

## MODEL STOKASTIK PERTUMBUHAN PENDUDUK DI KABUPATEN KARO MENGGUNAKAN PERHITUNGAN POLA KELAHIRAN, KEMATIAN DAN PERPINDAHAN

Ferdinand Sinuhaji<sup>1)</sup>, Indah Simamora<sup>2)</sup>

<sup>1)2)</sup>Universitas Quality Berastagi, Sempajaya, Kec. Berastagi, Kabupaten Karo  
Email : sinuhajiferdinand@gmail.com

### Abstrak

Pertumbuhan penduduk adalah perubahan jumlah penduduk baik penambahan maupun penurunannya. Pertumbuhan penduduk di suatu wilayah dipengaruhi oleh besarnya kelahiran (*Birth*), kematian (*Death*), perpindahan masuk (*In Migration*), dan perpindahan keluar (*Out Migration*). Terdapat tiga faktor yang mempengaruhi pertumbuhan penduduk yang pertama adalah kelahiran, kematian, dan perpindahan. Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Karo terdata mengalami kenaikan dari tahun ke tahun BPS (2017). Dari fakta tersebut dapat dikategorikan adanya pertumbuhan penduduk yang meningkat. Dari fakta yang ada, faktor – faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan penduduk di kabupaten karo menarik untuk dianalisis. Dari data tersebut ini dapat dimodelkan dengan model stokastik.

Pertumbuhan penduduk dan jumlah penduduk dapat dihitung dengan pola angka kelahiran, kematian, dan perpindahan. Proses kelahiran, kematian tersebut merupakan proses poisson. Pertumbuhan penduduk mengakibatkan penurunan pada lahan tempat tinggal, dan lapangan pekerjaan. Oleh karena itu diperlukan model stokastik untuk meramalkan tingkat penduduk di kabupaten Karo, Sumatera Utara.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model stokastik pertumbuhan penduduk menggunakan perhitungan pola kelahiran, kematian dan perpindahan sehingga dapat meramalkan pertumbuhan penduduk dan jumlah penduduk kabupaten karo yang akan datang dengan menggunakan asumsi pembuatan model stokastik pertumbuhan penduduk dan menganalisis data tersebut dengan tren. Data tersebut diolah dengan menggunakan analisis tren dan metode penggabungan.

Hasil peramalan pertumbuhan penduduk kabupaten karo per hari pada tahun 2020 sebanyak 13.6712 dan pada tahun 2021 diramalkan pertumbuhan penduduk per hari sebanyak 13.8356. Sehingga nilai peramalan jumlah penduduk kabupaten karo yang belum dapat diketahui jumlah penduduknya pada tahun 2020 adalah 420.868 penduduk dan pada tahun 2021 adalah 425.918 penduduk.

**Kata kunci:** pertumbuhan penduduk karo, model stokastik, peramalan penduduk.

### Abstract

*Population growth is the change in population, both increase and decrease. Population growth in an area is influenced by the number of births (Birth), death (Death), in migration (In Migration), and movement out (Out Migration). There are three factors that influence population growth. The first is birth, death and displacement. The population growth in Karo Regency is recorded to have increased from year to year by BPS (2017). From these facts it can be categorized that there is an increasing population growth. From the existing facts, the factors that influence population growth in Karo*

*district are interesting to analyze. From this data, it can be modeled with a stochastic model.*

*Population growth and population growth can be calculated using patterns of birth rates, deaths, and movements. The process of birth, the death is a Poisson process. Population growth has resulted in a decline in residential land and employment. Therefore a stochastic model is needed to predict population levels in Karo district, North Sumatra.*

*This study aims to create a stochastic model of population growth using the calculation of patterns of birth, death and displacement so that it can predict future population growth and population and use assumptions for making stochastic models of population growth and analyze these data with trends. The data is processed using trend analysis and combination methods.*

*The results of forecasting the population growth of Karo Regency per day in 2020 are 13.6712 and in 2021 it is predicted that the population growth per day is 13.8356. So that the forecast value of the total population of Karo Regency which has not been able to know the population in 2020 is 420,868 residents and in 2021 is 425,918 residents.*

**Keywords:** *karo population growth, stochastic model, population forecasting.*

## **Pendahuluan**

Penduduk akan bertambah jumlahnya apabila terdapat bayi yang lahir dan penduduk yang datang, dan penduduk akan berkurang jumlahnya apabila terdapat penduduk yang mati dan penduduk yang keluar wilayah tersebut.

Pada kelahiran dipengaruhi oleh beberapa faktor pendukung, Antara lain menikah di usia muda dan tidak melaksanakan program keluarga berencana yang mengakibatkan meningkatnya angka kelahiran. Kedua yang menghambat kelahiran itu karena memakai program keluarga berencana. Faktor kedua adalah Kematian juga bisa dipengaruhi beberapa faktor yakni pendukung dan penghambat, Pendukung, faktor pendukung yang mengakibatkan angka kematian antara lain, kurang sarana kesehatan di wilayah tersebut seperti Rumah Sakit, Puskesmas, Klinik, Apotik. Penghambat, dan faktor yang menghambat kematian antara lain yaitu menjaga kesehatan, pola makan yang teratur, sedikitnya angka kemiskinan. Faktor ketiga adalah

perpindahan, perpindahan di sini dimaksudkan ada terbagi dua yaitu perpindahan masuk (*In Migration*) adalah penduduk yang datang dapat saja orang yang dari luar wilayah datang ke wilayah kita yang bertujuan untuk menetap, belajar, atau bekerja, hal ini dapat mengakibatkan meningkatnya jumlah penduduk dan perpindahan keluar (*Out Migration*) adalah penduduk yang pergi dapat saja orang di suatu wilayah datang ke wilayah lain yang bertujuan untuk menetap, belajar, bekerja, dalam jumlah yang banyak, seperti menjadi TKI, hal ini dapat mengakibatkan menurunnya jumlah penduduk.

(Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo (2009)) Di kabupaten karo jumlah pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun terjadi peningkatan jumlah penduduk yang meningkat pada tahun 2015 (389591 jiwa), tahun 2016 (396598 jiwa), tahun 2017 (403207 jiwa).

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model stokastik pertumbuhan penduduk menggunakan perhitungan pola kelahiran, kematian dan

perpindahan sehingga dapat meramalkan pertumbuhan penduduk dan jumlah penduduk yang akan datang dengan menggunakan asumsi pembuatan model stokastik pertumbuhan penduduk dan menganalisis data tersebut dengan tren. Data tersebut diolah dengan menggunakan analisis tren dan metode penggabungan. Ide penelitian ini diperoleh dari (Rachmawati RN, Bekt RD (2013)).

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah memodelkan pertumbuhan penduduk, menduga pertumbuhan penduduk dan meramalkan jumlah penduduk di waktu yang akan datang.

#### A. Asumsi Pembuatan Model Stokastik Pertumbuhan Penduduk Di Kabupaten Karo

Asumsi pembuatan model stokastik pertumbuhan penduduk di kabupaten karo dengan menggunakan asumsi-asumsi dari (Rachmawati RN, Bekt RD (2013))., dimana data jumlah penduduk Kabupaten Karo digunakan untuk menghitung pertumbuhan penduduk. Di mana pada penelitian ini adalah dengan mengganti ke dalam asumsi matematika.

- $N(t, t+h)$  menyatakan banyaknya kelompok pada waktu  $(t, t+h)$ , dan  $N(t, t+h)$  merupakan proses Poisson dengan nilai harapan  $(\alpha + \mu + \theta)h$ , dimana  $\alpha$  adalah rata-rata kelahiran,  $\mu$  adalah rata-rata kematian, dan  $\theta = \theta_1 - \theta_2$  adalah rata-rata perpindahan penduduk (dimana perpindahan penduduk yang masuk  $(\theta_1)$  dan perpindahan penduduk keluar  $(\theta_2)$ ).
- Peubah acak  $X_i$  yang banyaknya banyaknya peristiwa yang terjadi pada kelompok ke- $i$ . Banyaknya peristiwa yang terjadi pada kelompok

yang berbeda adalah saling bebas dan berdistribusi peluang sama.

- Parameter  $\{\alpha_n = n\alpha + \theta\}$  dan  $\mu_n = n\mu$  adalah urutan bilangan positif yang menyatakan tingkat kelahiran dan kematian dengan mengakibatkan terjadinya perpindahan penduduk, dengan keadaan awal  $M(0) = i$  dan  $M(t) = E[X(t)]$ . Untuk menentukan nilai  $M(t+h)$  digunakan nilai harapan dengan syarat  $X(t)$ , sehingga diperoleh persamaan :  $M(t+h) = E[X(X(t+h) = E[E[X(t+h)|X(t)]]]$ . (2.1)

Dengan demikian, dalam selang waktu  $(t, t+h)$  kemungkinan peristiwa yang terjadi dalam proses kelahiran dan kematian kelompok dengan mengakibatkan perpindahan penduduk adalah satu atau lebih perpindahan penduduk, atau tidak sama sekali mengakibatkan satu atau lebih kelahiran dan kematian atau perpindahan penduduk individu. Setiap kejadian terhadap anggota populasi mempunyai peluang sebagai berikut :

- Peluang untuk adanya satu individu atau lebih,  $\frac{1}{\sum_{i=1}^{N(t)} X_i} E[X_i]X(t)\alpha h + o(h)$  dengan  $h \rightarrow 0$ .
- Peluang untuk matinya satu individu atau lebih,  $\frac{1}{\sum_{i=1}^{N(t)} X_i} E[X_i]X(t)\mu h + o(h)$  dengan  $h \rightarrow 0$ .
- Peluang untuk perpindahan penduduknya pada satu individu atau lebih,  $\frac{1}{\sum_{i=1}^{N(t)} X_i} E[X_i]X(t)\theta h + o(h)$  dengan  $h \rightarrow 0$ .
- Peluang untuk tidak ada kelahiran, kematian, dan perpindahan penduduk,  $1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^{N(t)} X_i} E[X_i]X(t)(\alpha + \mu) + \theta]h + o(h)$  dengan  $h \rightarrow 0$ .

Sehingga jika  $X(t)$  diketahui, maka jumlah individu pada saat  $t + h$  adalah :  $X(t + h)$

semakin besar perbedaan (*heterogenitas*) antar kelompok maka penggambaran akan lebih baik dan lebih berbeda (Tan P, Steinbach M, Kumar V. 2006)

**C. Metode Pengelompokan**

Pada analisis gerombol dibedakan menjadi metode hinarki (*Hierarchical Clustering Method*) dan metode non hinarki

$$\left[ \begin{array}{l} (X(t) + \sum_{i=1}^{N(t)} X_i, \text{ dengan peluang } \frac{1}{\sum_{i=1}^{N(t)} X_i} E[X_i]X(t)\alpha + \theta]h + o(h) \\ (X(t) - \sum_{i=1}^{N(t)} X_i, \text{ dengan peluang } \frac{1}{\sum_{i=1}^{N(t)} X_i} E[X_i]X(t)\mu + \theta]h + o(h) \\ (X(t), \text{ dengan peluang } 1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^{N(t)} X_i} E[X_i]X(t)(\alpha + \mu) + \theta]h + o(h) \end{array} \right]$$

**B. Analisis Gerombol**

Analisis gerombol adalah analisis statistika peubah ganda yang digunakan apabila ada  $n$  buah individu atau objek yang mempunyai  $p$  peubah dan  $n$  objek tersebut ingin dikelompokkan ke dalam  $k$  kelompok berdasarkan sifat-sifat yang diamati sehingga individu yang terletak dalam satu gerombol memiliki kemiripan sifat yang lebih besar dibandingkan dengan individu yang terletak dalam gerombol lain. Analisis gerombol merupakan salah satu teknik multivariat metode interdependensi (saling ketergantungan). Oleh karena itu, dalam analisis gerombol tidak ada pembedaan antara variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Analisis gerombol digunakan untuk mengelompokkan data observasi yang hanya berdasarkan pada informasi yang ditemukan dalam data, di mana data tersebut harus menggambarkan observasi dan hubungannya. Tujuan dari analisis ini adalah observasi dalam satu kelompok mirip satu sama lain dan berbeda dari observasi dalam kelompok lain. Semakin besar kemiripan (*homogenitas*) dalam kelompok dan

(*Nonhierarchical Clustering Method*). Metode hinarki digunakan apabila banyak gerombol yang akan dibentuk belum diketahui sebelumnya. Metode hinarki digunakan apabila belum ada informasi jumlah gerombol yang dipilih. Sedangkan metode non hinarki bertujuan untuk mengelompokkan  $n$  objek kedalam  $k$  ( $k < n$ ), dimana nilai  $k$  telah ditentukan sebelumnya. Metode analisis gerombol membutuhkan suatu ukuran ketakmiripan (jarak) yang didefinisikan untuk setiap pasang objek yang akan dikelompokkan. Jarak yang biasa digunakan dalam analisis penggerombolan diantaranya adalah *Jarak Euclid*.

**D. Jarak Euclid**

*Jarak Euclid* paling sering digunakan untuk analisis gerombol. Jarak Euclid antara dua titik dapat diartikan dengan baik. Jarak yang digunakan adalah peubah kontinu. Jarak Euclid antara gerombol ke  $-i$  dan ke  $-j$  dari peubah  $p$  peubah diartikan sebagai :

$$d(i, j) = \left[ \sum_{t=1}^p (\bar{x}_{tj} - \bar{x}_{ti})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

**E. Motede Hinarki**

Metode Hinarki dibedakan menjadi dua metode pengelompokan, yaitu metode penggabungan dan metode pemecahan [4]. Pada penelitian ini digunakan metode penggabungan untuk menganalisis gerombol.

#### F. Metode Penggabungan

Proses pengelompokan dengan pendekatan metode penggabungan (*Down to Top*) dimulai dengan  $n$  gerombol sehingga masing-masing gerombol tepat satu objek, kemudian tentukan dua gerombol terdekat dan gabungkan gerombol tersebut menjadi satu gerombol baru. Proses penggabungan dua gerombol diulangi sampai diperoleh satu gerombol yang memuat semua himpunan data. Perlu diperhatikan bahwa setiap penggabungan dalam metode ini selalu diikuti dengan perbaikan matriks jarak. Hasil analisis gerombol dari metode ini disajikan dalam bentuk dendrogram.

#### G. Analisis Tren

Analisis tren adalah suatu metode analisis statistika yang digunakan untuk melakukan suatu estimasi atau peramalan pada masa yang akan datang. Untuk melakukan peramalan dengan baik maka dibutuhkan berbagai macam data yang cukup banyak dan diamati dalam periode waktu yang relatif lumayan panjang, sehingga hasil analisis tersebut dapat mengetahui sampai berapa besar fluktuasi yang terjadi dan faktor-faktor apa saja yang memengaruhi terhadap perubahan tersebut. Analisis tren terdapat tiga model yaitu tren linear, tren kuadrat, dan tren eksponensial (Juanda B, Junaidi. 2012))

Tren linear dimana kecenderungan data dimana perubahannya berdasarkan waktu adalah konstan. Model yang digunakan adalah persamaan tren linear (Draper N, Smith 2000)):  $Y_t = a + bt$ .

#### H. Ukuran Kesalahan

Pada penelitian ini ukuran akurasi hasil peramalan merupakan

ukuran tentang tingkat perbedaan antara hasil peramalan dengan nilai yang sebenarnya. Pada penelitian ini menggunakan rata-rata persentase kesalahan absolute (*Mape Absolute Persentage Error* = MAPE). Pada penelitian ini ukuran kesalahan yang digunakan adalah MAPE (*Mape Absolute Persentage Error*), adapun persamaannya :

$$MAPE = \sum_i^n \frac{|PE_i|}{n}, \text{ dengan : } PE = \left( \frac{x_i - F_i}{x_i} \right)$$

#### I. Tren kuadrat

Tren kuadrat adalah kecenderungan data yang kurvanya berpola lengkungan. Secara matematika, tren kuadrat merupakan antara peubah tak bebas dengan  $t$  dan  $t^2$ . Model persamaan kuadrat yaitu (Draper N, Smith H. 1992)) :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$$

#### J. Tren Eksponensial

adalah kecenderungan perubahan data semakin lama semakin bertambah secara eksponensial. Terdapat dua model untuk tren eksponensial yaitu : Untuk peubah diskrit :  $Y_t = \beta_0 + (1 + \beta_1)^t$  dan untuk peubah kontinu :  $Y_t = \beta_0 e^{\beta_1 t}$ .

#### I. Hasil & Pembahasan

Metode penelitian yang digunakan adalah data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penduduk tahun 2010, yaitu jumlah penduduk di kabupaten karo (pada tahun dasar) yang digunakan dalam setahun.

Variabel penelitian ini digunakan data sekunder yang diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) di kabupaten karo. Data penduduk yang diambil adalah data tahun 2009 sampai dengan 2019. Model pertumbuhan stokastik menggunakan perhitungan pola kelahiran, kematian dan perpindahan di kabupaten karo menggunakan asumsi – asumsi model pertumbuhan stokastik. Kemudian langkah selanjutnya melakukan *analisis gerombol* untuk mengetahui

karakteristik di kabupaten karo. Menguji dengan analisis tren linear, quadratic, dan exponential, Menghitung pendugaan pertumbuhan penduduk Kabupaten Karo dengan MAPE, Analisis data yang dilakukan menggunakan model yang sudah dibuat untuk memperoleh nilai dugaan pertumbuhan penduduk dan meramalkan jumlah penduduk yang akan datang.

Model stokastik pertumbuhan penduduk dengan menggunakan asumsi-asumsi yang ditelaah dibangun dari persamaan (2.1) sehingga didapatkan model stokastik pertumbuhan penduduk pada proses kelahiran, kematian dan perpindahan penduduk di kabupaten karo :

$$M_t = \frac{\theta}{\alpha - \mu} [e^{E[X_i](\alpha - \mu)t} - 1] + e^{E[X_i](\alpha - \mu)t}$$

### Hasil dan Pembahasan

#### Metode Analisis Data dengan Gerombol

Pada penelitian ini dilakukan penggerombolan dengan metode penggabungan. Data yang digunakan adalah *Rasio kelahiran anak* dan *Rasio kematian anak* setiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil penggerombolan dapat dilihat Tabel 2 dan gambar 1.

No	Kecamatan	Rasio kelahiran anak	Rasio kematian anak
1	Mardingding	381	4
2	Laubaleng	317	2
3	Tigabinanga	429	3
4	Juhar	260	4
5	Munte	301	1
6	Kutabuluh	228	5
7	Payung	212	2
8	Tiganderket	271	2
9	Simpang Empat	411	1

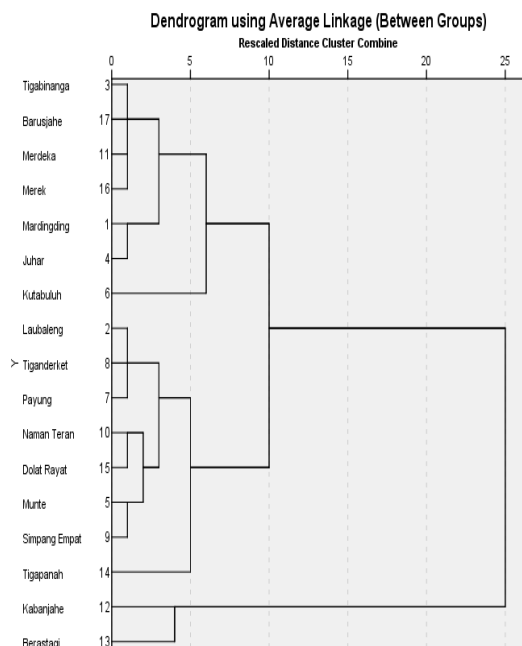
10	Naman Teran	207	1
11	Merdeka	274	3
12	Kabanjahe	888	3
13	Berastagi	1122	4
14	Tigapanah	557	2
15	Dolat Rayat	128	1
16	Merek	296	3
17	Barusjahe	428	3

Tabel 1

Case	4 Clusters	3 Clusters	2 Clusters
1:Mardingding	1	1	1
2:Laubaleng	2	2	1
3:Tigabinanga	1	1	1
4:Juhar	1	1	1
5:Munte	2	2	1
6:Kutabuluh	3	1	1
7:Payung	2	2	1
8:Tiganderket	2	2	1
9:Simpang Empat	2	2	1
10:Naman Teran	2	2	1
11:Merdeka	1	1	1
12:Kabanjahe	4	3	2
13:Berastagi	4	3	2
14:Tigapanah	2	2	1
15:Dolat Rayat	2	2	1
16:Merek	1	1	1
17:Barusjahe	1	1	1

Tabel 2





**Gambar 1**

Berdasarkan hasil pada Tabel 2 dan Gambar 1 Hasil dendogram dengan metode penggabungan diperoleh bahwa jika jaraknya ditentukan sebesar 25 maka setiap kecamatan di kabupaten Karo pada tahun 2009 dapat digerombolkan menjadi satu gerombol. Sehingga dapat diasumsikan bahwa setiap kecamatan kabupaten karo adalah *Homogenitas* (kesamaan) yang tinggi antar anggota dalam satu cluster (*within-cluster*).

**Hasil Peramalan Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Karo Pada Yang Akan Datang**

Perhitungan nilai dugaan pertumbuhan penduduk per tahun di kabupaten karo menggunakan model yang sudah dibuat yaitu persamaan (2.6). Dengan nilai parameter-parameter yang dapat dilihat pada Tabel 3. Setelah memperoleh nilai dugaan pertumbuhan penduduk kemudian menghitung nilai kesalahan nilai dugaan dengan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Perhitungan peramalan pertumbuhan penduduk di kabupaten karo dengan menggunakan nilai parameter tabel 3. Hasil analisis pola

rata-rata kelahiran per hari setiap kecamatan kabupaten karo sebagai berikut :

Tahun	Rata-rata Kelahiran untuk setiap kecamatan per hari ( $\alpha$ )	Rata-rata Kematian untuk setiap kecamatan per hari ( $\mu$ )	Rata-rata perpindahan penduduk untuk setiap kecamatan per hari ( $\theta$ )
2009	4.3472	0	- 0.2617
2010	4.6816	0.0033	- 0.9460
2011	8.8064	0.0053	- 0.7368
2012	1.9709	0.0056	- 0.9308
2013	3.1587	0.0109	- 0.6158
2014	1.2328	0.0149	- 1.0741
2015	1.5954	0.0164	- 1.1884
2016	1.8119	0.0194	- 0.7892
2017	1.1830	0.0264	- 0.9970
2018	1.3577	0.0356	- 0.1757
2019	1,9174	0.0504	- 0.2285

**Tabel 3**

**Nilai dugaan pertumbuhan penduduk kabupaten Karo**

Tahun	Per tumbuhan penduduk per tahun	Nilai dugaan per tumbuhan penduduk per tahun	Error
2009	3,01	-	
2010	2,15	-	
2011	0,86	2,65	48,044 %
2012	1,07	1,50	40,18 %
2013	1,17	0,96	17,94 %
2014	2,18	1,12	48,62 %
2015	2,11	1,67	20,85 %
2016	2,48	2,14	13,70 %
2017	2,48	2,29	7,660 %
2018	1,95	2,48	27,17 %
2019	1,89	2,21	16,93 %
	<b>MAPE</b>		<b>26,7882%</b>

**Tabel 4**

Berdasarkan hasil pada tabel 3, bisa dilihat bahwa nilai dugaan pertumbuhan penduduk per tahun pada tahun 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 dengan nilai  $\alpha > 1, (\alpha - 1) < 1, \theta < 0$  dapat dikatakan cukup mendekati dengan nilai pertumbuhan penduduk sebenarnya dengan nilai MAPE sebesar 26,7882 %.

Rata-rata kelahiran, kematian dan perpindahan penduduk per tahun 2009 sampai dengan tahun 2019 (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2009)), (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2010)), (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2011)), (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2012)), (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2013)), (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2014)), (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2015)), (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2016)).

Tahun	Rata-rata Kelahiran untuk setiap kecamatan	Rata-rata Kematian untuk setiap kecamatan	Rata-rata perpindahan penduduk (Masuk) untuk setiap kecamatan	Rata-rata perpindahan penduduk (Keluar) untuk setiap kecamatan
2009	26975 /17 = 1586.76	0/17 = 0	23/370.619 x 1000 = 0.0620	120/370.619 x 1000 = 0.3237
2010	29050 /17 = 1708.82	21/17 = 1.23	13/350.960 x 1000 = 0.0370	345/350.960 x 1000 = 0.9830
2011	54644 /17 = 3214.35	33/17 = 1.94	6/354.242 x 1000 = 0.0169	267/354.242 x 1000 = 0.7537
2012	12230 /17 = 719.41	35/17 = 2.05	11/358.823 x 1000 = 0.0306	345/358.823 x 1000 = 0.9614

2013	19600 /17 = 1152.94	68/17 = 4	15/363.755 x 1000 = 0.0412	239/363.755 x 1000 = 0.6570
2014	7650/17 = 450.00	93/17 = 5.47	45/382.622 x 1000 = 0.1176	456/382.622 x 1000 = 1.1917
2015	9900/17 = 582.35	102/17 = 6	24/389.591 x 1000 = 0.0616	487/389.591 x 1000 = 1.2500
2016	11243 /17 = 661.35	121/17 = 7.11	32/396.598 x 1000 = 0.0806	345/396.598 x 1000 = 0.8698
2017	7341/17 = 431.82	164/17 = 9.64	56/403.207 x 1000 = 0.1388	458/403.207 x 1000 = 1.1358
2018	8425/17 = 495.58	221/17 = 13	49/409.675 x 1000 = 0.1196	121/409.675 x 1000 = 0.2953
2019	11898 /17 = 699.88	313/17 = 18.41	40/415.878 x 1000 = 0.0961	135/415.878 x 1000 = 0.3246

**Tabel 5**  
**Hasil Peramalan Jumlah Penduduk Kabupaten Karo Yang Akan Datang**

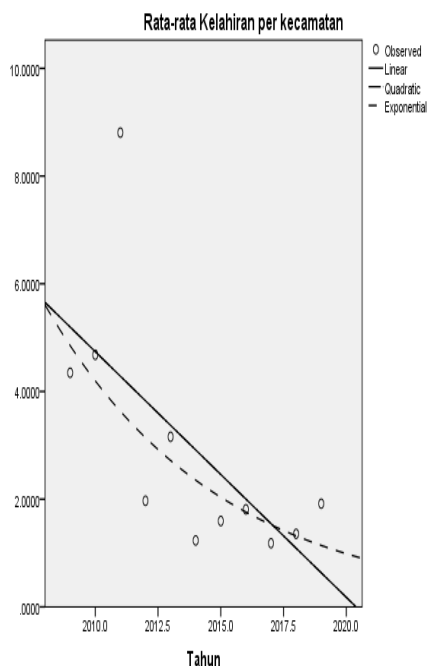
Pada peramalan jumlah penduduk pada kabupaten karo yang akan datang diambil data pada masa lalu. Data masa lalu yang diukur secara periodik akan membentuk suatu deret waktu data (*time series*). Deret waktu adalah rangkaian data yang berupa nilai pengamatan terhadap variabel tunggal yang diukur selama kurun waktu tertentu. Perhitungan nilai ramalan pertumbuhan penduduk pada kabupaten karo menggunakan analisis tren. Analisis tren ini terdapat 3 model yaitu tren linear, tren kuadratik, dan tren eksponensial. Perhitungan peramalan pertumbuhan penduduk kabupaten karo dengan menggunakan nilai ramalan parameter-parameter yang dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai *Standard Error of*



the Estimate (SEE) dari setiap model dapat dilihat pada Tabel 5.

**Hasil Keluaran dari rata-rata kelahiran per hari setiap kecamatan**

Linear



**Gambar 2**

Nilai setiap model standard Error of the Estimate (SEE) pola tren rata-rata kelahiran :

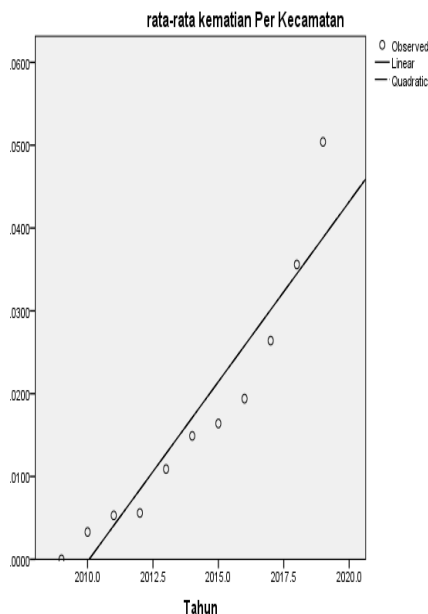
Tren	Standard Error of the Estimate (SEE)
Linear	1.830
Kuadratik	1.830
Eksponensial	0.045

**Tabel 6**

Berdasarkan Tabel 6 model tren eksponensial memiliki nilai SEE yang paling kecil yaitu 0.045 dibandingkan dengan model tren linear dan kuadratik. Jadi model eksponensial adalah model terbaik untuk mencari nilai peramalan rata-rata kelahiran per hari setiap kecamatan. Sehingga didapat nilai koefisien  $\beta_0 = 8.753$  dan  $\beta_1 = -.145$ .

Dengan demikian dapat diambil rumusnya  $\alpha_t = 8.753e^{-0.145t}$

**Hasil Keluaran dari rata-rata kematian per hari setiap kecamatan :**



**Gambar 3**

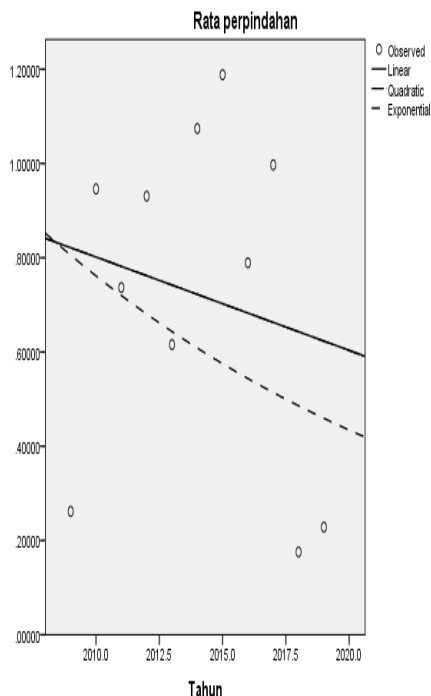
Nilai setiap model standard Error of the Estimate (SEE) dari setiap model rata-rata kematian penduduk :

Tren	Standard Error of the Estimate (SEE)
Linear	0.005
Kuadratik	0.005

**Tabel 7**

Berdasarkan Tabel 7 model tren linear memiliki nilai SEE yang paling kecil dikarenakan nilai pada koefisiennya lebih kecil dibandingkan dengan tren Kuadratik yaitu 0.005 Jadi model linear terbaik untuk mencari nilai peramalan rata-rata kematian per hari setiap kecamatan. Sehingga didapat nilai koefisien  $\beta_0 = -8.727$  dan  $\beta_1 = .004$ . Sehingga dapat diambil kesimpulan rumus  $\mu_t = -8.727 + (0.004)t$

**Hasil Keluaran dari rata-rata perpindahan penduduk untuk setiap kecamatan per hari**



**Gambar 4**

Nilai setiap model standard Error of the Estimate (SEE) dari setiap model rata-rata perpindahan penduduk :

Tren	Standard Error of the Estimate (SEE)
Linear	0.371
Quadratik	0.371
Eksponensial	0.696

**Tabel 8**

Berdasarkan Tabel 8 model tren linear memiliki nilai SEE yang paling kecil yaitu 0.371 dikarenakan nilai pada koefisienya lebih kecil daripada tren Quadratic. Jadi model linear adalah model terbaik untuk mencari nilai peramalan rata-rata perpindahan penduduk per hari setiap kecamatan. Sehingga didapat nilai koefisien  $\beta_0 = 40.585$  dan  $\beta_1 = -0.20$  . sehingga dapat dirumuskan tren linear  $\theta_t = 40.585 + (-0.20)t$

**Hasil peramalan pendugaan pertumbuhan penduduk per hari**

Tahun	Nilai ramalan pertumbuhan penduduk per hari
2020	13.6712
2021	13.8356

**Tabel 9**

Sehingga jumlah penduduk pada tahun 2020 dan 2021 yang belum diketahui jumlahnya adalah sebanyak 420868 penduduk dan 425918 penduduk.

Data jumlah penduduk kabupaten karo dari tahun 2009 sampai dengan 2019(BPS) Kabupaten Karo, (2015)).

Tahun	Jumlah Penduduk
2009	370.619
2010	350.960
2011	354.242
2012	358.823
2013	363.755
2014	382.622
2015	389.591
2016	396.598
2017	403.207
2018	409.675
2019	415.878
<b>2020</b>	<b>420.868</b>
<b>2021</b>	<b>425.918</b>

**Tabel 10**

**Kesimpulan Dan Saran**

Berdasarkan hasil penelitian nilai pendugaan pertumbuhan penduduk dari model yang disusun pada tahun 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 mendekati dengan nilai pertumbuhan penduduk yang sebenarnya dengan nilai MAPE sebesar 26,7882 %. Hasil peramalan jumlah penduduk kabupaten karo yang akan datang dapat dihitung dengan nilai peramalan per hari pada tahun yang akan datang. Hasil peramalan pertumbuhan penduduk

kabupaten karo per hari pada tahun 2020 sebanyak 13.6712 dan pada tahun 2021 diramalkan pertumbuhan penduduk per hari sebanyak 13.8356. Sehingga nilai peramalan jumlah penduduk kabupaten karo yang belum dapat diketahui jumlah penduduknya pada tahun 2020 adalah 420.868 penduduk dan pada tahun 2021 adalah 425.918 penduduk.

#### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih atas pendanaan penelitian dosen pemula (PDP) kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) kementerian riset dan teknologi/badan riset dan inovasi nasional dengan kontrak nomor 256/LL1/PG/2020.

#### Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2009). Kabupaten Karo dalam angka 2009. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2010). Kabupaten Karo dalam angka 2010. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2011). Kabupaten Karo dalam angka 2011. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2012). Kabupaten Karo dalam angka 2012. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2013). Kabupaten Karo dalam angka 2013. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2014). Kabupaten Karo dalam angka 2014. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2015). Kabupaten Karo dalam angka 2015. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2016). Kabupaten Karo dalam angka 2016. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2017). Kabupaten Karo dalam angka 2017. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2018). Kabupaten Karo dalam angka 2018. Katalog BPS 1102001.1211
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karo, (2019). Kabupaten Karo dalam angka 2019. Katalog BPS 1102001.1211
- Everitt BS, Landau S, Leese M, Stahl D. (2011). *Cluster Analysis*. Edisi Ke-5. London: King's College.
- Draper N, Smith H. (2000). *Analisis Regresi Terapan*. Edisi Ke-2. Jakarta (ID): PT Gramedia.
- Juanda B, Junaidi. (2012). *Ekonometrika Deret Waktu*. Bogor: IPB Press.
- Rachmawati RN, Bektu RD. (2013). Stochastic Growth Model for Spatial Cluster Birth and Death Process with Migration. *Journal of Mathematics and Statistics*. 9(2):112118.doi:10.3844/jmssp.2013.112.118.
- Tan P, Steinbach M, Kumar V. (2006). *Introduction to Data Mining*. Boston: Pearson Addison Wesley.