



PREDIKSI JUMLAH PENDUDUK KALIMANTAN SELATAN MENGGUNAKAN METODE NONLINEAR LEAST-SQUARES

Oleh

Muhammad Ahsar Karim¹⁾ & Yuni Yulida²⁾

^{1,2}Universitas Lambung Mangkurat

E-mail: ¹m_ahsar@ulm.ac.id & ²y_yulida@ulm.ac.id

Abstrak

Dalam tulisan ini disajikan prediksi jumlah penduduk Kalimantan Selatan menggunakan model pertumbuhan logistik. Untuk memprediksi jumlah penduduk Kalimantan Selatan tersebut digunakan Metode Nonlinear Least-Squares untuk mengestimasi parameter-parameter yang mempengaruhi model. Pada model pertumbuhan logistik terdapat dua parameter yang mempengaruhi yaitu tingkat pertumbuhan dan daya tampung (Carrying Capacity). Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan metode. Pertama, menentukan solusi model, kedua mengestimasi parameter tingkat pertumbuhan penduduk dan daya tampung penduduk Kalimantan Selatan dengan cara meminimumkan fungsi *error* yaitu antara data jumlah penduduk dan solusi model menggunakan Metode *Nonlinear Least Squares*. Ketiga melakukan prediksi jumlah penduduk Kalimantan Selatan untuk tahun-tahun mendatang. Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh parameter hasil estimasi yaitu tingkat pertumbuhan penduduk Kalimantan Selatan sebesar 0,14055 per tahun dan daya tampung penduduk Kalimantan Selatan adalah 8.521.817 jiwa. Selanjutnya, disajikan prediksi jumlah penduduk Kalimantan Selatan untuk tahun-tahun mendatang menggunakan hasil estimasi parameter-parameter yang telah diperoleh. Hasil prediksi menunjukkan setiap tahun terjadi peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan tersebut dari waktu ke waktu mendekati daya tampung penduduk Kalimantan Selatan.

Kata Kunci : Estimasi parameter, jumlah penduduk, model pertumbuhan logistik, Kalimantan Selatan, Metode *Nonlinear Least Squares*.

PENDAHULUAN

Banyak terjadi alih fungsi lahan pertanian ke pemukiman baru di berbagai daerah di Kalimantan Selatan. Hal ini tidak dapat dipungkiri karena semakin tahun jumlah penduduk semakin bertambah. Sebagai contoh, dalam kurun waktu 2016 hingga 2017, berdasarkan ungkapan Kepala Dinas Pertanian Kabupaten Banjar kepada jejakrekam.com (Maret, 2018) di Martapura, alih fungsi lahan pertanian di Kabupaten Banjar mencapai hampir sepuluh ribu hektare.

Selain permasalahan alih fungsi lahan di Kalimantan Selatan, salah satu masalah paling penting yang tidak dapat dipungkiri adalah masalah jumlah penduduk yang semakin meningkat setiap tahun sehingga diperlukan prediksi jumlah penduduk. Prediksi jumlah penduduk sangat diperlukan agar pemerintah dapat menyusun kebijakan-kebijakan yang

terkait dengan kepadatan penduduk, seperti penataan tata kota, prediksi kebutuhan beras penduduk dan lain-lain.

Dalam proses penentuan prediksi jumlah penduduk diperlukan suatu model matematika untuk pertumbuhan suatu populasi. Model pertumbuhan populasi (atau Model Logistik) diperkenalkan oleh Pierre Verhulst pada tahun 1838. Model Logistik merupakan model pertumbuhan populasi berbentuk persamaan diferensial biasa orde satu. Pada model Logistik ini mengasumsikan bahwa sumber daya yang dibutuhkan populasi pada suatu habitat terbatas. Setiap populasi akan terus tumbuh sehingga jumlahnya semakin besar.

Populasi yang hidup dari jumlah sumber daya terbatas dan ketika populasi semakin padat, masing-masing individu mendapat bagian sumber daya yang semakin kecil. Sehingga terdapat suatu batas dari jumlah individu yang



menempati suatu habitat. Para ahli ekologi mendefinisikan hal tersebut dengan istilah daya tampung (*Carrying Capacity*) sebagai ukuran populasi yang ideal agar populasi spesies tersebut dapat hidup layak pada suatu lingkungan.

Beberapa penelitian yang dijadikan dasar dan acuan dalam peneliti ini di antaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Kulkarni (2014) dan penelitian yang dilakukan oleh Wali, A., Kagoyire, E. dan Icyingeneye, P. (2012).

Estimasi parameter yang dilakukan bertujuan untuk menentukan tingkat pertumbuhan penduduk dan daya tampung penduduk Kalimantan Selatan. Estimasi parameter yang dilakukan dengan menggunakan Metode *Nonlinear Least-Squares* (Madsen, K. et.al, 2004 dan Karim, dkk, 2018), yaitu meminimumkan data sebenarnya dengan data dari solusi model logistik. Sedangkan prediksi menggunakan hasil estimasi bertujuan untuk menentukan jumlah penduduk Kalimantan Selatan pada tahun-tahun mendatang. Berdasarkan hasil prediksi penduduk tersebut diharapkan dapat dijadikan acuan oleh pihak-pihak/instansi terkait di lingkungan Pemerintah Kalimantan Selatan untuk menyusun rancangan dan menyelenggarakan program-program pengendalian pertumbuhan penduduk agar tetap stabil atau berada di bawah angka jumlah penduduk ideal Kalimantan Selatan.

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan dalam penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu melakukan pengkajian, tinjauan literatur dan mencari informasi data jumlah penduduk Kalimantan Selatan. Data jumlah penduduk diperoleh dari BPS Provinsi Kalimantan Selatan menggunakan data tahun 1980, 1990, 2000, 2010 berdasarkan Sensus Penduduk dan tahun 1985, 1995, 2005, 2015 berdasarkan Survei Penduduk Antar Sensus. Langkah pertama, menentukan solusi model pertumbuhan logistik (Eberhardt and Breiwick, 2012) menggunakan persamaan diferensial dapat pisah (Ross, 2004, Alwash, 2017 dan Yulida, 2019). Langkah kedua menyusun masalah optimisasi dengan menggunakan Metode *Nonlinear Least-Squares*

(Madsen, K. et.al, 2004 dan Karim, dkk, 2018), yaitu meminimumkan nilai error antara solusi model dan data (Nusantoro dkk, 2012 dan Battuvshin, et all, 2015) sehingga diperoleh hasil estimasi parameter. Langkah ketiga, berdasarkan hasil langkah kedua, dilakukan prediksi jumlah penduduk untuk tahun-tahun mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi Parameter Model

Estimasi parameter pada model bertujuan untuk menentukan parameter data jumlah penduduk, yaitu tingkat pertumbuhan penduduk dan daya tampung (*Carrying Capacity*) penduduk Kalimantan Selatan. Kedua parameter ini dapat digunakan untuk memberikan prediksi jumlah penduduk Kalimantan Selatan pada beberapa tahun yang akan datang.

Rancangan pengendalian pertumbuhan penduduk Kalimantan Selatan dapat didukung melalui pemodelan matematika, yaitu memodelkan pola pertumbuhan penduduk dalam bentuk persamaan diferensial. Karena permasalahan ini merupakan permasalahan pertumbuhan jumlah penduduk yang dibatasi oleh daya dukung (*Carrying Capacity*) maka model matematika yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model Pertumbuhan Logistik (*Logistic Growth Model*).

Pertumbuhan jumlah penduduk Kalimantan Selatan diasumsikan mengikuti Model Pertumbuhan Logistik berikut.

$$\frac{dY(t)}{dt} = r Y(t) \left(1 - \frac{Y(t)}{K} \right) \quad (1)$$

dengan:

$Y(t)$ adalah jumlah penduduk Kalimantan Selatan pada saat t

$\frac{dY}{dt}$ adalah perubahan jumlah penduduk Kalimantan Selatan terhadap waktu t

r adalah tingkat pertumbuhan penduduk Kalimantan Selatan.

K adalah daya tampung (*carrying capacity*) penduduk Kalimantan Selatan.

Persamaan (1) merupakan persamaan diferensial orde satu dapat dipisah. Berikut adalah solusi eksak dari persamaan (1) yang

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>



menyatakan jumlah penduduk Kalimantan Selatan pada saat waktu t .

$$Y(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K}{Y_0} - 1\right) e^{-rt}} \quad (2)$$

dengan Y_0 adalah jumlah awal penduduk pada saat $t = 0$ (awal pengamatan).

Dari solusi Model Pertumbuhan Logistik (2), dapat ditentukan fungsi objektif (fungsi error). Fungsi error yang dibentuk merupakan hasil dari selisih data jumlah penduduk berdasarkan prediksi (solusi model) dengan data jumlah penduduk sebenarnya atau dapat dinyatakan sebagai $(Y(t) - Y(data_t))$ dengan $Y(t)$ adalah data hasil prediksi (solusi model) dan $Y(data_t)$ adalah data sebenarnya (data dari BPS). Dibentuk fungsi error dikuadratkan, dengan menggunakan metode *non-linier least square* dapat dinyatakan masalah berikut.

Minimumkan

$$e = \sum_{t=1}^n (Y(t) - Y(data_t))^2 \quad (3)$$

Berikut diberikan data Jumlah Penduduk Kalimantan Selatan berdasarkan Sensus Penduduk dan Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) tahun 1980-2015.

Tabel 1. Data Jumlah Penduduk Kalimantan Selatan berdasarkan Sensus Penduduk

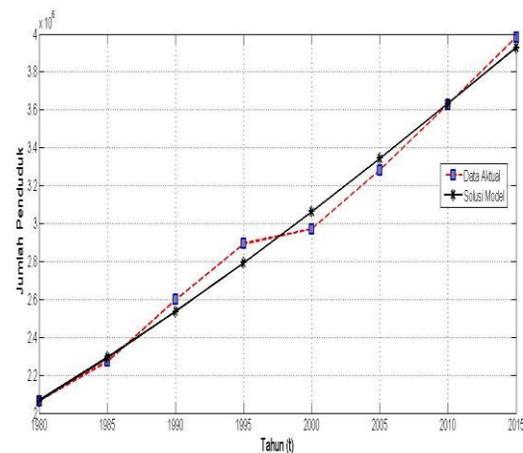
No	Tahun (t)	Jumlah Penduduk ($Y(data_t)$)
1	1980	2064649
2	1985	2272623
3	1990	2597572
4	1995	2893477
5	2000	2970244
6	2005	3281993
7	2010	3626616
8	2015	3984315

(Sumber: kalsel.bps.go.id)

Berdasarkan Persamaan (2), (3) dan Tabel 1, dapat disusun listing program optimisasi yang bertujuan untuk mengestimasi parameter-parameter yang mempengaruhi. Sehingga dapat memprediksi jumlah penduduk Kalimantan Selatan pada tahun-tahun mendatang. Diberikan jumlah awal penduduk Y_0 , dalam hal ini diasumsikan untuk tahun 1980.

Berikut diberikan Gambar 1 yaitu Grafik Jumlah Penduduk Kalimantan Selatan Th. 1980 – 2015 (data per lima tahun). Grafik putus-putus adalah grafik data aktual (data jumlah penduduk dari BPS) dan grafik mulus adalah grafik data jumlah penduduk berdasarkan solusi Model Pertumbuhan Logistik.

Gambar 1. Grafik Jumlah Penduduk Kalimantan Selatan Th. 1980 – 2015



Berdasarkan hasil estimasi parameter-parameter diperoleh tingkat pertumbuhan penduduk dan daya tampung penduduk Prov. Kalimantan Selatan berturut-turut $r = 0,14055$ per tahun dan $K = 8.521.818$ jiwa.

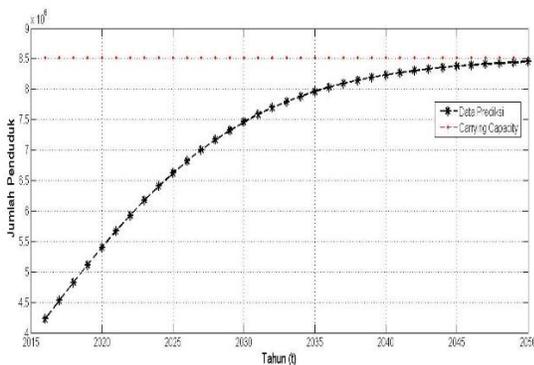
Prediksi Jumlah Penduduk Kalimantan Selatan

Hasil estimasi parameter tingkat pertumbuhan penduduk dan daya tampung penduduk Prov. Kalimantan Selatan yang telah diperoleh pada pembahasan bagian C.1., selanjutnya disubstitusi ke solusi model logistik pada Persamaan (2), yaitu



$$Y(t) = \frac{8.521.818}{1 + \left(\frac{8.521.818}{2064649} - 1\right) e^{-(0,14055)t}} \quad (4)$$

Berikut disajikan prediksi jumlah penduduk Kalimantan Selatan dari tahun 2016 – 2050 menggunakan Persamaan (4). Grafik garis bintang merupakan grafik prediksi jumlah penduduk dan grafik titik-titik merah menyatakan daya tampung penduduk. **Gambar 2. Grafik Prediksi Jumlah penduduk Kalimantan Selatan Th.2016-2050**



Berdasarkan Gambar 2, berikut disajikan prediksi jumlah penduduk Kalimantan Selatan dari tahun 2016 – 2050 dinyatakan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Prediksi Jumlah Penduduk Kalimantan Selatan Tahun 2016 – 2050

No.	Tahun	Jumlah penduduk	No.	Tahun	Jumlah penduduk
1	2016	4227411	19	2034	7883958
2	2017	4526447	20	2035	7962072
3	2018	4822829	21	2036	8031353
4	2019	5113836	22	2037	8092572
5	2020	5396887	23	2038	8146475
6	2021	5669549	24	2039	8193801
7	2022	5929776	25	2040	8235282
8	2023	6176098	26	2041	8271642
9	2024	6407393	27	2042	8303587
10	2025	6622909	28	2043	8331636
11	2026	6822259	29	2044	8356170
12	2027	7005427	30	2045	8377563
13	2028	7172764	31	2046	8396180
14	2029	7324876	32	2047	8412376
15	2030	7462445	33	2048	8426498
16	2031	7586239	34	2049	8438869
17	2032	7697113	35	2050	8449688
18	2033	7796009			

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, jumlah penduduk Kalimantan Selatan diasumsikan mengikuti Model Pertumbuhan Logistik. Pada model tersebut ada dua parameter yang mempengaruhi pertumbuhan penduduk yaitu tingkat pertumbuhan penduduk dan daya tampung penduduk Prov. Kalimantan Selatan. Untuk mengestimasi parameter-parameter tersebut digunakan metode *non-linier least square*, yaitu meminimumkan fungsi *error* yang merupakan hasil dari selisih data jumlah penduduk berdasarkan prediksi (solusi model) dengan data jumlah penduduk sebenarnya (data dari BPS) dikuadratkan. Selanjutnya, dilakukan prediksi jumlah penduduk Prov. Kalimantan Selatan untuk tahun-tahun mendatang dengan menggunakan hasil estimasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alwash, Mohamad. (2017). *Ordinary Differential Equations: A First Course*. Spring. Los Angeles. ISBN-13: 978-1544774992.
- [2] Badan Pusat Statistik Kalimantan Selatan. (2018). Kalimantan Selatan dalam Angka. BPS Kalimantan Selatan. <http://kalsel.bps.go.id>
- [3] Battuvshin, Ch., Tungalag, N., Sonintamir, N., and Enkhat, R. (2015). Application of the Logistic Growth Model: Estimation of Livestock Population in Mongolia. *Modern Management Science & Engineering*, 3(1), 32-38. ISSN 2052-2576.
- [4] Eberhardt and Breiwick, (2012). Model for Population Growth Curves. *International Scholarly Research Network ISRN Ecology*. Vol 2012, 1-8.
- [5] Jejakrekam.com, (2018). 10 Ribu Hektare Sawah Kabupaten Banjar Berubah Jadi Komplek Perumahan. <http://jejakrekam.com/2018/03/12/10-ribu-hektare-sawah-kabupaten-banjar-berubah-jadi-komplek-perumahan>
- [6] Karim, M.A., Gunawan, A.Y., Apri, M., dan Sidarto, K.A. (2018). Solving a Parameter



- Estimation Problem of Goodwin Model with Fuzzy Initial Values. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 107 (2), 321-338.
- [7] Karim, M. A. (2019). *Estimasi Parameter pada Persamaan Diferensial Biasa Fuzzy*. Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung
- [8] Kulkarni, Shilpa S., Kulkarni, Shreenidhi S., and Patil, Suraj J. (2014). Analysis of population Growth of India and Estimation for Future. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(9), 15843-15850. DOI: 10.15680/IJRSET.2014.0309008.
- [9] Madsen, K. et.al. (2004). *Methods For Non-Linear Least Squares Problems* 2nd Edition. Informatics and Mathematical Modelling. Denmark.
- [10] Nusantoro, Goesgoes D., Muslim, M. Aziz, dan W. Teguh, Budi. (2012). Identifikasi Sistem Plant Suhu dengan Metode Recursive Least Square. *Jurnal EECCIS*, 6(1), 67-74.
- [11] Ross, Shepley L. (2004). *Differential Equation Third Edition*. New Delhi: John Wiley & Sons
- [12] Wali, A., Kagoyire, E. & Icyingeneye, P. 2012. Mathematical Modeling of Uganda Population Growth. *Applied Mathematical Sciences*. 6(84), 4155-4168
- [13] Yulida, Y.(2019). *Persamaan Diferensial Biasa*. Malang: CV IRDH.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN