

**KAJIAN TERHADAP KUALITI AIR BAGI SISTEM PENGUMPULAN AIR
HUJAN MENGGUNAKAN PENAPIS BIOPASIR**

NORSHUHAILA BITI MOHAMED SUNAR

**Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam**

**Jabatan Kejuruteraan Sumber Air dan Alam Sekitar
Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar
Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn**

JULAI, 2005

Kepada...

Ikram Syah Mokhtar
Nurul Husna Adila & Nurul Husna Aleeya

serta

Mohamed Sunar Abas Ali & Zaharah Rejab

..... doa, pengorbanan, harapan dan kasih sayang kalian sumber kekuatanku.



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUNJUKU AMINAH

PENGHARGAAN

DENGAN NAMA ALLAH YANG MAHA PENGASIH LAGI MAHA PENYAYANG

Segala puji hanya kepada Allah S.W.T. yang telah memberikan rahmat, nikmat keimanan, kekuatan serta keazaman sehingga penyelidikan ini berjaya disiapkan.

Di kesempatan ini, penulis ingin merakamkan penghargaan tidak terhingga buat penyelia utama penyelidikan ini, Prof Ir. Dr. Amir Hashim bin Mohd Kassim diatas curahan ilmu, sentiasa membantu dan pembakar semangat untuk berjaya dalam penyelidikan ini. Sesungguhnya, berada di bawah penyeliaan beliau merupakan pengalaman yang tidak dapat dilupakan. Begitu juga, Prof. Madya Hj. Ab. Aziz Bin Abdul Latiff sebagai penyelia bersama di atas bantuan dan bimbingan beliau yang tidak terhingga sepanjang tempoh penyelidikan ini.

Penulis juga ingin merakamkan penghargaan kepada ketua makmal serta juruteknik Makmal Kejuruteraan Alam Sekitar dan Makmal Kualiti Air iaitu En. Afandi bin Abu Bakar, En. Mohd. Bahtiar Bin Mohd. Basri dan En. Suhaimi bin Harun, yang telah banyak membantu semasa kerja-kerja di makmal. Penghargaan buat pensyarah-pensyarah dan rakan-rakan di Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar, KUiTTHO atas teguran yang membina, juga kepada semua pihak Jabatan Kejuruteraan Sumber Air, Institut Penyelidikan Hidraulik Malaysia (NAHRIM), Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) Ampang dan Batu Pahat diatas segala kerjasama dan maklumat yang diberikan. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam membantu saya menjayakan projek penyelidikan ini.

Sekalung budi untuk semua. Semoga usaha ini mendapat keredaan dan keberkatan Allah S.W.T....Amin...

ABSTRAK

Kajian ini telah mengkaji rekabentuk Sistem Pengumpulan Air Hujan (SPA) sebagai satu sistem yang boleh menghasilkan satu alternatif sumber air dari segi kualiti airnya bagi kegunaan domestik. SPA telah dibangunkan di kampus KUiTTHO dan setiap pemilihan serta susunan komponen SPA dikenali sama ada boleh menyumbang kepada pencemaran terhadap kualiti air yang dikumpul. Komponen SPA terdiri daripada permukaan tadahan, saluran, tangki curahan pertama, tangki simpanan dan rawatan. Kajian ini juga telah membuat penambahan pada SPA iaitu bagi komponen rawatan dengan menggunakan penapis biopasir. Sebanyak 3 jenis kedalaman telah digunakan iaitu 20 cm, 40 cm dan 70 cm bagi medium pasir halus (saiz diameter, $d = 0.2-0.35$ mm, pemalar keseragaman, $UC = 2.68$, keporosan, $\epsilon = 0.40$, ketumpatan, $\rho_p = 2.65$ g/ml). Sampel kualiti air diambil dalam tempoh Februari 2005 hingga April 2005. Ini termasuk tempoh pematangan penapis bagi membentuk lapisan *schmutzdecke* selama 3 minggu. Didapati, pengaruh persekitaran dan pencemaran terhadap kualiti air tadahan dapat diatasi. Kualiti air tadahan sebelum rawatan berada didalam Kelas IIA – V dapat dikurangkan kepada Kelas I – IIA selepas melalui rawatan penapis biopasir. Peratus penyingkiran bagi kesemua parameter berada dalam nilai yang amat baik iaitu sehingga 34 % bagi pH, 97 % bagi COD dan BOD, 98 % bagi kekeruhan, 100 % bagi TSS, 99 % bagi jumlah koliform dan 95 % - 100 % bagi kandungan logam berat. Kedalaman penapis biopasir mempengaruhi kualiti air dengan hirarki kualiti air selepas rawatan 70 cm > 40 cm > 20 cm. Manakala, pengaruh tempoh kering di antara kejadian hujan memberikan kesan pada keseluruhan kualiti air terkumpul. Data kualiti air hujan ini merupakan langkah awal dalam pengaplikasian SPA di kampus KUiTTHO seterusnya implikasi kejadian banjir kilat dan seumpamanya dapat dielakkan pada masa akan datang.

ABSTRACT

This research looks at the design of Rainwater Harvesting System (RWHS) and its suitability in terms of water quality aspect as alternative of water supply for domestic uses. This system is located at Main Campus KUiTTHO, Parit Raja. Selection of material and arrangement of components were done to reduce the contaminant of water quality. The RWHS consists of collection area, gutters, first flush system, storage tank, and focusing on water quality by using biosand filtration as a treatment system. Different depth was used for fine sand medium (diameter size, $d = 0.2-0.35\text{mm}$, uniformity coefficient, $UC = 2.68$, porosity, $\epsilon = 0.40$, density, $\rho_p = 2.65\text{g/ml}$) with 20 cm, 40 cm and 70 cm for each filter. Rainwater was collected from Februari 2005 to April 2005. This length of time including ripening period of biosand filter to form *schmutzdecke* layer within 3 weeks. This study shows that the biosand filter had treated the rainwater into good quality water. The result of water quality before treatment within Class IIA – V was improved to Class I - IIA after filtration treatment. Besides, the results also indicated that bioSand filter could remove up to 34 % for pH, 97 % for COD and BOD, 98 % for turbidity, 100 % for TSS, 99 % for total coliform, and 95 % - 100 % for heavy metal. The removal efficiency increases with the increase of bed depth. Besides, duration of dry period also influenced the results. This research was a first step to apply RWHS at Campus KUiTTHO so flooding due to run off from impervious area such as pavement and roofs will be reduced.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xiv
	SENARAI PLAT	xxi
	SENARAI SIMBOL	xxiii
	SENARAI SINGKATAN	xxiv
	SENARAI LAMPIRAN	xxvi

BAB I PENGENALAN

1.1	Latar Belakang Penyelidikan	2
1.2	Lokasi Penyelidikan	4
1.3	Penyataan Masalah	6
1.4	Kepentingan Penyelidikan	7
1.5	Objektif Penyelidikan	8
1.6	Skop Kajian	8
1.7	Ringkasan Kandungan Tesis	9

BAB II SISTEM PENGUMPULAN AIR HUJAN (SPAH)

2.1	Pengenalan	11
2.2	Kelebihan SPAH	13
2.3	Komponen-Komponen SPAH	14
2.3.1	Komponen Tadahan	15
2.3.1.1	Kaedah Bekalan Air Hujan	17
2.3.1.2	Kaedah Permintaan Pengguna	20
2.3.1.3	Kaedah Model Komputer	21
2.3.2	Komponen Saluran	21
2.3.3	Komponen Tangki Simpanan	22
2.3.4	Komponen Curahan Pertama	24
2.3.5	Komponen Rawatan	26
2.4	Kualiti Air SPAH	28
2.4.1	Sumber Pencemaran	28
2.4.2	Sifat-Sifat Kualiti Air SPAH	31
2.4.2.1	pH	32
2.4.2.2	Kekeruhan	34
2.4.2.3	Jumlah Pepejal Terampai (TSS)	34
2.4.2.4	Okigen Terlarut (DO)	35
2.4.2.5	Permintaan Oksigen Biokimia (BOD)	35
2.4.2.6	Permintaan Oksigen Kimia (COD)	36
2.4.2.7	Jumlah Koliform	36
2.4.2.8	Kandungan Logam Berat	38
2.5	Kesan Bahan Pencemar	40
2.6	Tahap Pencemaran Air Hujan Di Kampus Kuittho	41

BAB III KOMPONEN PENAPIS BIOPASIR

3.1	Pengenalan	43
3.2	Perbezaan Penapis Pasir Aliran Perlahan Dan Penapis Pasir Biopasir	44
3.3	Reka Bentuk Penapis Pasir Biopasir	45
3.4	Lapisan <i>Schmutzdecke</i>	48
3.5	Mekanisma Penyingkiran	49
3.5.1	Mekanisma Penyingkiran Secara Fizikal-Kimia	49
3.5.2	Mekanisma Penyingkiran Secara Biologikal	50
3.6	Kualiti Air Penapis Biopasir	51

BAB IV METODOLOGI

4.1	Pengenalan	53
4.2	Penyelidikan Awal (<i>Fasa I</i>)	55
4.2.1	Pengumpulan Maklumat Dari Pihak NAHRIM	55
4.2.2	Pemilihan Lokasi	55
4.2.3	Pembinaan SPAH	57
4.2.3.1	Komponen Tadahan	58
4.2.3.2	Komponen Saluran	60
4.2.3.3	Komponen Curahan Pertama	60
4.2.3.4	Komponen Tangki Simpanan	61
4.2.4	Pembinaan Komponen Penapis Biopasir	62
4.2.4.1	Penyediaan Pasir Halus	63
4.2.4.2	Pemasangan Penapis Biopasir	64
4.2.4.3	Tempoh Pematangan	65

4.3	Ujikaji Penyelidikan (<i>Fasa II</i>)	66
4.3.1	Pengambilan Sampel	66
4.3.2	Ujikaji Di Makmal	67
4.3.2.1	Oksigen Terlarut (DO)	67
4.3.2.2	pH	68
4.3.2.3	Permintaan Oksigen Biokima (BOD)	68
4.3.2.4	Permintaan Oksigen Kimia (COD)	69
4.3.2.5	Kekeruhan	70
4.3.2.6	Jumlah Pepejal Terampai	70
4.3.2.7	Jumlah Koliform	70
4.3.2.8	Kandungan Logam Berat	72
4.4	Analisis Data (<i>Fasa III</i>)	73

BAB V KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

5.1	Pengenalan	74
5.2	Keputusan Lengkungan Agihan Zarah Pasir	75
5.3	Pemendapan Pasir	76
5.4	Pencirian Kualiti Air Hujan	77
5.5	Kualiti Air SPAH Sebelum Melalui Komponen Rawatan	79
5.6	Kualiti Air SPAH Menggunakan Komponen Rawatan Penapis Biopasir	83
5.6.1	Suhu	83
5.6.2	Oksigen Terlarut	85
5.6.3	pH	89
5.6.4	Kekeruhan	93
5.6.5	Jumlah Pepejal Terampai (TSS)	97

5.6.6	Permintaan Oksigen Kimia (COD)	101
5.6.7	Permintaan Oksigen Biokimia (BOD)	104
5.6.8	Jumlah Koliform	108
5.6.9	Aluminium (Al)	112
5.6.10	Mangan (Mn)	116
5.6.11	Kromium (Cr)	120
5.6.12	Kadmium (Cd)	123
5.6.13	Zink (Zn)	127
5.6.14	Ferum (Fe)	131
5.6.15	Plumbum (Pb)	135
5.6.16	Nikel (Ni)	139
5.6.17	Kuprum (Cu)	142

BAB IV KESIMPULAN DAN CADANGAN

6.1	Ringkasan Penyelidikan	146
6.2	Kesimpulan	147
6.3	Cadangan	149

RUJUKAN	151
----------------	-----

LAMPIRAN	164
-----------------	-----

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKASURAT
2.1	Kajian mengenai kualiti air hujan menggunakan komponen tadahan berlainan bahan di Malaysia	16
2.2	Kapasiti hujan dikumpul (gelen) bagi pelbagai taburan hujan tahunan (inci) dan keluasan bumbung (kaki persegi) (Weng, 2002)	19
2.3	Diameter bagi tangki berbentuk bulat dan kapasitinya (gelen) (TWDB, 1997)	23
2.4	Kepanjangan sisi bagi tangki bersegi dan kapasitinya (gelen) (TWDB, 1997)	23
2.5	Kesan kedudukan komponen rawatan di pelbagai kedudukan (Thomas dan Martinson, 2003)	27
2.6	Pengkelasan pencemaran terhadap SPAH	29
2.7	Perbandingan kualiti air melalui SPAH di Malaysia	31
2.8	Perbandingan nilai pH bagi beberapa negara berlainan untuk kawasan bandar dan luar bandar	33
2.9	Perbandingan nilai kandungan jumlah koliform untuk beberapa negara	37
2.10	Perbandingan nilai kandungan logam berat melalui tadahan bumbung	39
2.11	Kesan bahan pencemar di dalam SPAH terhadap manusia dan alam sekitar (Gray, 2002; Metcalf dan Eddy, 2003; WHO, 1998)	41

3.1	Perbezaan ciri-ciri utama penapis pasir aliran perlahan dan penapis biopasir (Donison, 2004)	45
3.2	Parameter rekabentuk bagi penapis Biopasir (Lee, 2004)	48
3.3:	Mekanisma utama dan fenomena penyumbang kepada penyingkiran material di antara medium bergranul bagi penapis berkedalaman (Metcalf dan Eddy, 2003)	50
3.4	Kajian lepas bagi peratus pengurangan mikroorganisma dan partikel pencemar (Lee, 2001; Palmateer <i>et al.</i> , 1999; Fewster <i>et al.</i> , 2004)	52
5.1	Pencirian kualiti air hujan secara terus	78
5.2	Perbandingan air hujan tadahan secara terus (A) dan air hujan sebelum komponen rawatan (B)	80



SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Sistem Pengumpulan Air Hujan (SPAH) dan kegunaanya secara am	3
2.1	Ringkasan pengoperasian komponen SPAH	14
2.2	Kedudukan pemasangan komponen tangki simpanan (Shaaban dan Kardi, 2001)	24
2.3	Kesan curahan pertama bagi satu kejadian hujan terhadap masa (Furgeson, 1998)	25
2.4	Pencemaran air hujan sebagai sumber pencemaran tidak bertitik (Gray, 2002)	28
2.5	Laluan kemasukkan pencemaran ke dalam SPAH yang mempengaruhi kualiti air yang ditadah (Thomas dan Martinson, 2003)	30
3.1	Penapis pasir aliran perlahan secara tradisional (Metcalf dan Eddy, 2003)	45
3.2	Keratan rentas penapis Biopasir konkrit (Donison, 2003, Lee, 2001)	47
4.1	Metodologi penyelidikan	54
4.2	Lokasi pembinaan SPAH di dalam pelan kampus KUiTTHO (Skala 1: 2000)	56
5.1	Lengkungan agihan saiz zarah	75
5.2	Perbezaan kedalaman penapis Biopasir selepas pemendapan berlaku	76
5.3	Nilai maksimum kandungan logam berat bagi Al, Mn, Zn dan Fe sebelum melalui proses rawatan penapis biopasir	81

5.4	Nilai maksimum kandungan logam berat bagi Cr, Cd, Pb, Ni dan Cu sebelum melalui proses rawatan penapis biopasir	82
5.5	Nilai suhu bagi setiap sampel bagi tarikh berlainan	84
5.6	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan nilai suhu sampel	84
5.7	Perbandingan secara keseluruhan nilai oksigen terlarut bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	86
5.8	Peratus peningkatan DO bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	87
5.9	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan nilai oksigen terlarut bagi sampel	87
5.10	Perbezaan peratus peningkatan maksimum DO sebelum dan selepas tempoh pematangan	88
5.11	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	88
5.12	Perbandingan secara keseluruhan nilai pH bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	90
5.13	Peratus penyingkiran pH bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	91
5.14	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan pH bagi sampel	91
5.15	Perbezaan peratus pengurangan maksimum pH sebelum dan selepas tempoh pematangan	92
5.16	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	92
5.17	Perbandingan secara keseluruhan nilai kekeruhan bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	95



5.18	Peratusan kekeruhan bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	95
5.19	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan kekeruhan bagi sampel	96
5.20	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum kekeruhan sebelum dan selepas tempoh pematangan	96
5.21	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	97
5.22	Perbandingan secara keseluruhan nilai TSS bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	99
5.23	Peratus penyingkiran TSS bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	99
5.24	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan TSS bagi sampel	100
5.25	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum TSS sebelum dan selepas tempoh pematangan	100
5.26	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	101
5.27	Perbandingan secara keseluruhan nilai COD bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	102
5.28	Peratus penyingkiran COD bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	103
5.29	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan COD bagi sampel	103
5.30	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum COD sebelum dan selepas tempoh pematangan	104

5.31	Perbandingan secara keseluruhan nilai BOD bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	106
5.32	Peratus penyingkiran BOD bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	106
5.33	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan BOD bagi sampel	107
5.34	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum BOD sebelum dan selepas tempoh pematangan	107
5.35	Perbandingan secara keseluruhan nilai jumlah koliform bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	110
5.36	Peratus penyingkiran jumlah koliform bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	110
5.37	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan jumlah koliform bagi sampel	111
5.38	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum jumlah koliform sebelum dan selepas tempoh pematangan	111
5.39	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	112
5.40	Perbandingan secara keseluruhan nilai Al bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	114
5.41	Peratus penyingkiran Al bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	114
5.42	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Al bagi sampel	115
5.43	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Al sebelum dan selepas tempoh pematangan	115
5.44	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	116

5.45	Perbandingan secara keseluruhan nilai Mn bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	117
5.46	Peratus penyingkiran Mn bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	118
5.47	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Mn bagi sampel.	118
5.48	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Mn sebelum dan selepas tempoh pematangan	119
5.49	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	119
5.50	Perbandingan secara keseluruhan nilai Cr bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	121
5.51	Peratus penyingkiran Cr bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	121
5.52	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Cr bagi sampel	122
5.53	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Cr sebelum dan selepas tempoh pematangan	122
5.54	Perbandingan secara keseluruhan nilai Cd bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	124
5.55	Peratus penyingkiran Cd bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	125
5.56	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Cd bagi sampel	125
5.57	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Cd sebelum dan selepas tempoh pematangan	126
5.58	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	126

5.59	Perbandingan secara keseluruhan nilai Zn bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	128
5.60	Peratus penyingkiran Zn bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	129
5.61	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Zn bagi sampel	129
5.62	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Zn sebelum dan selepas tempoh pematangan	130
5.63	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	130
5.64	Perbandingan secara keseluruhan nilai Fe bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	132
5.65	Peratus penyingkiran Fe bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	133
5.66	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Fe bagi sampel	133
5.67	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Fe sebelum dan selepas tempoh pematangan	134
5.68	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	134
5.69	Perbandingan secara keseluruhan nilai Pb bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	136
5.70	Peratus penyingkiran Pb bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	137
5.71	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Pb bagi sampel	137
5.72	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Pb sebelum dan selepas tempoh pematangan	138
5.73	Perbandingan kajian lepas bagi penggunaan komponen rawatan berbeza terhadap SPAH	138

5.74	Perbandingan secara keseluruhan nilai Ni bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	140
5.75	Peratus penyingkiran Ni bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	140
5.76	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Ni bagi sampel	141
5.77	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Ni sebelum dan selepas tempoh pematangan	141
5.78	Perbandingan secara keseluruhan nilai Cu bagi setiap penapis Biopasir dengan kedalaman berbeza	143
5.79	Peratus penyingkiran Cu bagi setiap penapis dan tarikh berbeza	144
5.80	Perkaitan tempoh kering di antara kejadian hujan dan Cu bagi sampel	144
5.81	Perbezaan peratus penyingkiran maksimum Cu sebelum dan selepas tempoh pematangan	145



SENARAI PLAT

NO. PLAT	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	A. Air hujan yang tidak dikumpul menyebabkan air larian tidak terkawal, kekotorannya akan memasuki sistem saliran B. Senario banjir kilat di kawasan bandar, berlaku akibat pengurusan air ribut tidak diamalkan seperti penggunaan SPAH	2
1.2	Lokasi penyelidikan ini dilakukan	4
1.3	Taburan hujan bagi Semenanjung Malaysia (Buletin Bulanan Cuaca, Perkhidmatan Kajicuaca, 2005)	5
2.1	Bangunan yang telah menggunakan sumber air hujan iaitu SPAH bagi kegunaan domestik yang dibina oleh pihak NAHRIM A.Masjid Pandah Indah di Ampang B.Rumah kediaman di Taman Wangsa Melawati, Kuala Lumpur	12
2.2	Pembebasan asap dari cerobong oleh kilang berdekatan dengan kawasan kajian SPAH	42
4.1	Proses pembinaan SPAH sedang dilakukan	57
4.2	SPAH yang lengkap telah siap dibina	57
4.3	Pembinaan komponen tadahan bumbung menggunakan material zink adalah untuk memastikan kualiti air terpelihara	59

4.4	Komponen saluran dilengkapi dengan penapis untuk penjagaan kualiti air terkumpul	60
4.5	Komponen curahan pertama merupakan <i>pre-treatment</i> bagi SPAH	61
4.6	Komponen tangki simpanan dilengkapi dengan penutup agar kualiti air terpelihara	62
4.7	Penapis Biopasir parameter kedalaman pasir halus yang berlainan	65
4.8	Lapisan <i>schmutzdecke</i> matang yang telah terbentuk pada minggu ke-3	66
4.9	A. Reaktor COD untuk kaedah pencernaan B. HACH DR 2010 yang digunakan untuk analisis	69
4.10	Pengiraan jumlah koliform menggunakan kaedah pengiraan jumlah kandungan secara teknik <i>spread plate</i>	72
4.11	Alat menganalisis kepekatan logam-logam berat ICP-MS model Elan 9000 Perkin Elmer	73



SENARAI SIMBOL

%	Peratus
cfu/100mL	Unit Koloni Per 100 Mililiter
cm	Sentimeter
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	Ion Kromium
Cr^{3+}	Ion Dikromat
g	Gram
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Kalium Dikromat
m^2	Meter Persegi
m^3	Meter Isipadu
mg/L	Miligram Per Liter
mm	Milimeter
nm	Nanometer
NTU	Nephelometrik Unit Kekeruhan
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celsius
ppt	Bahagian Per Trillion

SENARAI SINGKATAN

ADR	Purata Hujan Harian
Al	Aluminium
BOD	Permintaan Oksigen Biokima
Cd	Kadmium
CO	Karbon Monoksida
COD	Permintaan Oksigen Kimia
Cr	Kromium
Cu	Kuprum
<i>D</i>	Jumlah Permintaan Pengguna
DO	Oksigen Terlarut
<i>D_s</i>	Permintaan Sistem
<i>D_{sh}</i>	Permintaan Tinggi Terhadap Sistem
<i>D_{sl}</i>	Permintaan Rendah Terhadap Sistem
ES	Saiz Efektif
F	Pemalar Larian
<i>f_D</i>	Pecahan Agihan Terhadap Permintaan
<i>f_h</i>	Pecahan Agihan Tahap Tinggi
<i>f_l</i>	Pecahan Agihan Tahap Rendah
Fe	Ferum
ICP-MS	Plasma Gandingan Aruhan – Spektrometer Jisim
JPS	Jabatan Pengairan Dan Saliran
KUiTTHO	Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn
NAHRIM	Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan, Malaysia
Ni	Nikel
NO ₂	Nitrogen dioksida

Pb	Plumbum
PM ₁₀	Zarah Terampai Saiz 10µm
PVC	Polifenil Klorida
R	Jumlah Taburan Hujan Tahunan
SPAH	Sistem Pengumpulan Air Hujan
SO ₂	Sulfur dioksida
UC	Pemalar Keseragaman
UPVC	Polifenil Klorida Tak Plastik
V	Kapasiti Di Dalam Tangki Simpanan
V _p	Kepelbagaian Permintaan
WHO	<i>World Health Organization</i>



RUJUKAN

- Adin, A. (2003). Slow Granular Filtration for Water Reuse. *Water Science and Technology : Water Supply*. Vol 3(4):123-130.
- Al-Khalili, R. S., Sutherland, J. P., Folkard G. K. (1997). Filtration With A Natural Coagulant, Water and Sanitation For All: Partnership and Innovations. *23rd WEDC Conference. Durban, South Africa*.
- Appan, A. (1993). The Utilization of Rainfall in Airports for Non-Potable Uses. *Proceedings of 6th Rain Water Catchments System. Nairobi, Kenya*. 1-6 August, 1993.
- Appan, A. (1997). Roof Water Collection Systems in Some Southeast Asian Countries: Status and Water Quality Level. *Journal Royal Society of Health*. October, 1997. Vol. 117 (5): 319-323.
- Appan, A. (1998). Rainwater Harvesting: Revival of Simple Methods and Development of Innovative and Improved Systems. *National Conference on Potential of Rainwater Harvesting: Traditions, Technologies, Policies and Social Mobilization, New Delhi, India*. 3-5 October 1998.
- Appan, A. (1999). Economic and Water Quality Aspects of Rainwater Catchments System. *Symposium on Efficient Water Use in Urban Area, Kuala Lumpur*. 8-9 June 1999.
- Ariyananda, T. (1999 a). Comparative Review of Drinking Water Quality from Different Rain Water Harvesting System in Sri Lanka. *9th International Rainwater Catchments Systems Conferences: An Answer to the Water Scarcity of the Next Millenium, Petrolina, Brazil*. July 1999.

- Ariyananda, T. (1999 b). Rainwater Harvesting for Domestic Use in Sri Lanka. 25th WEDC Conference: *Integrated Development For Water Supply and Sanitation*. Addis Ababa, Ethiopia.
- Ariyananda, T. (2000). Quality of Collected Rainwater from Sri Lanka. 26th WEDC Conference, Dhaka, Bangladesh.
- Aziz, N.F.A. (2005). Kajian Kesan Pencemaran Udara Yang Dikeluarkan Oleh Cerobong Asap Industri Ke Atas Kampus KUiTTHO. Universiti Teknologi Tun Hussein Onn: *Tesis B. Eng.*
- Bellamy, W.D., Hendricks, D. W., Longsdon G. S. (1985). Slow Sand Filtration: Influences of Selected Process Variables. *Journal AWWA*. 77 (12):62-66.
- Body, P. (1989). The Contaminant of Rainwater Tanks in Port Pirie. *Report No 9*. Department of Environmental and Planning, South Australia, Adelaide. 29.
- Brodrinbb, R., Webster, P., Farrell, D. (1999). Recurrent *Campylobacter Fetus* Subspecies Bacteraemia In Febrile Neutropaenipeateients Linked To Tank Water. *Communicable Diseases Intelligence*. Vol. (19): 312-313.
- Burrel, D.C. (1974). Atomic Spectroscopic Analysis of Heavy Metal Pollutants in Water. *Ann Arbor Science*. 25-26.
- Chang, M., Crowley, C. (1993). Preliminary Observations On Water Quality Of Storm Runoff From Four Selected Residential Roofs. *Water Resources Bulletin*. Vol. 29 (5): 777-783.
- Chang, M., McBroom, M. W., Beasley, R. S. (2004). Roofing As A Source Of Non-Point Water Pollution. *Journal of Environmental Management*. Vol. 73 (4): 307-315.

- Clasen, T., Smith, L. (2005). The Drinking Water Response to the Indian Ocean Tsunami, Including the Role of Household Water Treatment. World Health Organization, Geneva.
- Councell, T. B., Duckenfield, K. U., Landa, E. R., Callender, E. (2004). Tire-Wear Particles As A Sources of Zinc To the Environment. *Environment Sciences Technology*. Vol. 38 (15): 4206-4214.
- Crabtree, K., Ruskin, R.H., Shaw, S.B., Rose, J. (1999). The Detection Of *Cryptosporidium Oocysts* And *Giardia* Cysts In Cistern Water In The US Virgin Islands. *Water Resources*. Vol. 30(1): 208-216.
- Donison, K. S., (2004). Household Scale Slow Sand Filtration In The Dominican Republic, Massachusetts Institutes of Technology, (MIT) USA: *M.Eng Civil and Environmental Eng. Thesis*.
- DTU (2003a). Roof Water Harvesting for Poorer Households in the Tropics. *Inception Report*. School of Engineering, University of Warwick.
- DTU (2003b). Water Quality: Very Low Cost Domestic Roof Water Harvesting In The Humid Tropics: User Trials. *Report R3*. School of Engineering, University of Warwick. 31-37.
- Ellis, K. V. (1987). Slow Sand Filtration. *Journal Developing World Water*. Vol. 2:196 – 198.
- Faust, S. D., Aly, O.M. (1998). Chemistry of Water Treatment. 2nd Edition. Lewis Publishers.
- Ferguson, B. K. (1998). Introduction to Storm Water: Concept, Purpose, and Design. John Wiley & Sons, Inc.

- Fewster E., Mol, A., Brandsma, W. C. (2004). The Long Sustainability of Household Biosand Filtration, People-Centered Approaches to Water and Environmental Sanitation. *30th WEDC International Conferences, Vientiane, Lao PDR*.
- Fujioka, R., Chinn. (1987). The Microbiological Quality Cistern Waters In The Tantalus Area Of Honolulu, Hawaii. *Proceedings of the 3rd International Conferences on the Rain Water Cistern System, Keelung, Taiwan*. 33-45.
- Gadd, J., Kennedy, P. (2001). House Roof Runoff: Is It As Clean As We Think? *2nd South Pacific Storm Water Conference*. 75.
- Ghanayem, G. (2001). Environmental Consideration With Respect To Rainwater Harvesting. *10th International Rainwater Catchments Systems Conference. Rainwater Catchments: Rainwater International 2001. Mannheim, Germany. September, 2001*.
- Gould, J. (1999). Is Rainwater Safe to Drink? A Review of Recent Findings. *9th International Rainwater Catchments Systems Conference. Rainwater Catchments-an Answer to the Water Scarcity of the Next Millenium. Petrolina, Brazil. July, 1999*.
- Gould, J., McPhearson, H. (1989). Bacteriological Quality for Rainwater in Roof and Ground Catchments System in Botswana. *Water International*. Vol. 12(3):35-38.
- Gray, N. F. (2002). *Water Technology: An Introduction for Environmental Sciences and Engineers*. Butterworth-Heinemann, Avenue, Woburn MA.
- Greene , G. R., Thomas, P. R. (1993). Rainwater Quality from Different Roof Catchments. *Water, Science and Technology*. Vol 28.291-299.
- Grove, S. (1993). Rainwater Harvesting in United States: Learning Lesson the World Can Use. *Raindrop*. Vol 8: 1-10.

- Gumbs, A. F., Dierberg, F. G. (1989). Heavy Metals in Drinking Water From Cistern Supplying Single-Family Dwelling. *Water International*. Vol. 10 (1):22-28.
- Haebler, R. H., Waller, D. H. (1987). Water Of Rainwater Collection Systems In The Eastern Caribbean. *Proceeding Of The 3rd International Conference On Rain Water Cistern Systems, Khon Kaen University, Thailand*. 1-16.
- Hassan, R., Bakar, A. A. (2002). Rainwater Harvesting System: A Case Of Flextronics Technology (Formerly Ericsson) Factory Building: Preliminary Results. *Proceeding Rainwater Harvesting As A Tool For Sustainable Water Supply And Storm Water Management. Kuala Lumpur*. 12 March 2002.
- He, W., Wallinder, O., Leygraf, C. (2001). A Laboratory Study on Copper and Zinc Runoff During First-Flush and Steady-State Conditions. *Corrosion Sciences*. Vol 43:127-146.
- Heijin, H. (2001). Towards Water Quality Guidance for Collected Rainwater. *10th International Conference on Rainwater Catchments Systems. Rainwater International 2001. Mannheim, Germany, 2001*.
- Heyworth, J. (2001). A Dairy Gastroenteritis and Tank Rainwater Consumption in Young Children in South Australia. *10th International Conference on Rainwater Catchments Systems. Rainwater International 2001. Mannheim, Germany, 2001*
- Jellison L. K., Dick, R. I., Weber-Shirk, M. L. (2000). Enhanced Ripening of Slow Sand Filters. *Journal of Environmental Engineering*. ASCE. Vol. 126(12).
- Kassim, A. H. M., Sunar, N. S. M. (2004). Review of Utilizing Rainwater For Non-Potable Domestic Uses. *National Postgraduate Colloquium School of Chemical Engineering, USM*.

- King, T.L., Bedient, P.B. (1981). Effect of Acid Rain on Cistern Water Quality. 1st *International Rainwater Catchments Systems Conferences. Rainwater. Honolulu, Hawaii, USA.*
- Koplan, J., Deen, R., Swanston, W., and Tota, B., (1978). Contaminated Roof Collection Rainwater as a Possible Cause of an Outbreak of Salmonellosis. *Journal of Hygiene Cambridge.*303-309.
- Kszos L.A., Morris, G. W., Konetsky, B. K. (2004). Source of Toxicity in Storm Water: Zinc From Commonly Used Paint. *Environment Toxicology Chemistry.* Jan, Vol. 23 (1): 12-6.
- Larry, W. M. (2001). Storm Water Collection Systems Design Handbook. McGraw-Hill, USA.
- Lee, T. L., (2001). Biosand Household Water Filter Project in Nepal. Massachusetts Institutes Of Technology.(MIT) USA: *M.Eng Civil and Environmental Eng. Thesis.*
- Leh, F. L. N. (2001). Kualiti Air Hujan Curahan Permulaan di KUiTTHO. Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn: *Tesis B. Eng.*
- Lester, R. (1999). A Mixed Outbreak of Cryptosporidium and Giardiasis. *Update.* Australia. Vol. 9:14-15.
- Lo, A. (2000). The Contributions of Rainwater Harvesting to Resolve Water Shortages in the Future. *East Asia Rainwater Utilization Symposium, Taipei.*
- Longsdon, G., S., Kohne, R., Abel, S., LaBonde, S. (2002). Slow Sand Filtration for Small Water System. *Journal of Environmental Engineering.* Vol. 1: 339-348.

- MASMA (2000). *Manual Saliran Mesra Alam: Urban Storm Water Management Manual for Malaysia*. Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS), Malaysia.
- Mansur,U. (1999). Quality of Rainwater in Storage. *Proceedings of the Rainwater Harvesting Symposium, Colombo, SL*.
- Mason, Y., Ammann, A., Ulrich, A., Sigg, L. (1999). Behavior of Heavy Metal, Nutrients And Major Components During Roof-Runoff Infiltration. *Environmental Sciences Technology*. Vol. 39:1588-1597.
- Meng, H. Y. (2002). Rainwater Harvesting: Guidelines for Installing a Rainwater Collection and Utilization System. *Proceeding Rainwater Harvesting As A Tool For Sustainable Water Supply And Storm Water Management*. Kuala Lumpur. 12 March 2002.
- Metcalf dan Eddy (2003). *Wastewater Engineering – Treatment and Reuse*. 4th Edition, Mc Graw Hill.
- Mohamed, R. M. S. R. (2003). *Kajian Pencemaran Logam-Logam Berat Terpilih Di Sungai Bekuk, Johor*. Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn: *M.Eng. Tesis*.
- Muhammad, N., Ellis, K., Parr, J., Smith, M. D. (1996). Optimization of Slow Sand Filtration, Reaching the Unreached: Challenges for The 21st Century. *22nd WEDC Conference, New Delhi, India*.
- Muhammad N., Parr, J., Smith, M. D., Wheatly, A. D. (1997). Removal of Heavy Metal by Slow Sand Filtration: Water and Sanitation For All: Partnership and Innovations. *23rd WEDC Conference. Durban, South Africa*.
- MWH (2005). *Water Treatment: Principles and Design*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc. (11)867-955.

- NAHRIM (2004). Data Kualiti SPAH di Masjid Bukit. Indah, Ampang. Kuala Lumpur. Jabatan Kejuruteraan Sumber Air, Institut Hidraulik Kebangsaan Malaysia.
- NHMRC (1996). Australian Drinking Water Guidelines. National Health Medical Research Council, Commonwealth of Australia.
- Olem, H., Berthouex, P.M. (1989). Acidic Deposition, and Cistern Drinking Water Supplies. *Environmental Sciences Technology*. Vol. 23 (3): 333-340.
- Otieno, F.A.O. (1993) Quantity and Quality of Runoff in Nairobi: The Wasted Resources. *6th International Rainwater Catchments Systems Conferences. Rainwater: Participation In Rainwater Collection For Low Income Communities And Sustainable Development. Nairobi, Kenya.*
- Palmateer, G., Manz, D., Jurkovic, A., McInnis, R., Unger, S., Kwan, K. K., Dudka, B. J. (1999). Toxicant and Parasite Challenge of Manz Intermittent Slow Sand Filter, *Environmental Toxicology*. Vol 14: 217-225.
- Pinfold, J., Horan, N., Wirojanagud, W., Mara, D. (1993). The Bacteriological Quality of Rain-Jar Water in Northeast Thailand. *Water Research*. Vol. 27 (2):297-302.
- Pryor, S.C., Barthelmie, R.J. (2000). Particle Dry Deposition To Water Surfaces : Process And Consequences. *Mar. Pollution Bulletin*. Vol. 41 (1-6): 220-231.
- Quek, U., Forster, J. (1993). Trace Metals in Roof Runoff. *Water, Air and Soil Pollution*. Vol 68 : 373-389
- Rainwater Guideline for Installing a Rainwater Collection and Utilization System, (1999). Ministry of Housing and Local Government, Malaysia.

- Rees, D. G., Nyakaana, S., Thomas, T. H. (2000). Very Low Cost Roof Water Harvesting In East Africa. *Working Paper No. 55*. School of Engineering, University of Warwick.
- Ritenour, R. (1998). Biosand Household Water Filter. A Transfer of Slow Sand Filtration Technology to Developing Countries. *Samaritan's Purse*. 3rd ed. Canada.
- Roesner, L. A., Bledsoe, B. P., Brasher, R. W. (2001). Are Best Management Practice Criteria Really Environmentally Friendly. *Journal of Water Resources Planning and Management*. ASCE. Vol 127 (3):150- 154.
- Shaaban, A. J., Ibrahim, Z. Z., Kardi, J (1999). Alternative Water Supply: Rainwater Harvesting. *Workshop on Sustainable Management of Water Resources. A Review of Practical Options*. 20 July 1999. Shah Alam.
- Shaaban, A. J., Harun, Z., Kardi, J. (2000). Detention Cum Rainwater Harvesting Storage System for Office Building at DID Ampang. *Seminar on Integrated Urban Drainage Improvement for the Cities of Melaka and Sg Petani, Melaka*. 5-6 June, 2000.
- Shaaban, A. J., Ibrahim, Z. Z., Kardi, J. (2001). Sourcing Water from the Sky: Utilizing Precious Raindrops For Environment And Health Friendly Non-Potable Household Use *World Day for Water Seminar :Water for Health*. 23 - 24 March 2001, Batu Pahat.
- Shaaban, A. J., Kardi, J. (2001). Rainwater Harvesting and Utilisation: Current Technology, Future Prospects and Relevance with Sustainable Water Resources Development. *NAHRIM National Conference, Bangi*. 24-26 September, 2001.

Shaaban, A. J., Kardi, J. and Awang, S. (2002). Rainwater Harvesting and Utilisation For A Double Storey Terrace House At Taman Wangsa Melawati, Kuala Lumpur. *Proceeding of the Workshop on Rainwater Harvesting as a Tool for Sustainable Water Supply & Stormwater Management. CIDB, Kuala Lumpur.*

Shaaban A., J., Appan, A., (2003). Utilizing Rainwater for Reduce Non Potable Domestic Uses and Reducing Peak Urban Runoff in Malaysia. *International Conference on Rainwater Catchments Systems, Mexico.*

Sharekh, A. (1995). Rainwater Roof Catchment System for Domestic Water Supply in South of West Bank. *7th International Conference on Rainwater Catchments System: Rainwater Utilization for the World's People Beijing, China.* June, 1995.

Sharekh, M. S. A., Subuh, Y. M., (1995). Cisterns Water Quality in South of West Bank. *7th International Conference on Rainwater Catchments System: Rainwater Utilization for the World's People. Beijing, China.* June, 1995.

Simmons, G. C., Gao, W., Hope, V., Whitmore, J. (1999). The Design, Operation, and Security of Domestic Roof-Collected Rainwater Supplies in Auckland, New Zealand. *Proceedings, 41st New Zealand Water and Wastes Association Conference, Christchurch, New Zealand.*

Simmons, G. C., Smith, J. (1999). Roof Water Probable Source of Salmonella Infection. *New Zealand Public Health.* Vol. 4 (1):5.

Simmons, G., Hope, V, Lewis, G., Whitmore, J., Gao, W. (2001). Contamination Of Potable Roof-Collected Rainwater In Auckland, New Zealand. *Water Resources.* Vol. 36 (6): 1518-1524.

Smethurst, G. (1988). Basic Water Treatment for Application World Wide. 2nd Edition. Thomas Telford, London.

Supramaniam, Y. (2003) Study Over the Concept of Rainwater Harvesting System in Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn: *Thesis B. Eng.*

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998). 20th Ed. Washington D.C.: American Public Health Association.

Still, G. T (2001). Flow in Gutter and Downpipes. *Report 9831347*. Development Technology Unit, School of Engineering, University of Warwick.

Still, G. T., Thomas, T. (2002). The Optimum Sizing of Gutters for Domestic Roof Water Harvesting. Development Technology Unit, School of Engineering, University of Warwick.

Thomas, T., Rees, D. (1999). Affordable Roofwater Harvesting in the Humid Tropics. *9th International Rainwater Catchments Systems Conferences. Rainwater Catchment: An Answer to the Water Scarcity of the Next Millenium, Petrolina, Brazil.* July 1999.

Thomas, T. (2002). Domestic Water Supply Using Runoff from the Roofs of Institutional Buildings: Domestic Roof Water Harvesting. *Report RN-RWH05*. Development Technology Unit, School of Engineering, University of Warwick.

Thomas, T., Martinson, D. B. (2003). The Roof Water Harvesting Ladder. *11th International Rainwater Catchments Systems Conferences, Mexico City.* August 2003.

TWDB (1997). *Texas Guide To Rainwater Harvesting*. 2nd ed. Austin, Texas

Vasudevan, P. Tandon, M., Krishnan, C., Thomas, T., (2001). Bacteriological Quality of Water in DRWH. *Proceeding Workshop on Rainwater Harvesting, IIT, Delhi.* April, 2001.

- Waller, D., Inman, D. (1982). Rainwater As An Alternative Source in Nova Scotia 1st *International Rainwater Catchments Systems Conferences, Honolulu, Hawaii, USA.*
- Walsh, F.N. (1997). Inductively Coupled Plasma Spectrometry. Robin Gill. *Modern Analytical Geochemistry*. 1st ed. Singapore : Longman. 41 – 44.
- Weber - Shirk, M. L., Dick, R. I. (1997a). Biological Mechanisms in Slow Sand Filters, *Journal American Water Works Association*. Vol. 89 (2): 72-83.
- Weber - Shirk, M. L., Dick, R. I (1997b). Physical-Chemical Mechanisms in Slow Sand Filters. *Journal American Water Works Association*. Vol. 89(1):87-100.
- Weng, C., N. (2002). Rainfall Harvesting: Only One of Many Water Conservation Practices Toward The Evolution Of A Water Saving Society. *Proceeding Rainwater Harvesting As A Tool For Sustainable Water Supply And Storm Water Management. Kuala Lumpur*. 12 March 2002.
- Woei, N. C. (2002). Rainwater Quality Assesment With Zinc, Clay and Plastic Roof. Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn : *Thesis B. Eng.*
- World Health Organization (1993a). Guidelines for Drinking-Water Quality. Edisi Kedua. Geneva : (NLM Classification:WA 675). *Total Environment*. 214: 247-252.
- World Health Organization (1993b). Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organization, Geneva, 2nd ed, Vol.1: 188.
- World Health Organization (1998). Aluminum in Drinking Water, Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd ed. World Health Organization, Geneva.

Wright, J., Gundry, S., Conroy, R. (2004). Household Drinking Water in Developing Countries: A Systematic Review of Microbiological Contamination Between Sources And Point Of Use. *Tropical Medicine and International Health*. Vol 9 (1): 106.

Yaziz , M., Gunting, H., Sapari, N., Ghazali, A. (1989). Variation in Rainwater Quality From Roof Catchments. *Water Research*. Vol. 23 (6): 761-765.



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH