

## PENGURUSAN PEMBEKALAN AIR NEGERI PERLIS

Nerda Zura bt Zaibidi (Nerda@uum.edu.my)

Abdul Razak Saleh (razak@uum.edu.my)

Fakulti Sains Kuantitatif

Universiti Utara Malaysia

*Abstrak.* Kajian ini bertujuan meramal permintaan air dalam sektor domestik Negeri Perlis sehingga tahun 2010 bagi menjamin sumber air yang ada dapat menampung semua keperluan permintaan. Peramalan dilakukan dengan menggunakan perisian IWR-MAIN (Institute for Water Resources-Municipal and Industrial Needs) yang merupakan satu sistem peramalan berkomputer. Faktor-faktor pembolehubah penerang yang telah dipertimbangkan yang mana mempengaruhi permintaan air adalah bilangan unit kediaman, populasi, pendapatan seisi rumah dan guna tanah. Perubahan dalam jumlah permintaan air yang diramal dijelaskan oleh perubahan pada faktor-faktor pembolehubah penerang yang dimasukkan ke dalam model. Seterusnya kajian ini telah mengkaji arah aliran permintaan air daripada Januari 2003 hingga Disember 2010 untuk melihat keluk-keluk permintaan bagi menggambarkan corak permintaan air Negeri Perlis. Kajian ini turut mengenal pasti permasalahan-permasalahan yang wujud dalam pengurusan pembekalan air Negeri Perlis hasil daripada pemanipulasian data dan temuduga bersemuka dengan pihak yang bertanggungjawab dalam pengurusan pembekalan air tersebut.

*Katakunci:* Ramalan, Permintaan Air, IWR-MAIN, Tren

*Abstract.* This study represents an attempt to forecast the water demand the domestic sector for the state of Perlis until the year 2010 in order to assure that the water resources are available to satisfy the demand requirement. The domestic demand for water of this study was forecasted using the IWR-MAIN (Institute for Water Resources-Municipal and Industrial Needs) software, established computerized forecasting system. The explanatory variables that were considered in this study were housing units, population, household income and land uses, all of which were factors influence the water demand. The change in the water demand forecast is explained by the change in the selected explanatory variables as well as the change in counting units. The fluctuation of the water demand from January 2003 until December 2010 was analyzed so as to identify the water demand pattern in the state Perlis. This study also attempts to identify the problems associated with water supply management state of Perlis through data manipulations and interviews with the relevant authorities in the water supply management of the state.

*Keywords:* Forecasting, Water Demand, IWR-MAIN, Trend

### PENDAHULUAN

Keperluan air bersih adalah tuntutan paling besar bagi manusia sama ada di negara kaya mahupun miskin kerana ia berkaitan dengan soal kesihatan dan ancaman penyakit serta maut. Pengurusan air yang baik bermaksud mendapat bekalan air yang mencukupi bagi semua keperluan termasuk domestik, industri, pertanian, rekreasi dan alam sekitar. Bagi

peladang dan petani, pengurusan air yang baik bererti mendapat jumlah air yang mencukupi bagi tanaman mereka tepat pada waktu yang diperlukan dengan belanja dan tenaga buruh yang minimum tanpa pembaziran. Pembangunan yang mampan memerlukan pengurusan dan teknologi yang tinggi untuk mempertingkatkan kecekapan pengurusan, penggunaan, pemuliharaan dan pemeliharaan sumber air. Menurut Ketua Pengarah Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia, Datuk Ir. Keizrul Abdullah, bagi mengurangkan eksploitasi sumber air yang baru, tumpuan akan diberi terhadap pengurusan air berasaskan permintaan. Ini termasuklah langkah untuk mempertingkatkan kecekapan penawaran dan penggunaan air dan kitar semula air serta mengkaji kemungkinan menggunakan air hujan.

## PERNYATAAN MASALAH

Negeri Perlis mempunyai 25 buah tangki simpanan air yang mana dua daripadanya tidak berfungsi dan lima lagi tidak dapat digunakan akibat kekurangan air. Antara tangki-tangki utama adalah Tangki Air Utan Aji, Tangki Air Batu Pahat, Tangki Air Oran, Tangki Air Simpang Empat, Tangki Air Padang Besar dan Tangki Air Kuala Perlis.

Permintaan bekalan air Negeri Perlis untuk tahun 1997 hingga 2000 dan jangkaan permintaan untuk tahun 2010 dan 2020 diringkaskan seperti pada Jadual 1.5.

**Jadual 1: Permintaan dan Jangkaan Bekalan Air Perlis (JLH)**

Jenis Penggunaan	1997	2000	2010	2020
Domestik	42.5	47.1	65.6	89.8
Perdagangan dan Industri	6.3	25.6	43.7	53.4
NRW	29.0	39.2	36.5	47.7
Jumlah	77.8	111.9	145.8	190.9

Sumber : BBA, JKR Negeri Perlis

Jumlah permintaan pada tahun 2000 ialah 111.9 JLH dan jumlah ini dijangka meningkat sehingga 145.8 JLH pada tahun 2010 dan 190.9 JLH pada tahun 2020 (Jadual 1.4). Jumlah ini melebihi keupayaan pengeluaran air di loji-loji di Negeri Perlis yang mempunyai jumlah kapasiti sebanyak 89.3 JLH. Oleh itu, permintaan keperluan bekalan air di negeri tersebut pada masa akan datang tidak dapat dipenuhi.

Pembangunan institusi pendidikan di negeri Perlis yang begitu pesat juga turut mempengaruhi permintaan bekalan air pada masa akan datang. Pembukaan sekolah rendah dan menengah di sekitar negeri itu, Pusat Matrikulasi dan Kolej Kejuruteraan Utara Malaysia di Arau menyumbang kepada migrasi penduduk daripada luar negeri Perlis ke dalam negeri tersebut. Dalam usaha untuk memastikan bekalan air mencukupi kepada semua penggunaan domestik dan komersil, Negeri Perlis perlu meramalkan kadar penggunaan air dengan lebih tepat pada masa hadapan bagi memastikan bekalan air mencukupi dan tidak menjejaskan sumber air tersebut. Namun begitu, tugas untuk meramal penggunaan air pada masa hadapan adalah sangat kompleks dan memerlukan kecekapan dan kepakaran yang tinggi. Ia juga perlu selaras dan peka terhadap sebarang perubahan yang berlaku dalam faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan air. Oleh itu adalah penting kaedah yang digunakan bagi peramalan penggunaan bekalan air mempunyai ciri-ciri tersebut dan menghasilkan satu peramalan yang betul dan boleh dijadikan panduan. Pengurusan dan perancangan sumber air kebanyakannya bergantung kepada peramalan terhadap keperluan air pada masa akan datang (Jones et. al, 1984). Ini adalah kerana

peramalan yang dilakukan sebelum ini terhadap permintaan bekalan air Negeri Perlis oleh pihak BBA hanya mempertimbangkan faktor populasi sahaja.

## OBJEKTIF UMUM

Objektif umum kajian ini adalah untuk mengkaji pengurusan bekalan air BBA, JKR Negeri Perlis serta melihat perubahan penggunaan air pada masa hadapan di Negeri Perlis.

### Objektif Khusus

Objektif-objektif khusus kajian adalah seperti berikut:

- Meramal permintaan bekalan air bulanan bagi Negeri Perlis sehingga tahun 2010.
- Mengenal pasti corak permintaan bekalan air di Negeri Perlis.
- Mengenal pasti permasalahan yang wujud dalam pengurusan pembekalan air Negeri Perlis.

## SKOP DAN HAD KAJIAN

Antara batasan dalam menjalankan kajian ini termasuklah:

- (i) Hanya mengkaji permintaan terhadap bekalan air dalam sektor domestik disebabkan kekangan data.
- (ii) Hanya tiga faktor pemboleh ubah yang dipertimbangkan sebagai faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan air iaitu populasi, pendapatan seisi rumah dan guna tanah. Ini berdasarkan kesediaan data yang ada dan kemudahan memperolehinya.
- (iii) Data siri masa yang diambil kira dalam kajian ini adalah data bulanan daripada Januari 1997 hingga Disember 2002

## MODEL IWR-MAIN

**IWR-MAIN** (*Institute for Water Resources – Municipal and Industrial Needs*) adalah satu sistem peramalan berkomputer terhadap penggunaan air yang mengandungi model-model peramalan, prosedur penjaan parameter sosioekonomi dan teknik pengurusan data (Viessman & Hammer, 1998). **IWR-MAIN** adalah asas kepada model MAIN (*Municipal and Industrial Needs*) yang dibangunkan oleh Hittman Associates, Inc. pada lewat tahun 1960-an untuk kegunaan Jabatan Penyelidikan Sumber Air di Amerika Syarikat yang mana menggantikan kajian klasik oleh Howe dan Lineweaver (1967) dan kajian-kajian lain. Dalam kajian klasik oleh Howe dan Lineweaver (1967) menunjukkan kepentingan ciri-ciri perumahan sebagai faktor yang mempengaruhi permintaan bekalan air selain daripada pendapatan, gaya hidup dan kemudahan peralatan penyaluran sumber air. Pada tahun 1980-an, **IWR-MAIN** berkembang melalui beberapa versi yang mewakili beberapa pengubahsuaian secara besar-besaran. Kini penggunaan **IWR-MAIN** semakin popular di beberapa buah organisasi yang menguruskan sumber air di bandar-bandar sekitar Amerika Syarikat seperti *Indianapolis Water Company, Phoenix Water and Wastewater Department, Metropolitan Water District of Southern California, Springfield City Water, Light and Power* dan lain-lain (Central & Southern Florida, 1995). PMCL (*Planning and Management Consultants, Ltd*) kini menawarkan kursus latihan penggunaan **IWR-MAIN**,

di bawah penyelarasan IWR (*Institute for Water Resources*) dan *American Public Works Association*.

*The U. S. Army Corps of Engineers*, telah bekerjasama dengan *Oklahoma Water Resources Board* dalam meramal keperluan air domestik dan industri dengan menggunakan model **IWR-MAIN** (*Oklahoma Comprehensive Water Plan, 1990*). Model ini digunakan untuk menganggar penggunaan air untuk tahun 1990 dan seterusnya menjangka keperluan air mengikut dekad daripada tahun 2000 hingga 2040. Tren jangkaan untuk tempoh tersebut digunakan untuk menggambarkan corak penggunaan air untuk tahun 2050. Data jangkaan untuk parameter populasi, pendapatan dan pekerjaan diperlukan untuk setiap dekad dalam tempoh tersebut. Data jangkaan untuk parameter perumahan ditentukan oleh model itu sendiri.

Andaian-andaian yang dibuat bagi tujuan peramalan adalah:

- nilai ramalan penggunaan air adalah mengikut tren jangkaan pemboleh ubah seperti populasi, bilangan dan jenis unit perumahan, pekerjaan dan median pendapatan seisi rumah.
- anggaran permintaan air pada masa hadapan menggambarkan keadaan cuaca adalah normal berdasarkan latitud dan longitud kawasan kajian dan pemboleh ubah cuaca yang diperolehi daripada *IWR-MAIN Library of Climatic Conditions*.
- tiada kenaikan harga air bagi penggunaan di kawasan perumahan.
- anggaran penggunaan air yang dikira tidak termasuk aktiviti pemuliharaan air yang sedang dijalankan atau yang telah dirancang.
- semua anggaran penggunaan air dikira daripada persamaan yang dibina oleh model **IWR-MAIN** dan pekali bagi penggunaan air tersebut telah disesuaikan mengikut corak penggunaan air di Oklahoma.

Model **IWR-MAIN** juga turut diaplikasi dalam meramal permintaan air untuk tahun 2050 di kawasan-kawasan sepanjang pantai Atlantik di bahagian Tenggara Florida (*Central & Southern Florida Project, 1995*). Kajian ini menyatakan langkah penting yang perlu diambil sebelum melakukan peramalan adalah menguji dan mengesahkan model **IWR-MAIN** terlebih dahulu. Pemilihan tahun asas yang baik untuk kegunaan ramalan adalah pada tahun bancian dijalankan kerana terdapat banyak data sosioekonomi yang boleh diperolehi untuk menguji model. Terdapat dua senario peramalan terhadap penggunaan air untuk tahun sehingga 2050 di kawasan kajian tersebut. Kedua-dua senario berbeza dari segi tahap keberkesanan program penjimatan air yang dilakukan. Anggaran yang lebih tinggi, *Anggaran A* berasaskan peratusan pengagihan yang sama seperti pada tahun 1990 untuk menggambarkan senario penggunaan air sehingga tahun 2050. Anggaran yang lebih rendah, *Anggaran B* adalah berasaskan kepada pengimplementasian sepenuhnya program penjimatan air dan pelaksanaan peraturan yang ditetapkan oleh *South Florida Water Management District*, organisasi yang bertanggungjawab menguruskan sumber air di kawasan tersebut. *Anggaran A* menganggarkan penggunaan air pada tahun sehingga 2050 ialah 1450 MGD (*million gallons per day*) sementara penganggaran oleh *Anggaran B* adalah sebanyak 1200 milion gelen per hari, kira-kira 18% kurang daripada *Anggaran A*. Keanjalan adalah ukuran hubungan di antara penggunaan air dan pemboleh ubah huraian seperti populasi, pekerjaan, unit perumahan dan lain-lain. Sebagai contoh, keanjalan pendapatan terhadap penggunaan air ialah sebanyak +0.5. Ini bermakna 1 peratus kenaikan dalam pendapatan akan menyebabkan penggunaan air akan meningkat sebanyak 0.5 peratus.

## METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini meramal permintaan air bulanan untuk tempoh bermula Januari 2003 sehingga Disember 2010. Peramalan terhadap permintaan air tersebut dilakukan dengan menggunakan perisian **IWR-MAIN**. Terdapat empat jenis kaedah model peramalan yang terdapat di dalam perisian ini mengikut kesesuaian dan skop peramalan yang akan dijalankan iaitu *Constant Use Rate*, *Build Forecasting Model*, *Specify Forecasting Model/Multiplicative* dan *Specify Forecasting Model/Linear*. Model *Constant Use Rate* merupakan model paling ringkas yang umumnya digunakan secara meluas dalam konsep peramalan keperluan air oleh pengguna. Kaedah peramalan ini akan menghitung purata kadar penggunaan air seunit bagi tahun asas berpandukan maklumat daripada penggunaan pada tahun asas dan bilangan unit pembilang dalam sektor yang dikaji. Model peramalan *Specify Forecasting Model/Multiplicative* dan *Specify Forecasting Model/Linear* pula memerlukan model prior untuk pembinaan model baru dengan mempertimbangkan kaedah-kaedah berstatistik. Dalam kajian ini, kaedah model peramalan yang digunakan ialah *Build Forecasting Model*. Ini adalah kerana model tersebut tidak memerlukan model prior dalam pembinaan model baru dan lebih fleksibel dengan perubahan nilai-nilai pemboleh ubah-pemboleh ubah penerang yang dimasukkan.

### *Build Forecasting Model*

Kaedah peramalan ini membolehkan kadar penggunaan ( $q$ ) berubah-ubah berdasarkan nilai pemboleh ubah penerang yang dimasukkan ke dalam persamaan model. Ini adalah kerana kadar penggunaan ( $q$ ) dipengaruhi oleh hubungan antara penggunaan air dan pemboleh ubah-pemboleh ubah penerang tersebut mengikut persamaan berikut:

$$Q_{m,y} = N_{m,y} \cdot q_{m,b} \cdot \left( \frac{X_{j,m,y}}{X_{j,m,b}} \right)^{\beta_{j,m}}$$

di mana:

- $Q_{m,y}$  = Jumlah penggunaan air pada bulan ( $m$ ) tahun ( $y$ )
- $N_{m,y}$  = Bilangan unit kiraan pada bulan ( $m$ ) tahun ( $y$ )
- $q_{m,b}$  = Kadar penggunaan pada bulan ( $m$ ) tahun asas( $b$ )
- $X_{j,m,y}$  = Nilai pemboleh ubah ( $j$ ) pada bulan ( $m$ ) tahun ( $y$ )
- $X_{j,m,b}$  = Nilai pemboleh ubah ( $j$ ) pada bulan ( $m$ ) tahun asas ( $b$ )
- $\beta_{j,m}$  = Nilai keanjalan pemboleh ubah ( $j$ ) pada bulan ( $m$ )

Perubahan dalam jumlah penggunaan air yang diramal dijelaskan oleh perubahan pada faktor-faktor pemboleh ubah penjelas/penerang yang dimasukkan ke dalam model.

Unit kiraan adalah sebagai pemboleh ubah panduan atau *driver variable* dalam subsektor kajian tersebut. Sebagai contoh jika penggunaan air dalam sektor domestik dianggar berdasarkan per unit asas perumahan maka unit kiraan di sini adalah unit perumahan. Pemboleh ubah penerang yang dipilih adalah populasi, pendapatan seisi rumah dan guna tanah. Perubahan dalam peramalan permintaan air daripada tahun ke tahun untuk suatu subsektor dipengaruhi atau boleh dijelaskan oleh perubahan dalam pemboleh ubah-pemboleh ubah penerang dan bilangan unit kiraan yang dimasukkan ke dalam model.

Keanjalan suatu pemboleh ubah adalah ukuran perhubungan di antara penggunaan air dengan setiap faktor-faktor pemboleh ubah penjelas/penerang. Sebagai contoh, keanjalan pendapatan isi rumah sebanyak +0.5 menunjukkan peningkatan 1% dalam pendapatan isi rumah mengakibatkan 0.5% peningkatan dalam penggunaan air.

Pengiraan keanjalan suatu pemboleh ubah penerang adalah seperti berikut:

$$\text{Keanjalan} = (dQ/Q) / (dX/X)$$

di mana:

$dQ$  = perubahan dalam jumlah penggunaan air

$Q$  = jumlah penggunaan air

$dX$  = perubahan dalam pemboleh ubah penerang

$X$  = jumlah pemboleh ubah penerang

Perubahan dalam jumlah penggunaan air dan pemboleh ubah penerang adalah daripada tahun ke tahun. Nilai keanjalan yang diperolehi adalah merupakan nilai purata untuk tahun daripada 1997-2002.

Seterusnya peramalan dilakukan ke atas jumlah penggunaan air untuk Januari 2003 hingga Disember 2010 dengan memasukkan nilai-nilai pemboleh ubah-pemboleh ubah penerang, unit kiraan dan keanjalan untuk setiap pemboleh ubah tersebut. Setelah peramalan dilakukan, data sebenar dan data ramalan bagi jumlah penggunaan air untuk tahun 1997 hingga 2003 dibandingkan untuk menentusahkan model yang digunakan.

## ANALISIS KAJIAN

Dalam kajian ini, nilai keanjalan untuk setiap pemboleh ubah penerang yang telah dipertimbangkan merupakan nilai purata untuk tempoh masa daripada tahun 1997 hingga 2002 dan nilai yang diperolehi adalah seperti pada jadual 4.1.

**Jadual 2 : Keanjalan Pemboleh ubah**

Pemboleh ubah penerang	Nilai Keanjalan
Populasi	0.36
Pendapatan isi rumah	0.42
Guna tanah	0.02

Daripada jadual 4.1, didapati faktor pendapatan seisi rumah menunjukkan nilai keanjalan yang lebih tinggi daripada faktor populasi dan guna tanah. Ini menunjukkan faktor pendapatan seisi rumah merupakan faktor utama yang mempengaruhi jumlah penggunaan air di negeri Perlis. Peningkatan 10% dalam faktor pendapatan seisi rumah mengakibatkan permintaan terhadap air meningkat sebanyak 4.2%. Penduduk yang berpendapatan tinggi biasanya lebih cenderung untuk membayar jumlah kuantiti air yang dibekalkan berbanding mereka yang berpendapatan rendah (Katzman 1977). Menurut Katzman (1977), nilai keanjalan di antara 0.4 dan 0.5 dianggap boleh digunakan

Faktor yang mempunyai nilai keanjalan kedua tertinggi ialah populasi. Peningkatan 10% dalam faktor populasi mengakibatkan permintaan terhadap air meningkat sebanyak 3.6%. Nilai keanjalan untuk faktor tersebut yang tinggi ini juga menunjukkan populasi merupakan faktor penyumbang yang besar kepada jumlah penggunaan air di negeri Perlis.

Manakala faktor guna tanah pula menunjukkan nilai keanjalan yang lebih kecil iaitu 0.02. Ini menunjukkan peningkatan 10% dalam guna tanah mengakibatkan permintaan terhadap air meningkat sebanyak 0.2%. Ini bermaksud jika kawasan yang akan dibangunkan melibatkan penggunaan tanah untuk sektor domestik meningkat sebanyak 10%, penggunaan air juga dijangka meningkat sebanyak 0.2%.

Tahun 1997 diambil sebagai tahun asas kerana pada tahun ini maklumat berkaitan data-data sekunder yang diperlukan adalah lengkap. Tahun asas dijadikan titik penentu ukuran dalam melakukan peramalan untuk tahun-tahun berikutnya. Data jumlah permintaan air, populasi, pendapatan isi rumah dan guna tanah untuk tahun tersebut dalam bentuk bulanan dimasukkan untuk proses penentukuran tersebut. Seterusnya data untuk faktor populasi, pendapatan isi rumah dan guna tanah tahun dimasukkan untuk tahun daripada bulan Januari 1998 hingga bulan Disember 2010 di mana data daripada bulan Januari 1998 hingga bulan Disember 2002 merupakan data sebenar dan yang selebihnya merupakan data ramalan.

Berdasarkan kepada kiraan pada tahun asas iaitu tahun 1997, kadar penggunaan ( $q$ ) berbeza-beza setiap bulan mengikut kepada jumlah penggunaan air dan unit kiraan pada bulan tersebut. Persamaan model yang dipertimbangkan adalah seperti berikut:

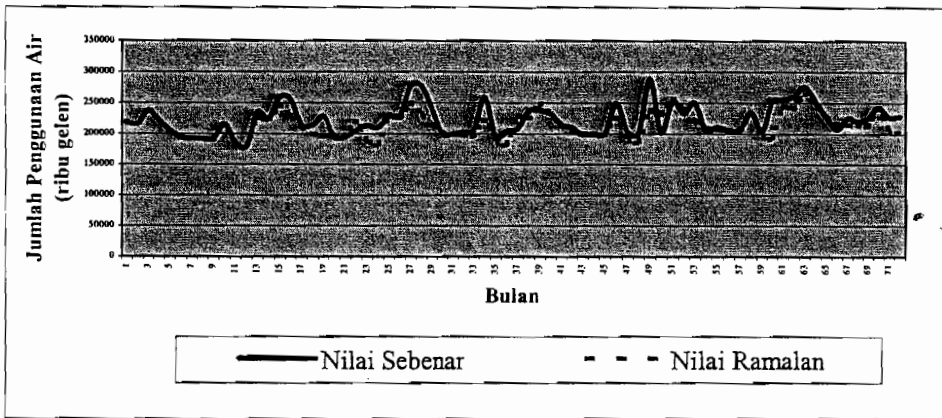
$$Q_{m,y} = N_{m,y} \cdot q_{m,b} \cdot \left( \frac{X_{pop,m,y}}{X_{pop,m,b}} \right)^{0.36} \cdot \left( \frac{X_{pir,m,y}}{X_{pir,m,b}} \right)^{0.42} \cdot \left( \frac{X_{gt,m,y}}{X_{gt,m,b}} \right)^{0.02}$$

di mana:

- $Q_{m,y}$  = Jumlah penggunaan air pada bulan (m) tahun (y)
- $N_{m,y}$  = Bilangan unit kiraan pada bulan (m) tahun (y)
- $q_{m,b}$  = Kadar penggunaan teranggar pada bulan (m) tahun asas (b)
- $X_{pop,m,y}$  = Nilai populasi pada bulan (m) tahun (y)
- $X_{pop,m,b}$  = Nilai populasi pada bulan (m) tahun asas (b)
- $X_{pir,m,y}$  = Nilai pendapatan seisi rumah pada bulan (m) tahun (y)
- $X_{pir,m,b}$  = Nilai pendapatan seisi rumah pada bulan (m) tahun asas (b)
- $X_{gt,m,y}$  = Nilai guna tanah pada bulan (m) tahun (y)
- $X_{gt,m,b}$  = Nilai guna tanah pada bulan (m) tahun asas (b)

### Pengesahan Model

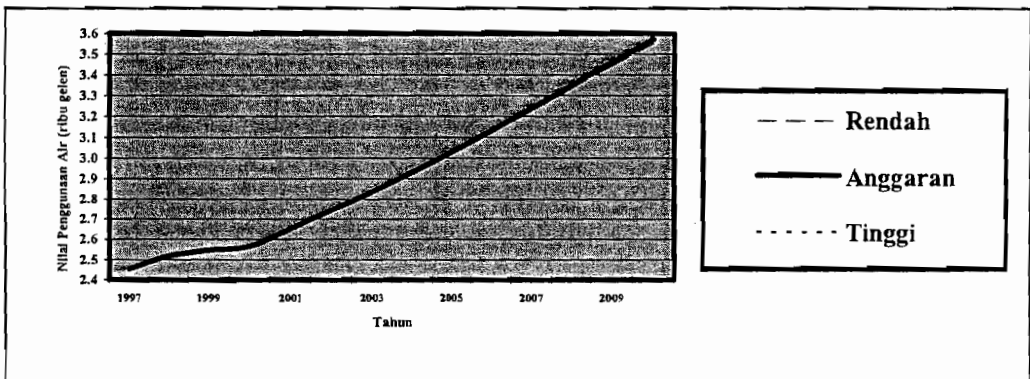
Setelah nilai-nilai daripada peramalan dijanakan, data sebenar dan data ramalan bagi jumlah permintaan air dari tahun 1997 hingga 2002 dibandingkan untuk menentusah model yang digunakan.



Rajah 4.1 : Perbandingan Nilai Ramalan dan Nilai Sebenar (1997-2002)

Rajah 4.1 menunjukkan graf perbandingan nilai ramalan dan nilai sebenar jumlah permintaan air bagi tempoh antara bulan Januari 1997 hingga bulan Disember 2002. Daripada perbandingan tersebut didapati secara puratanya perbezaan nilai ramalan oleh model IWR-MAIN berbanding nilai sebenar adalah 3%. Mengikut kepada prosedur IWR-MAIN, perbezaan dalam julat 3% hingga 5% adalah sangat baik manakala julat perbezaan yang hampir mencecah 10% menunjukkan prosedur pengesahan model yang dilakukan perlu diperbaiki (Central & Southern Florida Project, 1995). Oleh itu, ini menunjukkan peramalan yang dilakukan oleh model ini terhadap jumlah permintaan air di negeri Perlis boleh digunakan.

Peramalan terhadap penggunaan air di negeri Perlis untuk tempoh daripada bulan Januari 2003 hingga Disember 2010 dilakukan dengan menggunakan perisian IWR-MAIN dan graf peramalan tersebut ditunjukkan pada rajah 4.2



Rajah 4.2: Nilai Peramalan Permintaan Air

Graf pada rajah 4.2 menunjukkan penggunaan air dijangka meningkat dari tahun ke tahun. Ini adalah disebabkan oleh peningkatan pada faktor populasi, unit perumahan, pendapatan



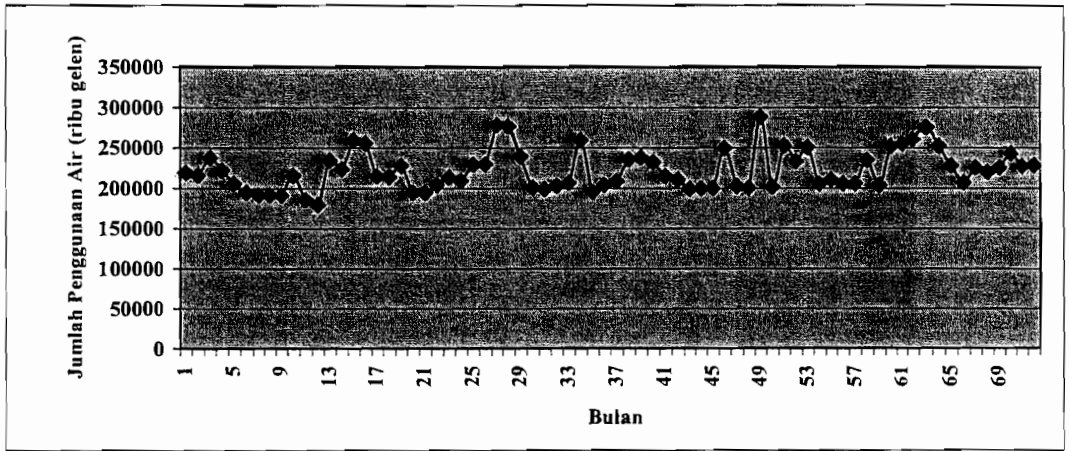
seisi rumah dan guna tanah yang menyumbang kepada peningkatan dalam faktor permintaan air.

Disebabkan nilai-nilai yang diperolehi untuk faktor-faktor seperti populasi, pendapatan seisi rumah, guna tanah dan bilangan unit kediaman merupakan nilai-nilai ramalan maka nilai anggaran tersebut  $\pm 10\%$  untuk mendapatkan had atas dan had bawah nilai anggaran jumlah penggunaan air. Ini merupakan salah satu teknik yang biasanya digunakan untuk meramal permintaan air pada masa akan datang bagi mengelakkan berlakunya keadaan di mana jumlah penggunaan air yang diramal terlebih atau terkurang anggar (CH2M HILL, 1999). Had atas dan bawah nilai anggaran ini biasanya dibina melalui selang keyakinan dan faktor keselamatan. Kajian ini mempertimbangkan faktor keselamatan untuk membina had tersebut berdasarkan pemilihan model yang telah dilakukan. Andaian asas faktor keselamatan ini adalah semua ralat yang berpotensi adalah sama ada berada di atas atau di bawah nilai asal peramalan.

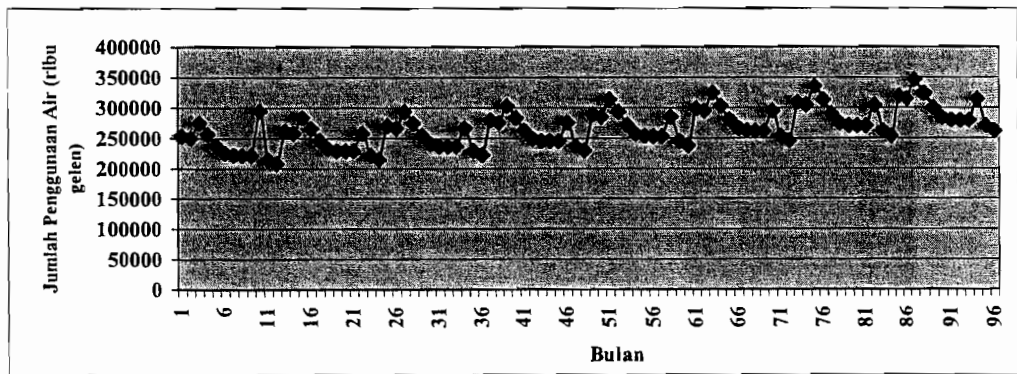
### **Tren Permintaan Air**

Data tren untuk tempoh daripada Januari 1997 hingga Disember 2002 menunjukkan peningkatan populasi berlaku pada kadar 2.05% iaitu daripada 206,640 orang kepada 227802 orang. Sementara itu peningkatan pada faktor pendapatan isi rumah juga berlaku pada kadar 1.58% iaitu daripada RM1,266.21 kepada RM1,366.47. Faktor guna tanah pada awalnya mengalami penurunan yang mendadak daripada tahun 1997 hingga 2000 tetapi mula menunjukkan peningkatan selepas tempoh tersebut pada kadar 0.02% iaitu daripada 496.88 hektar kepada 507.2 hektar. Peningkatan ketiga-tiga faktor tersebut mengakibatkan permintaan terhadap bekalan air meningkat sebanyak 2.36% setahun.

Peningkatan dalam tahun ramalan pula iaitu dari tahun 2003 hingga 2010 menunjukkan peningkatan permintaan air tahunan meningkat sebanyak 3.71%, kira-kira 1.35% lebih daripada peningkatan yang berlaku pada tahun 1997-2002. Ini adalah disebabkan peningkatan pesat yang berlaku sehingga tahun 2010 pada faktor populasi yang mencapai jumlah 266 261 orang, faktor pendapatan isi rumah yang mencapai RM1506.63 dan faktor perubahan guna tanah yang mencapai 650.78 hektar pada tahun 2010. Kiraan pada tahun asas iaitu 1997 menunjukkan purata penggunaan air oleh setiap penduduk adalah 11.78 ribu gelen setahun. Manakala penggunaan air oleh setiap rumah dianggarkan sebanyak 50.97 ribu gelen setahun. Sehingga pada tahun 2010, purata penggunaan air oleh setiap penduduk meningkat kepada 13.42 ribu gelen setahun dan penggunaan air oleh setiap rumah dianggarkan sebanyak 57.56 ribu gelen setahun.



Rajah 3: Tren Permintaan Air (1997-2002)



Rajah 4: Tren Jangkaan Permintaan Air (2003-2010)

Tren peningkatan dari bulan ke bulan dalam satu-satu tahun menunjukkan wujud pola variasi bermusim. Pola ini wujud secara berkala dalam siri masa yang lengkap secara tersendiri dalam masa setahun dan kemudian berulang setiap tahun. Variasi bermusim biasanya disebabkan oleh faktor cuaca dan budaya sesebuah tempat (Bowermann dan O'Connell, 1992). Dalam kajian ini, variasi bermusim ini dikaitkan dengan faktor cuaca yang mana faktor ini sering dikaitkan dengan peramalan jangka masa pendek.

Daripada pola tersebut, jumlah permintaan terhadap air menunjukkan nilai puncak pada setiap bulan Mac dan April setiap tahun. Ini adalah disebabkan purata catatan suhu yang tinggi pada bulan-bulan tersebut iaitu masing-masing  $34.8^{\circ}\text{C}$  dan  $34.5^{\circ}\text{C}$ . Suhu yang tinggi ini mendorong kepada peningkatan permintaan air di kalangan penduduk. Jumlah permintaan air adalah paling rendah pada sekitar bulan November dan Disember. Ini adalah disebabkan purata catatan suhu yang ditunjukkan pada sekitar bulan tersebut adalah paling rendah iaitu  $31.8^{\circ}\text{C}$  dan  $31.4^{\circ}\text{C}$ .

## KESIMPULAN

Kajian ini telah meramal permintaan air bulanan daripada tahun 2003 sehingga tahun 2010 dalam sektor domestik bagi negeri Perlis dengan menggunakan perisian IWR-MAIN. Peramalan oleh model ini boleh dipercayai berdasarkan perbezaan di antara nilai sebenar dengan nilai ramalan adalah dalam julat 3%-5% yang mana nilai tersebut adalah sangat baik mengikut kepada prosedur IWR-MAIN. Selain daripada itu, peramalan ini juga mengambil kira faktor-faktor populasi, pendapatan seisi rumah dan guna tanah sebagai pemboleh ubah-pemboleh ubah yang mempengaruhi permintaan air di kalangan penduduk. Nilai keanjalan untuk setiap pemboleh ubah berikut menunjukkan faktor pendapatan seisi rumah merupakan faktor utama yang mempengaruhi permintaan terhadap sumber air diikuti faktor populasi yang merupakan faktor kedua penting dan seterusnya faktor guna tanah. Disebabkan peramalan dilakukan bagi sektor domestik, faktor bilangan unit perumahan diambil sebagai unit kiraan (*counting units*). Perubahan dalam jumlah penggunaan air yang diramal dipengaruhi oleh perubahan pada faktor-faktor pemboleh ubah tersebut.

Data tren untuk tempoh daripada Januari 1997 hingga Disember 2002 menunjukkan permintaan air tahunan meningkat daripada 2 453 104 ribu gelen kepada 2 742 217 ribu gelen iaitu kira-kira peningkatan sebanyak 2.36 % setahun. Ini adalah dipengaruhi oleh faktor populasi dan pendapatan isi rumah yang mana pada masa yang sama faktor-faktor ini juga telah mengalami peningkatan sebanyak 2.05 % dan 1.58 % masing-masing serta perubahan dalam guna tanah pula adalah sebanyak 0.02%.

Peningkatan dalam tahun ramalan iaitu bermula daripada tahun 2003 hingga tahun 2010 menunjukkan peningkatan sebanyak 3.71%, iaitu kira-kira 1.35% lebih daripada peningkatan yang berlaku pada tahun 1997 sehingga 2002. Ini adalah disebabkan peningkatan pesat yang berlaku sekitar tahun 2003 hingga 2010 terhadap faktor-faktor berpengaruh yang mana faktor populasi diramalkan mencapai jumlah 266, 261 orang, faktor pendapatan isi rumah mencapai RM 11506.63 dan faktor perubahan guna tanah yang mencapai 650.78 hektar.

Antara cadangan untuk kajian yang akan datang adalah seperti berikut :

- Mempertimbangkan lebih banyak faktor pemboleh ubah yang mempengaruhi permintaan terhadap bekalan air dalam pelbagai sektor. Antaranya ialah taburan hujan, harga air dan sistem pengagihan air di kawasan kajian.
- Menggunakan kaedah model peramalan IWR-MAIN yang lebih kompleks iaitu *Specify Forecasting Model Multiply/Linear* yang mana model ini menyediakan kaedah maklumat berstatistik yang lebih terperinci seperti nilai koefisien setiap pemboleh ubah dan pintasan model serta selang keyakinan untuk setiap peramalan yang dilakukan.

## RUJUKAN

- Azmi Osman (2002). Penyelaras Teknik, Bahagian Bekalan Air, Jabatan Kerja Raya Negeri Perlis. Temuramah pada Okt-Nov, 2002.
- Bahagian Bekalan Air, Jabatan Kerja Raya Negeri Perlis (2001). *Nota Taklimat Sistem Bekalan Air Negeri Perlis*.
- Bowerman, B. L. & O'Connell, R. T. terjemahan Madihah Khalid & Zalina Mohd Daud(1992). *Penelahan Siri Masa: Konsep Satuan dan Pelaksanaan Komputer*. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Central & Southern Florida Project (1995). *Draft Municipal and Industrial Water Demand Projections to the Year 2050*.
- CH2M HILL (1999). *OWASA Water and Sewer Master Plan Water Demand Forecast*. Orange Water and Sewer Authority.
- Howe, C. W. & Linaweaver Jr, F. R. (1967). *The Impact of Price on Residential Water Demand and Its Relation to System Design and Price Structure*. Water Resources Research, Vol. 3, 3-32.
- Jabatan Perangkaan Malaysia (2000). *Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia : Ciri-ciri Pendidikan dan Sosial Penduduk*.
- Jones, C.V., Boland, J. J., Crews, J. E., DeKay, C. F. & Morris, J. R. (1984). *Municipal Water Demand: Statistical and Management Issues*. Westview Press, Inc., London.
- Katzman, M. J. (1977). *Income and Price Elasticities of Demand for Water In Developing Countries*. Water Resources Bulletin, 13(1), 47-55.
- Majlis Perbandaran Kangar (1997). *Kajian Rancangan Struktur (Pengubahan)*.
- Malaysian Water Industry Guide (2001). Kuala Lumpur: The Malaysian Water Association.
- Mizgalewicz, P.J. (1991). *An Analysis of Monthly Water Demand in Phoenix Arizona*. University of Texas.
- Spulber, N. & Sabbaghi, A. (1994). *Economics of Water Resources: From Regulation to Privatization*. Kluwer Academic Publishers.
- Stark, H.L., Stanley, S.J. & Buchanan, I.D. (1999). *Water Demand Forecasting Using Artificial Neural Networks*. University of Alberta, Canada.
- Viesmann Jr, W. (1990). *Water Management: Challenge and Opportunity*. Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 116, No. 2.
- Viesmann Jr, W & Biery-Hamilton (1986). *An analysis of state water resources planning processes in the United States*. Northwest Florida Water Management, Havana.
- Viesmann, W. & Hammer, M.J (1998). *Water Supply and Pollution Control: Sixth Edition*. Addison-Wesley Longman, Inc.
- Watkins, D. W. & McKinney, D. C. (1999). *Screening Water Supply Options for the Edward Aquifer Region in Central Texas*. Journal of Water Resources Planning and Management, Vol.124-125.
- White, G. F. (1969). *Strategies of American Water Management*. University of Michigan Press Ann Arbor.
- Wurbs, R.A. (1995). *Water Management Model: A Guide to Software*. New Jersey: Prentice Hall.