

Jurnal Teknik, Kesehatan dan Ilmu Sosial

PERBANDINGAN METODE *MULTIPLICATIVE*, *ADDITIVE* DAN *DOUBLE SEASONAL HOLT-WINTERS* UNTUK PREDIKSI PENJUALAN MOBIL

Christnatalis¹⁾, Rinaldi²⁾, Andy³⁾, Billie Seteven⁴⁾, Darmanto⁵⁾, Daniel Ganda Sitorus⁶⁾

¹⁾Dosen Teknik Informatika Universitas Prima Indonesia Medan
^{2,3,4,5,6)}Program Studi Teknik Informatika Universitas Prima Indonesia Medan
Jl. Brigjend. Katamso, No. 282-283, Medan. Telp 061-4578870
e-mail : rinaldipho@gmail.com

Abstrak

Prediksi (forecasting) dapat membantu perusahaan untuk menentukan jumlah penjualan barang di masa yang akan datang, sehingga perusahaan dapat memutuskan untuk melakukan penambahan atau pengurangan stok barang. Metode Holt-Winters adalah metode prediksi kuantitatif yang digunakan untuk memprediksi data tren dan musiman. Beberapa variasi dari metode Holt-Winters adalah Multiplicative Holt-Winters, Additive Holt-Winters dan Double Seasonal Holt-Winters. Penerapan beberapa variasi Holt-Winters pada data penjualan mobil GAIKINDO akan memperoleh informasi mengenai akurasi dari ketiga metode. Akurasi metode peramalan Holt-Winters bergantung pada model data yang digunakan. Additive Holt-Winters cocok digunakan untuk memprediksi model data yang cukup konstan, seperti data penjualan mobil Toyota (MAPE = 3.18278% dan nilai RMSE = 1304.96), sedangkan Double Seasonal Holt-Winters cocok digunakan untuk model data penjualan yang mempunyai dua pola musiman, seperti data penjualan mobil BMW serta metode Multiplicative Holt-Winters cocok untuk model data penjualan mobil yang mempunyai fluktuasi cukup tinggi di atas dan di bawah nilai rata-rata, seperti data mobil Scania.

Kata kunci : Penjualan, Mobil, GAIKINDO, Holt-Winters

1. PENDAHULUAN

Prediksi atau peramalan (*forecasting*) merupakan proyeksi dari satu atau lebih peristiwa di masa depan berdasarkan data masa lalu dan data saat ini. Peramalan diperlukan untuk memprediksi apa yang akan terjadi di masa depan (Bustami, 2015). Peramalan permintaan (*demand forecast*) merupakan salah satu usaha perusahaan sebagai dasar pengambilan keputusan strategis terhadap keberkelangsungan usaha. Perusahaan pemasar yang baik menginginkan informasi untuk membantu mereka menginterpretasikan kinerja masa lalu dan merencanakan kegiatan masa depan (Nugraha dan Suletra, 2017).

Metode peramalan digunakan untuk memprediksi terjadinya penurunan atau kenaikan penjualan pada periode yang akan datang dengan menggunakan informasi yang akurat, sehingga perusahaan dapat mempersiapkan strategi-strategi yang harus ditempuh menghadapi suatu kondisi tertentu (Nugraha dan Suletra, 2017). Penggunaan metode *forecasting* dapat membantu perusahaan untuk menentukan jumlah penjualan barang di masa yang akan datang, sehingga perusahaan dapat memutuskan untuk melakukan penambahan atau pengurangan stok barang (Nugraha dan Suletra, 2017).

Metode prediksi seperti *Moving Average* dapat digunakan sebagai data peramalan, karena metode *moving average*, membutuhkan data yang lengkap dan stasioner (Nurlifa dan Kusumadewi, 2017), penelitian lainnya adalah peramalan permintaan terbaik produk Oxycan pada PT. Samator Gresik (Nugraha dan Suletra, 2017) dengan menggunakan 5 (lima) metode peramalan *Time Series*, yaitu metode naif (*naïve*), *Moving Average*, *Weighted Moving Average*, *Double Exponential Smoothing*, dan proyeksi terhadap tren. Metode naif mengasumsikan permintaan periode berikutnya sama dengan permintaan pada periode terakhir. Metode *Moving Average* menggunakan sejumlah data aktual masa lalu untuk menghasilkan peramalan. Metode *Weighted Moving Average* merupakan pengembangan dari metode *Moving Average*, dimana metode *Weighted Moving Average* memberikan pengaruh lebih besar terhadap data baru dengan memberikan nilai bobot yang lebih besar pada data baru daripada data pada periode yang lalu. Metode *Double Exponential Smoothing* merupakan metode peramalan rata-rata bergerak dengan pembobotan dimana titik-titik data dibobotkan oleh fungsi eksponensial. Proyeksi terhadap tren (*trend projection*) adalah teknik menyesuaikan garis tren pada serangkaian data masa lalu, kemudian memproyeksikan garis pada masa datang untuk peramalan jangka menengah atau jangka panjang. Hasil analisis pengolahan data

Jurnal Teknik, Kesehatan dan Ilmu Sosial

menunjukkan bahwa metode terbaik dengan nilai *error* terendah adalah metode *Double Exponential Smoothing*, namun metode ini hanya memperkirakan dua faktor, yaitu *level* dan *trend*. Metode ini tidak dapat digunakan untuk memprediksi data musiman atau *seasonal* (Nugraha dan Suletra, 2017).

Metode *Triple Exponential Smoothing* dapat digunakan ketika data menunjukkan adanya *trend* dan perilaku musiman (*seasonal*). Untuk menangani perilaku musiman, telah dikembangkan parameter ketiga yang disebut dengan metode *Holt-Winters* (Pranata et.al, 2018). Metode *Holt-Winters* adalah metode prediksi kuantitatif yang digunakan untuk data tren dan musiman. Metode ini diperkenalkan oleh Charles C. Holt dan dilanjutkan oleh muridnya Peter Winters. Metode *Holt-Winters* disebut juga dengan metode *triple exponential smoothing model*, merupakan model adaptif terkenal yang digunakan untuk seri waktu pemodelan yang ditandai dengan adanya tren (*trend*) dan musiman (*seasonal*) (Pranata et.al, 2018).

Beberapa variasi dari metode *Holt-Winters* adalah *Multiplicative Holt-Winters*, *Additive Holt-Winters* dan *Double Seasonal Holt-Winters* (Bustami, 2015). Model *Additive* digunakan bila musiman variasi cenderung untuk konstan, sedangkan model *Multiplicative* lebih disukai bila musiman variasi cenderung berfluktuasi. (Yang et.al, 2017). Model *double seasonal* adalah pengembangan lebih lanjut dari metode *multiplicative* (Ruiter, 2017). Penelitian pada (Emmanuel dan Adebajji, 2014) menyarankan untuk menerapkan beberapa variasi *Holt-Winters* dan memilih model terbaik berdasarkan pemeriksaan model dan hasil prediksi.

Untuk mengetahui tingkat akurasi dari metode *Multiplicative*, *Additive* dan *Double Seasonal Holt-Winters* dalam prediksi penjualan mobil, maka dilakukan penelitian untuk prediksi data penjualan, dimana *dataset* bersumber dari Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (GAIKINDO) pada tahun 2015-2018. Penelitian ini menganalisis data penjualan tahun 2015 hingga tahun 2018 untuk melakukan prediksi data penjualan pada tahun 2019 dengan menggunakan metode *Multiplicative Holt-Winters*, *Additive Holt-Winters* dan *Double Seasonal Holt-Winters* hasil peramalan dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dan *Root Mean Square Error (RMSE)*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode *Holt-Winters* digunakan untuk mengatasi adanya pola *trend* dan *seasonal* (musiman) dari suatu data runtun waktu, sehingga data yang pada

umumnya bersifat tidak stasioner bisa diramalkan menggunakan metode ini, dengan kesalahan yang kecil (Bustami, 2015).

Metode *Holt-Winters* merupakan perkembangan dari metode pemulusan eksponensial sederhana yang menggunakan tiga konstanta pemulusan, yaitu konstanta untuk pemulusan keseluruhan level, pemulusan kecenderungan (*trend*), dan pemulusan musiman (*seasonal*) (Rosalina, 2015).

2.1 Metode *Multiplicative Holt-Winters*

Metode *Multiplicative Holt-Winters*, digunakan untuk variasi data musiman dari data runtun waktu yang mengalami peningkatan atau penurunan (fluktuasi). Nilai ramalan (Y_{t+k}) untuk periode ($t + k$) yang ditinjau pada akhir periode ke- t dari model ini adalah seperti terlihat pada persamaan 1 (Rosalina, 2015).

$$\hat{Y}_{t+k} = (L_t + kT_t)S_{t+k-c} \quad (1)$$

dengan nilai pemulusan yang digunakan sebagai berikut:

1. Pemulusan Keseluruhan (*level*), dapat dilihat pada persamaan 2.

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-c}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

2. Pemulusan Kecenderungan (*trend*), dapat dilihat pada persamaan 3.

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (3)$$

3. Pemulusan Musiman (*seasonal*), dapat dilihat pada persamaan 4.

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-c} \quad (4)$$

dengan $0 < \alpha, \beta, \gamma, \leq 1$, S_{t-c} nilai estimasi faktor musiman, c adalah panjang musiman dan $k = 1, 2, \dots c$.

Dalam penggunaan metode prediksi ini, diperlukan nilai awal. Menurut Makridakis, model pemulusan *Winter* dapat digunakan dengan mengambil secara sembarang beberapa nilai awal yaitu (Yang et.al, 2017):

$$L_c = \frac{1}{c}(Y_1 + Y_1 + \dots + Y_c) \quad (5)$$

$$T_c = \frac{1}{K} \left(\frac{Y_{c+1} - Y_1}{c} + \frac{Y_{c+2} - Y_2}{c} + \dots + \frac{Y_{c+k} - Y_k}{c} \right) \quad (6)$$

dengan c adalah panjang musiman dan K merupakan konstanta pembagi terhadap panjang musiman. Sedangkan pemulusan musiman untuk *Holt-Winter* dapat menggunakan nilai awal pada persamaan 7.

$$S_k = \frac{Y_k}{L_c} \quad (7)$$

Jurnal Teknik, Kesehatan dan Ilmu Sosial

dengan $k = 1, 2, 3, \dots$ Selanjutnya nilai-nilai parameter α, β, γ dan dapat ditentukan melalui program linear dengan tujuan untuk meminimumkan kesalahan atau nilai *error*.

2.2 Metode Additive Holt-Winters

Metode *Additive Holt-Winters*, digunakan untuk variasi data musiman dari data runtun waktu yang konstan. Pada akhir periode ke- t , nilai ramalan (Y_{t+k}) untuk periode $(t + k)$ diperoleh dari persamaan 8 (Rosalina, 2015).

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kT_t + S_{t+k-c} \quad (8)$$

dengan bentuk pemulusan model ini sebagai berikut:

1. Pemulusan Keseluruhan (*level*)

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-c}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (9)$$

2. Pemulusan Kecenderungan (*trend*)

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (10)$$

3. Pemulusan Musiman (*seasonal*)

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-c} \quad (11)$$

dengan $0 < \alpha, \beta, \gamma, \leq 1$, S_{t-c} nilai estimasi faktor musiman, c adalah panjang musiman dan $k = 1, 2, \dots c$.

Dalam penggunaan metode peramalan ini, diperlukan nilai awal. Menurut Makridakis, model pemulusan *Winter* dapat digunakan dengan mengambil secara sembarang beberapa nilai awal yaitu:

$$L_c = \frac{1}{c}(Y_1 + Y_1 + \dots + Y_c) \quad (12)$$

$$T_c = \frac{1}{K} \left(\frac{Y_{c+1} - Y_1}{c} + \frac{Y_{c+2} - Y_2}{c} + \dots + \frac{Y_{c+k} - Y_k}{c} \right) \quad (13)$$

$$S_k = Y_k - L_c \quad (14)$$

dengan $k = 1, 2, 3, \dots$ Selanjutnya nilai-nilai parameter α, β, γ dan dapat ditentukan melalui program linear dengan tujuan untuk meminimumkan *error*.

2.3 Metode Double Seasonal Holt-Winters

Taylor mengembangkan metode standard *Holt-Winters* menjadi *double seasonal Holt-Winters*. Metode ini memiliki empat komponen yaitu: *level*, *trend* dan dua *season* (dua musim). Formula untuk *double seasonal Holt-Winters* adalah pada persamaan 15. (Ruiter, 2017)

$$\begin{aligned} X_t(k) &= (S_t + hT_t)D_{t-s_1+k}W_{t-s_2+k} \\ \text{Level: } S_t &= \alpha \left(\frac{X_t}{D_{t-s_1}W_{t-s_2}} \right) + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}), \\ \text{Trend: } T_t &= \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}, \\ \text{Seasonality 1: } D_t &= \delta \left(\frac{X_t}{S_tW_{t-s_2}} \right) + (1-\delta)D_{t-s_1}, \\ \text{Seasonality 2: } W_t &= \omega \left(\frac{X_t}{S_tD_{t-s_1}} \right) + (1-\omega)W_{t-s_2}. \end{aligned} \quad (15)$$

2.4 Pengujian Terhadap Hasil Prediksi

Pengujian hasil prediksi dilakukan dengan mengukur tingkat kesalahan atau nilai *error* dengan menghitung *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dan *Root Mean Square Error (RMSE)*. *MAPE* merupakan nilai persentase rata-rata tingkat kesalahan yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 16 (Manula dan Duvnjak, 2017).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \cdot 100 \quad (16)$$

dimana t merupakan periode waktu, A merupakan nilai sebenarnya (*actual value*) dan F merupakan nilai prediksi (*forecast value*).

Rumus pengukuran nilai *error RMSE* dapat dilihat pada persamaan 17 (Shahin, 2016).

$$RMSE_t = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t (\hat{X}_i(k) - X_{i+k})^2} \quad (17)$$

dimana t merupakan banyaknya periode waktu, \hat{X}_i merupakan nilai prediksi dan X merupakan nilai penjualan sebenarnya.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kualitatif, dimana penelitian ini merupakan penelitian tentang riset yang mengimplementasikan tiga variasi model *Holt-Winters* dan membandingkan hasil dari ketiga metode tersebut. Pengumpulan data dilakukan dengan metode studi pustaka, dimana materi pembahasan dikumpulkan dari berbagai sumber jurnal elektronik, sedangkan data penjualan mobil diambil dari *website* Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia atau GAIKINDO (<https://www.gaikindo.or.id/>). Penelitian akan melakukan perbandingan akurasi dari metode *Multiplicative*, *Additive* dan *Double Seasonal Holt-Winters*, sehingga dapat diketahui kelebihan dan kelemahan dari masing-masing metode. Metode yang digunakan untuk mengukur akurasi hasil prediksi adalah metode *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dan *Root Mean Square Error (RMSE)*.

Jurnal Teknik, Kesehatan dan Ilmu Sosial

3.2 Prosedur Kerja

Prosedur kerja di dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

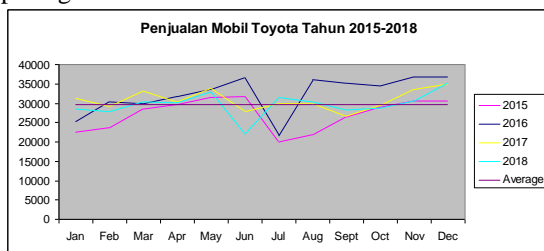
1. Mengidentifikasi masalah dan kebutuhan sistem.
2. Melakukan pengumpulan data.
3. Mengimplementasikan metode *Multiplicative*, *Additive* dan *Double Seasonal Holt-Winters* untuk prediksi penjualan mobil.
4. Melakukan pengujian terhadap hasil prediksi.
5. Menarik kesimpulan dari penelitian dan menyusun laporan berdasarkan hasil penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Data penjualan mobil dimulai dari tahun 2015 hingga tahun 2018 diperoleh dari data penjualan mobil yang dipublikasikan melalui *website* GAIKINDO. Data penjualan yang diperoleh adalah data penjualan per bulan, dengan panjang musiman per tahun, atau $c = 12$. Terdapat 26 merek mobil yang menjadi *dataset* untuk prediksi.

Contoh data penjualan mobil Toyota dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Data Penjualan Mobil Toyota

Prediksi dilakukan terhadap data penjualan pada semester I tahun 2019 dengan menggunakan nilai awal *Holt-Winters*, berdasarkan hasil perhitungan pada persamaan (5), (6), (7), (12), (13) dan (14).

A. Prediksi *Multiplicative Holt-Winters*

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (2), (3), (4), dan melalui pengujian, diperoleh nilai optimal $\alpha = 0.16$, $\beta = 0.84$ dan $\gamma = 0.61$ yang akan menghasilkan nilai kesalahan (*error*) paling rendah. Dengan menggunakan nilai parameter tersebut, diperoleh nilai akhir Toyota untuk pemulusan *level* $L_t = 27900.8609$, pemulusan *trend* $T_t = 54.724543$, dan pemulusan *seasonal* $S_{t+k-c} = 0.89224$. Dengan demikian, prediksi penjualan mobil Toyota untuk periode Januari 2019 ($k = 1$) dapat dituliskan, sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{t+k} = (L_t + kT_t)S_{t+k-c}$$

$$\hat{Y}(1) = (27900.8609 + 1 * 54.724543) * 0.89224$$

$$\hat{Y}(1) = 24943.09156$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama ($k = 2$ sampai $k = 6$), maka akan diperoleh prediksi penjualan mobil Toyota untuk semester I tahun 2019. Contoh hasil prediksi metode *Multiplicative Holt-Winters* untuk lima merek mobil terlaris untuk semester I tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Prediksi Penjualan Metode *Multiplicative Holt-Winters*

Periode	Hasil Prediksi <i>Multiplicative Holt-Winters</i>				
	Toyota	Daihatsu	Honda	Suzuki	Mitsubishi
Jan-19	24943.09156	17016.70117	12207.00052	9519.246658	12697.74928
Feb-19	24168.88566	15144.99848	12253.38468	7694.811156	10739.80903
Mar-19	26592.23765	15247.68329	14353.52135	8640.248927	12801.091
Apr-19	26361.62738	13827.70426	12067.19168	7886.164333	8804.102141
May-19	29165.41904	13702.66901	12471.02984	8858.648786	10111.89685
Jun-19	23755.83846	10350.68348	9985.907955	7241.52282	8262.534102

B. Prediksi *Additive Holt-Winters*

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (9), (10), (11), dan melalui pengujian, diperoleh nilai optimal $\alpha = 0.26$, $\beta = 0.41$, dan $\gamma = 0.76$ yang akan menghasilkan nilai kesalahan (*error*) paling rendah. Dengan menggunakan nilai parameter tersebut, diperoleh nilai akhir Toyota untuk pemulusan *level* $L_t = 28242.66308$, pemulusan *trend* $T_t = -145.292823$, dan pemulusan *seasonal* $S_{t+k-c} = -2868.339976$. Dengan demikian, prediksi penjualan mobil Toyota untuk periode Januari 2019 ($k = 1$) dapat dituliskan, sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kT_t + S_{t+k-c}$$

$$\hat{Y}(1) = 28242.66308 + (1 * -145.292823) + (-2868.339976)$$

$$\hat{Y}(1) = 25229.03029$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama ($k = 2$ sampai $k = 6$), maka akan diperoleh prediksi penjualan mobil Toyota untuk semester I tahun 2019. Contoh hasil prediksi metode *Additive Holt-Winters* untuk lima merek mobil terlaris untuk semester I tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Prediksi Penjualan Metode *Additive Holt-Winters*

Periode	Hasil Prediksi <i>Additive Holt-Winters</i>				
	Toyota	Daihatsu	Honda	Suzuki	Mitsubishi
Jan-19	25229.03029	16890.10578	12149.68527	9243.256431	11237.96032
Feb-19	24083.56435	15232.94065	11974.92937	7305.785582	9911.90565
Mar-19	26506.2777	15456.71522	14076.45752	8670.911056	12084.83713
Apr-19	25925.15007	14060.20335	11576.35883	7881.046197	8329.109885
May-19	29078.55436	14101.4339	11748.46511	9322.501632	10216.99981
Jun-19	23123.01134	9834.002185	8396.057868	6730.000224	8241.290101

C. Prediksi *Double Seasonal Holt-Winters*

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (15), dan melalui pengujian, diperoleh nilai optimal $\alpha = 0.09$, $\beta = 0.86$, $\gamma = 0.66$ dan $\omega = 0.08$ yang akan menghasilkan nilai kesalahan (*error*) paling rendah. Dengan menggunakan nilai parameter tersebut, diperoleh nilai akhir Toyota untuk pemulusan *level* $S_t = 30521.97427$, pemulusan *trend* $T_t = -229.911201$, dan pemulusan *seasonal* pertama, $D = 1.089802$ dan pemulusan *seasonal* pertama, $W = 0.810734$. Dengan demikian, prediksi penjualan

Jurnal Teknik, Kesehatan dan Ilmu Sosial

mobil Toyota untuk periode Januari 2019 ($h = 1$) dapat dituliskan, sebagai berikut:

$$\hat{X}_t(h) = (S_t + hT_t)D_{t-s_1+h}W_{t-s_2+h},$$

$$X(1) = (30521.97427 + 1 * -229.911201) * 1.089802 * 0.810734$$

$$X(1) = 26764.23531$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama ($h = 2$ sampai $h = 6$), maka akan diperoleh prediksi penjualan mobil Toyota untuk semester I tahun 2019. Hasil prediksi metode *Double Seasonal Holt-Winters* untuk lima merek mobil terlaris untuk semester I tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Prediksi Penjualan Metode *Double Seasonal Holt-Winters*

Periode	Hasil Prediksi <i>Double Seasonal Holt-Winters</i>				
	Toyota	Daihatsu	Honda	Suzuki	Mitsubishi
Jan-19	26764.23531	16621.71009	12237.56153	11953.2375	15842.13897
Feb-19	25432.18506	14800.66183	12365.06078	9230.370496	12007.40402
Mar-19	27456.40894	14984.86287	14919.234	9859.278869	13559.60768
Apr-19	26685.26898	13500.31213	11772.6754	8303.527405	9020.487246
May-19	29177.33131	13614.05604	12166.93619	8579.29966	10256.84862
Jun-19	22064.64047	9835.791334	9894.014805	5457.926911	8174.569308

4.2 Pembahasan

Pembahasan akan membahas hasil pengukuran tingkat *error* hasil prediksi dengan menghitung *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dan *Root Mean Square Error (RMSE)*. Pengukuran nilai *MAPE* dan *RMSE* terhadap hasil prediksi mobil Toyota untuk semester I tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 4, tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 4. Pengukuran *Error* Metode *Multiplicative HW* untuk Merek Toyota

Periode	Penjualan Toyota (Y)	Multiplicative Holt-Winters			
		Prediksi (Y)	$ Y-\hat{Y} $	$\frac{Y-\hat{Y}}{Y} * 100$	$(Y-\hat{Y})^2$
Jan-19	25248	24943.09156	304.90844	1.2076538	92969.15725
Feb-19	23226	24368.88566	1142.8837	4.9207167	1306187.633
Mar-19	27608	26592.23765	1015.7623	3.6792319	1031773.15
Apr-19	26611	26361.62738	249.37262	0.9371035	62186.70396
May-19	31871	29365.41904	2505.581	7.8616327	6277935.939
Jun-19	22123	23755.83846	1632.8385	7.380728	2666161.441
		MAPE = 4.331178 RMSE = 1380.65286			

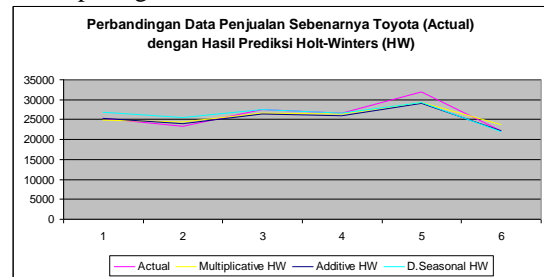
Tabel 5. Pengukuran *Error* Metode *Additive HW* untuk Merek Toyota

Periode	Penjualan Toyota (Y)	Additive Holt-Winters			
		Prediksi (Y)	$ Y-\hat{Y} $	$\frac{Y-\hat{Y}}{Y} * 100$	$(Y-\hat{Y})^2$
Jan-19	25248	25229.03029	18.969715	0.0751335	359.8500872
Feb-19	23226	24083.56435	857.56435	3.6922602	735416.611
Mar-19	27608	26506.3777	1101.6223	3.9902285	1213571.683
Apr-19	26611	25925.15007	685.86993	2.5773174	470390.121
May-19	31871	29078.55436	2792.4456	8.7617133	7797752.675
Jun-19	22123	22123.01134	0.01134	5.126E-05	0.000128596
		MAPE = 3.182784 RMSE = 1304.95791			

Tabel 6. Pengukuran *Error* Metode *Double Seasonal HW* untuk Merek Toyota

Periode	Penjualan Toyota (Y)	Double Seasonal Holt-Winters			
		Prediksi (Y)	$ Y-\hat{Y} $	$\frac{Y-\hat{Y}}{Y} * 100$	$(Y-\hat{Y})^2$
Jan-19	25248	26764.23531	1516.2353	6.005368	2288969.502
Feb-19	23226	25432.18506	2206.1851	9.4987732	4867252.515
Mar-19	27608	27456.40894	151.59106	0.5490838	22979.85045
Apr-19	26611	26685.26898	74.268976	0.2790913	5515.880814
May-19	31871	29177.33131	2693.6687	8.4517859	7255850.998
Jun-19	22123	22064.64047	58.359534	0.2637958	3405.83525
		MAPE = 4.174630 RMSE = 1553.09199			

Hasil perbandingan data penjualan sebenarnya Toyota dengan hasil prediksi *Holt-Winters* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Data Penjualan Sebenarnya Toyota dengan Hasil Prediksi *Holt-Winters* Semester I 2019

Tabel 4, tabel 5 dan tabel 6 memperlihatkan bahwa metode *Additive Holt-Winters* mempunyai akurasi prediksi yang paling tinggi untuk merek Toyota, dengan nilai *MAPE* = 3.182784% dan nilai *RMSE* = 1304.95791, kemudian diikuti oleh metode *Double Seasonal Holt-Winters* dan metode *Multiplicative Holt-Winters*. Metode *Additive* menghasilkan nilai yang paling akurat karena data penjualan mobil Toyota mempunyai tipe data yang stasioner, yaitu data cukup konstan berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan (gambar 1).

Hasil pengukuran nilai *error* untuk prediksi semua merek mobil dengan menggunakan *MAPE* dan *RMSE* dapat dilihat pada tabel 7.

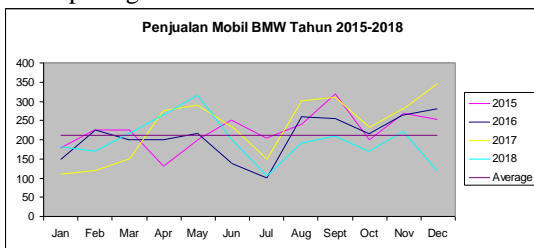
Tabel 7. Hasil Pengukuran *MAPE* dan *RMSE*

Jurnal Teknik, Kesehatan dan Ilmu Sosial

No.	MEREK MOBIL	Multiplicative HW		Additive HW		Double Seasonal HW	
		MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
1	TOYOTA	4.3312	1381	3.18278	1304.96	4.1747	1552.094
2	DAIHATSU	6.8676	1642	5.65539	1468.13	5.9135	1657.908
3	HONDA	7.3267	1017	5.497	838.82	6.3516	852.3384
4	SUZUKI	8.2849	733	4.52888	576.834	21.333	1899.791
5	MITSUBISHI	7.3914	1053	5.97511	1058.69	13.364	2151.337
6	DATSUN	18.586	161	19.0827	217.418	22.686	223.2262
7	NISSAN	20.693	229	15.2883	179.464	34.366	448.1367
8	HINO	18.033	702	10.1042	374.883	36.901	1559.142
9	ISUZU	48.38	1075	7.15387	194.942	30.074	587.3426
10	MAZDA	10.923	50.8	11.13	73.8481	16.591	82.39949
11	CHEVROLET	21.812	57.4	24.5112	63.3962	24.824	62.8183
12	BMW	17.769	41.4	59.3529	118.457	12.74	29.72862
13	HYUNDAI	46.97	48.1	30.4722	46.6342	31.488	49.58338
14	TATA	28.514	39.1	56.2542	43.6083	27.65	45.41296
15	LEXUS	92.36	159	83.0791	152.692	306.73	79.26442
16	VOLKSWAGEN	113.61	18.4	88.7783	23.6792	279.05	30.61421
17	UD. TRUCKS	78.568	163	15.1284	40.9589	26.362	57.12732
18	MINI	28.359	16.1	79.6008	38.0541	28.859	14.81681
19	PROTON	1420.9	118	237.321	19.8578	1264.5	88.55616
20	AUDI	44.308	1.33	97.3233	3.2261	54.327	1.515345
21	FAW	46.572	14.4	44.1955	11.8335	180.75	33.53351
22	RENAULT (PC)	120	10.5	51.2408	6.76384	262.14	24.30112
23	MAN TRUCK	148.01	9.07	154.714	3.94653	111.33	5.18317
24	PEUGEOT	7535	560	126.419	12.3601	120.16	11.85706
25	MITSUBISHI FUSO	16.499	599	44.3597	1350.28	17.343	781.7603
26	SCANIA	15.837	11.3	28.0687	23.2515	16.117	9.007762

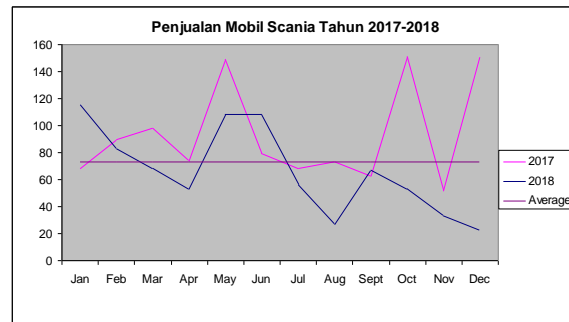
Tabel 7 memperlihatkan bahwa metode *Additive Holt-Winters* mempunyai akurasi prediksi yang paling tinggi untuk merek mobil Toyota, Daihatsu, Honda, Suzuki, Mitsubishi, Nissan dan Isuzu karena data penjualan mobil tersebut mempunyai tipe data yang stasioner, yaitu data cukup konstan berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan.

Tabel 7 juga memperlihatkan bahwa metode *Double Seasonal Holt-Winters* mempunyai akurasi prediksi yang paling tinggi untuk merek BMW ($MAPE = 12.74$), karena data penjualan mobil tersebut mempunyai dua trend musiman yaitu 6 bulan dan 12 bulan. Contoh data penjualan mobil BMW yang mempunyai dua pola musiman dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Data Penjualan Mobil BMW dengan Dua Pola Musiman

Tabel 7 memperlihatkan bahwa metode *Multiplicative Holt-Winters* mempunyai akurasi prediksi yang tinggi untuk merek mobil Scania ($MAPE = 15.837$), karena data penjualan mobil tersebut mempunyai fluktuasi cukup tinggi di atas dan di bawah nilai rata-rata. Contoh data penjualan mobil Scania yang mempunyai fluktuasi tinggi dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Data Penjualan Mobil Scania yang Berfluktuasi Tinggi

Merek mobil seperti Hyundai, Tata, Lexus, Volkswagen, Proton, Audi, FAW, Renault (PC), Man Truck dan Peugeot memiliki tingkat error yang tinggi ($MAPE > 50\%$), karena terdapatnya fluktuasi nilai penjualan yang tidak menentu akibat banyaknya data penjualan yang kosong (banyak penjualan = 0 unit). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa akurasi metode peramalan *Holt-Winters* bergantung pada model data yang digunakan. Metode *Additive Holt-Winters* cocok digunakan untuk memprediksi model data yang cukup konstan berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata, seperti data penjualan mobil Toyota, Daihatsu dan Honda. Metode *Double Seasonal Holt-Winters* cocok digunakan untuk model data penjualan yang mempunyai dua trend musiman, seperti data penjualan mobil BMW dan metode *Multiplicative Holt-Winters* cocok untuk model data penjualan mobil yang mempunyai fluktuasi cukup tinggi di atas dan di bawah nilai rata-rata, seperti data mobil Scania.

5. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan penelitian mengenai perbandingan metode *Multiplicative*, *Additive* dan *Double Seasonal Holt-Winters* untuk prediksi penjualan mobil, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik sebagai berikut:

- Metode *Multiplicative*, *Additive* dan *Double Seasonal Holt-Winters* dapat digunakan untuk melakukan prediksi penjualan mobil dengan menggunakan data penjualan pada periode lalu.
- Akurasi metode peramalan *Holt-Winters* bergantung pada model data yang digunakan. Metode *Additive Holt-Winters* cocok digunakan untuk memprediksi model data yang cukup konstan berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata, seperti data penjualan mobil Toyota ($MAPE = 3.18278\%$ dan nilai $RMSE = 1304.96$), Daihatsu, Honda, Suzuki, Mitsubishi, Nissan dan Isuzu, sedangkan metode *Double Seasonal Holt-Winters* cocok digunakan untuk model data penjualan yang mempunyai dua pola musiman, seperti data

Jurnal Teknik, Kesehatan dan Ilmu Sosial

penjualan mobil BMW ($MAPE = 12.74$ dan $RMSE = 29.728622$) dan metode *Multiplicative Holt-Winters* cocok untuk model data penjualan mobil yang mempunyai fluktuasi cukup tinggi di atas dan di bawah nilai rata-rata, seperti data mobil Scania ($MAPE = 15.837$ dan $RMSE = 11.3$).

- Merek mobil seperti Hyundai, Tata, Lexus, Volkswagen, Proton, Audi, FAW, Renault (PC), Man Truck dan Peugeot memiliki tingkat *error* yang tinggi ($MAPE > 50\%$), karena terdapatnya fluktuasi nilai penjualan yang tidak menentu akibat banyaknya data penjualan yang kosong.

Economics, Rotterdam, 2017.

Shahin, A.A. 2016, *Using Multiple Seasonal Holt-Winters Exponential Smoothing to Predict Cloud Resource Provisioning*, Al Imam Mohammad Ibn Saud Islamic University, Saudi Arabia.

Yang, Y., Yu, H., and Sun, Z., 2017, *Aircraft Failure Rate Forecasting Method Based on Holt-Winters Seasonal Model*, Naval Aeronautical and Astronautical University, Qingdao, China.

DAFTAR PUSTAKA

Bustami, Irawansyah, H., and Gamal M.D.H., 2015, *Holt-Winters Forecasting Method That Takes into Account the Effect of Eid*, University of Riau, Pekanbaru.

Emmanuel, O.O, and Adebajji, A. 2014, *Using Holt Winter's Multiplicative Model to Forecast Assisted Childbirths at the Teaching Hospital in Ashanti Region, Ghana*, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana.

Manula, M. and Duvnjak, M. 2017, *Modelling the Employment in Tourism – Case Study of Croatia*, University of Rijeka, Croatia.

Nugraha, E.Y. dan Suletra I.W. 2017, *Analisis Metode Peramalan Permintaan Terbaik Produk Oxygan pada PT. Samator Gresik*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Nurlifa, A. dan Kusumadewi, S. 2017, *Sistem Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Moving Average pada Rumah Jilbab Zaky*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pranata, A., Akbar, M.H., Akhdansyah, T., and Anwar, S., 2018, *Penerapan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda dan Tripel untuk Meramalkan Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Rosalina, E. 2015, *Metode Peramalan Holt-Winter untuk Memprediksi Jumlah Pengunjung Perpustakaan*, Kampus Bina Widya, Pekanbaru.

Ruiter, M. 2017, *Using Exponential Smoothing Methods for Modelling and Forecasting Short-Term Electricity Demand*, Erasmus School of