

## **Nota Penyelidikan/Research Note**

# **Pengurusan Sumber Air Mapan di Pulau Pangkor Sustainable Water Resource Management in Pangkor Island**

MOHD EKHWAN TORIMAN

### ABSTRAK

*Nota ini mengemukakan penyelidikan yang dilakukan mengenai pengurusan sumber air mapan dengan tumpuan kepada perilaku hidrologi, tren penduduk serta projeksi permintaan air, bagi sektor domestik di Pulau Pangkor. Aspek yang diteliti merangkumi ciri hujan dan air larian di Pulau Pangkor, proses pengeluaran air, agihan dan tahap kecekapan pengurusan sumber air. Nota ini juga memberi perhatian kepada trend pertumbuhan penduduk dari tahun 1995 hingga 2020 dengan menganalisis penggunaan air per kapita berdasarkan piawaian yang disarankan oleh The Malaysian Water Association. Hasil kajian menunjukkan bahawa hujan merupakan sumber utama air bersih ke Pulau Pangkor. Purata hujan bagi stesen yang dikaji ialah 150 mm dan 146 mm bagi kedua-dua stesen Stesen Kajicuaca Sitiawan dan Stesen TLDM, Lumut. Nilai Pekali Ubahan (C.V) bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah 30.81 peratus dan 36.50 peratus bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Manakala analisis air larian menunjukkan nilai maksima sebanyak 134.6 mm dan minima 99.4 mm bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan. Sisihan piawai dan nilai pekali ubahan (C.V) ialah masing-masing 20.07 dan 14.91 peratus. Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut pula menunjukkan air larian maksima dan minima sebanyak 164.5mm dan iaitu 109.1mm. Sisihan piawai bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut ialah 15.89 dengan nilai Pekali Ubahan (C.V) sebanyak 12.24 peratus. Sumber air rawat utama di Pulau Pangkor dibekalkan dari tanah besar dengan keupayaan maksimum sebanyak 7.90 juta liter sehari pada masa sekarang. Berdasarkan penggunaan air per kapita, didapati penggunaan air rawat per kapita di Pulau Pangkor adalah tinggi, iaitu di antara 680.4 liter/orang/hari hingga 993.3 liter/orang/hari. Projeksi permintaan air rawat menunjukkan guna air sektor domestik di Pulau Pangkor meningkat dari 5.09 juta liter/hari pada tahun 2006 kepada 5.94 juta liter/ hari pada tahun 2015 dan 8.36 liter/ hari pada tahun 2020. Dalam konteks ini tahap kecekapan yang tinggi dalam pengurusan penawaran air bukan sahaja dapat membekalkan air bersih yang cukup dan berkualiti tetapi juga dapat mengelakkan pembaziran dan defisit air.*

*Kata kunci: Pengurusan air, mapan, hujan, penduduk, sumber air, projeksi permintaan air rawat*

## ABSTRACT

*This research note is about the sustainable water management with special emphasis to hydrological characteristics, population trend and water demand projection. Aspects evaluated include precipitation and run off trends in Pulau Pangkor, water processes, distribution and management efficiency in water resources. This note also calls attention to the population growth from 1995 to 2020 particularly its relations to the per capita water consumption as recommended by the Malaysian Water Association guidelines. The results reveal that precipitation is a major source of fresh water in Pulau Pangkor. Mean precipitations recorded are 150 mm and 146 mm for both stations, namely the Stesen Kajicuaca Sitiawan and Stesen TLDM, Lumut. The correlation variant (C.V) for Stesen Kajicuaca Sitiawan is 30.81 percent while at Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut is 36.50. Meanwhile, runoff calculation shows maximum value of 134.6 mm and minimum 99.4 mm as recorded at Station Kajicuaca Sitiawan. The Std. Deviation (S.D) and C.V are 20.07 and 14.91 percent. For Station Kajicuaca TLDM, Lumut, runoff was calculated from maximum of 164.5mm and minimum 109.1 mm. The S.D for this station is 15.89 with C.V is 12.24 percent. Presently, major fresh water resource in Pulau Pangkor is supplied from the main land with maximum capacity of 7.90 million litre waters per day. Per capita water consumption at Pulau Pangkor is higher than others with approximately 680.4 litre/person/day to 993.3 litre/person/day. Water demand projection indicates that domestic sector consumption at Pulau Pangkor will increase from 5.09 litre/day in 2006 to 5.94 litre/day in 2014 and 8.36 litre/day in 2020, respectively. In this regard, an efficient water supply management can not only supply adequate fresh waters but also avoid waste and deficit waters in the future.*

*Keywords: Water management, sustainability, precipitation, population, water resources, fresh water demand projection*

## PENDAHULUAN

Sumber air merupakan elemen utama di dalam pembangunan sesebuah kawasan. Berbeza bagi kawasan daratan, sumber air di kawasan pulau memerlukan pengurusan yang sistematik memandangkan sumber air bersih yang terhad. Penjanaan sumber air bagi kebanyakan pulau di dunia diperolehi sama ada daripada sumber dalaman (tadahan air), penyulingan air laut, pemerosesan semula air kumbahan ataupun mengimportnya dari tanah besar. Sejauh mana keperluan air bersih di sesuatu kawasan banyak bergantung kepada faktor permintaan sumber air itu sendiri. Umpamanya, pulau yang dihuni oleh ramai penduduk memerlukan sumber air yang lebih banyak berbanding pulau yang kurang penghuni. Begitu juga pulau yang dikategorikan sebagai pulau

peranginan, memerlukan sumber air yang berterusan bagi menjamin aktiviti pelancongan, perhotelan dan komersil.

Keperluan air bersih terus menjadi pemangkin utama pembangunan sesebuah pulau, khususnya pulau peranginan yang sememangnya memerlukan infrastruktur sokongan yang efisien bagi menggerakkan ekonominya. Kewujudan air sebagai elemen semulajadi memerlukan pengurusan yang cekap bagi mengurangkan kos rawatan, menampung kehilangan air akibat kebocoran paip serta kelemahan agihan (Nabsiah 2006). Apatah lagi bagi pulau yang jauh dari tanah besar. Oleh sebab kedudukannya, sumber air di pulau amat terhad. Maka, pengurusan sumber air di pulau menjadi isu yang penting untuk dibincangkan, terutamanya bagi pulau yang sedang dibangunkan sebagai kawasan pelancongan. Keadaan ini disebabkan sumber air di kawasan tersebut bukan sahaja menghadapi tekanan daripada pertumbuhan bilangan penduduk tempatan malah juga daripada kehadiran pelancong yang mengunjungi kawasan tersebut.

Kekangan terhadap penawaran sumber air di pulau peranginan sering kali mendapat perhatian agensi kerajaan yang terlibat di dalam pembangunan pulau peranginan di Malaysia. Umpamanya, Pelan Pembangunan Pulau-Pulau Peranginan Malaysia telah memberikan penekanan yang utama kepada keperluan prasarana dan keseimbangan ekosistem dengan tumpuan utama kepada penawaran sumber air rawat yang terhad. Dengan keindahan sumber semula jadinya, kebanyakan pulau di Semenanjung Malaysia berpotensi dimajukan sebagai destinasi pelancongan di samping memajukan kawasan penempatan sedia ada.

Berdasarkan laporan Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia (1998), Pulau Pangkor dan Pulau Tioman adalah antara pulau peranginan yang memerlukan kajian dan penelitian terperinci terhadap sumber air masa depannya memandangkan aktiviti pembangunan dan pertambahan populasi yang tinggi dan agak mendadak dalam tempoh 15 tahun lepas. Dengan hanya tiga sub-lembangan yang terdapat di Pulau Pangkor, pengkajian terhadap sumber air sangat penting bagi memastikan bekalan sumber air bersih dapat memenuhi kehendak dan keperluan penduduk pada masa hadapan. Misalnya, jumlah air bersih yang dibekalkan oleh Sungai Pinang Besar di Pulau Pangkor hanya 759 m<sup>3</sup>/hari. Jumlah ini dianggap mampu membekalkan kira-kira 3 000 orang sahaja dalam satu-satu masa. Sementara itu, sumber air di Pulau Pangkor juga perlu memenuhi permintaan air bagi penduduk di kawasan Teluk Gedung, Teluk Kecil, Teluk Belanga serta Pasir Bogak (Mohd. Ekhwon 2005). Walaupun terdapat sumber air yang dibekalkan dari tanah besar, iaitu skim rawatan air di Lumut, masalah air masih berlaku akibat sumber air tersebut terpaksa diagih ke pulau di sekelilingnya.

Di dalam unjuran bekalan air bersih jangka panjang, biasanya tempoh masa 20 hingga 50 tahun akan digunakan untuk meneliti keupayaan sungai membekalkan air bersih. Sekiranya bekalan air bersih daripada sungai tidak

dapat menampung jumlah yang dikehendaki, Pulau Pangkor terpaksa mencari alternatif lain sama ada mendapatkan lebih banyak air dari tanah besar ataupun melalui sumber air bawah tanah. Secara khusus nota penyelidikan ini mengemukakan status hidrologi dan projeksi sumber air rawat berdasarkan kajian yang dilaksanakan pada tahun 2005-2006 di Pulau Pangkor, Perak. Melalui maklumat yang diperolehi, agensi pembangunan Pulau Pangkor dapat merancang seterusnya mengenal pasti sumber air yang boleh diterokai di kawasan kepulauan tersebut seterusnya memajukan lagi sektor pelancongan yang menjadi nadi ekonomi masyarakat tempatan.

### KAWASAN KAJIAN

Pulau Pangkor terletak di persisiran Laut Selat Melaka, pada garis lintang  $4^{\circ} 12' 50''$  Utara dan garis bujur  $100^{\circ} 34' 30''$  Timur. Keluasannya adalah  $22 \text{ km}^2$  (termasuk Pulau Pangkor Laut berluasan  $1.3 \text{ km}^2$ ). Hanya 1/10 daripada seluruh kawasan Pulau Pangkor dihuni oleh penduduk dan selebihnya diliputi oleh hutan dan tanah tinggi (Jadual 1). Pulau Pangkor dipisah daripada tanah besar Manjung oleh Selat Manjung. Jaraknya dengan Lumut, iaitu bandar terdekat dengan Pulau Pangkor adalah sejauh 6 km (Rajah 1). Pentadbiran Pulau Pangkor adalah di bawah Pihak Berkuasa Tempatan Mukim Lumut, salah satu mukim daripada lima mukim dalam daerah Manjung. Mukim ini terdiri daripada lapan kampung tradisional yang ditadbir oleh seorang Penghulu Mukim, iaitu Kampung Sungai Pinang Besar, Kampung Sungai Pinang Kecil, Kampung Teluk Dalam, Kampung Teluk Nipah, Kampung Sungai Udang, Kampung Pasir Bogak, Kampung Teluk Kecil dan Kampung Teluk Gedung. Selain itu, Pulau

JADUAL 1. Taburan Guna Tanah di Pulau Pangkor pada Tahun 1999 dan Tahun 2015

Jenis Guna Tanah	1999 (ha)	%	2015 (ha)	%
Perumahan	82.65	3.75	244.73	11.10
Perdagangan	109.10	4.95	331.77	15.05
Perindustrian	2.14	0.10	9.12	0.41
Pendidikan Kemudahan Awam	10.26	0.47	10.26	0.47
Kegunaan Awam	5.57	0.25	5.66	0.26
Penggunaan Khas	22.34	1.01	23.59	1.07
Penggunaan Agama	0.82	0.04	0.87	0.04
Rekreasi	0.34	0.02	21.02	0.95
Infrastruktur dan utiliti	3.48	0.16	3.48	0.16
Hutan *	1968.18	89.26	1554.38	70.50
Jumlah	2204.88	100.00	2204.88	100.00

*Nota:* \* termasuk hutan dan pelancongan terhad.

*Sumber:* Jabatan Pengaliran dan Saliran Perak 2002.

Pangkor dikelilingi oleh sembilan pulau kecil, iaitu Pulau Pangkor Laut (Pan Sea), Gugusan Pulau Sembilan, Pulau Giam, Pulau Mentagor, Pulau Tukun, Pulau Terendak, Pulau Jarak, Pulau Dua dan Pulau Batu Orang Tua.

Menurut Rancangan Tempatan Pulau Pangkor (RTPP), Pulau Pangkor akan dibangunkan sebagai pusat pelancongan yang bertemakan keindahan alam semulajadi, warisan sejarah dan pelancongan yang unggul di Malaysia bagi jangkamasa perancangan sehingga tahun 2015 (Majlis Daerah Manjung 1999). Pulau Pangkor dijangka mengalami perubahan pesat apabila kesemua program di bawah RTPP dilaksanakan sepenuhnya menjelang tahun 2015. Oleh itu, dalam konteks penyediaan prasarana asas bekalan air yang mencukupi menjadi satu elemen penting yang tidak dapat diabaikan. Maka, kuantiti dan kualiti air bersih yang dirawat memainkan peranan utama dalam menentukan kelancaran projek sesuatu pembangunan.



RAJAH 1. Lokasi Pulau Pangkor sebagai kawasan kajian

## METODOLOGI KAJIAN

Metod yang digunakan dalam kajian ini melibatkan pengumpulan dan analisis data. Maklumat fizikal bagi menentukan status hidrologi di kawasan kajian

JADUAL 2. Rumusan data yang dikumpul untuk kajian pengurusan air

Status	Jenis Data	Tujuan Mengumpul	Tempoh Tahun yang Dikumpul	Sumber
Sekunder	Rumusan klimatologi stesen hujan Sitiawan	Mengkaji keadaan iklim dan cuaca kawasan kajian	1983 – 2003	Perkhidmatan Kajicuaca Malaysia
Sekunder	Rumusan klimatologi stesen hujan Lumut	Mengkaji keadaan iklim dan cuaca kawasan kajian	1987 – 1997	Perkhidmatan Kajicuaca Malaysia
Sekunder	Jumlah penggunaan air di Pulau Pangkor	Menganalisis aliran penggunaan air dan meramal permintaan air masa hadapan	1995 – 2005	Lembaga Air Perak
Sekunder	Bilangan penduduk di Pulau Pangkor	Menganalisis aliran bilangan penduduk dan meramal bilangan penduduk masa hadapan	1995, 2000, 2005 dan 2010	Rancangan Struktur Negeri Perak 2001 – 2020

diperolehi dari Stesen Kajicuaca Sitiawan (latitud 4°13"U dan longitud 100°42"T) dan Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut (latitud 4°14"U dan longitud 100°37"T), iaitu stesen kajicuaca yang paling hampir dengan kawasan kajian. Jadual 2 menunjukkan rumusan data yang dikumpul untuk kajian ini. Manakala analisis data pula melibatkan kaedah statistik bagi melihat hubungan antara angkubah yang dipilih. Jadual 3 pula meringkaskan analisis statistik yang dijalankan mengikut kegunaannya. Dalam konteks pengurusan sumber air mapan,

JADUAL 3. Rumusan kaedah statistik yang diguna dalam kajian

Kegunaan	Kaedah Statistik	Formula Pengiraan
Serakan	Pekali Ubahan	$C.V = \frac{\sigma}{\mu}(100)$
Meramal air hujan dan suhu bagi stesen kajicuaca TLDM, Lumut	Regresi	$Y = a + bX$
Mengkaji hubungan antara dua pembolehubah	Korelasi	$r = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\left\{ \left[ N\sum X^2 - (\sum X)^2 \right] \cdot \left[ N\sum Y^2 - (\sum Y)^2 \right] \right\}^{1/2}}$

perbincangan tertumpu kepada bekalan air di Pulau Pangkor seperti sumber bekalan, permintaan dan projeksi bagi memberi gambaran tentang guna air semasa di Pulau Pangkor. Dua paramater hidrologi, iaitu hujan dan air larian permukaan akan turut dihuraikan dalam konteks sumber air boleh guna.

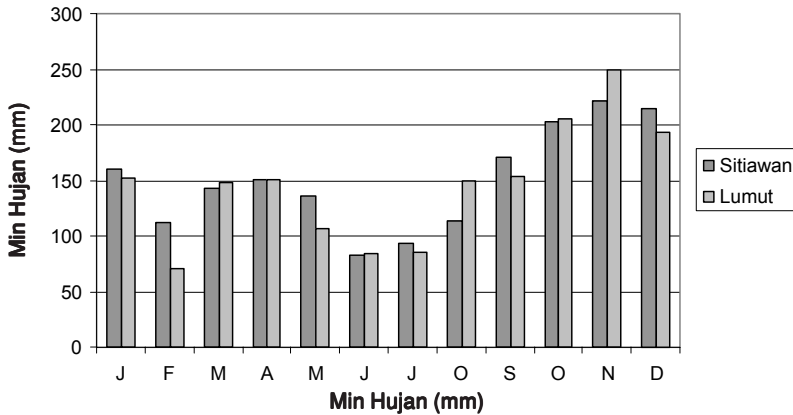
## HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

### PERILAKU HUJAN

Hasil maklumat hidrologi Pulau Pangkor telah dianalisis bagi tempoh 21 tahun untuk Stesen Kajicuaca Sitiawan dan 11 tahun bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Secara umum, Pulau Pangkor menerima iklim Khatulistiwa, iaitu seragam sepanjang tahun. Jumlah hujan pula adalah tinggi pada musim monsun. Berdasarkan Jadual 4, didapati min jangka panjang bagi data hujan Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah 150.1mm manakala min jangka panjang bagi data hujan Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut ialah 145.5 mm. Kedua-dua stesen mencatatkan min hujan yang paling tinggi pada tahun 1995. Tahun terkering bagi kedua-dua stesen ialah 114.9 mm dan 124.8 mm, iaitu pada tahun 1997 bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan dan tahun 1990 bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Sisihan piawai bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah 20.03 dan 18.18 bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Kedua-dua stesen mencatatkan sisihan piawai agak rendah kerana terdapat perbezaan taburan hujan antara tahun yang tidak ketara.

Nilai Pekali Ubahan (C.V) bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah 13.35 peratus dan 10.94 peratus bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Perbezaan nilai C.V ditunjukkan dalam peratusan di mana nilainya adalah tinggi jika mengalami jumlah hujan yang rendah dan akan berlaku sebaliknya apabila jumlah purata hujan adalah tinggi. Kaedah ini pernah digunakan oleh Dale (1960) bagi menerangkan perubahan hujan di Semenanjung Malaysia. Kedua-dua stesen mencatatkan C.V yang agak rendah dan menunjukkan purata hujan bagi kedua-dua stesen adalah tinggi dalam tempoh kajian.

Rajah 2 menunjukkan nilai min hujan bulanan yang diterima di Stesen Kajicuaca Sitiawan dan Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Berdasarkan Jadual 4, min hujan bulanan bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah sebanyak 150.1 mm dan bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut ialah 145.5 mm. Kedua-dua stesen mencatatkan min hujan bulanan yang tertinggi pada bulan November, iaitu masing-masing mencatatkan 220.9 mm dan 248.7 mm. Min hujan bulanan pada bulan Jun merupakan bulan yang terkering bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan, iaitu sebanyak 82.6 mm tetapi tidak bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Bulan yang terkering bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut ialah bulan Februari yang mencatatkan min hujan bulanan sebanyak 70.7 mm. Kedua-dua bulan tersebut menerima hujan yang kurang daripada 100 mm sebulan. Sisihan piawai bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah 46.23 dan 53.12 bagi Stesen Kajicuaca TLDM,



RAJAH 2. Min hujan bulanan bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan dan Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut bagi tempoh 1983-2003

Lumut. Bagi tempoh 21 tahun Stesen Kajicuaca Sitiawan, bulan Oktober mencatatkan sisihan piawai yang paling tinggi, iaitu 119.55 kerana terdapat perbezaan taburan hujan antara tahun yang ketara. Manakala bulan Julai mencatatkan sisihan piawai yang terendah, iaitu 44.79. Bagi tempoh 11 tahun Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut, bulan yang mencatatkan sisihan piawai yang paling tinggi ialah bulan Ogos, iaitu 116.3 kerana terdapat serakan antara tahun yang ketara. Bulan Mei pula mencatatkan sisihan piawai yang terendah, iaitu 35.46.

Nilai Pekali Ubahan (C.V) bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah 30.81 peratus dan 36.50 peratus bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Stesen Kajicuaca Sitiawan mencatatkan nilai C.V yang tertinggi pada bulan Februari, iaitu sebanyak 75 peratus. Dalam keadaan ini, nilai C.Vnya adalah sama dengan kajian yang telah dilakukan oleh Dale (1960) yang mengatakan bahawa bulan terkering adalah bulan Februari dan Julai kerana pada kedua-dua bulan tersebut kesan angin musiman adalah kurang berkesan dan hujan agak kurang. Dalam bulan ini, nilai C.V meningkat lebih 70 peratus. Namun begitu, keadaan ini berlainan bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Nilai C.V yang tertinggi dicatatkan pada bulan Ogos, iaitu 78 peratus dan terendah pada bulan November iaitu 32 peratus.

Kebanyakan hujan yang turun di Pulau Pangkor berpunca daripada pengaruh angin musiman seperti Monsun Timur Laut yang tiba pada bulan November dan awal Mac. Kedatangan angin monsun ini membawa jumlah hujan yang lebat. Bulan yang paling banyak menerima hujan ialah antara bulan November dan Disember. Keadaan ini adalah disebabkan bermulanya musim Monsun Timur Laut pada bulan November. Awal atau lambat ketibaannya pula bergantung pada tiupan angin monsun itu sendiri. Keadaan sebaliknya pula berlaku pada bulan Februari di mana jumlah hujannya semakin berkurangan akibat pengaruh Monsun Timur Laut yang semakin kurang berkesan.



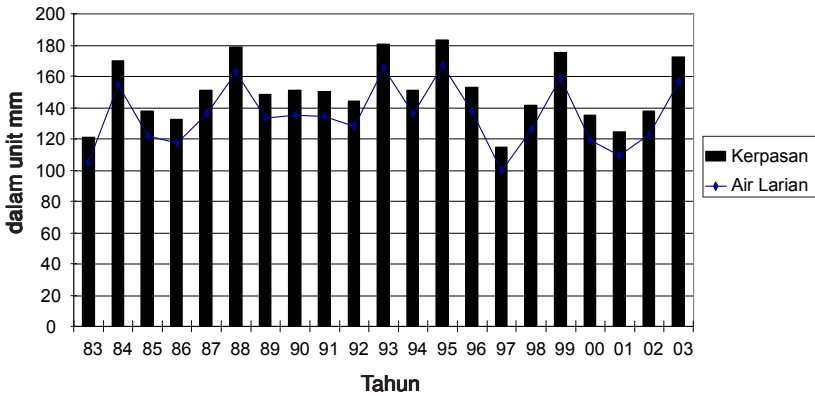
JADUAL 4. Min hujan tahunan (mm) bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan dan Stesen TLDM, Lumut

Tahun	Stesen Kajiklim	
	Sitiawan	Lumut
1983	120.5	-
1984	169.8	-
1985	137.6	-
1986	132.5	-
1987	151.3	130.8
1988	178.4	165.1
1989	148.6	151.2
1990	150.7	124.8
1991	150.1	132.1
1992	143.7	136.8
1993	180.6	147.2
1994	150.8	144.1
1995	182.7	180.2
1996	153.0	146.0
1997	114.9	142.6
1998	141.7	-
1999	175.1	-
2000	134.8	-
2001	124.8	-
2002	137.8	-
2003	172.1	-
Jumlah	3151.5	1601.0
Min	114.9	124.8
Mak	182.7	180.2
Purata	150.1	145.5
S.D	20.03	18.18
C.V	13.35	10.94

### PERILAKU AIR LARIAN

Faktor air larian adalah penting dalam menentukan sumber air mapan di kawasan kajian. Sebarang perubahan terhadap litupan permukaan akan mempengaruhi kadar air larian permukaan dan bawah tanah, seterusnya jumlah luahan yang mengalir.

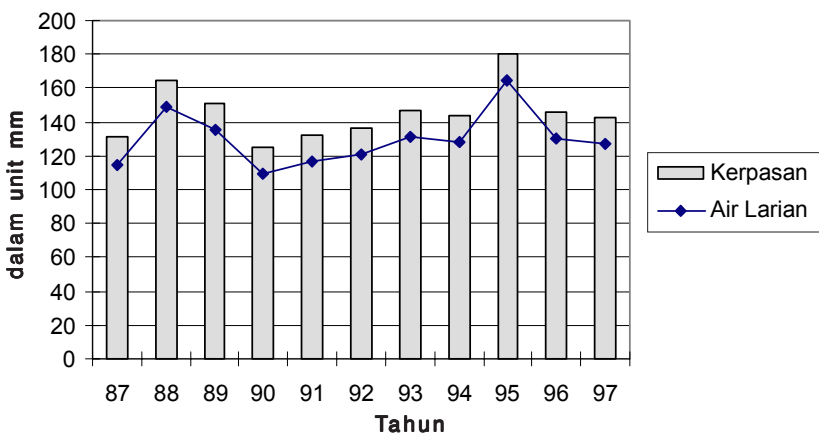
Berdasarkan Rajah 3, min air larian bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah sebanyak 134.6 mm. Tahun 1995 merupakan tahun yang mencatatkan min hujan yang paling maksimum dan tahun 1997 merupakan tahun yang terkering dalam tempoh kajian. Oleh itu, min air larian tertinggi dicatatkan pada tahun 1995, iaitu 167.2 mm dan yang terendah dicatatkan pada tahun 1997, iaitu 99.4 mm.



RAJAH 3. Min air larian dan hujan tahunan bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan

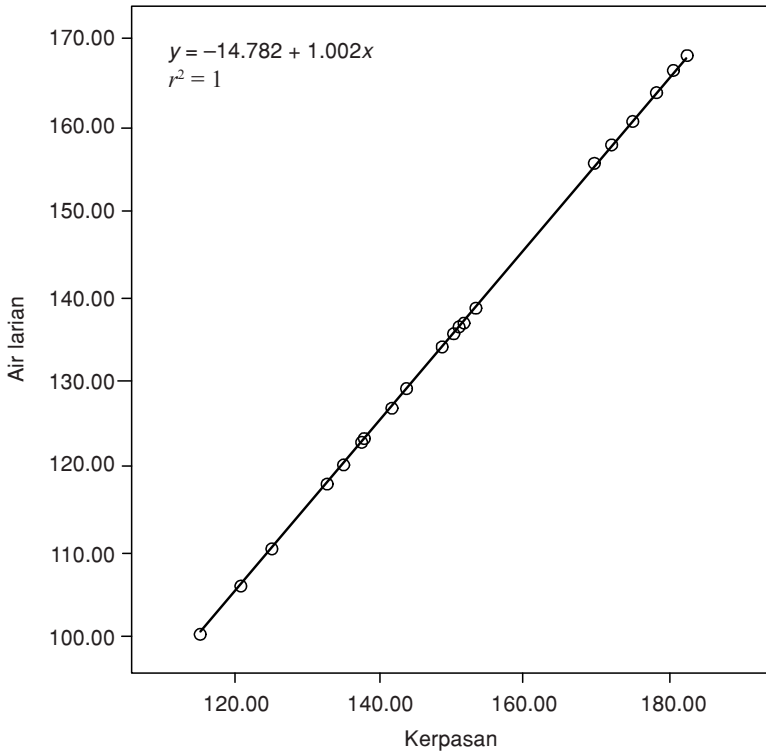
Sisihan piawai bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah 20.07. Nilai Pekali Ubahan (C.V) bagi Stesen Kajicuaca Sitiawan ialah 14.91 peratus.

Manakala Rajah 4 menunjukkan trend air larian dan min hujan tahunan bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut. Berdasarkan Jadual 4, min air larian bagi tempoh 11 tahun di Lumut ialah sebanyak 129.81 mm. Min air larian tertinggi dicatatkan pada tahun 1995, iaitu 164.5 mm dan yang terendah dicatatkan pada tahun 1990, iaitu 109.1 mm. Sisihan piawai bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut ialah 15.89. Nilai Pekali Ubahan (C.V) bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut ialah 12.24 peratus.



RAJAH 4. Min air larian dan hujan bulanan bagi Stesen Kajicuaca TLDM, Lumut 1983-2003

Secara umumnya, hasil analisis statistik mendapati kuantiti air larian berkait rapat dengan kapasiti hujan. Berdasarkan nilai pekali korelasi ( $r$ ), didapati bahawa hujan dan air larian mempunyai hubungan yang signifikan. Nilai  $r^2$  positif yang dicatatkan ialah 1 dengan persamaan regresi  $y = -14.782 + 1.002x$  (Rajah 5).



RAJAH 5. Hubungan antara kerpasan dan air larian

#### SUMBER AIR RAWAT DI PULAU PANGKOR

Sumber bekalan air di Pulau Pangkor agak berbeza dengan kawasan lain yang terletak di tanah besar. Secara umumnya sumber air semula jadi di Pulau Pangkor adalah terhad dengan punca utamanya ialah melalui air hujan seperti yang dibincangkan sebelumnya. Hal ini disebabkan kedudukannya sebagai sebuah pulau yang kecil ( $22 \text{ km}^2$ ) dan hanya terdapat tiga sublembangan di kawasan tersebut. Lagipun, keupayaan sungai di Pulau Pangkor untuk membekalkan air bersih dirawat kepada penghuni adalah sangat rendah. Bagi memenuhi permintaan, air telah diimport ke Pulau Pangkor dari loji yang terletak di tanah besar

bersebelahan Pulau Pangkor melalui paip air dasar laut. Loji air Kampung Paloh dan loji air Teluk Kepayang merupakan dua loji air yang bertanggungjawab membekalkan air rawat kepada daerah Manjung, termasuklah Pulau Pangkor. Punca bekalan air bagi kedua-dua loji air ini adalah Sungai Perak yang berupaya membekalkan air sebanyak 4903 juta liter air sehari kepada loji air Teluk Kepayang dan 4843 juta liter air sehari kepada loji air Kampung Paloh. Dari segi kapasiti pengeluaran kedua-dua loji air ini, loji air Kampung Paloh mengeluarkan air sebanyak 45.46 juta liter sehari manakala loji air Teluk Kepayang membekalkan air sebanyak 81.83 juta liter sehari (Pejabat Daerah dan Tanah Manjung t.th.). Jadual 5 menunjukkan kapasiti punca bekalan, kapasiti reka bentuk dan keupayaan bekalan bagi kedua-dua loji air ini.

JADUAL 5. Kapasiti punca bekalan, kapasiti rekabentuk dan keupayaan bekalan loji Teluk Kepayang dan loji Kampung Paloh

Nama Loji	Punca Bekalan	Kapasiti Punca Bekalan (juta liter sehari)	Kapasiti Rekabentuk (juta liter sehari)	Keupayaan Bekalan (juta liter sehari)
Teluk Kepayang	Sg. Perak	4903	68	80
Kampung Paloh	Sg. Perak	4843	45	35

*Sumber:* Pejabat Daerah dan Tanah Manjung, t.th.

Walau bagaimanapun, jumlah air rawat yang diagih ke Pulau Pangkor hanya 6.79 peratus daripada jumlah air yang diperolehi oleh daerah Manjung, iaitu sebanyak 8.42 juta liter sehari. Air dari tanah besar dihantar ke Pulau Pangkor melalui dua paip air bawah dasar laut (submarine pipe) yang menghubungkan takungan air Adam Bluff yang terletak di Lumut dengan takungan air Pangkor, iaitu kolam simpanan air B. Jumlah air yang dikeluarkan dari loji air Kampung Paloh dan loji air Teluk Kepayang akan diagih ke kawasan di daerah Manjung di pusat operasi Sitiawan sebelum dihantar ke Pulau Pangkor. Selepas itu, jumlah air yang perlu dihantar ke Pulau Pangkor akan melalui takungan air di Pundut dan seterusnya ke takungan air Adam Bluff. Dua paip air bawah dasar laut yang bertanggungjawab menghantar air ke Pulau Pangkor dari tanah besar masing-masing bersaiz 30.5 cm dan 35.6 cm.

Terdapat tiga kolam simpanan air di Pulau Pangkor yang masing-masing berperanan membekalkan air kepada kawasan Pulau Pangkor, iaitu kolam simpanan air A, kolam simpanan air B dan kolam simpanan air C. Kolam simpanan air B merupakan kolam simpanan air yang mempunyai kapasiti rekabentuk yang terbesar di Pulau Pangkor, iaitu 3.40 juta liter. Bagi kolam simpanan air A dan C, kapasiti reka bentuk kedua-dua kolam simpanan air ini adalah sama, iaitu 2.27 juta liter. Ini bermakna keupayaan maksimum penawaran bekalan air di Pulau Pangkor adalah sebanyak 7.90 juta liter sehari pada masa sekarang.

Dari segi agihan, kolam simpanan air C bertanggungjawab membekalkan air ke kawasan Pulau Pangkor Laut, Marine Bay, Teluk Ketapang, Teluk Nipah dan Teluk Dalam manakala kolam simpanan air A bertanggungjawab mengagihkan air ke kawasan lain di Pulau Pangkor seperti Sungai Pinang Besar, Sungai Pinang Kecil, Teluk Kecil, Teluk Gedung, Teluk Segadas dan Pasir Bogak. Bekalan air rawat di Pulau Pangkor diagihkan kepada penduduk melalui paip air yang bersaiz antara 10.2 cm hingga 20.3 cm.

## PENDUDUK DAN PERMINTAAN AIR RAWAT DI PULAU PANGKOR

Permintaan air rawat di sesuatu kawasan sentiasa dipengaruhi oleh bilangan penduduk yang terdapat di kawasan tersebut, iklim, kadar air dan tingkah laku pengguna (Jamaluddin et al. 2003). Lazimnya, permintaan air meningkat dari semasa ke semasa akibat daripada perkembangan saiz penduduk dan proses urbanisasi. Sebagai contoh, berdasarkan kajian yang telah dijalankan oleh Noorzuan (1999) di kawasan Lembah Sungai Langat (LARIB), didapati nilai penggunaan air per kapita di beberapa mukim seperti Dengkil, Beranang, Semenyih, Hulu Langat, Kajang dan Cheras telah melebihi purata garis panduan yang disarankan oleh pihak The Malaysian Water Association (2003). Hasil ini telah membuktikan bahawa terdapat penggunaan air per kapita yang berbeza di kawasan yang mempunyai keadaan fizikal yang hampir sama. Memandangkan kawasan pulau yang mempunyai sumber air terhad, penggunaan air per kapita adalah tinggi secara relatifnya. Satu kajian yang dijalankan oleh Nik Fuad (1990) di Pulau Pinang menunjukkan penggunaan air per kapita di Pulau Pinang adalah di antara 182 liter/kapita/hari hingga 516 liter/kapita/ hari pada tahun 1987.

Bagaimanapun, sekiranya terdapat pengurusan yang cekap, penggunaan air per kapita di kawasan pulau dapat dikurangkan. Sebagai contoh, Singapura sebagai negara kepulauan telah berjaya menurunkan penggunaan air per kapita daripada 170 liter/hari/orang pada tahun 1997 kepada 162 liter/hari/orang pada tahun 2004. Penggunaan air per kapita ini dijangka dapat diturunkan lagi kepada 160 liter/hari/orang menjelang tahun 2007 (Public Utilities Board 2005). Selain daripada pengurusan yang cekap, kadar caj air yang tinggi, iaitu antara 1.17 dolar Singapura hingga 1.40 dolar Singapura bagi satu hingga 40 m<sup>3</sup> air adalah faktor utama yang menyebabkan wujudnya penggunaan air yang cekap di Negara Singapura (Jadual 6).

Bagi Pulau Pangkor, penggunaan air per kapitanya adalah tinggi sekiranya dibanding dengan tiga contoh di atas. Keadaan ini disebabkan kawasan tanah besar mempunyai sumber air semula jadi yang banyak dan mencukupi. Manakala bagi kawasan pulau, sumber air yang terhad telah mendorong kepada penggunaan air per kapita yang tinggi. Berbanding dengan Singapura, kadar air yang relatifnya rendah di Pulau Pangkor dipercayai juga adalah salah satu faktor yang menyumbang kepada penggunaan air per kapita yang tinggi.

JADUAL 6. Penggunaan air per kapita di Negara Singapura pada tahun 2002 hingga 2004

Tahun	Penggunaan air per kapita (liter/ orang/ hari)
2002	165
2003	165
2004	162

Sumber: Kementerian Persekitaran dan Sumber Air Singapura 2005.

Dari segi unjuran penduduk, didapati bilangan penduduk di Pulau Pangkor meningkat dari semasa ke semasa (Jadual 7). Bagi tahun yang tidak merekodkan bilangan penduduk Pulau Pangkor, penganggaran dibuat dengan menggunakan kaedah regresi linear. Dengan mengaitkan jumlah penggunaan air di Pulau Pangkor dipengaruhi oleh bilangan penduduk, persamaan regresi yang didapati adalah seperti berikut:

$$Y = 867.12 X - 2597476.04 \quad [1]$$

Yang mana;

Y = penggunaan air setahun dan

X = bilangan penduduk dalam tahun tersebut.

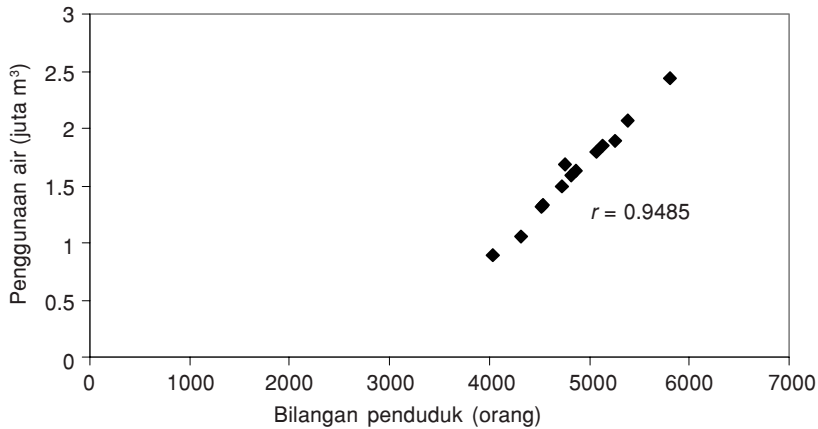
Koefisien korelasi ( $r^2$ ) bagi persamaan ini adalah 0.8997. Ini menunjukkan terdapat hubungan positif yang kuat sebanyak 89.97 peratus di antara jumlah penggunaan air dengan bilangan penduduk di Pulau Pangkor (Rajah 6).

Pada tahun 1995, terdapat 4,313 orang penduduk di Pulau Pangkor. Bilangan penduduk Pulau Pangkor meningkat secara berterusan dalam empat tahun kemudian. Pada tahun 1997, bilangan penduduk meningkat sebanyak 4.10

JADUAL 7. Unjuran Penduduk Daerah Manjung 1991-2010

Pihak Berkuasa Tempatan	1991	1995	2000	2005	2010
Majlis Daerah Manjung	123,543	135,110	154,490	176,070	200,300
1. Seri Manjung/ Lumut/Sitiawan	29,219	32,070,219	38,072	50,801	68,646
2. Ayer Tawar	6,703	7,178	7,925	8,747	9,655
3. Pantai Remis	3,159	3,383	3,735	4,124	4,550
4. Pulau Pangkor	4,027	4,313	4,760	5,256	5,804
5. Beruas	2653	2,841	3,136	3,463	3,825
Luar Kawasan MDM	44,914	45,840	47,010	48,230	49,500
Daerah Manjung	168,457	180,950	201,500	224,300	249,800

Sumber: Rancangan Struktur Negeri Perak, 2001-2020.

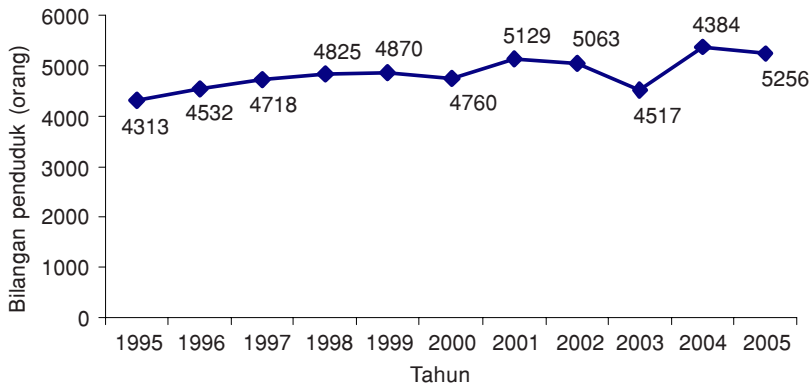


RAJAH 6. Hubungan antara penggunaan air dengan bilangan penduduk di Pulau Pangkor

peratus, iaitu daripada 4,532 orang pada tahun 1996 meningkat kepada 4,718 orang. Keadaan ini berlaku secara berterusan pada tahun 1998 dan tahun 1999. Bilangan penduduk masing-masing bertambah kepada 4,825 orang dan 4,870 orang dalam kedua-dua tahun ini. Bagaimanapun, kadar pertumbuhan penduduk telah menurun daripada 4.10 peratus pada tahun 1997 kepada 2.27 peratus pada tahun 1998 dan menurun lagi kepada 0.93 peratus pada tahun 1999.

Bilangan penduduk mengalami keadaan yang tidak konsisten dalam tempoh tahun 2000 hingga tahun 2005. Pada tahun 2000, bilangan penduduk menurun sebanyak 110 orang. Pada tahun seterusnya (2001), penduduk di Pulau Pangkor bertambah sebanyak 7.75 peratus. Bagaimanapun, bilangan penduduk berkurang lagi dalam tahun 2002 dan tahun 2003. Kadar penurunan penduduk pada kedua-dua tahun ini adalah sebanyak 1.29 peratus dan 10.78 peratus, iaitu bilangan penduduknya menurun daripada 5,129 orang (2001) kepada 5,063 orang (2002) dan turun lagi kepada 4,517 orang pada tahun 2003. Bilangan penduduk Pulau Pangkor meningkat balik kepada 5,384 orang pada tahun 2004 tetapi menurun semula pada tahun 2005. Pada tahun 2005, bilangan penduduk di Pulau Pangkor adalah sebanyak 5,256 orang.

Secara keseluruhan, aliran penduduk di Pulau Pangkor boleh dibahagikan kepada dua keadaan dalam tempoh tahun 1995 hingga tahun 2005. Bagi lima tahun pertama (tahun 1995 hingga tahun 1999), penduduk di Pulau Pangkor meningkat secara beransur-ansur. Akan tetapi, keadaan yang tidak konsisten wujud dalam enam tahun kemudian (tahun 2000 hingga tahun 2005). Keadaan ini paling ketara berlaku pada tahun 2003, data menunjukkan penurunan penduduk yang banyak berlaku pada tahun sebelumnya (2002) tetapi peningkatan penduduk yang ketara pada tahun seterusnya (2004). Rajah 7 menunjukkan aliran penduduk di Pulau Pangkor dalam tempoh tahun 1995 hingga tahun 2005.



RAJAH 7: Aliran penduduk di Pulau Pangkor dari tahun 1995 hingga 2005

### PROJEKSI PERMINTAAN AIR RAWAT DI PULAU PANGOR

Berdasarkan penggunaan air per kapita, didapati penggunaan air rawat per kapita di Pulau Pangkor adalah tinggi, iaitu di antara 680.4 liter/orang/hari hingga 993.3 liter/orang/hari dalam tempoh tahun 1995 hingga tahun 2005 sekiranya dibandingkan dengan garis panduan penggunaan air per kapita yang disarankan oleh The Malaysian Water Association (1994), iaitu 135 liter/orang/hari bagi kawasan desa hingga 320 liter/orang/hari bagi kawasan bandar. Di dalam rangka konsep bandar di Malaysia, saiz minimum penduduk di bandar haruslah tidak kurang daripada 10 000 orang. Dengan demikian, Pulau Pangkor adalah digolongkan dalam kategori desa. Memandangkan garis panduan penggunaan air per kapita yang dikemukakan oleh The Malaysian Water Association pada tahun 1994, penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor adalah lebih tinggi sebanyak lima hingga tujuh kali ganda. Keadaan ini menunjukkan garis panduan penggunaan air per kapita ini adalah tidak sesuai diaplikasi ke atas pulau yang mempunyai ciri dan keadaan fizikal yang amat berbeza dengan tanah besar.

Pada tahun 1995, penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor adalah sebanyak 680.24 liter/orang/hari. Penggunaan air per kapita ini bertambah kepada 814.06 liter/orang/hari pada tahun 1996 dan meningkat lagi kepada 876.71 liter/orang/hari pada tahun 1997. Pada tahun 1998 dan tahun 1999, nilai per kapita ini bertambah sebanyak 33.78 liter/orang/hari dan 13.64 liter/orang/hari masing-masing. Pada tahun yang seterusnya, penggunaan air per kapita meningkat kepada 918.77 liter/orang/hari. Penggunaan air per kapita meningkat lagi pada tahun 2001, iaitu meningkat sebanyak 17.04 liter/orang/hari.

Pada tahun 2002, nilai per kapita ini menurun kepada 980.50 liter/hari/orang. Nilai per kapita menurun secara berterusan pada tahun 2003, iaitu menurun lagi kepada 808.82 liter/orang/hari. Bagaimanapun, penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor meningkat dengan ketara pada tahun 2004, iaitu



JADUAL 8. Penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor  
(1995 - 2005)

Tahun	Penggunaan Air Per Kapita (liter/orang/hari)
1995	680.24
1996	814.06
1997	876.71
1998	910.49
1999	924.13
2000	981.77
2001	998.81
2002	980.50
2003	808.82
2004	1065.29
2005	993.30

bertambah kepada 1065.29 liter/orang/hari. Pada tahun 2005, nilai per kapita ini menurun sedikit kepada 993.30 liter/orang/hari. Jadual 8 menunjukkan penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor dalam tempoh tahun 1995 hingga tahun 2005.

Menurut Mohd Ekhwan (2004), sektor domestik merupakan sektor terbesar yang menggunakan bekalan air bersih bagi sesebuah negara yang sedang membangun dan maju. Oleh sebab projeksi permintaan air masa hadapan di Pulau Pangkor ini bersifat jangka pendek, iaitu untuk tempoh masa 15 tahun kemudian, maka unjuran permintaan air dilakukan dengan mengambil kira perubahan di dalam faktor perkhidmatan, penggunaan air per kapita dan bilangan populasi sahaja.

Projeksi terhadap penggunaan air dan penggunaan air per kapita masa hadapan dijalankan dengan menggunakan persamaan [1]. Jadual 9 menunjukkan analisis unjuran penggunaan air dan penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor dalam tempoh tahun 2006 hingga tahun 2020. Pada tahun 2006, penggunaan air per kapita dijangka meningkat kepada 1056.86 liter/orang/hari. Nilai per kapita ini meningkat secara berterusan pada tahun yang seterusnya. Pada tahun 2007 dan tahun 2008, penggunaan air per kapita meningkat kepada 1080.63 liter/orang/hari dan 1103.98 liter/orang/hari. Penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor bertambah sebanyak 22.94 liter/orang/hari pada tahun 2009 dan 22.53 liter/orang/hari pada tahun 2010. Pada tahun 2011 dan tahun 2012, nilai per kapita ini terus meningkat kepada 1171.58 liter/orang/hari dan 1193.32 liter/orang/hari.

Seterusnya pada tahun 2013 dan 2014, nilai per kapita ini masing-masing meningkat kepada 1214.67 liter/orang/hari dan 1235.65 liter/orang/hari. Penggunaan air per kapita bertambah sebanyak 20.61 liter/orang/hari pada tahun 2015, 20.24 liter/orang/hari pada tahun 2016 dan 19.89 liter/orang/hari pada tahun 2017. Pada tahun 2018 dan tahun 2019, nilai per kapita ini masing-masing meningkat kepada 1315.92 liter/orang/hari dan 1355.11 liter/orang/hari. Pada tahun

JADUAL 9. Analisis unjuran penggunaan air dan penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor (2006 - 2020)

Tahun	Anggaran penggunaan air (m <sup>3</sup> )	Anggaran penggunaan air per kapita (liter/orang/hari)
2006	2 042 143.17	1056.86
2007	2 125 656.31	1080.63
2008	2 210 672.70	1103.98
2009	2 297 219.37	1126.92
2010	2 385 323.89	1149.45
2011	2 475 014.29	1171.58
2012	2 566 319.12	1193.32
2013	2 659 267.43	1214.67
2014	2 753 888.81	1235.65
2015	2 850 213.38	1256.26
2016	2 948 271.25	1276.50
2017	3 048 095.25	1296.39
2018	3 149 715.53	1315.92
2019	3 253 164.98	1335.11
2020	3 358 476.52	1353.96

2020, penggunaan air per kapita dijangka meningkat kepada 1353.96 liter/orang/hari. Secara keseluruhannya, didapati bahawa penggunaan air per kapita di Pulau Pangkor meningkat dengan kadar yang menurun. Nilai peningkatan penggunaan air per kapita semakin kecil pada tahun yang seterusnya.

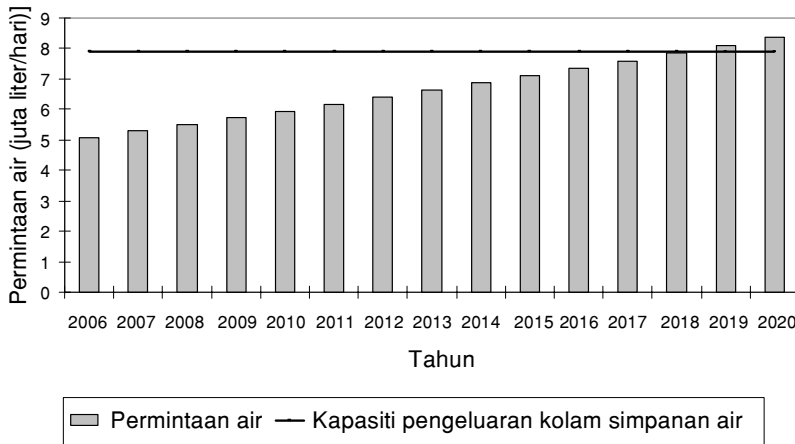
Selain itu, perubahan faktor perkhidmatan di daerah Manjung yang diramal dalam National Water Resources Study (2000-2050) digunakan. Jadual 10 menunjukkan perubahan faktor perkhidmatan di Daerah Manjung pada tahun 1997 hingga 2029.

Rajah 8 menunjukkan projeksi permintaan air di Pulau Pangkor dari tahun 2006 hingga 2020. Berdasarkan projeksi permintaan tersebut, didapati jumlah permintaan air sektor domestik di Pulau Pangkor meningkat dari 5.09 juta liter/hari pada tahun 2006 kepada 5.94 juta liter/hari pada tahun 2015 dan seterusnya meningkat lebih daripada 8.36 liter/hari pada tahun 2020. Peningkatan tersebut

JADUAL 10. Faktor perkhidmatan Daerah Manjung (1997 - 2029)

Tahun	Faktor Perkhidmatan
1997-1999	0.9
2000-2009	0.9
2010-2019	1.0
2020-2029	1.0

Sumber: Jabatan Bekalan Air Perak 2003.



RAJAH 8. Projeksi permintaan air di Pulau Pangkor berdasarkan kaedah Malaysian Water Association (1994)

adalah dijangka daripada perkembangan saiz populasi yang meningkat seiring dengan proses pembangunan di Pulau Pangkor.

Secara keseluruhannya, permintaan air di Pulau Pangkor meningkat secara konsisten dari tahun 2006 hingga tahun 2020. Ia dijangka meningkat sebanyak 64.46 peratus dalam tempoh 15 tahun ini. Pada tahun 2006, permintaan air ini dijangka meningkat kepada 5.01 juta liter/hari. Permintaan air meningkat sebanyak 0.21 juta liter/hari pada tahun 2007. Pada tahun 2008, permintaan air di Pulau Pangkor meningkat lagi sebanyak 0.21 juta liter/hari dan menjadi 5.73 juta liter/hari pada tahun 2009. Pada tahun yang seterusnya, permintaan air dijangka terus meningkat kepada 5.95 juta liter/hari. Pada tahun 2011 dan tahun 2012, permintaan air dijangka masing-masing meningkat lagi kepada 6.17 juta liter/hari dan 6.40 juta liter/hari. Permintaan air di Pulau Pangkor meningkat terus kepada 6.63 juta liter/hari pada tahun 2013 dan 6.86 juta liter/hari pada tahun 2014. Pada tahun 2015, tahun 2016 dan tahun 2017, permintaan air di Pulau Pangkor masing-masing bertambah kepada 7.1 juta liter/hari, 7.3 juta liter/hari dan 7.6 juta liter/hari. Pada tahun 2018, permintaan air meningkat sebanyak 0.25 juta liter/hari. Manakala pada tahun 2019 dan tahun 2020, permintaan air meningkat dengan jumlah yang sama, iaitu sebanyak 0.26 juta liter/hari.

Berdasarkan projeksi permintaan air, didapati kapasiti reka bentuk kolam simpanan air Pulau Pangkor yang hanya dapat menampung 7.9 juta liter air dalam satu-satu masa dijangka tidak dapat menampung permintaan air penduduk pada tahun 2018, iaitu apabila permintaan air dijangka meningkat kepada 7.85 juta liter/hari. Keadaan ini menunjukkan masalah defisit air dijangka timbul pada tahun 2018 sekiranya sumber air alternatif tidak dapat diperolehi dan kapasiti kolam simpanan air di Pulau Pangkor tidak dapat dinaiktarafkan.

## PENGURUSAN SUMBER AIR DI PULAU PANGKOR

Aspek pengurusan memainkan peranan yang amat penting dalam menentukan kuantiti dan kualiti penawaran air sesuatu tempat. Tahap kecekapan yang tinggi dalam pengurusan penawaran air bukan sahaja dapat membekalkan air bersih dirawat yang cukup dan berkualiti tetapi juga dapat mengelakkan pembaziran.

Bagi Pulau Pangkor, sumber air bersih diimport dari tanah besar, Lumut. Ini adalah disebabkan kekurangan sumber air di Pulau Pangkor. Lagipun, sumber air yang terdapat di Pulau Pangkor tidak sesuai untuk digunakan akibat jumlah luahan sungainya adalah kecil. Berdasarkan kajian yang telah dijalankan oleh Mohd Ekhwani (2005), didapati hanya 26 peratus daripada jumlah hujan disumbangkan melalui air larian permukaan. Sejatpeluhan di Pulau Pangkor adalah tinggi, iaitu sebanyak 57 peratus dan baki 17 peratus adalah simpanan air bawah tanah. Ditambah pula, keupayaan loji air Kampung Paloh dan loji air Teluk Ketapang yang tinggi dan mampu membekalkan kira-kira 50 juta liter dan 80 juta liter air sehari ke keseluruhan kawasan Manjung telah mendorong Pulau Pangkor seratus peratus bergantung kepada sumber air luaran tersebut.

Pembekalan air bersih di Pulau Pangkor adalah di bawah tanggungjawab Lembaga Air Perak (LAP) daerah Manjung. LAP bertanggungjawab untuk memastikan bekalan air bersih dirawat yang secukupnya dari segi kuantiti dan kualiti serta memenuhi kehendak dan keperluan pengguna di mana ianya dapat disalurkan ke rangkaian sistem agihan. Walaupun kedudukan dan ciri fizikal Pulau Pangkor adalah berbeza dengan kawasan tanah besar, sistem pengurusan penawaran air di Pulau Pangkor adalah tidak jauh berbeza dengan sistem pengurusan di kawasan tanah besar. Pengeluaran, agihan dan kawalan kualiti air merupakan tiga aspek utama dalam pengurusan bekalan air. Ketiga-tiga aspek ini sentiasa diaplikasi secara serentak dan berkesan supaya kualiti perkhidmatan LAP dijamin. Untuk memastikan proses pengeluaran bekalan air bersih dapat dijalankan dengan lancar dan berterusan, loji air yang mempunyai keupayaan pengeluaran air yang sesuai dengan permintaan semasa diperlukan. Dua loji air yang berkeupayaan pengeluaran sebanyak 45.46 juta liter sehari dan 81.83 juta liter sehari setakat ini mampu memenuhi permintaan air di daerah Manjung termasuklah Pulau Pangkor, iaitu loji air Kampung Paloh dan loji air Teluk Kepayang.

Sistem agihan berperanan penting dalam memastikan operasi, penyelenggaraan dan kerja-kerja pembaikan bagi rangkaian sistem agihan berjalan lancar serta memastikan air yang dibekalkan adalah berkualiti tinggi sama ada dari segi mutu air bersih, tahap tekanan air dan keberkesannya. Manakala dalam aspek kawalan kualiti air, fungsi utamanya adalah memastikan air yang dibekalkan menepati kehendak keperluan kualiti yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (Naemah 2006). Dengan sistem pengurusan air yang baik, Pulau Pangkor tentunya tidak mengalami defisit bekalan air pada masa hadapan. Hal ini memerlukan kordinasi yang jitu di antara pembekal air, pengurus air dan pengguna di Pulau Pangkor.

## KESIMPULAN

Di Malaysia, sumber air telah menjadi isu yang hangat dibincangkan sejak tahun-tahun 1980-an apabila kepesatan pembangunan negara telah mewujudkan masalah alam sekitar yang serius. Kegiatan penerokaan sumber alam sekitar dilakukan dengan berleluasan seperti pembalakan dan penerokaan tanah untuk pembinaan. Akibatnya, kawasan tadahan yang berfungsi sebagai kawasan simpanan air semula jadi telah berkurang dengan ketara sejak negara merdeka. Keadaan ini menyebabkan wujudnya ketidakseimbangan dalam kitaran hidrologi dan seterusnya mencetus masalah defisit air yang sepatutnya dapat dielakkan. Penerokaan tanah untuk pembangunan di sekeliling lembangan dan aktiviti perindustrian yang mengabaikan kesejahteraan alam sekitar menjadikan masalah sumber air ini lebih serius lagi sama ada dari segi kuantiti ataupun kualiti. Sehingga tahun-tahun 1990-an, pengurusan alam sekitar termasuklah sumber air baru diberi perhatian demi pembangunan mapan. Namun, permintaan terhadap air bersih semakin meningkat akibat perkembangan saiz penduduk dan aktiviti pembangunan yang semakin pesat. Hakikatnya, pertambahan penawaran sumber air sentiasa lebih perlahan daripada peningkatan permintaan air bersih. Keadaan ini telah menyebabkan kejadian defisit air telah berlaku apabila permintaan air bersih telah melebihi penawaran air bersih. Namun, keadaan tersebut dapat dielakkan sekiranya terdapat langkah pengurusan sumber air yang efisien.

## RUJUKAN

- Dale, W. L. 1960. The Rainfall of Malaya, Part II. *Journal of Tropical Geography* 14: 11-28.
- Jabatan Bekalan Air Perak. 2003. Bekalan Air Bersih Negeri Perak. Laporan Teknikal. Perak: Tidak diterbitkan.
- Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia. 1998. Status Geologi Negeri Perak. Laporan Tahunan. Kuala Lumpur: Tidak diterbitkan.
- Jamaluddin Md. Jahi, Mohd Ekhwan Toriman, Noorazuan Md. Hashim & Kadaruddin Aiyub. 2003: The Domestic water consumption and integrated water resources management of Langat River Basin, dalam Noorazuan Md. Hashim & Ruslan Rainis (Pnyt.). *Urban Ecosystem Studies in Malaysia: A Study of Change*. Universal Publishers. Florida. 93-104.
- Majlis Daerah Manjung. 1999. *Peta Cadangan dan Pernyataan Bertulis Rancangan Tempatan Pulau Pangkor 1999-2015*. Perak: Majlis Daerah Manjung.
- Malaysia Water Association. 2003. *Malaysia Water Industry Guide 2003, Water Supply Statistics & Performance Indicators*. Kuala Lumpur: he Malaysia Water Association.
- Malaysian Water Association. 2004. *Malaysia Water Industry Guide 2004, Water Supply Statistics & Performance Indicators*. Kuala Lumpur: The Malaysian Water Association.
- Mohd Ekhwan Hj. Toriman. 2004. Water Balance Analysis for Agricultural Development Projects: The Case of Western Johor, Peninsular Malaysia. Dlm. *Prosiding 3<sup>rd</sup>*

- Annual Seminar on Sustainability Science and Management*. Norhayati Mohd Tahir, Nakisah Mat Amin, Kamaruzzaman Yunus, Mohd Effendy Abd. Wahid, Nor Afandy Hamid, Ahmad Shamsuddin Ahmad, Jamilah Mohd Salim & Siti Aishah Abdullah (Pyt.). Penerbit KUSTEM. Kuala Terengganu.
- Mohd. Ekhwan Hj. Toriman. 2005. Status Hidrologi dan Masalah Defisit Air di Pulau Pangkor. Dlm. *Abstrak Pameran dan Pertandingan Poster Penyelidikan Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan 5-7 Julai 2005*. hlm. 39. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Nabsiah Abdul Wahid, Ismail Abustan, Lai Mui Mui & Lee Hue Yong. 2006. Water Saving Exploring Penang Consumers' Knowledge, Actual Behavior and Intention. National Conference – Water for Sustainable Development Towards a Developed Nation by 2020 13-14 July 2006, Guoman Resort Port Dickson.
- Naemah Amin. Liability of Water Suppliers under the Consumer Protection Act 1999.
- Nik Fuad Nik Aballah. 1990. *Bekalan Air, Pembentukan dan Pengairan*. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia.
- Noorazuan Md. Hashim. 1999. Sungai Langat Catchment Management and Water Resources Study. Laporan Teknik IRPA 08020212.
- Pejabat Daerah dan Tanah Manjung. t.th. Daerah Manjung. (atas talian) <http://pdt-manjong.perak.gov.my/BM/Indeks.html> (2 Disember 2005).
- Public Utilities Board. 2005. Water Consumption in Singapore. Annual Report. Singapura: Tidak diterbitkan.

Mohd Ekhwan Toriman, Ph.D.  
Pusat Pengajian Sosial Pembangunan dan Persekitaran  
FSSK. Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600. Bangi  
Selangor. D. E.  
[ikhwan@ukm.my](mailto:ikhwan@ukm.my)