

PERAMALAN INDEKS HARGA PROPERTI RESIDENSIAL MENGUNAKAN METODE BAYES

Putu Gde Budha Wiriyadana^{1§}, I Wayan Sumarjaya², I Komang Gde Sukarsa³

¹Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: budhawiryadana123@gmail.com]

²Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: sumarjaya@unud.ac.id]

³Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: sukarsa@unud.ac.id]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

Residential property is a property in the form of building which serves as residence or house. House has function as a place whether to take a rest, to take cover and to get together with family. Residential property price indices (RPPIs) forecasting has aim as a development planning by the developer to avoid shortages or excess of home supplies. This research aims to model and predict the RPPIs using the Bayes method for 2020 to 2021. The data used in this research is the data from RPPIs of Denpasar city from 2012 in the first quarter to 2019 in the fourth quarter. Then, the method which is used is Bayes method with autoregression (AR) model in forecasting RPPIs. Therefore, it obtained mean absolute percentage error (MAPE) for forecasting the next one period with (Y_{t+1}) equal to 0,4049416%. For the result of RPPIs forecasting in Denpasar city from 2020 the first quarter to 2021 the fourth quarter has an insignificant increase with an average difference for each quarter increased by 0,3568%.

Keywords: *Autoregressive Model, Bayes Method, Forecasting, Markov Chain Monte Carlo, Residential Property Price Indices*

1. PENDAHULUAN

Properti adalah investasi dalam bentuk aset fisik berupa kepemilikan tanah dan bangunan yang mencakup sarana dan prasarana yang ada di dalamnya (Wulandari, 2017). Industri properti sangat sulit untuk diprediksi dan memiliki risiko yang cukup tinggi. Permintaan masyarakat terhadap industri properti sulit diprediksi karena ketika pertumbuhan ekonomi tinggi menyebabkan permintaan meningkat dan pihak pengembang cenderung *over supplied*, namun ketika pertumbuhan ekonomi mengalami penurunan menyebabkan permintaan menurun drastis. Risiko tinggi disebabkan sumber dana utama dari industri properti berasal dari bank, proyek beroperasi dengan menggunakan aktiva tetap berupa tanah dan bangunan, dan dalam pembebasan lahan membutuhkan modal yang cukup besar (Rifai, 2015).

Menurut Evans & Evans (2007) properti residensial adalah bentuk properti berupa bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau rumah. Permintaan properti

residensial terus meningkat seiring meningkatnya jumlah populasi manusia.

Perkiraan indeks harga properti residensial (IHPR) untuk waktu yang akan datang penting dilakukan untuk meminimalisir kecenderungan *over supplied*. Peramalan IHPR berguna bagi pengembang dalam merencanakan pembangunan dan untuk melihat inflasi yang akan digunakan pemerintah dalam membuat kebijakan ekonomi.

Analisis deret waktu merupakan salah satu analisis dalam statistika yang berguna dalam membuat peramalan menghasilkan galat yang kecil. Ada beberapa metode dalam peramalan statistika, seperti ARIMA, Bayes, pemulus eksponensial, dan lain-lain. Penelitian Amry (2018) tentang pendekatan Bayes model *autoregressive moving average* (ARMA) untuk peramalan inflansi di Indonesia menunjukkan bahwa hasil dari peramalan Bayes lebih dekat dengan data faktual daripada peramalan deret waktu model ARMA. Jacobson & Karlsson (2002) menggunakan metode *Bayesian model averaging* (BMA) untuk peramalan inflansi indeks harga konsumen Swedia, menghasilkan

perkiraan yang kuat dengan *mean square error* (MSE) yang kecil dari setiap model yang disertakan.

Statistika Bayes menerapkan teori peluang tentang kepercayaan terhadap suatu peristiwa yang didasarkan pada pengetahuan dari percobaan sebelumnya atau kepercayaan individual (Bernardo & Smith, 1994). Statistika Bayes untuk peramalan, melibatkan pengondisian pada informasi yang diketahui untuk membuat pernyataan tentang informasi yang tidak diketahui Geweke & Whiteman (2006). Penelitian ini menggunakan statistika Bayes sebagai pendekatan untuk memodelkan dan meramalkan IHPR dari tahun 2020 sampai tahun 2021 dengan harapan dapat menghasilkan galat yang sekecil mungkin.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data indeks harga properti residensial triwulanan untuk wilayah Denpasar tahun 2012 hingga 2019 yang dipublikasikan oleh Bank Indonesia. Penelitian ini menggunakan data indeks harga properti residensial ($Y = \{Y_t\}$) sebagai variabel terikat dan data indeks harga properti residensial n periode sebelumnya $X = \{Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-n}\}$ dengan n merupakan orde dari model *autoregresif* (AR) yang ditentukan dari nilai AIC terkecil sebagai variabel bebas.

2.2 Metode Analisis Data

Metode analisis data pada penelitian ini menggunakan metode Bayes dengan bantuan program R 4.0.1. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

1. Plot data indeks harga properti residensial untuk melihat adanya tren pada data.
2. Menentukan orde AR(n) dalam pemilihan nilai n dengan AIC terkecil untuk $n = \{1, 2, \dots, 10\}$.
3. Memilih *prior* untuk masing-masing parameter.
 - a. *Prior* normal untuk mengestimasi parameter β dalam persamaan $y_i = \beta x_i + \varepsilon_i$, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.
 - b. *Prior gamma* untuk mengestimasi parameter σ^2 dalam persamaan $y_i = \beta x_i + \varepsilon_i$, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$
4. Menghitung nilai *posterior* dari masing-masing *prior*.

5. Menghitung nilai estimasi parameter dan peramalan dengan metode MCMC menggunakan Algoritme *Gibbs Sampling*.

- a. Menentukan nilai *mean* dan *variance* dari distribusi *posterior* untuk parameter β menggunakan 2 (dua) persamaan, yaitu

$$M^* = \left(\Sigma_0^{-1} + \frac{1}{\sigma^2} X_t' X_t \right)^{-1} \left(\Sigma_0^{-1} \beta_0 + \frac{1}{\sigma^2} X_t' Y_t \right) \text{ dan}$$

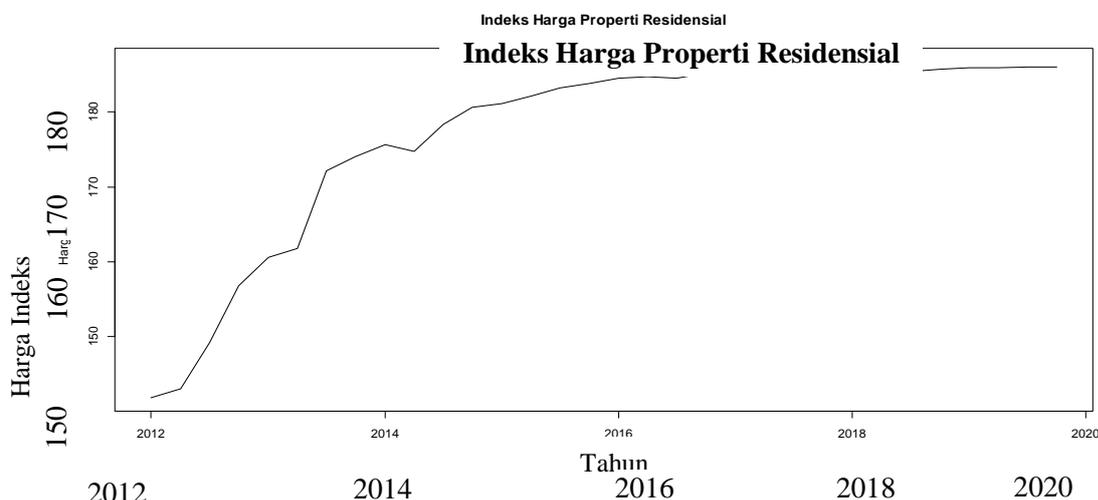
$$V^* = \left(\Sigma_0^{-1} + \frac{1}{\sigma^2} X_t' X_t \right)^{-1}.$$

- b. Menghitung estimasi parameter β dengan membangun bilangan acak berdistribusi normal dengan nilai *mean* dan *variance* dari langkah (5a) sesuai persamaan $x = \mu + z\sigma$ (z merupakan bilangan acak berdistribusi normal dengan *mean* = 0 dan *variance* = 1).
 - c. Menentukan nilai parameter bentuk dan parameter laju dari distribusi *posterior* untuk parameter σ^2 menggunakan persamaan $T_1 = T_0 + T$ dan $\theta_1 = \theta_0 + (Y - \beta X_t)'(Y - \beta X_t)$ (menggunakan nilai awal $T_0 = 1$ dan $\theta_0 = 0,1$).
 - d. Menghitung estimasi parameter σ^2 dengan membangun bilangan acak menggunakan persamaan $\hat{\sigma}^2 = \theta_1 / (z'z)$ dari penduga untuk parameter σ^2 .
 - e. Menghitung estimasi indeks harga untuk p periode selanjutnya menggunakan persamaan $\hat{Y}_{t+p} = \alpha + \beta_1 \hat{Y}_{t+(p-1)} + \dots + \beta_n Y_{t+(n-p)} + (\sigma v^*)$.
 - f. Mengulang langkah 5a sampai 5e sebanyak M kali (pada kasus ini menggunakan $M = 15.000$ kali) untuk mendapatkan iterasi $\{\beta^1, \dots, \beta^M\}$, $\{(\sigma^2)^1, \dots, (\sigma^2)^M\}$, dan $\{(Y_{t+1}, \dots, Y_{t+p})^1, \dots, (Y_{t+1}, \dots, Y_{t+p})^M\}$.
 - g. Membuang sebanyak N kali (pada kasus ini menggunakan $N = 5.000$ kali) iterasi awal (*burn-in*) karena sampel dari iterasi awal bukan dari nilai *posterior* target.
 - h. Menghitung nilai rata-rata dari proses iterasi ke- $(N + 1)$ sampai iterasi ke- M .
6. Menghitung keakuratan dari hasil peramalan menggunakan *mean absolute percentage error* (MAPE) sesuai persamaan $MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \right) \times 100\%$.

7. Interpretasi hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas penerapan metode Bayes untuk meramalkan IHPR Kota Denpasar. Untuk hasil plot data IHPR Kota Denpasar dijelaskan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Plot Data IHPR Kota Denpasar dari tahun 2012 – 2019

Gambar 1 menunjukkan tren, kenaikan IHPR secara signifikan terjadi dari tahun 2012 hingga tahun 2017 dan dari tahun 2017 hingga tahun 2019 mengalami kenaikan namun tidak terlalu signifikan. Selanjutnya didekati dengan model AR dengan pemilihan nilai AIC terkecil untuk penentuan model terbaik agar menghasilkan galat yang minimum.

3.1 Pemilihan Model Terbaik

Penentuan model terbaik berguna dalam pendekatan data peramalan dengan data faktual agar galat yang dihasilkan diharapkan sekecil mungkin (Tsay, 2010). Dalam pemilihan model AR(n), orde n yang dipilih merepresentasikan sebanyak n-periode sebelumnya dari variabel terikat (Y_t). Perhitungan nilai AIC dari model AR(n) disajikan dalam Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 nilai AIC terkecil ada pada AR(4) = 139,7227. Oleh karena itu analisis data selanjutnya akan menggunakan model AR(4). Dari model AR(4) dibentuk variabel bebas untuk data indeks harga properti residensial menggunakan empat periode sebelumnya,

($X = \{Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}, Y_{t-4}\}$) dan model regresi yang dibentuk sebagai berikut,

$$Y_t = \alpha + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \beta_3 Y_{t-3} + \beta_4 Y_{t-4} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Tabel 1. Nilai AIC data IHPR Kota Denpasar untuk orde n = {1,2, ...,10}

Orde AR	Nilai AIC
1	147,7868
2	147,9106
3	146,6744
4	139,7227
5	141,2335
6	142,4288
7	144,3036
8	146,1872
9	148,1775
10	150,1641

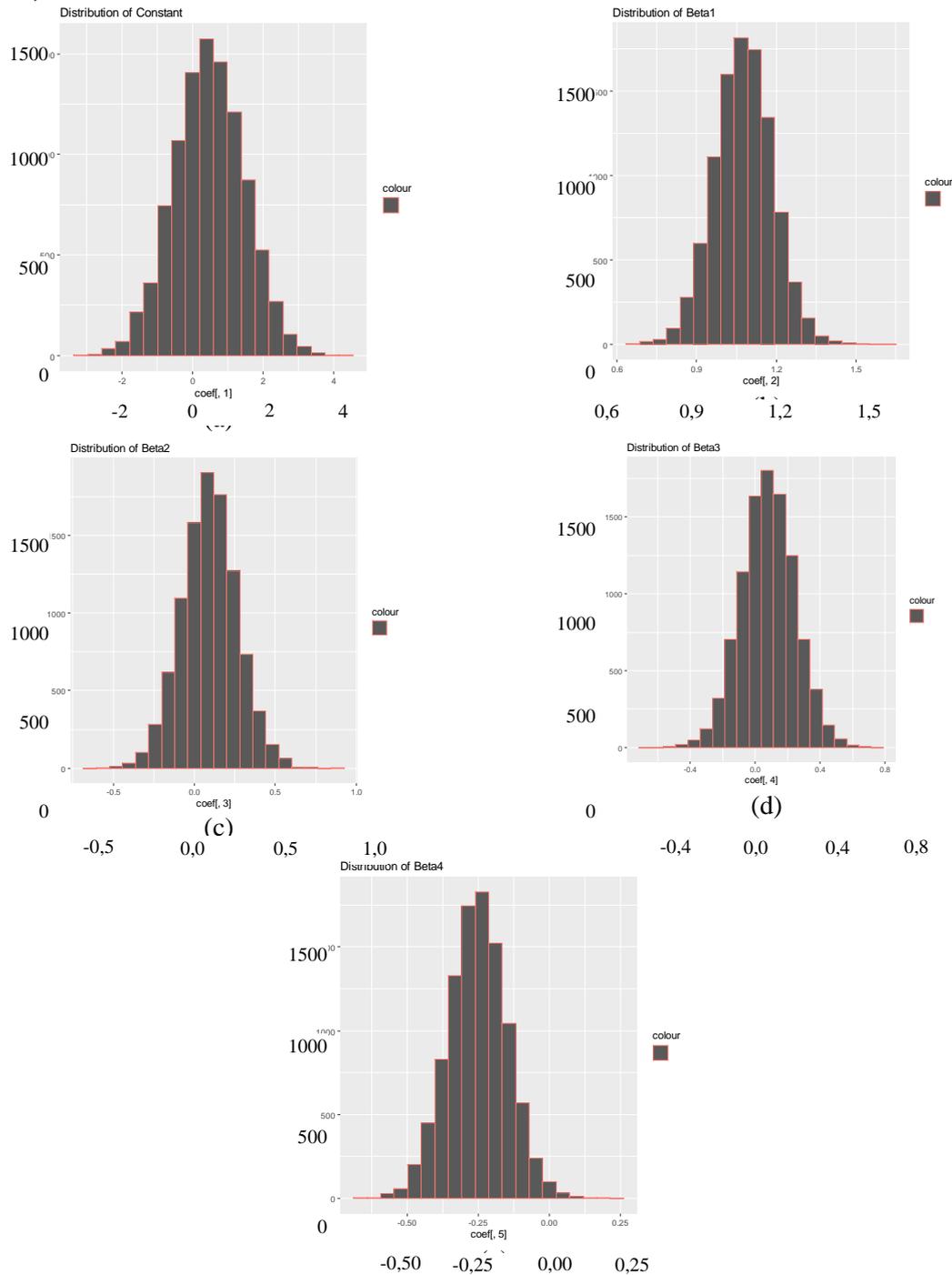
3.2 Estimasi Parameter

Estimasi parameter bertujuan untuk menghitung nilai parameter pada model indeks harga properti residensial. Model yang diperoleh diharapkan dapat menghitung perkiraan dengan hasil mendekati nilai sebenarnya.

3.2.1 Estimasi untuk Parameter β

Dalam mencari estimasi nilai untuk parameter β menggunakan *prior* normal yang dipadukan dengan fungsi *likelihood* menghasilkan *posterior* berdistribusi normal dengan *mean* dan *variance* sesuai persamaan $M^* = \left(\Sigma_0^{-1} + \frac{1}{\sigma^2} X_t' X_t\right)^{-1} \left(\Sigma_0^{-1} \beta_0 + \frac{1}{\sigma^2} X_t' Y_t\right)$ dan persamaan $V^* = \left(\Sigma_0^{-1} + \frac{1}{\sigma^2} X_t' X_t\right)^{-1}$. Nilai estimasi dicari dengan

menggunakan perhitungan MCMC algoritme *Gibbs sampling* (Blake & Mumtaz, 2017). Iterasi yang digunakan sebanyak 15.000 kali karena pada proses *Gibbs sampling* memerlukan jumlah iterasi yang besar agar konvergensi ke target *posterior* tercapai dan 5.000 *burn-in* periode dipilih karena sampel dari iterasi awal bukan dari nilai *posterior* target, estimasi untuk parameter β ditunjukkan pada Gambar 2,



Gambar 2. Plot histogram dari bilangan acak yang dibangun untuk konstanta (a) untuk parameter β_1 (b) untuk parameter β_2 (c) untuk parameter β_3 (d) dan untuk parameter β_4 (e) (Lanjutan)

Gambar 2 menunjukkan distribusi *posterior* untuk parameter β , dapat dilihat pada pola sebaran data untuk semua parameter yang dibangun berdistribusi normal karena membentuk lonceng simetris. Estimasi parameter dihitung berdasarkan nilai rata-rata dari bilangan acak yang dibentuk dalam proses MCMC algoritme *Gibbs sampling*. Simpulan dari rata-rata untuk parameter β disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rataan nilai estimasi parameter

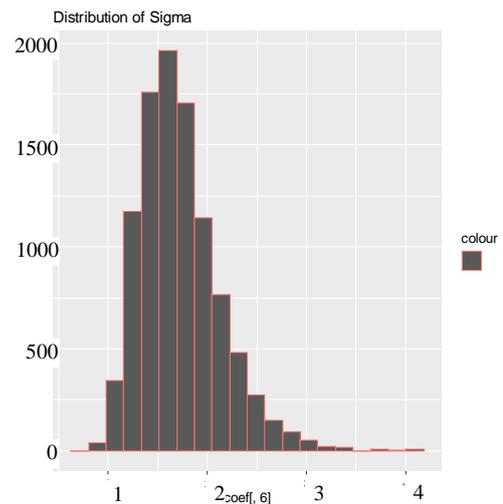
Parameter	Estimasi
α	0,47720396
β_1	1,07715680
β_2	0,09386742
β_3	0,07991582
β_4	-0,25220898

Sehingga model regresi yang dibentuk untuk data indeks harga properti residensial Kota Denpasar adalah

$$\begin{aligned}
 Y_t = & 0,47720396 \\
 & + 1,07715680Y_{t-1} \\
 & + 0,09386742Y_{t-2} \\
 & + 0,07991582Y_{t-3} \\
 & - 0,25220898Y_{t-4} \\
 & + \varepsilon_t.
 \end{aligned} \tag{2}$$

3.2.2 Estimasi Untuk Parameter σ^2

Dalam mencari estimasi nilai untuk σ^2 menggunakan *prior inverse gamma* atau parameter $1/\sigma^2$ menggunakan *prior gamma* yang dipadukan dengan fungsi *likelihood* menghasilkan *posterior* berdistribusi *gamma* dengan *shape* dan *rate* sesuai persamaan $T_1 = T_0 + T$ dan persamaan $\theta_1 = \theta_0 + (Y - \beta X_t)'(Y - \beta X_t)$. Nilai estimasi dicari dengan menggunakan perhitungan MCMC algoritme *Gibbs sampling* (Blake & Mumtaz, 2017). Iterasi yang digunakan sebanyak 15.000 kali karena pada proses *Gibbs sampling* memerlukan jumlah iterasi yang besar agar konvergensi ke target *posterior* tercapai dan 5.000 *burn-in* periode dipilih karena sampel dari iterasi awal bukan dari nilai *posterior* target ditunjukkan pada Gambar 3,



Gambar 3. Plot histogram dari bilangan acak yang dibangun untuk parameter σ^2

Gambar 3 menunjukkan distribusi *posterior* untuk parameter σ^2 . Rataan untuk parameter σ^2 dari bilangan acak yang dibangun adalah 1,72301534. Sehingga model yang dibentuk untuk peramalan dari estimasi parameter β dan parameter σ^2 dengan estimasi galat adalah,

$$\begin{aligned}
 Y_{t+1} = & 0,47720396 \\
 & + 1,07715680Y_t \\
 & + 0,09386742Y_{t-1} \\
 & + 0,07991582Y_{t-2} \\
 & - 0,25220898Y_{t-3} \\
 & + \left(\sqrt{1,72301534}\right. \\
 & \left. \times v^*\right).
 \end{aligned} \tag{3}$$

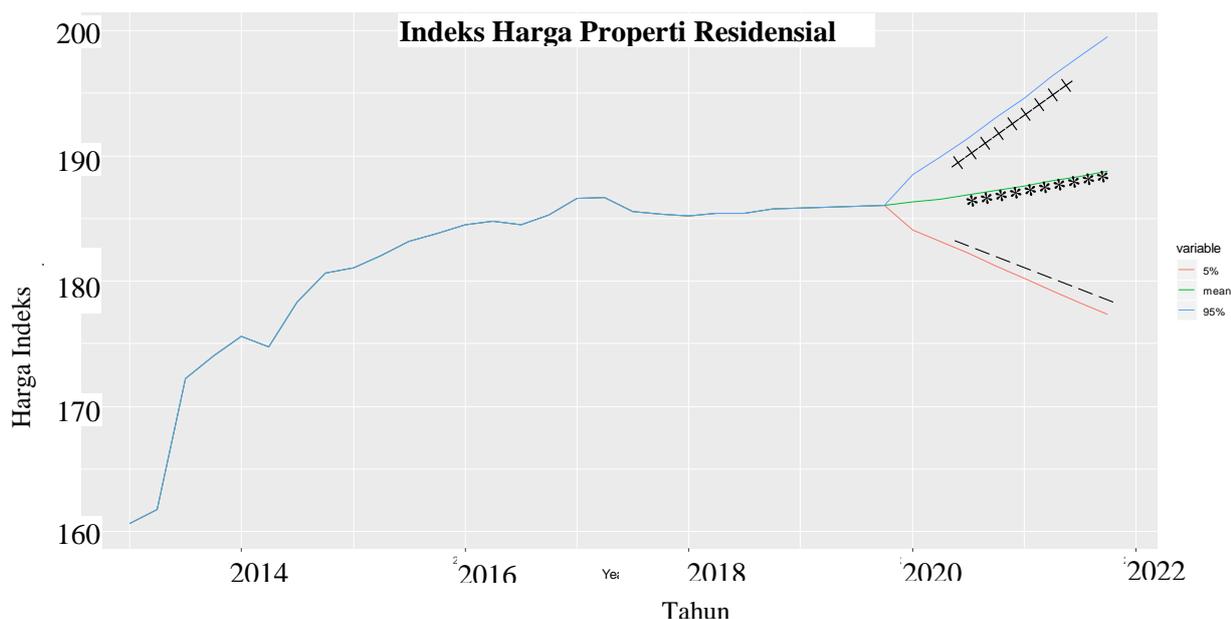
3.3 Hasil Peramalan

Hasil peramalan diperoleh berdasarkan model yang dibentuk dari distribusi *posterior* pada parameter β dan parameter σ^2 . Berdasarkan model yang dijelaskan pada persamaan (3) untuk peramalan satu periode selanjutnya diperoleh hasil peramalan memiliki nilai MAPE sebesar 0,4049416% disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil peramalan yang dibangun dari model Y_{t+1}

Date	Real	Forecast
1-Jul-2014	178,3430	175,6459
1-Oct-2014	180,6080	179,1255
1-Jan-2015	181,0960	181,4354
1-Apr-2015	182,0740	182,6842
1-Jul-2015	183,2020	183,0522
1-Oct-2015	183,8250	183,8268
1-Jan-2016	184,4870	184,5588
1-Apr-2016	184,7640	185,1739
1-Jul-2016	184,5240	185,2997
1-Oct-2016	185,2620	184,9629
1-Jan-2017	186,6330	185,5905
1-Apr-2017	186,6890	187,0475
1-Jul-2017	185,5870	187,3560
1-Oct-2017	185,3090	186,0977
1-Jan-2018	185,2350	185,3535
1-Apr-2018	185,4380	185,1455
1-Jul-2018	185,4010	185,6130
1-Oct-2018	185,7350	185,6564
1-Jan-2019	185,8650	186,0475
1-Apr-2019	185,9210	186,1648
1-Jul-2019	185,9770	186,2733
1-Oct-2019	186,0320	186,2650

Untuk hasil peramalan dari delapan periode kedepan (dua tahun) berdasarkan persamaan (3) diperoleh hasil peramalan IHPR untuk tahun 2020 triwulan pertama hingga 2021 triwulan keempat berturut-turut sebesar 186,2965; 186,5656; 186,8811; 187,2436; 187,6226; 188,0053; 188,3837; 188,7941. Dengan toleransi minimal (pendekatan interval kredibel 5%) berturut-turut sebesar, 184,0839; 183,2014; 182,2492; 181,2021; 180,2008; 179,2578; 178,2347; dan 177,3323. Toleransi maksimal (pendekatan interval kredibel 95%) berturut-turut sebesar, 188,4823; 189,9175; 191,3523; 193,0604; 194,6424; 196,3396; 197,9562; dan 199,5546.



Gambar 4. Plot data hasil peramalan IHPR (***) dengan interval kredibel 5% (---) dan 95% (+++)

Dilihat dari Gambar 4 pada rentang interval kredibel dari peramalan satu periode hingga delapan periode selanjutnya menunjukkan bahwa seiring bertambahnya periode maka rentang interval kredibel semakin meluas.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh model untuk peramalan satu periode selanjutnya yaitu,

$$\begin{aligned}
 Y_{t+1} = & 0,47720396 + 1,07715680Y_t \\
 & + 0,09386742Y_{t-1} \\
 & + 0,07991582Y_{t-2} \\
 & - 0,25220898Y_{t-3} \\
 & + \left(\sqrt{1,72301534} \times v^*\right).
 \end{aligned}$$

Hasil peramalan IHPR dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2021 mengalami tren naik, dengan rata-rata kenaikan harga sebesar 0,3568% untuk setiap pergantian kuartal. Semakin banyak periode peramalan menyebabkan hasil peramalan menjauhi hasil sebenarnya, terlihat pada interval kredibel yang dibentuk dari peramalan periode pertama hingga kedelapan semakin meluas.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu diharapkan dapat membangun model yang efektif untuk jangka panjang dan dapat mencoba menggunakan model yang berbeda seperti MA, ARMA, ARIMA, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Amry, Z. (2018). Bayesian Approach for Indonesia Inflation Forecasting. *International Journal of Economics and Financial Issues*, Vol. 8, No. 5, pp. 96–102.
- Bernardo, J. M., & Smith, A. F. M. (1994). *Bayesian Theory*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Blake, A., & Mumtaz, H. (2017). *Applied Bayesian Econometrics for Central Bankers*. England: Bank of England. Diakses pada 3 Desember 2019 dari <https://www.bankofengland.co.uk/media/boe/files/ccbs/resources/appliedbayesian-econometrics-for-centralbankers-update-2017.pdf>
- Evans, D. L., & Evans, O. W. (2007). *The Complete Real Estate Encyclopedia*. New York: McGraw-Hill.
- Geweke, J., & Whiteman, C. (2006). *Bayesian Forecasting*. Netherlands: Elsevier B.V.
- Jacobson, T., & Karlsson, S. (2002). Finding Good Predictors for Inflation: A Bayesian Model Averaging Approach. *Sveriges Riksbank Working Paper Series*, Vol. 23, No. 7, pp. 479–496.
- Rifai, H. (2015). Pengaruh Risiko Bisnis, Pertumbuhan Perusahaan, Ukuran Perusahaan dan Struktur Aktiva terhadap Kebijakan Hutang pada Perusahaan Sektor Property and Real Estate yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia. *Skripsi*. Fakultas Ekonomi, Manajemen, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series* (Third Edition). Chicago: Wiley.
- Wulandari, C. S. (2017). Faktor-Faktor yang Memengaruhi Indeks Harga Properti Residensial Berdasarkan Tingkat Pendapatan Negara: Kajian Empiris di 27 Negara. *Tesis*. Pascasarjana, Ilmu Ekonomi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.