
MODEL TRIPLE SARIMA BERBASIS VERY SHORT-TERM LOAD FORECASTING

Oleh

Muhammad Leon Alfahrezi¹, Muhammad Giovani², Dimas Try Anggono³, Syalam Ali Wiradinata⁴, Muliady Faisal⁵

^{1,2,3,5}Department of Mathematics and Information Systems, Mathematics Study Program, Kalimantan of Institut Teknologi

⁴Department of Mathematics and Information Systems, Statistics Study Program, Kalimantan of Institut Teknologi

E-mail: ¹02181022@student.itk.ac.id, ²02181021@student.itk.ac.id,

³02181012@student.itk.ac.id, ⁴syalam.ali.wira.dinata@lecturer.itk.ac.id,

⁵muladyfaisal@lecturer.tk.ac.id

Article History:

Received: 13-10-2023

Revised: 20-10-2023

Accepted: 16-11-2023

Keywords:

Beban Listrik, Triple-SARIMA, MAPE, Prediksi

Abstract: Beban listrik adalah segala sesuatu yang ditanggung oleh pembangkit listrik. Perkiraan tenaga listrik yang digunakan oleh masyarakat dapat dilakukan dengan beberapa metode peramalan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah penggunaan beban listrik di Netherlands yang memiliki pola musiman, sehingga metode yang sesuai dalam penelitian ini adalah metode Triple Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Triple-SARIMA). Model Triple-SARIMA merupakan model ARIMA yang mengandung tiga pola musiman. Data diperoleh dari website data open power system dalam skala waktu per seperempat jam diamati selama 01 Januari 2015 hingga 30 September 2020. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan model terbaik dalam memprediksi penggunaan beban listrik dan menganalisis hasil peramalan. Pemodelan diawali dengan mengidentifikasi data yang meliputi stasioneritas baik dalam rata-rata maupun variansi. Kemudian melakukan estimasi dan uji signifikansi parameter model Triple-SARIMA, dilanjutkan dengan melakukan cek diagnosa yang meliputi uji white noise dan uji distribusi normal. Langkah identifikasi model untuk menentukan orde model Triple-SARIMA dilakukan dengan menggunakan program MINITAB dan program SAS untuk menguji. Pemilihan model terbaik dari beberapa model terpilih dilakukan dengan cara membandingkan nilai MAPE out sample yang telah dirata-ratakan.

PENDAHULUAN

Metode peramalan adalah bagian penting dari statistik. Peramalan adalah kegiatan yang dirancang untuk memprediksi suatu peristiwa atau situasi yang akan terjadi di masa yang akan datang. Ada dua kategori metode peramalan, yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif. Metode kuantitatif adalah metode yang memasukkan dan menguji

variabel-variabel yang diduga mempengaruhi variabel terikat (dependen), sedangkan metode kualitatif adalah metode yang memasukkan pendapat atau hasil asumsi dalam model peramalan.

Muatan listrik adalah segala sesuatu yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik atau bisa juga disebut segala sesuatu yang memerlukan listrik. Kebutuhan listrik kota ataupun negara tergantung pada penggunaan perangkat listrik kota atau negara tersebut, sehingga PLN berkewajiban untuk menyesuaikan kebutuhan listrik kota maupun negara dari waktu ke waktu. Meningkatnya permintaan dan jumlah konsumen berbanding lurus dengan meningkatnya permintaan konsumen pengguna listrik dari waktu ke waktu. Jika permintaan lebih besar dari pasokan, atau sebaliknya, listrik akan sia-sia dan sistem akan gagal. PLN bertugas mengestimasi konsumsi listrik kota maupun negara. Perkiraan ini didasarkan pada data penggunaan muatan listrik di masa lalu. Perkiraan jumlah listrik yang dikonsumsi digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan konsumen listrik di masyarakat untuk menghindari pemborosan atau pemadaman listrik. Perkiraan beban listrik yang digunakan oleh masyarakat dapat dibuat dengan menggunakan berbagai metode peramalan, salah satunya adalah Triple Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Triple-SARIMA). Untuk itu perlu dilakukan prediksi penggunaan beban listrik untuk mengendalikan dan mempertanggungjawabkan pemeliharaan sistem kelistrikan untuk mengurangi permasalahan yang timbul.

Penelitian tentang peramalan penggunaan beban listrik jangka pendek di Netherlands, model peramalan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah model Triple-SARIMA. Pada penelitian ini Triple-SARIMA diterapkan untuk meramalkan data runtun waktu penggunaan beban listrik jangka pendek di Netherlands dalam skala waktu 15 menit yang memiliki pola musiman. Beberapa percobaan data in sample dilakukan untuk selanjutnya dipilih satu model terbaik berdasarkan MAPE out sample yang membentuk rata-rata setiap waktunya.

Beban Listrik di Netherlands

Dalam kasus ini data yang digunakan adalah data penggunaan beban listrik jangka pendek yang ada di Netherlands dengan periode waktu 15 menit atau seperempat jam dengan observasi data dari 01 Januari 2015 hingga 30 September 2020. Dimana dalam analisis dalam waktu 5 tahun memiliki total data 201598 dimana data tersebut dibagi menjadi dua bagian, bagian pertama dinamakan *in-sample* dengan total data 163583 dan bagian kedua dinamakan *out-sample* dengan total data 38015 data. Pada Figure 1 dapat dilihat bahwa pola musimannya sangat terlihat.

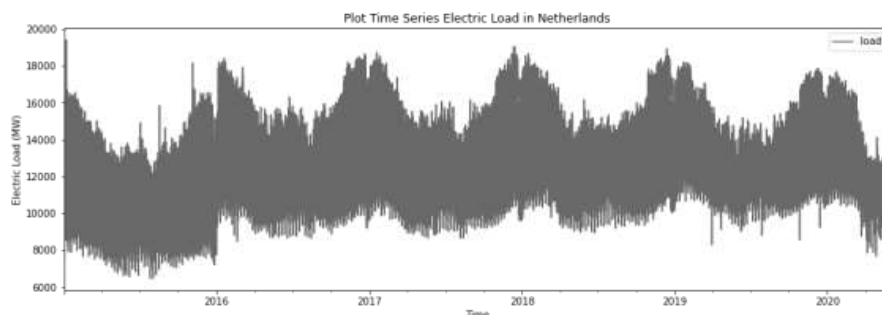


Figure 1: Penggunaan Beban Listrik di Netherlands pada tahun 2015 - 2020

Berdasarkan gambar diatas dari panjang siklus yang ditentukan yaitu siklus intraday (s_1), intraweek (s_2) dan intramonth (s_3). Dimana sesuai data yang digunakan yaitu 15 menit atau seperempat jam dimana $s_1 = 96, s_2 = 672$ dalam siklus intramonth menggunakan periode yang telah ditentukan $s_3 = 672 * 4 = 2688$.

1. Identifikasi Time Series

Berdasarkan siklus yang telah ditentukan maka pada identifikasi ini ditampilkan plot data penggunaan beban listrik ACF dan PACF serta plot distribusi normal di Netherlands pada Figure 2 menunjukkan pada data siklus reguler yang tidak mengalami proses *differencing*. Oleh karena itu dilakukanlah sebuah pengolahan yang menerapkan terkait *differencing* reguler $d = 1$, *differencing* musiman pertama $D_1 = 1, s_1 = 96$, *differencing* musiman kedua $D_2 = 1, s_2 = 672$, *differencing* musiman ketiga $D_3 = 1, s_3 = 2688$ dimana *differencing* ini bertujuan agar mereduksi data yang tidak stasioner pada tahap reguler maupun data musiman.

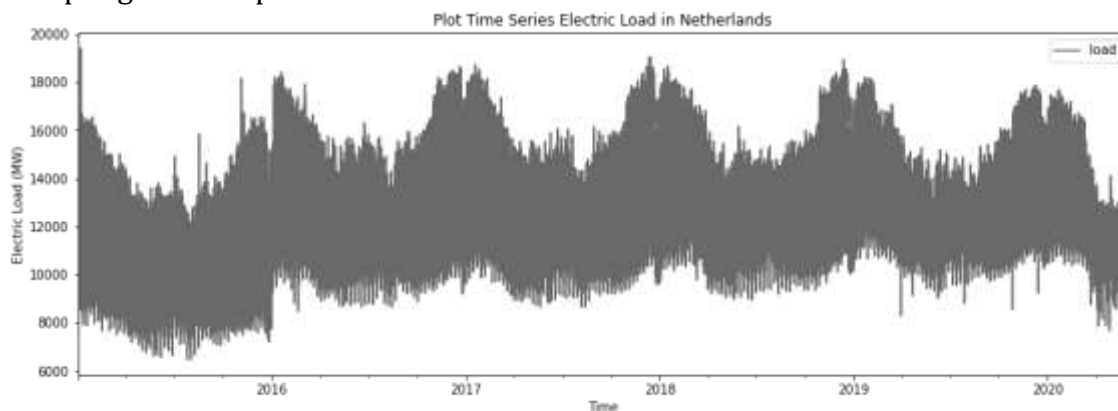


Figure 2: Plot seperempat jam penggunaan beban listrik di Netherlands

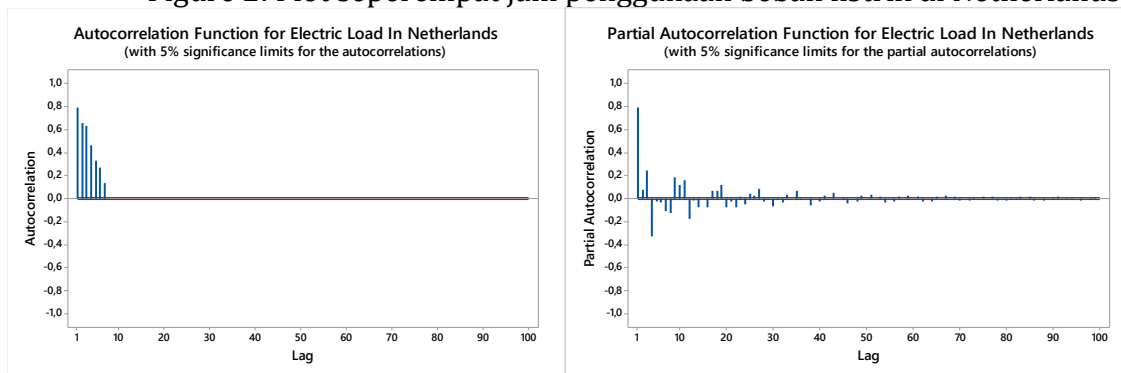


Figure 3: Plot ACF dan PACF dari data penggunaan beban listrik

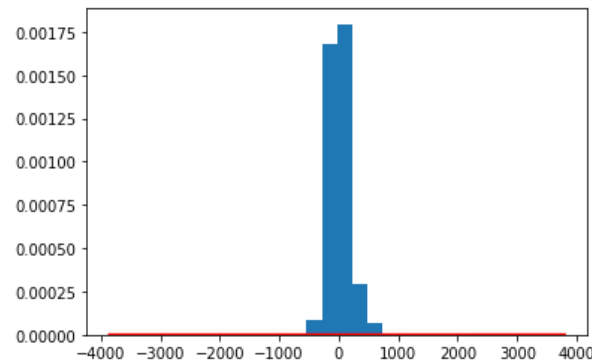


Figure 4: Plot Distribusi Normal dari data penggunaan beban listrik

Berdasarkan gambar diatas didapatkan tujuan dalam penelitian ini harus mengembangkan program untuk menganalisa model Triple-SARIMA. Dalam penelitian ini, dikembangkan dalam analisis statistik dimana koefisien paramter dari model estimasi menggunakan metode kuadrat terkecil, untuk mendapatkan model Triple-SARIMA maka dilakukan proses reduksi stasioner reguler hingga musiman maka didapatkan sebagai berikut :

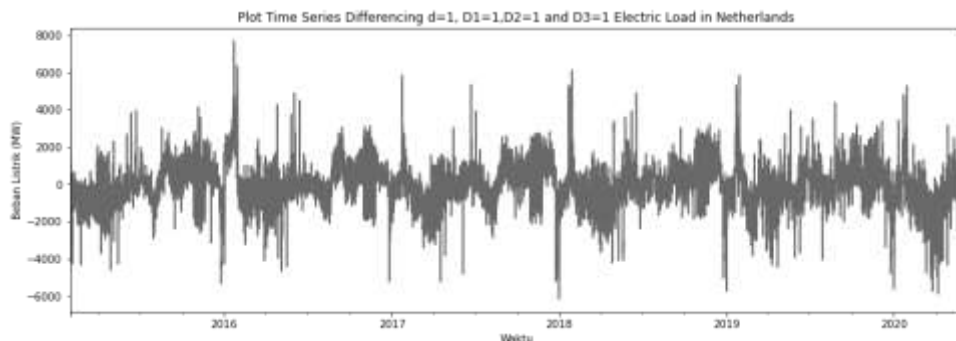


Figure 5: Plot seperempat jam penggunaan beban listrik di Netherlands setelah $d = 1, D_1 = 1, D_2 = 1, D_3 = 1$

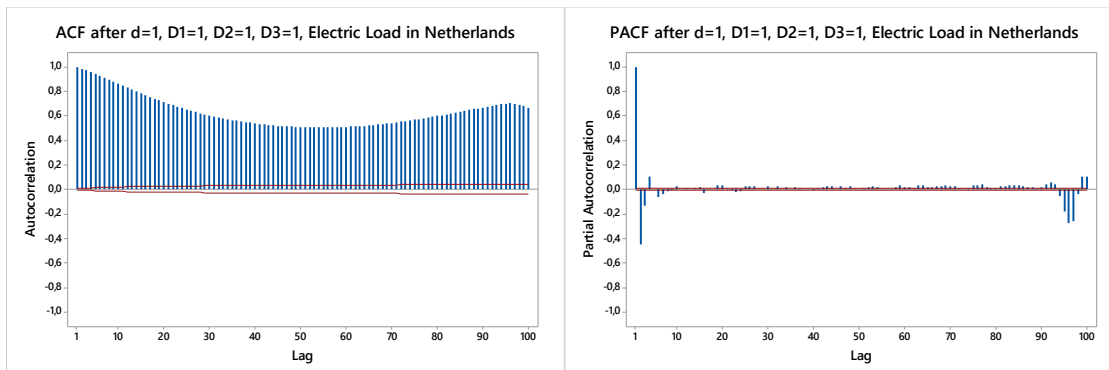


Figure 6: Plot ACF dan PACF seperempat jam penggunaan beban listrik di Netherlands setelah $d = 1, D_1 = 1, D_2 = 1, D_3 = 1$

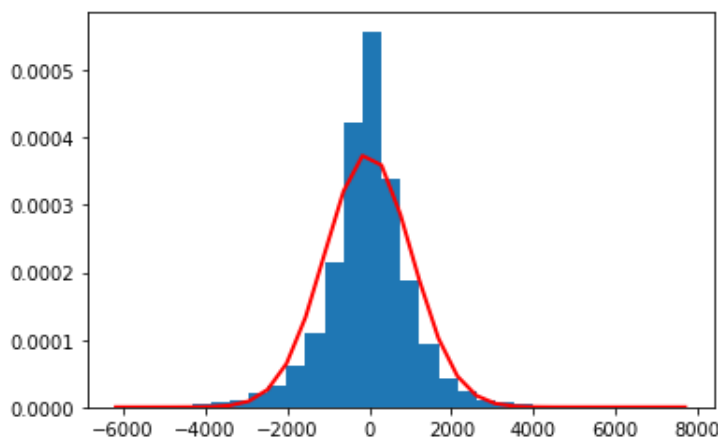


Figure 7: Plot Distribusi Normal seperempat jam penggunaan beban listrik di Netherlands setelah $d = 1, D_1 = 1, D_2 = 1, D_3 = 1$

Dimana berdasarkan Figure 5,6 dan 7 kita dapat melihat setelah data penggunaan beban listrik di Netherlands sudah tereduksi stasioneritasnya mulai dari stasioner reguler hingga musiman,

2. Seasonal ARIMA

2.1 Single Seasonal ARIMA untuk siklus intraday

Dimana pada penelitian ini berisi model yang dimana untuk melihat siklus musiman *intraday* dan *intra week* dalam data penggunaan beban listrik, dimana siklus *intra week* dimodelkan dengan cukup baik, tidak perlu ada model *intraday*. Dimana model ARIMA dari siklus yang akan ditentukan dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$\phi(B)\Phi_{S_2}(B^{S_2})(y_t - a - b_t) = \theta(B)\Theta_{S_2}(B^{S_2})\varepsilon_t$$

y_t adalah data penggunaan beban listrik dari periode t , dimana a merupakan suku konstan, b adalah koefisien dari tren deterministik liner, ε_t adalah istilah dari kesalahan *white noise* (residual), ϕ & Φ merupakan komponen non-musiman dan musiman dari *AR*, untuk θ & Θ adalah komponen non-musiman dari *MA*. Dimana didapatkan tabel berikut dari siklus musiman *single intrahour* dengan menggunakan program SAS didapatkan sebagai berikut :

Tabel 1. Estimasi Parameter dari siklus musiman *single intrahour*.

Estimasi Kuadrat Terkecil Bersyarat			
Parameter	Estimasi	Standard	Lag
MA1,1	-0.25059	0.0022545	1
MA2,1	0.60544	0.0018656	672

Berdasarkan hasil estimasi parameter dari siklus musiman yang telah didapatkan, maka didapatkan model estimasi dari siklus musiman *single intrahour* yaitu :

$$y_t = (1 + 0.25059B)(1 - 0.60544B^{S_1})\varepsilon_t$$

Berdasarkan hasil estimasi dari model yang telah dibentuk berdasarkan Tabel 1 diatas, maka selanjutnya dilakukan hasil AIC dan SBC dari siklus musiman *single intrahour* dari model yang telah dibentuk, dan didapatkan hasil AIC dan SBC dari siklus musiman sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil AIC dan SBC dari siklus musiman *single intrahour*

Estimasi Variansi	5385.339
Estimasi Standar Error	73.38487
AIC	2162895
SBC	2162915

Berdasarkan Tabel 2 diatas maka hasil AIC sebesar 2162895 dan SBC 2162915 dengan Estimasi Variansi sebesar 5385.339 dan Estimasi Standar Error sebesar 73.38487.

2.2 Double Seasonal ARIMA untuk siklus intraweek and intramonth

Dimana pada penelitian ini berisi model yang dimana untuk melihat siklus musiman *intraweek* dan *intramonth* dalam data penggunaan beban listrik, dimana siklus *intramonth* dimodelkan dengan cukup baik, tidak perlu ada model *intraweek / intraday*. Dimana model ARIMA dari siklus yang akan ditentukan dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut :

$$\phi(B)\Phi_{S_1}(B^{S_1})\Phi_{S_2}(B^{S_2})(y_t - a - b_t) = \theta(B)\Theta_{S_1}(B^{S_1})\Theta_{S_2}(B^{S_2})\varepsilon_t$$

y_t adalah data penggunaan beban listrik dari periode t , dimana a merupakan suku konstan, b adalah koefisien dari tren deterministik linier, ε_t adalah istilah dari kesalahan *white noise* (residual), ϕ & Φ merupakan komponen non-musiman dan musiman dari AR, untuk θ & Θ adalah komponen non-musiman dari MA. Dimana didapatkan tabel berikut dari siklus musiman *double intraday* dan *intraweek* dengan menggunakan program SAS didapatkan sebagai berikut :

Tabel 3. Estimasi Parameter dari siklus musiman *double intraday* dan *intraweek*.

Estimasi Kuadrat Terkecil Bersyarat			
Parameter	Estimasi	Standard	Lag
MA1,1	-0.23960	0.0022063	1
MA2,1	0.56563	0.0019165	96
MA3,1	1.00000	7.54478	672

Berdasarkan hasil estimasi parameter dari siklus musiman yang telah didapatkan, yang dimana didefinisikan S_1 merupakan *intraday* dan S_2 merupakan *intraweek*, maka didapatkan model estimasi dari siklus musiman *single intrahour* yaitu :

$$y_t = (1 + 0.23960B)(1 - 0.56563B^{S_1})(1 - 1.00000B^{S_2})\varepsilon_t$$

Berdasarkan hasil estimasi dari model yang telah dibentuk berdasarkan Tabel 3 diatas, maka selanjutnya dilakukan hasil AIC dan SBC dari siklus musiman *double intraday* dan *intraweek* dari model yang telah dibentuk, dan didapatkan hasil AIC dan SBC dari siklus musiman sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil AIC dan SBC dari siklus musiman *double intraday* dan *intra week*

Estimasi Variansi	5411.185
Estimasi Standar Error	73.56076
AIC	2142876
SBC	2142907

Berdasarkan Tabel 4 diatas maka hasil AIC sebesar 2142876 dan SBC 2142907 dengan Estimasi Variansi sebesar 5411.185 dan Estimasi Standar Error sebesar 73.56076. Selanjutnya dilakukan estimasi untuk siklus musiman *double* yaitu *intra week* dan *intramonth* dengan menggunakan program SAS didapatkan sebagai berikut :

Tabel 5. Estimasi Parameter dari siklus musiman *double intra week* dan *intramonth*.

Estimasi Kuadrat Terkecil Bersyarat			
Parameter	Estimasi	Standard	Lag
MA1,1	-0.19464	0.0022315	1
MA2,1	0.79835	0.00019990	672
MA3,1	0.98842	0.0015699	2880

Berdasarkan hasil estimasi parameter dari siklus musiman yang telah didapatkan, yang dimana didefinisikan S_1 merupakan *intra week* dan S_2 merupakan *intramonth*, maka didapatkan model estimasi dari siklus musiman *single intra week* yaitu :

$$y_t = (1 + 0.19464B)(1 - 0.79835B^{S_1})(1 - 0.98842B^{S_2})\varepsilon_t$$

Berdasarkan hasil estimasi dari model yang telah dibentuk berdasarkan Tabel 5 diatas, maka selanjutnya dilakukan hasil AIC dan SBC dari siklus musiman *double intra week* dan *intramonth* dari model yang telah dibentuk, dan didapatkan hasil AIC dan SBC dari siklus musiman sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil AIC dan SBC dari siklus musiman *double intra week* dan *intramonth*

Estimasi Variansi	4190.602
Estimasi Standar Error	64.73486
AIC	2116729
SBC	2116759

Berdasarkan Tabel 6 diatas maka hasil AIC sebesar 2116729 dan SBC 2116759 dengan Estimasi Variansi sebesar 4190.602 dan Estimasi Standar Error sebesar 64.73486.

2.3 Triple Seasonal ARIMA

Dimana pada penelitian ini berisi model yang dimana untuk melihat siklus musiman *intra day*, *intra week* dan *intramonth* dalam data penggunaan beban listrik, dimana siklus *intramonth* dimodelkan dengan cukup baik, tidak perlu ada model *intra week* / *intra day*. Dimana model ARIMA dari siklus yang akan ditentukan dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut :

$$\phi(B)\Phi_{S_1}(B^{S_1})\Phi_{S_2}(B^{S_2})\Phi_{S_3}(B^{S_3})(y_t - \varepsilon_t) = \theta(B)\Theta_{S_1}(B^{S_1})\Theta_{S_2}(B^{S_2})\Theta_{S_3}(B^{S_3})\varepsilon_t$$

y_t adalah data penggunaan beban listrik dari periode t , dimana a merupakan suku konstan, b adalah koefisien dari tren deterministik liner, ε_t adalah istilah dari kesalahan

white noise (residual), ϕ & Φ merupakan komponen non-musiman dan musiman dari *AR*, untuk θ & Θ adalah komponen non-musiman dari *MA*. Dimana didapatkan tabel berikut dari siklus musiman *triple intraday*, *intra week* dan *intramonth* dengan menggunakan program SAS didapatkan sebagai berikut :

Tabel 7. Estimasi Parameter dari siklus musiman *triple intraday*, *intra week* dan *intramonth*.

Estimasi Kuadrat Terkecil Bersyarat			
Parameter	Estimasi	Standard	Lag
MA1,1	-0.18153	0.0022369	1
MA2,1	0.79120	0.0010171	96
MA3,1	0.92239	0.0020550	672
MA4,1	0.99005	0.0016535	2880

Berdasarkan hasil estimasi parameter dari siklus musiman yang telah didapatkan, yang dimana didefinisikan S_1 merupakan *intraday*, S_2 merupakan *intra week* dan S_3 merupakan *intramonth*, maka didapatkan model estimasi dari siklus musiman *triple intraday*, *intra week* dan *intramonth* yaitu :

$$y_t = (1 + 0.18153B)(1 - 0.79120B^{S_1})(1 - 0.92239B^{S_2})(1 - 0.99005B^{S_3})\varepsilon_t$$

Berdasarkan hasil estimasi dari model yang telah dibentuk berdasarkan Tabel 7 diatas, maka selanjutnya dilakukan hasil AIC dan SBC dari siklus musiman *triple intraday*, *intra week* dan *intramonth* dari model yang telah dibentuk, dan didapatkan hasil AIC dan SBC dari siklus musiman sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil AIC dan SBC dari siklus musiman *triple intraday*, *intra week* dan *intramonth*

Estimasi Variansi	4282.402
Estimasi Standar Error	65.44006
AIC	2097716
SBC	2097757

Berdasarkan Tabel 8 diatas maka hasil AIC sebesar 2097716 dan SBC 2097757 dengan Estimasi Variansi sebesar 4282.402 dan Estimasi Standar Error sebesar 65.44006.

3. Evaluasi Prediksi dari setiap model

Berdasarkan data yang telah diperoleh dan diolah dengan berbagai metode yang dimana bergantung pada musiman, dimana bahwa untuk menentukan akurasi prediksi yang akurat melihat dari rata-rata mape dari setiap waktunya yang disimpulkan berdasarkan gambar 8 berikut, dimana disajikan hasil MAPE rata-rata untuk model ARIMA pada setiap waktunya. Plot menunjukkan disetiap peningkatakn penting dalam akurasi perkiraan saat menggunakan pola musiman tunggal daripada menggunakan pola dua musiman atau tiga musiman dan bahwa ada perbedaan lebih signifikan dalam rata-rata yang dapat dilihat.

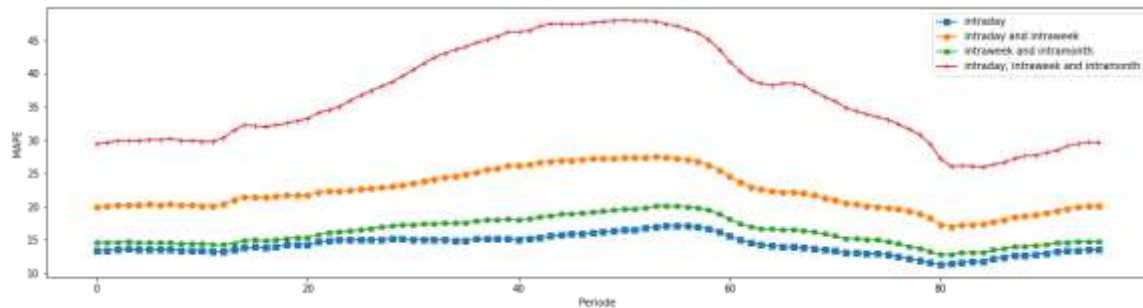


Figure 8. Rata-rata MAPE dari Seasonal ARIMA dalam data penggunaan beban listrik di Netherlands

Berdasarkan Figure 8 diatas ketika memprediksi menggunakan data *insample* didapatkan model *intraday* memiliki presentase rata-rata error yang rendah dari beberapa model yang ada untuk memprediksi data *outsample*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan dan mempertimbangkan beberapa model Seasonal ARIMA yang dapat mereduksi efek musiman dari data yang digunakan, model *intraday* dengan pendekatan yang sederhana ini dapat menghasilkan rata-rata setiap waktu dengan error yang rendah. Dimana model *intraday* ini dapat digunakan untuk memprediksi data penggunaan beban listrik di Netherlands ini yang memili pola musiman untuk mendapatkan hasil yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohamed, N., Ahmad, M. and Ismail, Z. *Double Seasonal ARIMA Model for Forecasting Load Demand*. MATEMATIKA. 2010. 26 (2) : 217–231.
- [2] Taylor, J. W. *Triple seasonal methods for short-term electricity demand forecasting*. European Journal of Operational Research. 2010. 204: 139–152.
- [3] Wei, W. W. *Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods, 2nd Ed*. NewYork: Pearson, Addison Wesley. 2006.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN