

PEMBENTUKAN MODEL STOKASTIK BOX-JENKINS INDUSTRI ELEKTRIK BAGI SEKTOR DOMESTIK

Syariza Abdul Rahman, Prof. Abdul Razak Saleh dan Kamal Khalid
Fakulti Sains Kuantitatif
Universiti Utara Malaysia, 06010 Sintok, Kedah
syariza@uum.edu.my, razak@uum.edu.my, kamal@uum.edu.my

Abstrak: Kajian ini bertujuan untuk membentuk model stokastik Box-Jenkins untuk permintaan bekalan elektrik di negeri Perlis bagi sektor domestik serta mengukur faktor-faktor yang mempengaruhi permintaannya. Dalam proses pembentukan model stokastik Box-Jenkins, langkah-langkah pengecaman, penganggaran serta pengujian model dilakukan terhadap data siri masa permintaan bekalan elektrik sektor domestik. Jika siri masa tersebut tidak pegun, maka pembezaan siri pertama dan seterusnya dilakukan bagi mendapatkan siri yang pegun. Kajian ini mendapati sektor domestik bagi bekalan elektrik di negeri Perlis adalah signifikan terhadap sifat bermusim dan memenuhi model Box-Jenkins ARIMA Bermusim. Hasil dapatan kajian ini memberikan nilai peramalan jangka pendek bagi permintaan bekalan elektrik sektor domestik. Selain itu, faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan bekalan elektrik domestik juga diukur. Faktor-faktor yang diukur adalah suhu bulanan persekitaran, jumlah taburan hujan bulanan, musim perayaan, pertambahan bilangan penduduk, pertumbuhan ekonomi negeri dan juga pembangunan yang berlaku di sekitar kawasan kajian. Setelah diteliti terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan elektrik domestik, didapati sifat kepegunan dan kerawakan telah mempengaruhi faktor-faktor ini dengan konsisten dan signifikan. Kajian ini juga telah mendapati bahawa permintaan bekalan elektrik bagi sektor domestik di negeri Perlis dipengaruhi oleh pertambahan bilangan penduduk dan bilangan perumahan, musim perayaan, suhu persekitaran dan juga bilangan hari hujan.

Kata kunci: Model Box-Jenkins ARIMA, Industri elektrik, Sektor domestik, Negeri Perlis

PENGENALAN

Penjanaan tenaga yang dihasilkan secara berlebihan adalah disebabkan oleh masalah terlebihnya penganggaran terhadap bekalan kuasa elektrik yang dibuat sebelum ini. Masalah terlebih penganggaran bekalan ini akan menyebabkan tenaga berlebihan yang dijana tidak digunakan dan dibiarkan begitu sahaja. Ia disebabkan oleh permintaan yang rendah dan kurang daripada penawaran bekalan elektrik yang sedia ada. Hal ini akan menyebabkan berlakunya kerugian dari segi tenaga dan juga kewangan kepada pihak Tenaga Nasional Berhad (TNB). Kurangnya penganggaran terhadap bekalan kuasa elektrik pula akan menyebabkan pertambahan kos untuk menjana tenaga baru. Kejadian akibat daripada kurangnya penganggaran biasanya berlaku ketika musim-musim perayaan dan juga pada musim panas menyebabkan mereka sentiasa mengambil langkah berjaga-jaga pada masa-masa tersebut. Kejadian ini jika tidak diambil perhatian akan menyebabkan kerugian besar kepada pihak TNB Perlis. Maka, kedua-dua situasi ini iaitu terkurang dan terlebihnya penganggaran bekalan ini melibatkan kos yang tinggi dan seterusnya akan menyebabkan kerugian yang besar kepada TNB Perlis dan juga pengguna-penggunanya terutamanya di sektor industri jika situasi ini tidak diuruskan dengan sewajarnya. Justeru itu, suatu langkah yang sewajarnya perlu diambil terhadap peramalan permintaan bekalan elektrik untuk membendung dan mengambil langkah awal sebelum berlakunya kerugian yang lebih besar kepada pihak yang terlibat.

SKOP DAN METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini menggunakan data yang diperolehi daripada TNB Kangar, Perlis. Data dikumpul melalui kaedah temubual dengan akauntan dan jurutera TNB serta dengan melihat laporan jualan dan permintaan bulanan bekalan elektrik negeri Perlis. Data yang digunakan dalam kajian ini adalah data bulanan yang bermula dari September 1996 hingga Ogos 2002 yang melibatkan sektor domestik. Sejumlah 60 siri bagi setiap sektor iaitu bermula September 1996 hingga Ogos 2001 digunakan bagi tujuan telahan. Ramalan penggunaan bekalan elektrik yang akan diperolehi ialah bermula September

2001 hingga Ogos 2002 menggunakan analisis siri masa univariat Box-Jenkins. Dalam kajian ini, beberapa faktor akan diukur untuk menentukan tahap pengaruhnya ke atas permintaan bekalan elektrik di negeri Perlis. Faktor-faktor yang akan diukur di dalam kajian ini ialah suhu bulanan persekitaran, jumlah taburan hujan bulanan, hari perayaan, pertambahan bilangan penduduk, pertumbuhan ekonomi negeri dan juga pembangunan yang berlaku di kawasan sekitar.

Model ARIMA Bermusim

Bagi model ARIMA bermusim, ia mempunyai corak data yang jelas iaitu ia berulang-ulang pada setiap tahun. Seterusnya, untuk siri bermusim yang tidak pegun memerlukan pembezaan bermusim dilakukan untuk memenuhi syarat pembinaan model ARIMA. Model Autoregresi Terkamir Purata Bergerak Bermusim atau *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA Bermusim) disimbolkan sebagai ARIMA (p,d,q)(P,D,Q). Model ARIMA (p,d,q)(P,D,Q) diwakili oleh persamaan (1).

$$Z_t = \delta + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \Phi_1 Z_{t-12} + \dots + \Phi_2 Z_{t-24} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \Theta_1 a_{t-12} - \dots - \Theta_2 a_{t-24} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (1)$$

di mana;

Jika d=0 maka $Z_t = Y_t$,

Jika d=1 maka $Z_t = Y_t - Y_{t-1}$,

Jika d=2 maka $Z_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2})$,

Jika d=3 maka $Z_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) - (Y_{t-2} - Y_{t-3})$,

dan selainnya

Jika D=0 maka $Z_t = Y_t$,

Jika D=1 maka $Z_t = Y_t - Y_{t-12}$,

Jika D=2 maka $Z_t = (Y_t - Y_{t-12}) - (Y_{t-12} - Y_{t-24})$, dan selainnya

δ = nilai pemalar

a_t = kejutan rawak (*random shock*)

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ = pekali penganggar model AR(p)

$\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p$ = pekali penganggar model AR(P) bermusim

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ = pekali penganggar model MA(q)

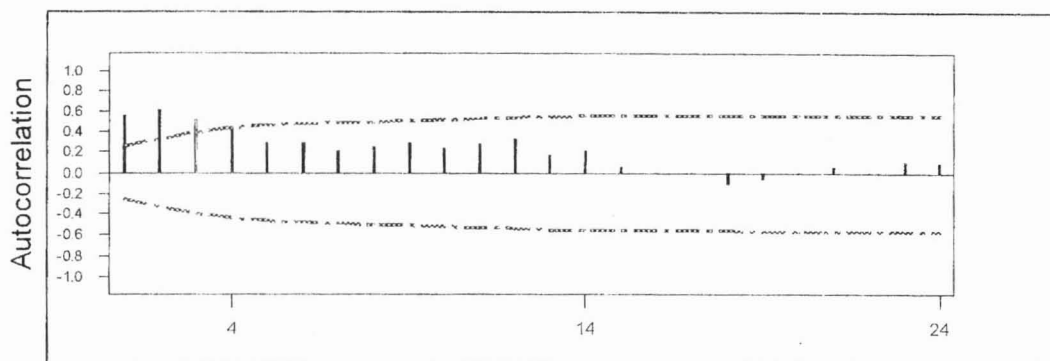
$\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_Q$ = pekali penganggar model MA(Q) bermusim

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Pembentukan Model Ramalan

Rajah 1 menunjukkan fungsi autokorelasi bagi permintaan elektrik sektor domestik bermula September 1996 sehingga Ogos 2001. Secara visual didapati kesemua nilai koefisien autokorelasi adalah positif dan menuju ke sifar secara perlahan. Dari segi teori dapat disimpulkan bahawa data tersebut mempunyai sifat tidak rawak. Ujian untuk menentukan kerawakan seterusnya ialah ujian tak berparameter, iaitu ujian larian. Nilai-p yang diperolehi ialah $p = 0.0008$ dan keputusannya ialah tolak H_0 kerana nilai-p (0.0008) < 0.05 . Dengan ini dapat dibuktikan bahawa data siri masa adalah tidak rawak. Seterusnya apabila diperhatikan secara visual pada fungsi autokorelasi tersebut, didapati faktor kebermusiman tidak ada. Sifat kebermusiman ini dapat dilihat pada lag-lag gandaan 12 iaitu fungsi autokorelasinya akan terpenggal pada lag tersebut. Nilai selang lag 12 yang dikira ialah 0 ± 0.338 dan lag 24 ialah 0 ± 0.554 dibandingkan dengan nilai koefisien autokorelasi. Didapati nilai pada lag 12 (0.34) > 0.338 dan nilai pada lag 24 (0.09) < 0.554 . Ini menunjukkan bahawa data menunjukkan ciri bermusim pada lag gandaan 12 dan tidak bermusim pada lag 24. Namun begitu, fungsi autokorelasi didapati tidak terpenggal pada lag gandaan 12. Maka, disimpulkan bahawa data siri masa permintaan elektrik bagi sektor domestik mempunyai sedikit ciri bermusim. Oleh itu, kajian ini dicadangkan tertumpu pada model ARIMA(p,d,q). Namun begitu, setelah dilakukan pemodelan didapati model yang dianggar adalah tidak memadai dan memerlukan pemodelan semula dilakukan. Oleh kerana

sektor domestik ini mempunyai sedikit sifat bermusim maka kajian ini diteruskan dengan memodelkan model ARIMA bermusim iaitu $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)$.

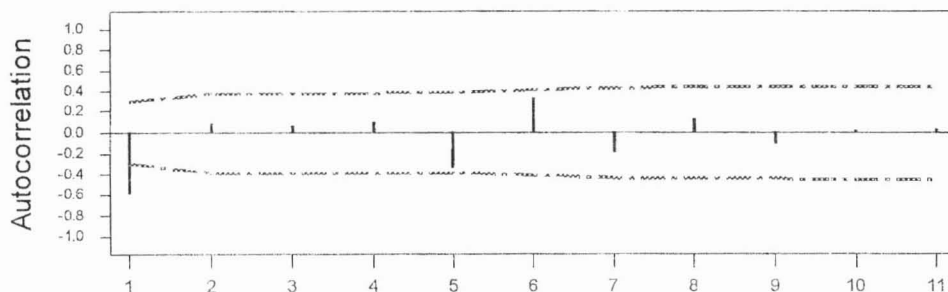


Rajah 1 : Fungsi Autokorelasi Sektor Domestik (September 1996-Ogos 2001)

Rajah 2 menunjukkan setelah pembezaan siri pertama dan pembezaan siri pertama bermusim dilakukan didapati bahawa pada plot ACF (Fungsi Autokorelasi Sampel) nilai autokorelasinya terpenggal pada lag sifar dan lag pertama dan ini memberikan nilai $q=0$, $q=1$ dan $Q=0$. Daripada Rajah 3 pula, plot PACF (Fungsi Autokorelasi Separa Sampel) pembezaan siri pertama dan siri pertama bermusim didapati nilai autokorelasinya terpenggal pada lag 1 dan 2 dan ini memberikan nilai $p=1$, $p=2$ dan $P=0$. Manakala ESACF (Fungsi Lanjutan Autokorelasi Sampel) pula mencadangkan beberapa model yang sesuai seperti di dalam Jadual 1.

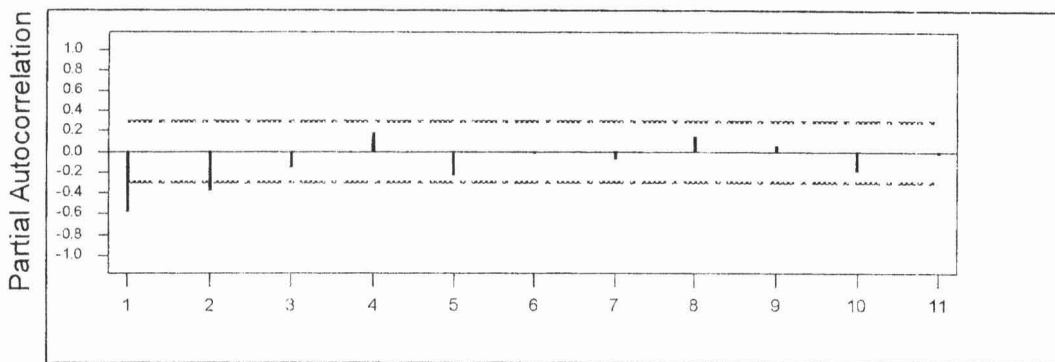
Jadual 1: Nilai $p+d$ dan q yang dicadangkan oleh ESACF

$p+d$	q
0	1
1	1
2	1
3	1

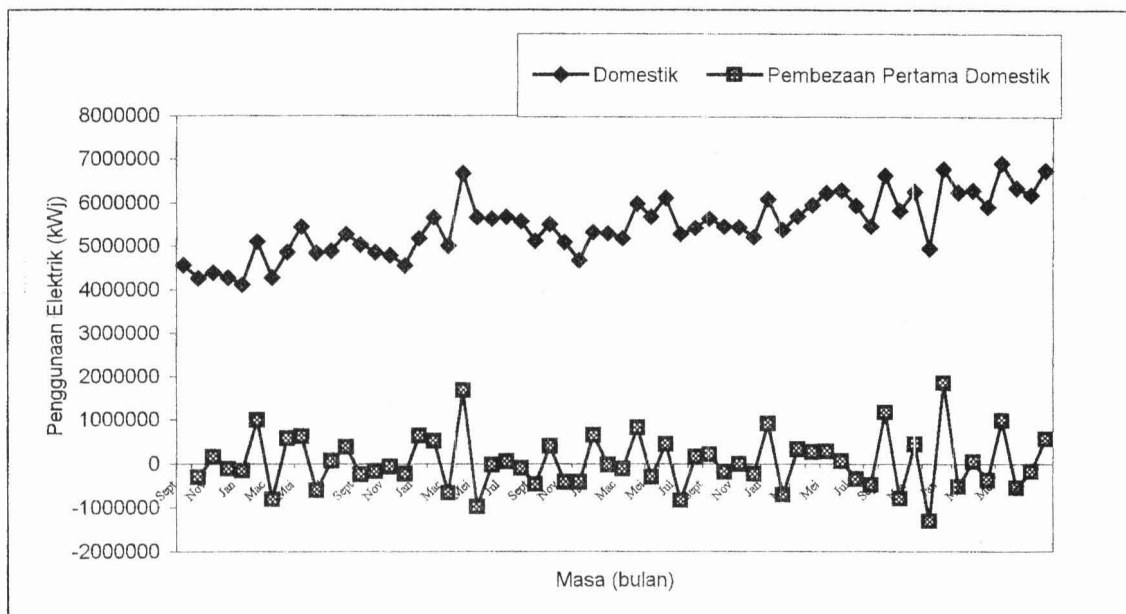


Rajah 2 : Plot ACF Pembezaan Siri Pertama dan Pembezaan Siri Pertama Bermusim Penggunaan Elektrik Sektor Domestik

Graf pembezaan siri pertama dan pembezaan siri pertama bermusim diplot pada Rajah 4 bagi menentukan kemasukan nilai pemalar ke dalam model ARIMA. Berdasarkan graf tersebut didapati nilai pembezaan siri pertama terletak di sekitar min sifar. Jika nilai yang dibezakan terletak di sekitar sifar, maka nilai pemalar tidak perlu dimasukkan ke dalam model $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)$ [1]. Maka disimpulkan bahawa model $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)$ bagi sektor domestik yang akan dibina tidak akan dimasukkan pemalar.



Rajah 3 : Plot PACF Pembezaan Siri Pertama dan Pembezaan Siri Pertama Bermusim Penggunaan Elektrik Sektor Domestik



Rajah 4 : Graf Garis Pembezaan Siri Pertama dan Pembezaan Siri Pertama Bermusim Secara keseluruhannya, model-model yang mesti dianggarkan ialah:

- Model ARIMA(0,1,1)(0,1,0)
- Model ARIMA(1,1,1)(0,1,0)
- Model ARIMA(2,1,1)(0,1,0)
- Model ARIMA(1,1,0)(0,1,0)
- Model ARIMA(2,1,0)(0,1,0)
- Model ARIMA(3,1,0)(0,1,0)
- Model ARIMA(3,1,1)(0,1,0)

Ujian Box-Pierce dilakukan untuk menentukan kesesuaian model dan juga model yang terbaik. Jadual 2 menunjukkan tujuh model yang telah dianggarkan. Berdasarkan ujian Box-Pierce, hanya model ARIMA(1,1,0)(0,1,0) yang disuaikan adalah tidak memadai. Ujian kesesuaian model Kaedah Modified Box-Pierce (Ljung-Box) juga menunjukkan bahawa model yang dianggarkan iaitu model ARIMA(1,1,0)(0,1,0) adalah tidak memadai. Ini kerana nilai p bagi setiap lag (12, 24, 36 dan 48) bernilai kurang daripada $\alpha = 0.05$. Seterusnya nilai ralat, AIC dan BIC dibandingkan. Perbandingan yang telah dilakukan menunjukkan bahawa ARIMA(3,1,1)(0,1,0) memberikan nilai ralat yang paling kecil. Nilai AIC yang terkecil juga adalah ARIMA(3,1,1)(0,1,0) manakala, model yang mempunyai nilai BIC terkecil pula ialah ARIMA(0,1,1)(0,1,0). Maka, model yang terbaik yang dipilih iaitu model

ARIMA(3,1,1)(0,1,0). Model ARIMA(3,1,1)(0,1,0) juga memenuhi syarat kebolehsongsangan MA dan kepegunan AR serta reja adalah rawak dan tertabur normal. Syarat kebolehsongsangan untuk pekali MA menunjukkan nilai pekali MA $(-0.6332) < 1$. Syarat kepegunan untuk pekali AR pula menunjukkan nilai pekali AR $(-3.4307) < 1$.

Jadual 2 : Perbandingan Model ARIMA (p, d, q) Sektor Domestik

ARIMA	(0,1,1) (0,1,0)	(1,1,1) (0,1,0)	(2,1,1) (0,1,0)	(1,1,0) (0,1,0)	(2,1,0) (0,1,0)	(3,1,0) (0,1,0)	(3,1,1) (0,1,0)
Bilangan Pembezaan	2	2	2	2	2	2	2
Bilangan Parameter	1	2	3	1	2	3	4
ϕ_1		-0.3463	-0.6562	-0.6197	-0.9299	-1.0423	-1.6056
ϕ_2			-0.3271		-0.4919	-0.7251	-1.2641
ϕ_3						-0.2577	-0.5610
θ_1	0.8069	0.6459	0.3711				-0.6332
Box-Pierce	29.37	26.76	19.62	57.96	22.47	19.73	16.28
$\chi_{0.05(K-np)}$	35.172	33.924	32.671	35.172	33.924	32.671	31.410
Ralat Piawai	456595.234	446491.067	443494.596	499063.904	447682.431	439483.367	433488.213
Nilai AIC	1360.3884	1359.2704	1359.6716	1368.1800	1359.4953	1358.8842	1358.7898
Nilai BIC	1362.2386	1362.9706	1365.2220	1370.0302	1363.1956	1364.4346	1366.1904

Selain itu juga, plot reja ACF dan plot reja PACF menunjukkan bahawa model ARIMA(3,1,1)(0,1,0) juga memadai. Berdasarkan kepada nilai pekali AR bagi model ARIMA(3,1,1)(0,1,0), didapati nilai p pekali AR dan juga pekali MA adalah kurang daripada nilai α ($p : 0.00 < \alpha < 0.05$). Maka parameter model yang digunakan adalah bererti. Kesimpulannya model ARIMA(3,1,1)(0,1,0) adalah model yang sesuai digunakan di dalam peramalan bagi permintaan elektrik sektor domestik dengan persamaannya ialah:

$$Z_t = 1.6056a_{t-1} + 1.264a_{t-2} + 0.5610a_{t-3} - 0.6332Z_{t-1}$$

Jadual 3: Ramalan Model ARIMA(3,1,1)(0,1,0) Sektor Domestik (April 2002-Ogos 2002)

Masa	Nilai Sebenar	Ramalan	Ralat Piawai	Had Bawah	Had Atas
Apr 2002	6,402,905	6,474,582	604,455	5,289,873	7,659,291
Mei 2002	7,152,748	7,576,837	624,969	6,351,921	8,801,753
Jun 2002	6,588,705	6,988,971	645,705	5,723,413	8,254,529
Jul 2002	6,412,903	6,754,020	669,768	5,441,300	8,066,741
Ogos 2002	6,989,864	7,401,161	681,894	6,064,674	8,737,650

Faktor-Faktor Penyumbang

Antara faktor-faktor penyumbang yang dikenal pasti terhadap permintaan elektrik ialah pertambahan bilangan bangunan domestik dan penduduk di sekitar negeri Perlis, keadaan cuaca dan juga permintaan yang tinggi semasa bulan-bulan perayaan. Secara purata bilangan bangunan yang didaftarkan untuk bekalan elektrik baru di sekitar negeri Perlis adalah 90 buah sahaja pada setiap tahun. Bahagian Projek Bekalan Baru ini mengurus pembekalan elektrik baru bagi semua projek baru dalam semua sektor [3]. Maka tidak dapat dinafikan dengan adanya pertambahan bilangan perumahan dan pembangunan di negeri Perlis pada setiap tahun ini akan menyebabkan permintaan elektrik semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pertambahan bilangan perumahan menunjukkan adanya pertambahan terhadap

bilangan penduduk atau populasi di negeri ini. Ini ditunjukkan apabila bilangan penduduk di negeri ini yang semakin meningkat walaupun peratus pertumbuhannya agak menurun bagi setiap lima tahun ke hadapan [2]: Anggaran Populasi Perlis (1991-2015)).

Keadaan cuaca juga mempengaruhi permintaan elektrik bagi sektor domestik. Pada musim panas iaitu sekitar bulan Mac hingga Mei, alatan elektrik seperti kipas dan penghawa dingin banyak dipasang. Hal ini menyebabkan permintaan yang tinggi terhadap bekalan elektrik. Pada musim hujan dan cuaca yang agak lembab dan sejuk yang berlaku pada pertengahan dan hujung tahun iaitu antara Oktober hingga Disember, maka permintaannya agak menurun. Ujian hipotesis pengaruh suhu terhadap permintaan elektrik domestik di negeri Perlis dilakukan dengan nilai purata penggunaan elektrik tahunan ialah 5,483,827.133 kWj. Jumlah penggunaan elektrik pada suhu tinggi ialah 5,727,631.96 kWj dengan $n=30$. Keputusan yang diperolehi menunjukkan bahawa hipotesis H_0 ditolak kerana Z kiraan (2.0441) $> Z_{0.05}(1.64)$. Ini menunjukkan bahawa faktor suhu mempunyai pengaruh ke atas permintaan elektrik domestik negeri Perlis. Selain itu juga, keadaan hujan juga dikatakan mempunyai kesan ke atas permintaan elektrik di negeri Perlis. Ujian hipotesis turut dilakukan untuk melihat pengaruh faktor hujan ke atas permintaan elektrik domestik dengan purata penggunaannya ialah 5,483,827.133 kWj. Jumlah penggunaan elektrik pada bilangan hujan tinggi iaitu yang melebihi purata bilangan hujan tahunan ialah 5,270,328.94 kWj dengan $n=31$. Keputusannya ialah tolak H_0 kerana Z kiraan (1.9404) $> Z_{0.05}(1.64)$. Ini menunjukkan bahawa faktor hujan mempengaruhi permintaan elektrik domestik negeri Perlis.

Pada hari-hari perayaan pula, permintaan terhadap bekalan elektrik adalah agak tinggi. Antara hari-hari perayaan yang banyak permintaannya ialah Perayaan Tahun Baru, Hari Raya Aidilfitri, Tahun Baru Cina, dan juga Hari Keputeraan DYMM Raja Perlis. Ujian hipotesis pengaruh faktor hari perayaan ke atas permintaan elektrik dilakukan dengan purata penggunaannya ialah 5,483,827.133 kWj. Jumlah penggunaan elektrik pada bulan-bulan perayaan bagi lima tahun kajian ialah 5,680,840.37 kWj dengan $n=35$. Keputusannya ialah tolak H_0 kerana Z kiraan (1.8573) $> Z_{0.05}(1.64)$. Ini menunjukkan bahawa faktor hari perayaan mempunyai pengaruh ke atas permintaan elektrik domestik negeri Perlis.

KESIMPULAN

Berdasarkan kepada hasil dapatan kajian terhadap analisis yang telah dilakukan didapati bahawa sektor domestik dipengaruhi oleh faktor pertambahan bilangan penduduk dan juga bilangan perumahan, hari perayaan, suhu persekitaran dan juga bilangan hari hujan. Secara khususnya dapatan kajian ini boleh diterangkan secara statistik iaitu pertama, corak permintaan elektrik di negeri Perlis bagi sektor domestik adalah konsisten dan signifikan dari segi sifat kepegunanan dan kerawakan data siri masa. Kedua, sektor domestik mempamerkan corak tren yang konsisten dengan masa di mana ia memperlihatkan peningkatan dan penurunan dalam siri masa di sepanjang tempoh masa data yang dikaji. Sektor domestik menunjukkan sifat tersebut di mana corak data pada sektor domestik ini memperlihatkan perubahan secara berulang-ulang pada setiap tahun. Ketiga, apabila data memperlihatkan konsistennya terhadap data siri maka corak tren wujud. Keempat, setelah diteliti terhadap data bagi faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan elektrik didapati sifat pegun dan rawak telah mempengaruhi faktor-faktor ini dengan konsisten dan signifikan. Kajian ini telah mendapati bahawa sektor domestik dipengaruhi oleh faktor pertambahan bilangan penduduk dan juga bilangan perumahan, hari perayaan, suhu persekitaran dan juga bilangan hari hujan. Kelima, dalam proses pembentukan model ARIMA, data siri masa haruslah konsisten dengan melalui langkah pengesanan model dan hasilnya menunjukkan bahawa data siri masa bagi sektor domestik adalah konsisten dari segi sifat kepegunannya. Maka, pembezaan perlu dilakukan untuk mendapatkan siri masa menjadi pegun. Selepas melakukan pembezaan siri pertama sahaja ($d=1$), plot ACF sudah menunjukkan bahawa data siri masa bagi setiap sektor telah pegun. Keenam, hasil daripada analisis yang telah dijalankan, model Box-Jenkins terbaik bagi sektor domestik adalah model bermusim ARIMA(3,1,1)(0,1,0).

RUJUKAN

1. Hanke, J. E., Wichern, D. W. & Reitsch, A. G. 2001. *Business Forecasting (Seventh Edition)*, New Jersey: Prentice Hall.
2. JPM. 2000. *Laporan Anggaran Populasi Perlis*. Jabatan Perangkaan Malaysia, Pejabat Persekutuan Negeri Perlis.
3. TNB. 2001. *Laporan Bahagian Projek Bekalan Baru*. Tenaga Nasional Berhad Kangar, Perlis.