

**PENERAPAN METODE GRID-SEARCH DALAM
MENENTUKAN PARAMETER MODEL PERTUMBUHAN
PENDUDUK DI KOTA SAMARINDA**

Dewi Satriani¹, Latifah Uswatun Khasanah¹, Nanda Arista Rizki²

¹Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Mulawarman, Indonesia

Corresponding author: dewisatriani.desat@gmail.com

Abstrak. Jumlah penduduk akan semakin meningkat seiring waktu. Laju pertumbuhan penduduk di provinsi Kalimantan Timur menduduki peringkat ketiga di Indonesia pada Tahun 2016. Salah satu penerapan matematika dalam kehidupan sehari-hari adalah model pertumbuhan penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai parameter untuk model pertumbuhan penduduk di Samarinda. Model-model pertumbuhan yang digunakan adalah model regresi linier, aritmatik, geometrik, dan eksponensial. Penaksiran parameter untuk model regresi linier menggunakan metode kuadrat terkecil, sedangkan penaksiran parameter untuk model aritmatik, geometrik, dan eksponensial menggunakan metode konvensional. Parameter setiap model pertumbuhan dibandingkan dengan parameter yang paling optimum yang diperoleh dari metode Grid-Search. Model terbaik dipilih berdasarkan nilai Root Mean Square (RMS) yang terkecil. Berdasarkan hasil analisis, bahwa model terbaik untuk kasus ini adalah model regresi linier dengan parameter $\alpha = 15921.845$ dan $\beta = -31300862.976$. Metode Grid-Search mampu mengoptimalkan parameter berdasarkan nilai RMS.

Kata Kunci: *Grid-Search*, Metode Kuadrat Terkecil, *Root Mean Square*, Pertumbuhan Penduduk, Samarinda.

1 PENDAHULUAN

Jumlah penduduk akan semakin meningkat seiring waktu. Berdasarkan hasil SUPAS 2015, Indonesia mengalami perubahan struktur penduduk yang terjadi cukup cepat. Perubahan struktur umur penduduk akan mendorong Indonesia memasuki era bonus demografi yang ditandai dengan tumbuhnya segmen populasi penduduk usia produktif. Kondisi ini akan menjadikan Indonesia sebagai negara dengan proporsi jumlah usia produktif paling besar di wilayah Asia Tenggara.

Jumlah penduduk tentu tidak lepas dari istilah laju pertumbuhan penduduk. Laju pertumbuhan penduduk di provinsi Kalimantan Timur menduduki peringkat ketiga di Indonesia pada Tahun 2016. Dua faktor penyebabnya adalah kelahiran dan migrasi. Dalam hal ini, peran Samarinda sebagai ibukota provinsi Kalimantan Timur tentu cukup signifikan dalam pertumbuhan penduduk.

Model pertumbuhan penduduk merupakan salah satu model penerapan matematika dalam kehidupan sehari-hari. Model pertumbuhan penduduk yang sering digunakan adalah model regresi linier, model aritmatik, model geometrik, dan model eksponensial. Dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah mendapatkan nilai parameter untuk model-model pertumbuhan tersebut dengan menggunakan metode penaksiran parameter yang konvensional dengan metode Grid-Search. Lalu memilih model terbaik berdasarkan nilai *Root Mean Square* (RMS) terkecil.

Penelitian mengenai Grid-Search dapat menjadi alternatif untuk metode penaksiran parameter. Dalam [8], menggunakan metode Grid-Search untuk menemukan parameter dari model *Support Vector Regression* (SVR). Penelitian menggunakan metode Grid-Search juga dilakukan oleh [2] untuk menemukan parameter kernel *Radial Basis Function*. Beberapa parameter yang dihasilkan menunjukkan adanya peningkatan akurasi.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model Regresi Linier

Model regresi linier adalah model pertumbuhan yang bersifat linier. Model ini menggambarkan hubungan antara tahun pengamatan dan jumlah penduduk seperti garis lurus. Adapun model pertumbuhan ini adalah sebagai berikut

$$P(t) = \alpha t + \beta \quad (1.1)$$

untuk $t = t_1, t_2, \dots, t_N$. Salah satu metode penaksiran parameter untuk model regresi linier adalah metode kuadrat terkecil. Adapun solusi dari metode kuadrat terkecil adalah

$$\alpha = \frac{N \sum_{t=t_1}^{t_N} t \cdot P(t) - \sum_{t=t_1}^{t_N} t \sum_{t=t_1}^{t_N} P(t)}{N \sum_{t=t_1}^{t_N} t^2 - \left(\sum_{t=t_1}^{t_N} t \right)^2} \quad (1.2)$$

$$\beta = \frac{1}{N} \sum_{t=t_1}^{t_N} P(t) - \frac{\alpha}{N} \sum_{t=t_1}^{t_N} t \quad (1.3)$$

2.2 Model Pertumbuhan Aritmatik

Model pertumbuhan penduduk selanjutnya adalah model pertumbuhan aritmatik. Model ini mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan bilangan yang sama setiap tahunnya. Bilangan yang sama ini disebut laju pertumbuhan penduduk (r). Adapun formula pertumbuhan penduduk pada tahun ke t untuk model ini adalah

$$P(t) = P_0(1 + rt) \quad (1.4)$$

untuk $t = 1, 2, 3, \dots, N$ dengan P_0 menyatakan jumlah penduduk pada tahun dasar dan t menyatakan periode waktu antara tahun dasar dan tahun t . Sehingga perhitungan parameter r dihitung sebagai berikut:

$$r = \frac{1}{N} \left(\frac{P(N)}{P_0} - 1 \right). \quad (1.5)$$

2.3 Model Pertumbuhan Geometrik

Berbeda dengan model pertumbuhan aritmatik, jumlah penduduk pada model geometrik diasumsikan akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar pertumbuhan bunga majemuk. Laju pertumbuhan penduduk (r) dianggap sama untuk setiap tahun. Adapun formula pertumbuhan penduduk pada tahun ke t untuk model ini adalah

$$P(t) = P_0(1 + r)^t \quad (1.6)$$

untuk $t = 1, 2, 3, \dots, N$ dengan P_0 menyatakan jumlah penduduk pada tahun dasar dan t menyatakan periode waktu antara tahun dasar dan tahun t . Sehingga perhitungan parameter r dihitung sebagai berikut

$$r = \left(\frac{P(N)}{P_0} \right)^{\frac{1}{N}} - 1. \quad (1.7)$$

2.4 Model Pertumbuhan Eksponensial

Berbeda dengan model geometrik yang mengasumsikan bahwa penambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu, model pertumbuhan eksponensial menggambarkan penambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun. Berikut adalah formula untuk menghitung jumlah penduduk menggunakan model eksponensial

$$P(t) = P_0 e^{rt} \quad (1.8)$$

untuk $t = 1, 2, 3, \dots, N$ dengan P_0 menyatakan jumlah penduduk pada tahun dasar dan t menyatakan periode waktu antara tahun dasar dan tahun t . Sehingga perhitungan parameter r dihitung sebagai berikut

$$r = \frac{1}{N} \ln \left(\frac{P(N)}{P_0} \right). \quad (1.9)$$

2.5 Metode Grid-Search

Selain menggunakan metode yang konvensional, metode Grid-Search juga dapat digunakan dalam penentuan parameter yang optimal. Algoritma dalam metode ini menjadikan titik-titik grid yang berjarak sama, lalu menghitung ukuran kesalahan untuk setiap titik-titik parameter tersebut. Titik parameter paling optimal adalah titik yang memiliki nilai ukuran kesalahan yang terkecil.

2.6 Root Mean Square (RMS)

Penelitian ini menggunakan salah satu ukuran kesalahan yang disebut *Root Mean Square* (RMS). Ukuran ini dapat menentukan parameter model manakah yang lebih tepat untuk menggambarkan kondisi jumlah penduduk di Kota Samarinda. Model yang dipilih adalah model yang memiliki parameter dengan nilai RMS yang paling minimum. Adapun nilai RMS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RMS = \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |f(t_k) - P(k)|^2 \right)^{1/2} \quad (1.10)$$

dengan P menyatakan jumlah pertumbuhan penduduk dan f menyatakan fungsi pertumbuhan dalam waktu ke t .

3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data jumlah penduduk kota Samarinda pada Tahun 1979 sampai Tahun 2018. Data tersebut merupakan data sekunder yang menunjukkan jumlah penduduk per tahun yang diambil dari *website* resmi Badan Pusat Statistika. Model pertumbuhan penduduk yang digunakan dalam penelitian ini adalah model regresi linier, model pertumbuhan aritmatik, model pertumbuhan geometrik, dan model pertumbuhan eksponensial. *Software* yang digunakan untuk membantu proses analisis adalah GNU Octave versi 5.1.0.

Penelitian ini diawali dengan melihat pola jumlah penduduk secara visual melalui sebuah grafik. Lalu menentukan parameter menggunakan metode konvensional, yaitu metode kuadrat terkecil untuk model regresi linier yang dihitung menggunakan Persamaan (2.2) dan Persamaan (2.3), metode penaksiran pada Persamaan (2.5) untuk model aritmatik, metode penaksiran pada Persamaan (2.7) untuk model geometrik, dan metode penaksiran pada Persamaan (2.9) untuk

model eksponensial. Parameter setiap model dibandingkan dengan parameter yang dihasilkan oleh metode Grid-Search dengan melihat nilai RMS.

Secara umum, titik-titik parameter model regresi linier yang digunakan untuk metode Grid-Search dalam penelitian ini membentuk himpunan berhingga

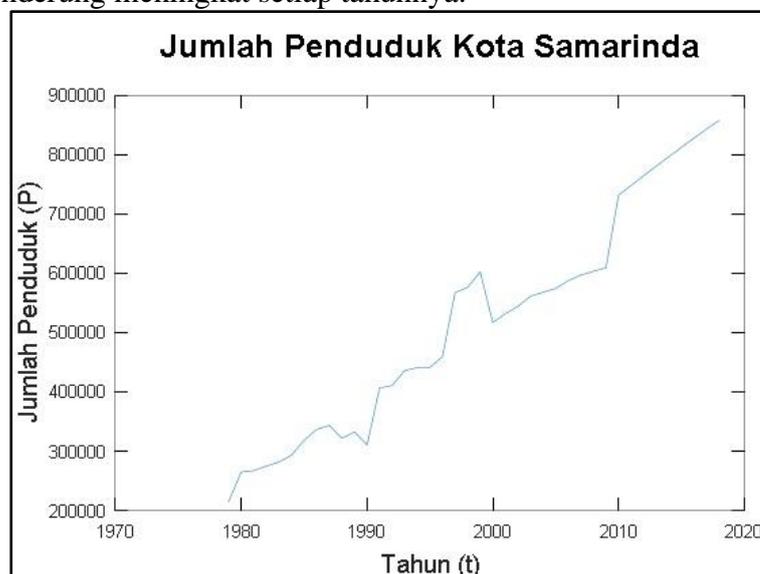
$$\{(p_1, p_2) | p_1 = \hat{p}_1 - (50 - i)10^{-3}; p_2 = \hat{p}_2 - (50 - j)10^{-3}; i = 0, 1, \dots, 100; j = 0, 1, 2, \dots, 100\}$$

dengan \hat{p}_1 dan \hat{p}_2 berturut-turut adalah parameter α dan β yang diperoleh dari metode kuadrat terkecil. Sedangkan himpunan titik-titik parameter untuk model aritmatik, geometrik, dan eksponensial adalah $\{p | p = \hat{p} - (50 - i)10^{-3}; i = 0, 1, \dots, 100\}$ dengan \hat{p} adalah parameter dari yang dihitung menggunakan metode konvensional.

Parameter model yang cocok untuk model regresi linier, model aritmatik, model geometrik, dan model eksponensial adalah parameter model yang memiliki nilai RMS terkecil dari metode konvensional dan metode Grid-Search. Model terbaik adalah salah satu dari model regresi linier, aritmatik, geometrik, atau eksponensial yang dipilih sebagai model yang menggambarkan keadaan jumlah penduduk di kota Samarinda, yaitu model yang memiliki parameter dengan nilai RMS terkecil.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal dalam menganalisis data jumlah penduduk di kota Samarinda adalah membuat grafik untuk melihat pola pertumbuhannya. Grafik pola tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, terlihat jelas bahwa pola yang dihasilkan cenderung meningkat setiap tahunnya.



Gambar 1: Grafik jumlah penduduk di kota Samarinda.

Langkah selanjutnya adalah penaksiran parameter dengan menggunakan metode konvensional. Adapun parameter yang dihasilkan untuk model regresi linier, model pertumbuhan aritmatik, model pertumbuhan geometrik, dan model pertumbuhan eksponensial disajikan ke dalam Tabel 1. Parameter-parameter ini

berperan sebagai parameter sementara untuk membantu proses penaksiran menggunakan metode Grid-Search.

Tabel 1: Parameter Sementara untuk Model Regresi Linier, Aritmatika, Geometrik, dan Eksponensial.

Model	Parameter
Regresi linier	$\alpha = 15921.845$
	$\beta = -31300862.926$
Aritmatik	$r = 0.077$
Geometrik	$r = 0.036$
Eksponensial	$r = 0.036$

Setelah memperoleh parameter-parameter seperti pada Tabel 1, maka dapat dipilih himpunan titik-titik parameter yang digunakan dalam metode Grid-Search. Himpunan parameter yang dicobakan untuk model regresi linier adalah

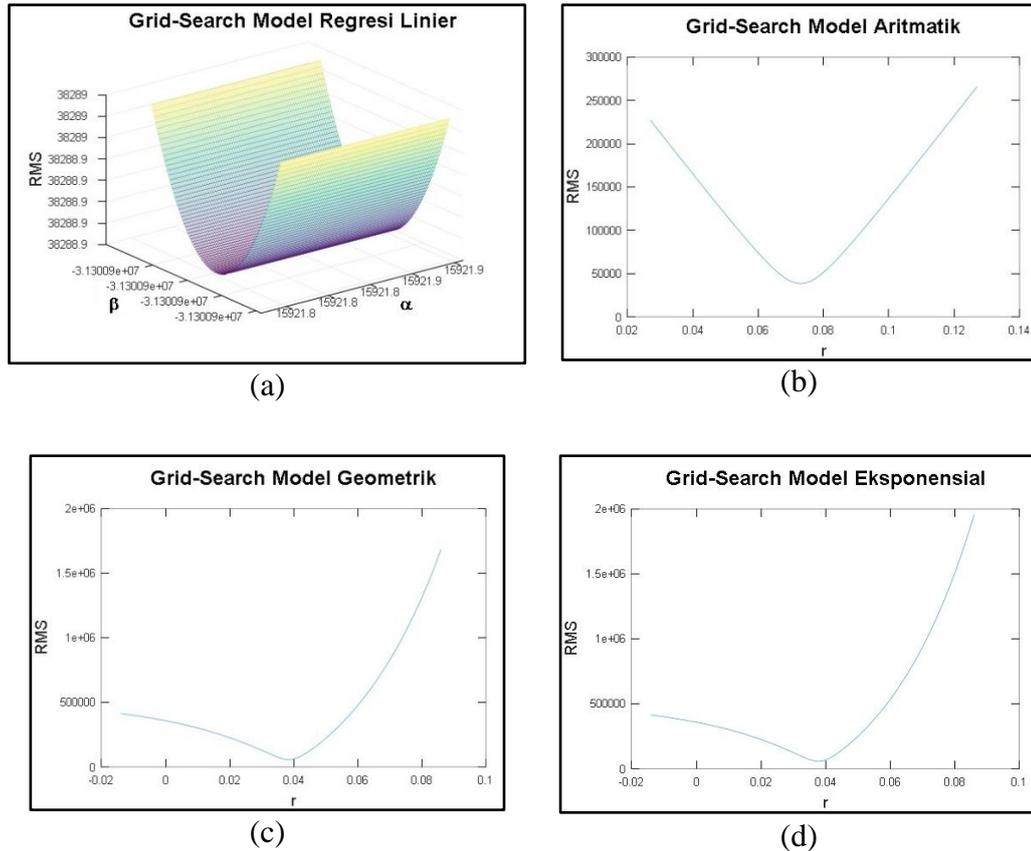
$$\{(\alpha, \beta) | \alpha = 15921.795 + i \cdot 10^{-3}; \beta = -31300862.976 + j \cdot 10^{-3}; i = 0, 1, 2, \dots, 100; j = 0, 1, 2, \dots, 100\}.$$

Lalu himpunan titik-titik parameter untuk model pertumbuhan aritmatik yang dipilih adalah $\{r | r = 0.027 + i \cdot 10^{-3}; i = 0, 1, 2, \dots, 100\}$. Kemudian untuk model

pertumbuhan geometrik yang dipilih adalah $\{r | r = -0.014 + i \cdot 10^{-3}; i = 0, 1, 2, \dots, 100\}$. Sedangkan himpunan yang dipilih untuk

model pertumbuhan eksponensial adalah $\{r | r = -0.014 + i \cdot 10^{-3}; i = 0, 1, 2, \dots, 100\}$.

Selanjutnya membuat grafik untuk masing-masing himpunan titik-titik parameter yang digunakan dalam metode Grid-Search. Grafik nilai RMS untuk himpunan titik-titik parameter model regresi linier, dapat dilihat pada Gambar 2a. Secara visual, nilai RMS untuk parameter α adalah sama untuk semua kemungkinannya, namun berbeda untuk parameter β yang memiliki nilai RMS terkecil. Grafik nilai RMS untuk model aritmatik dapat dilihat pada Gambar 2b. Berdasarkan Gambar 2b menunjukkan bahwa parameter yang optimal tidak terletak pada $r = 0.077$. Kemudian grafik nilai RMS model geometrik dan eksponensial masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2c dan Gambar 2d. Baik pada Gambar 2c maupun pada Gambar 2d, tidak menunjukkan perbedaan nilai parameter yang jauh berbeda dengan parameter semmentaranya.

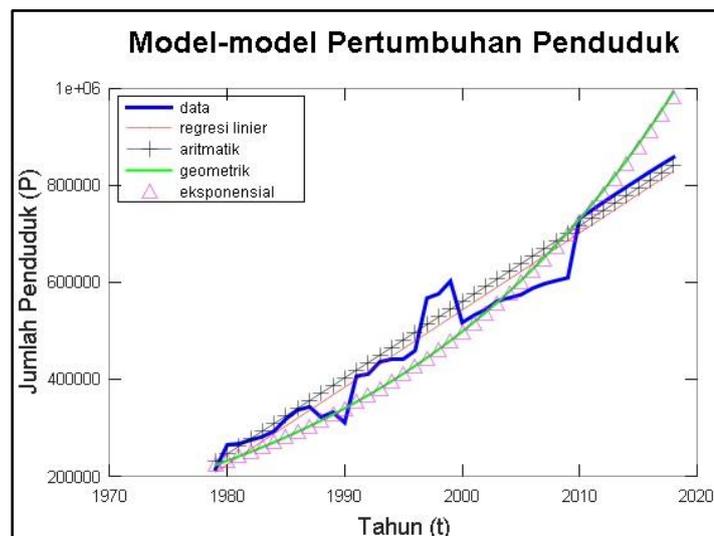


Gambar 2: Grafik nilai RMS untuk model (a) regresi linier, (b) aritmatik, (c) geometrik, dan (d) eksponensial

Nilai minimum RMS dengan menggunakan metode konvensional dan metode Grid-Search untuk model regresi linier, aritmatik, geometrik, dan eksponensial disajikan dalam Tabel 1. Selisih nilai RMS untuk model regresi linier cukup kecil, yakni kurang dari 10^{-3} . Sedangkan selisih nilai RMS untuk model aritmatik, geometrik, dan eksponensial masing-masing adalah 4192.400, 9898.100, dan 10304.903. Berdasarkan Tabel 1, model yang digunakan dengan menggunakan parameter menggunakan metode Grid-Search menghasilkan nilai RMS lebih baik, walaupun membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memperoleh parameter dibanding dengan menggunakan metode konvensional. Waktu tersebut merupakan rata-rata dari 10 kali perhitungan. Sehingga metode Grid-Search mampu mengoptimalkan parameter berdasarkan nilai RMS. Oleh karena itu, metode yang dipilih adalah metode Grid-Search untuk setiap model pertumbuhan penduduk. Kurva setiap model dilukiskan secara bersamaan dalam Gambar 3.

Tabel 1: Nilai RMS untuk Model Regresi Linier, Aritmatika, Geometrik, dan Eksponensial.

Model	Metode	Parameter	RMS	Waktu proses
Regresi linier	Kuadrat terkecil	$\alpha = 15921.845$ $\beta = -31300862.926$	38288.862	1.112 detik
	Grid-Search	$\alpha = 15921.845$ $\beta = -31300862.976$	38288.862	84.266 detik
Aritmatik	Persamaan (2.5)	$r = 0.077$	42618.620	0.573 detik
Geometrik	Persamaan (2.7)	$r = 0.036$	65915.898	0.741 detik
	Grid-Search	$r = 0.039$	56017.781	2.058 detik
Eksponensial	Persamaan (2.9)	$r = 0.036$	65915.898	0.649 detik
	Grid-Search	$r = 0.038$	55610.995	2.095 detik

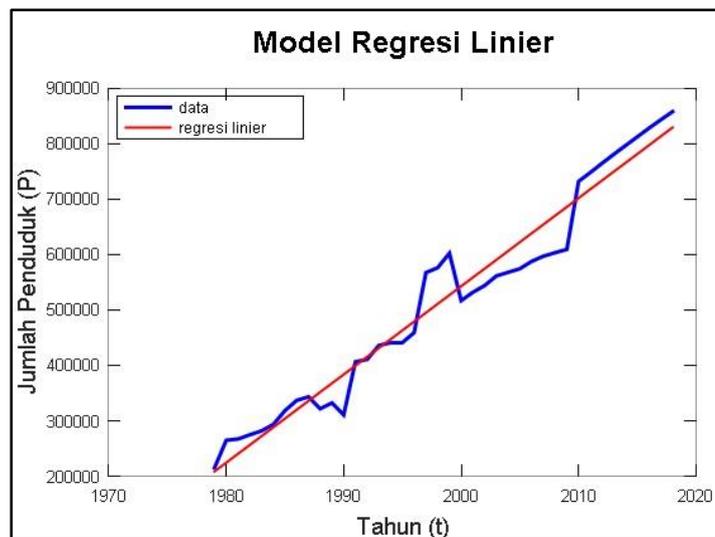


Gambar 3: Kurva untuk model regresi linier, aritmatik, geometrik, dan eksponensial

Selanjutnya, nilai RMS untuk parameter model regresi linier, aritmatik, geometrik, dan eksponensial yang ditaksir menggunakan metode Grid-Search disajikan ke dalam Tabel 2. Perhatikan bahwa nilai RMS terkecil adalah parameter model regresi linier, yaitu 38288.862. Adapun parameter model regresi tersebut adalah $\alpha = 15921.845$ dan $\beta = -31300862.976$. Sehingga model regresi linier dengan parameter α dan β tersebut dipilih sebagai model terbaik yang dapat menggambarkan keadaan jumlah penduduk di kota Samarinda. Grafik jumlah penduduk dan kurva regresi linier yang terpilih dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2: Nilai RMS untuk Metode Grid-Search.

Model	Metode	Parameter	RMS
Regresi linier	Grid-Search	$\alpha = 15921.845$	38288.862
		$\beta = -31300862.976$	
Aritmatik	Grid-Search	$r = 0.073$	38426.225
Model	Metode	Parameter	RMS
Ekspensial	Grid-Search	$r = 0.038$	55610.995



Gambar 4: Grafik jumlah penduduk Samarinda dan kurva model terbaik

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa tidak jauh berbeda antara nilai parameter yang dihasilkan metode grid-search dengan metode sebelumnya. Berdasarkan hasil analisis, Model terbaik dipilih berdasarkan nilai Root Mean Square (RMS) yang terkeci adalah model regresi linier. Dengan nilai RMS terkecil sebanyak 38288.862 dengan parameter $\alpha = 15921.845$ dan $\beta = -31300862.976$. Metode Grid-Search mampu mengoptimalkan parameter model pertumbuhan penduduk di Kota Samarinda berdasarkan nilai RMS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, *Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045*, Jakarta, Badan Pusat Statistik, 2015.
- [2] P. Destarianto, W.H. Dewanto, H.A. Putranto, Analisis Perbandingan Implementasi Kernel Pada Library LibSVM Untuk Klasifikasi Sentimen Menggunakan Weka, *Seminar Nasional APTIKOM 2017*, hal 62-66, 2017.
- [3] L. Febdian, Efendi, Menentukan Model Pertumbuhan Penduduk Provinsi Sumatera Barat, *Jurnal Matematika UNAND*, Vol 2, No.4, hal 54-58, 2013.

- [4] Junedi, S. Wahyuningsih, N.A. Rizki, Peramalan Jumlah Penduduk Kota Samarinda Menggunakan Model Matematika Dan Model Pemulusan Eksponensial, *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya*, hal 34-37, 2017.
- [5] D. Kusbiantoro, Laju Pertumbuhan Penduduk Kaltim 3,8 Persen/tahun, Samarinda, Antara Kaltim. (<https://kaltim.antaranews.com/berita/31038/laju-pertumbuhan-penduduk-kaltim-38-persen-tahun>)
- [6] J.H. Mathews, K.D. Fink, *Numerical Methods Using MATLAB, 3rd edition*, New Jersey, Prentice-Hall, 1999.
- [12] A. Tsoularis, J. Wallace, Analysis of Logistic Growth Models, *Mathematical Biosciences*, Vol. 179, No. 1, hal. 21-55, 2002.
- [13] H. Yasin, A. Prahutama, Prediksi Harga Saham Menggunakan Support Vector Regression dengan Algoritma Grid Search, *Media Statistika*, Vol 7, No 1, hal 29-35, 2014.