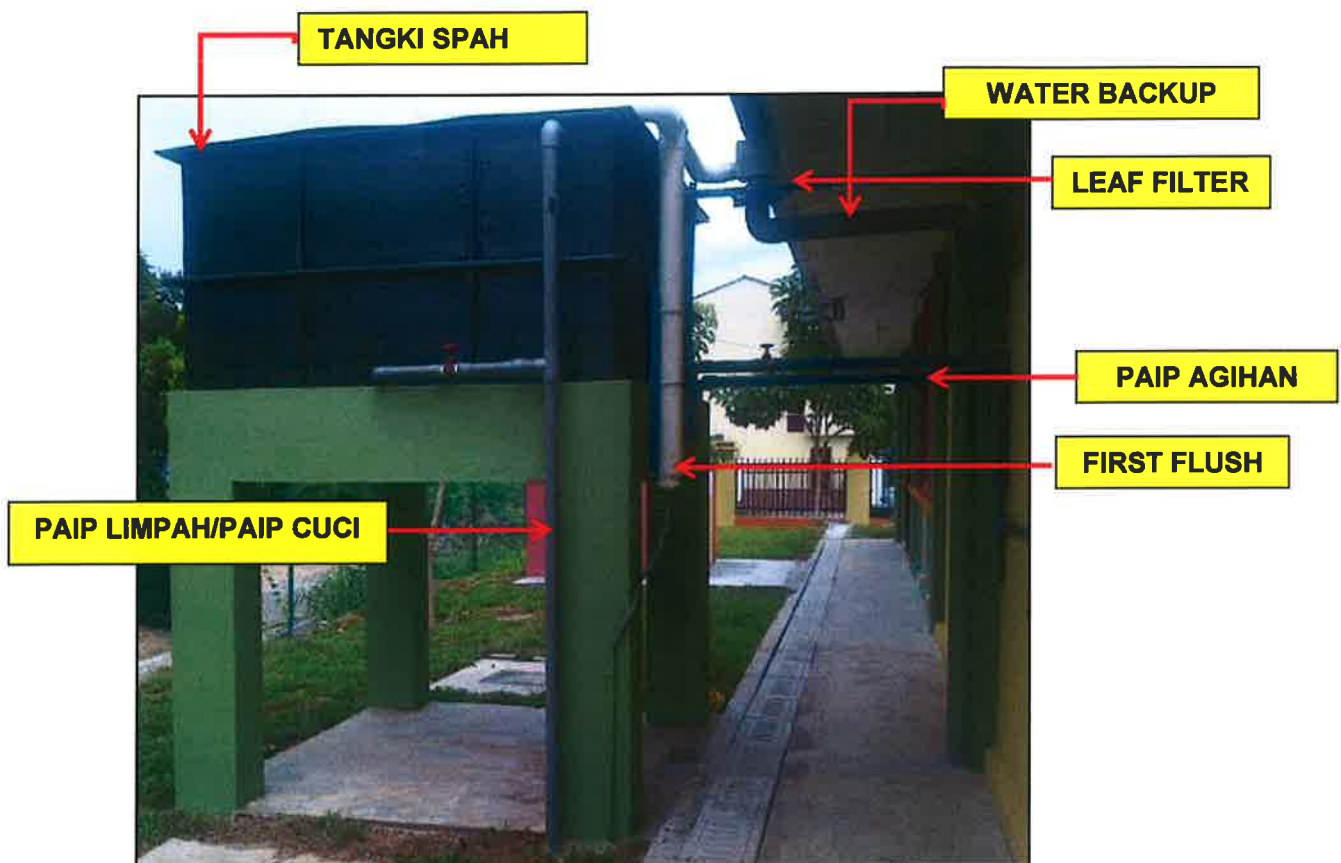
5.11 PENGGUNAAN AIR DOMESTIK SEMASA KETIADAAN AIR HUJAN (*WATER BACKUP*)

5.11.1 SPAH tidak berfungsi jika sekiranya air hujan di dalam tangki SPAH kosong. Oleh yang demikian air domestik hendaklah dibekalkan (*water backup*) ke dalam tangki SPAH sekiranya tangki SPAH kosong,

5.11.2 Air domestik yang memasuki tangki SPAH hendaklah menerusi paip masuk yang dilengkapi dengan injap penahan aliran baik sehalu dan dipasang minima 225 mm di atas aaras paip limpah tangki SPAH.

6.0 LAMPIRAN

CONTOH PEMASANGAN SPAH



$$\begin{aligned}
 \text{First flush down pipe} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Kuantiti air yang dibuang} &= 100 \text{ m}^2 \times 0.0005 \\
 &= 0.05 \text{ m}^3 \text{ or } 50 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang paip first flush} &= \text{kuantiti air yang dibuang (m}^3\text{)} / \pi r^2 \\
 &= 0.05 \text{ m}^3 / (3.14 \times 0.075 \times 0.075) \text{ m}^2 \\
 &= 2.83 \text{ m}
 \end{aligned}$$

First Flush Pipe diameter 150 mm dan panjang 2.90 m dipasang sebelum tangka SPAH.

c) PENGIRAAN SAIZ TANGKI SPAH

Kaedah untuk mengira saiz tangki SPAH adalah seperti di bawah:-

- i. Simplified Approach (rujuk MSMA 2nd Edition)

$$St = 0.01Ar$$

Dimana

St = Saiz Tangki (m³) dan

Ar = Keluasan Bumbung (m²)

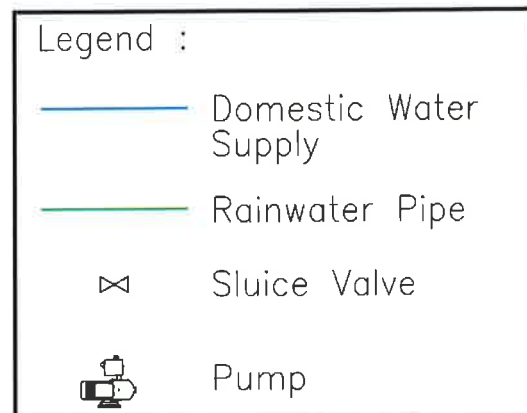
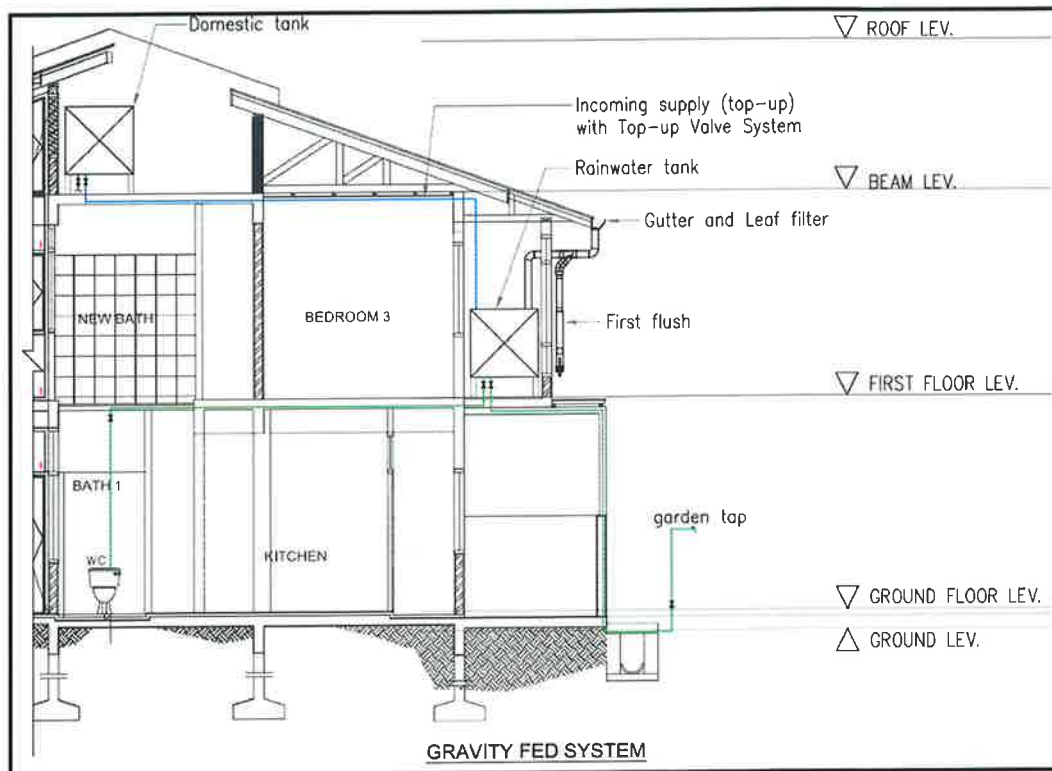
Contoh:

$$\begin{aligned}
 \text{Keluasan Bumbung} &= 100 \text{ m}^2 \\
 \text{Saiz tangki SPAH} &= 0.01 \times 100 \text{ m}^2 \\
 &= 1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

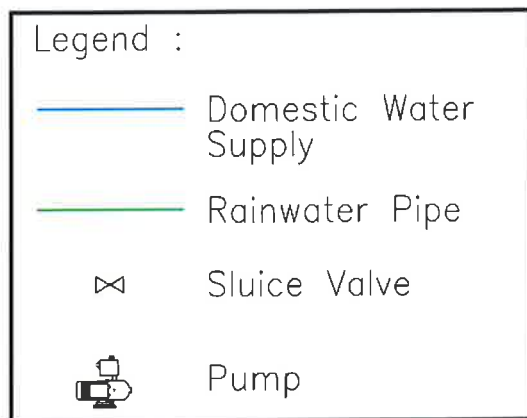
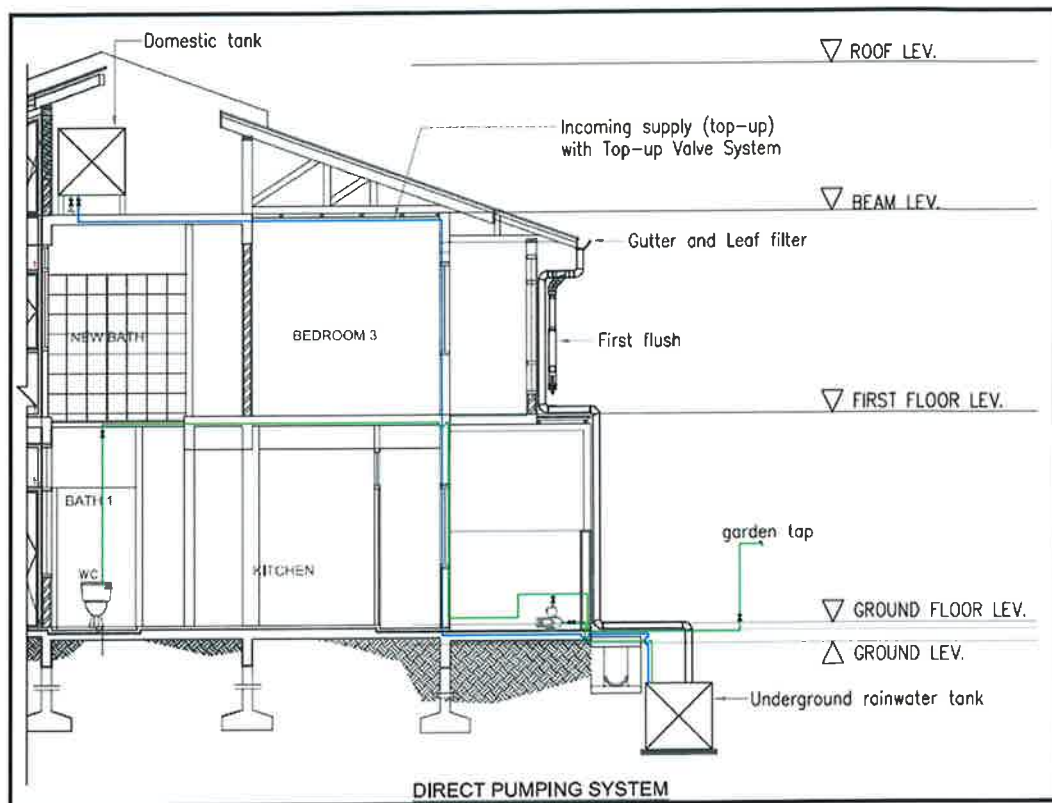
Tangki SPAH yang perlu disediakan bagi bangunan yang mempunyai keluasan bumbung 100 m² adalah 1m³

- ii. Merujuk kepada NAHRIM Technical Guide No. 2 - **The Design Guide for Rainwater Harvesting Systems**

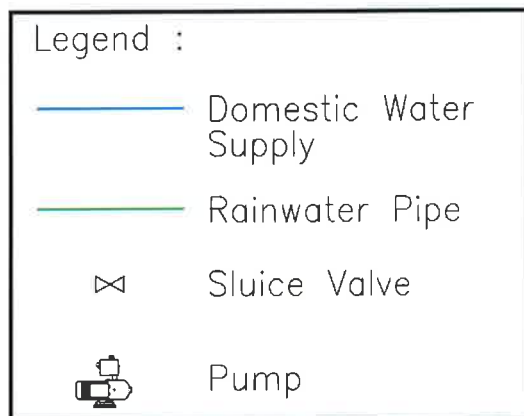
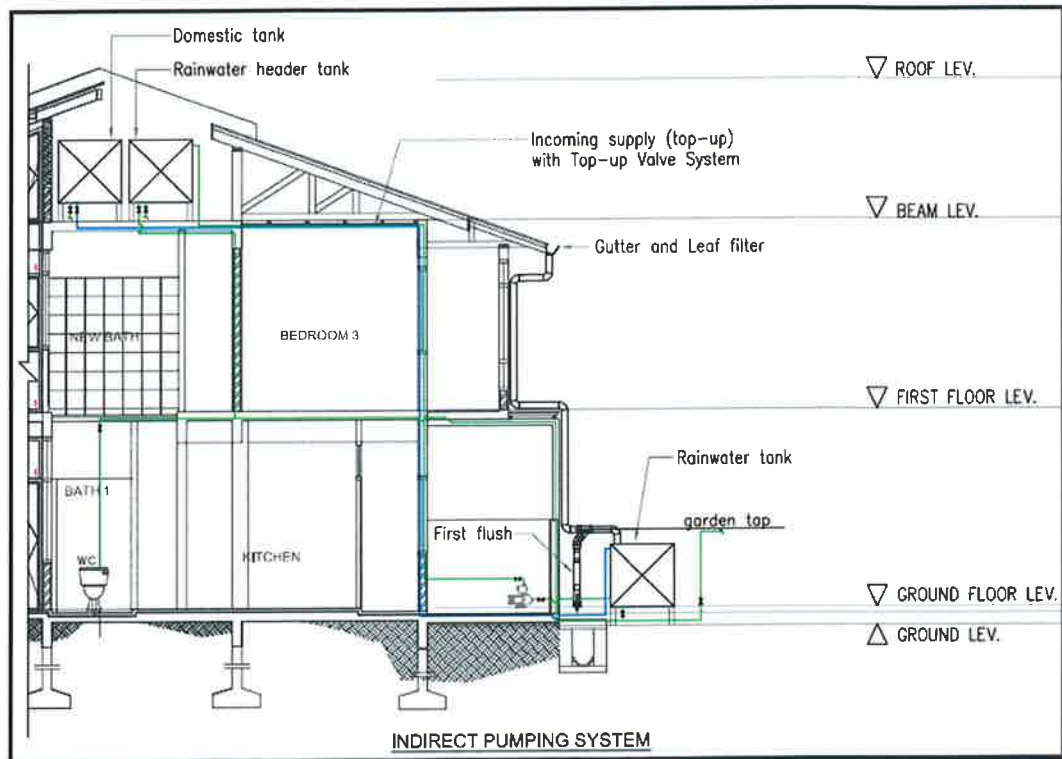
7.0 LUKISAN TIPIKAL SPAH



Rajah 6.1 : Gravity Fed System



Rajah 6.2 : Direct Pumping System



Rajah 6.3 : Indirect Pumping System

8.0 PENGEMUKAAN PELAN SPAH

- 7.1 Lukisan dan laporan rekabentuk SPAH hendaklah dimajukan kepada pihak PBT berkenaan jika ia diperlukan.
- 7.2 Keperluan SPAH adalah diwajibkan bagi semua projek d bawah DBKL berpandukan Garis Panduan Sistem Pengurusan Air Hujan DBKL
- 7.3 Laporan rekabentuk dan lukisan SPAH hendaklah dimajukan kepada pihak CAST bagi tujuan penilaian elemen SPAH di bawah Penarafan Hijau JKR (pH JKR).

9.0 PENYENGKARAAN SPAH

- 9.1 Dokumen Sistem Operasi dan Penyenggaraan SPAH (OMM) hendaklah disediakan sebelum kerja pengujian dan pengesahan SPAH dijalankan.
- 9.2 Jaring anti nyamuk hendaklah disediakan di permukaan paip masuk dan keluar air hujan bagi mengelakkan nyamku masuk dan membiak dalam tangka SPAH.

10.0 RUJUKAN

Manual Saliran Mesra Alam (MSMA 2nd Edition)

Garis Panduan Sistem Pengumpulan dan Penggunaan Semula Air Hujan (SPAH) oleh Kementerian Perumahan dan kerajaan Tempatan

Rainwater Harvesting Guidebook – Jabatan Pengairan dan Saliran

The Design Guide for Rainwater Harvesting System – NAHRIM Technical Guide No 2

10.0 PENGHARGAAN

En Chow Wah

Ir Hj Ismail Abd Rahman

Mohd Fariz Adlan Bin Jasri

Sulaiman Bin Ahmad

Mohamad Nadzim Mohd Anis

Khairul Hakim Abd Latib

Nor Azmi Mohd Bukari

Safiee Haji Othman