

## PENERAPAN PEMODELAN STOKASTIK DENGAN METODE POLINOM NEWTON GREGORY MAJU DAN POLINOM NEWTON GREGORY MUNDUR DALAM MEMPREDIKSI JUMLAH PENDUDUK SUMATERA UTARA

**Ratna Wahyuni<sup>1</sup>**

Universitas Quality Berastagi, Sumatera Utara

**Novi Tari Simbolon<sup>1</sup>**

Universitas Quality Berastagi, Sumatera Utara

**Abstrak.** Laju pertumbuhan penduduk suatu daerah dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya fertilitas, mortalitas dan migrasi. Sementara perhitungan penduduk biasanya dilakukan melalui sensus penduduk yang dilaksanakan dalam rentang waktu 10 tahun sekali. Sebagai daerah metropolitan, Sumatera Utara setiap tahunnya mengalami laju pertumbuhan penduduk yang sangat pesat. Laju Pertumbuhan Penduduk tersebut dapat dimodelkan dengan model stokastik. Dalam pemodelan stokastik mengacu pada presentase perhitungan untuk fertilitas, mortalitas dan migrasi dalam memprediksi untuk periode tahun sensus berikutnya. Sementara untuk menghitung jumlah penduduk bisa dengan menggunakan metode numerik yaitu Polinom Newton Gregory maju dan polinom Newton Gregory mundur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dimana sumber data yang digunakan adalah data sekunder dan dalam hal ini peneliti menganalisis diantara tiga periode sensus yaitu pada periode 1980 sampai dengan 2010 kemudian memprediksi periode tahun sensus berikutnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifan dari ketiga model dalam memprediksi jumlah penduduk Sumatera Utara dalam tahun periode sensus. Untuk pemodelan stokastiknya diperoleh hasil prediksi untuk tahun 2010 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 17,67\%$ , mortalitasnya mencapai  $\pm 39,61\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 42,72\%$ . Untuk tahun 2020 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 16,83\%$ , mortalitasnya mencapai  $\pm 33,85\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 49,36\%$  dan untuk tahun 2030 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 16,98\%$ , mortalitasnya mencapai  $\pm 34,28\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 48,74\%$ . Dan untuk metode polinom Newton Gregory maju dan polinom Newton Gregory mundur diperoleh masing-masing galat relative totalnya adalah  $\sum \epsilon_R = 0,31412327$  sedangkan untuk metode polinom Newton Gregory mundur diperoleh nilai galat totalnya sebesar  $\sum \epsilon_R = 0,35223818$ . Mengacu pada nilai galatnya maka metode polinom Newton Gregory maju memiliki akurasi yang lebih baik.

**Kata kunci:** Model stokastik, polinom Newton Gregory, pertumbuhan penduduk

**Abstract.** The population growth rate of an area is influenced by several factors including fertility, mortality and migration. Meanwhile, population counts are usually carried out through a population census which is carried out every 10 years. As a metropolitan area, every year North Sumatra experiences a very rapid population growth rate. The population growth rate can be modelled with a stochastic model. In stochastic modelling refers to the percentage calculations for fertility, mortality and migration in predicting for the next census year period. Meanwhile, to calculate the population, you can use numerical methods, namely, forward Newton Gregory polynomial and reverse Newton Gregory polynomial. The method used in this study is a literature study where the data source used is secondary data and in this case, the researcher analyzes between three census periods, namely the period 1980 to 2010 and then predicts the period of the next census year. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the three models in predicting the population of North Sumatra in the census period. For stochastic modelling, the prediction results obtained for the year 2010 are the percentage of total birth rate or fertility reaching  $\pm 17.67\%$ , the mortality reaches  $\pm 39.61\%$  and the migration reaches  $\pm 42.72\%$ . For 2020, the probability that the percentage of total birth or

*fertility is  $\pm 16.83\%$ , the mortality is  $\pm 33.85\%$  and the migration is  $\pm 49.36\%$  and for 2030 the probability of the percentage of total birth or fertility is  $\pm 16.98\%$ . the mortality reached  $\pm 34.28\%$  and the migration reached  $\pm 48.74\%$ . And for the forward newton Gregory polynomial method and the reverse Gregory polynomial method, the total relative error is obtained respectively while for the reverse newton Gregory polynomial method the total error value is. Referring to the error value, the advanced Newton Gregory polynomial method has better accuracy.*

**Keywords:** *stochastic model, newton Gregory polynomial, population growth.*

## PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk suatu daerah dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya kelahiran (fertilitas), kematian (mortalitas), dan perpindahan (migrasi). Sumatera Utara merupakan salah satu daerah di Indonesia yang laju pertumbuhan penduduknya sangat pesat, hal ini dilatar belakangi karena wilayah Sumatera Utara dikategorikan merupakan daerah metropolitan di pulau sumatera yang memiliki luas  $72.981 \text{ km}^2$  atau sekitar  $3,69\%$  dari total luas wilayah seluruh Indonesia yang terdiri atas 25 kabupaten dan 8 kotamadya. (BPS, 2016).

Sumatera Utara setiap tahunnya mengalami laju pertumbuhan penduduk yang sangat pesat. Dengan peningkatan yang ada otomatis berdampak pada berbagai sektor baik sektor ekonomi, kesehatan, ketersediaan tempat tinggal dan lain sebagainya. Untuk meminimalisir dampak yang terjadi diperlukan data setiap tahunnya agar tidak terjadi pergejolakan dari berbagai sektor karena pertumbuhan penduduk yang meningkat. Sementara data kependudukan untuk jumlah penduduk diperoleh dari sensus penduduk setiap 10 tahun sekali. Karena itulah diperlukan model yang dapat dibuat untuk memprediksi jumlah penduduk di waktu yang akan datang. Dalam hal ini digunakan model stokastik yang beracuan pada data fertilitas, mortalitas dan migrasi. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan persentase kemungkinan yang terjadi untuk angka fertilitas, mortalitas dan migrasi pada periode tahun sensus. Sementara data yang digunakan adalah data sekunder dari BPS Sumatera Utara.

Oleh karena itu peneliti tertarik untuk menganalisa penerapan pemodelan stokastik dengan metode polinom newton gregory maju dan polinom *Newton Gregory* mundur dalam memprediksi jumlah penduduk sumatera utara. Dalam hal ini peneliti akan menganalisis diantara tiga periode sensus yang perhitungannya menggunakan pemodelan stokastik dan metode polinom *Newton Gregory* maju dan polinom *Newton Gregory* mundur. Dimana harapan peneliti adalah agar dapat diketahuimana metode yang lebih efektif perhitungannya dalam memprediksi jumlah penduduk serta dapat dijadikan literatur oleh peneliti lain.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dimana sumber data yang digunakan adalah data sekunder. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Melakukan pengambilan data pada Badan Pusat Statistik Sumatera Utara
2. Melakukan model stokastik untuk menghitung presentase dari fertilitas, mortalitas dan migrasi pada periode tahun sensus.
3. Memodelkan polinom *Newton Gregory* maju dan polinom *Newton Gregory* mundur
4. Perhitungan galat relatif.
5. Menyimpulkan hasil penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses stokastik waktu kontinu  $\{X_{(t),t} \in [0, \infty), t \in R\}$  dengan ruang keadaan S berupa himpunan bulat non negative. Proses  $\{X_{(t),t} \in [0, \infty), t \in R\}$  dikatakan suatu rantai Markov dengan indeks parameter waktu kontinu jika setiap  $s, t \geq 0$  dan untuk setiap bilangan bulat non negative  $i, j, x(u)$  dan  $0 \leq u \leq s$  didefinisikan sebagai berikut:  
 $P(X_{(t+s)} = j | X(s) = i, X(u) = x(u), 0 \leq u \leq s) = P(X_{(t+s)} = j | X(s) = i) = P_{ij}(t)$

Suatu Proses stokastik waktu kontinu  $\{X_{(t),t} \in [0, \infty), t \in R\}$  waktu kontinu disebut rantai markov waktu kontinu bila proses stokastik tersebut mempunyai sifat Markovian. Sifat Markovian merupakan distribusi bersyarat dari keadaan di waktu mendatang t+s, diberikan keadaan pada waktu saat ini s dan semua keadaan pada waktu lampau, dimana peluang dari keadaan di waktu mendatang t+s hanya bergantung pada keadaan saat ini s dan tidak bergantung pada keadaan pada waktu lampau. Jika peluang

$$P(X_{(t+s)} = j | X(s) = i)$$

tidak bergantung dari nilai s maka rantai markov waktu kontinu dikatakan mempunyai peluang transisi yang homogen atau stasioner. Rantai markov waktu kontinu dikatakan waktu homogen jika untuk sembarang  $s \leq t$  dan sembarang keadaan  $i, j \in S$  berlaku:

$$P_{i,j}(s, t) = P(X_{(t)} = j | X_{(s)} = i) = P(X_{(t-s)} = j | X_{(0)} = i)$$

Pada rantai Markov diketahui bahwa transisi dari proses terjadi setiap satu satuan waktu.

Asumsikan bahwa  $P_{i,j}(s, t)$  kontinu di  $t = 0$  yaitu peluang transisi stasioner yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\delta_{ij} = \lim_{t \rightarrow 0} P_{ij}(t) = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

Rantai markov waktu kontinu disebut proses stokastik  $\{X_{(t),t} \in [0, \infty), t \in R\}$  merupakan suatu proses Markov bila untuk setiap transisi di keadaan i mempunyai sifat:

- Lamanya proses waktu berada di keadaan ke  $i$  sebelum melakukan transisi ke keadaan lain adalah berdistribusi eksponensial dengan parameter (missal sebut rate)  $v_i = 1/\lambda_i$  untuk  $0 \leq v_i \leq \infty$  dan
- Bila proses tersebut berpindah ke keadaan  $j$  dengan peluang  $P_{ij}$  dimana  $\sum P_{ij} = 1$  dan  $P_{ij} = 0$  untuk setiap  $i$ .

Penggunaan Markov analisis memerlukan pengetahuan tentang keadaan yaitu keadaan awal, keadaan transisi dan keadaan steady state. Sedangkan asumsi-asumsi dalam Markov analisis adalah sebagai berikut:

- Jumlah probabilitas transisi keadaan (baris matriks) adalah 1
- Probabilitas transisi tidak berubah selamanya artinya peluang untuk setiap keadaan dari periode  $t \geq 0$  adalah sama.
- Probabilitas transisi hanya tergantung pada status sekarang bukan pada periode sebelumnya (Eni, 2015)

Matriks probabilitas transisi: jika sebuah rantai markov  $\{X_t, t = 0, 1, 2, \dots\}$  dengan ruang state  $\{0, 1, \dots, m\}$  maka peluang system tersebut dalam state  $i$  pada suatu state  $j$  pada pengamatan sebelumnya diberi notasi  $P_{ij}$  dan disebut peluang transisi dari state  $i$  ke state  $j$ . Dan matriks  $P = \{P_{ij}\}$  disebut matriks transisi rantai Markov. Dimana elemen-elemen dari matriks P bernilai positif dan jumlah elemen-elemen pada satu baris di matriks peluang transisi harus sama dengan 1 dengan P berordo  $m \times m$  didefinisikan sebagai berikut:

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{bmatrix}$$

dimana:

$$i = \text{sate ke} - i (0, 1, \dots, m)$$

$$j = \text{sate ke} - j (0, 1, \dots, m)$$

$$n = \text{langkah transisi} (1, 2, \dots, n)$$

$$\text{Dengan } P_{ij} \geq 0 \text{ dan } \sum_{i=0} P_{ij} = 1 \quad (i, j = 0, 1, 2, \dots, m)$$

Probabilitas transisi pada kondisi steady state adalah probabilitas transisi yang sudah mencapai titik keseimbangan sehingga tidak akan berubah terhadap keadaan waktu yang akan terjadi. Secara matematis probabilitas transisi tingkat keadaan seimbang didefinisikan sebagai berikut:

$$\pi_{ij} = \lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^n$$

Dengan  $\pi_j$  = probabilitas transisi keadaan steady state pada keadaan  $j$ . Semakin besar nilai  $n$  maka probabilitas transisi akan mendekati suatu nilai tertentu, dengan hubungan atau relevansi antara keadaan awal dengan peluang peralihan tahap ke  $n$  akan mengecil dengan bertambahnya  $n$ .

Berdasarkan penelitian (I. Utama, 2020) untuk fertilitas data angka kelahiran total yang mengacu pada TFR, kemudian mortalitas yang mengacu pada IMR dan migrasi penduduk Provinsi Sumatera Utara untuk periode tiga sensus dapat dilihat datanya pada table 1. Sementara table 2 menampilkan data probabilitas transisinya kemudian dari table 2 akan dibentuk matriks peluang transisinya.

**Tabel 1:** Fertilitas, Mortalitas dan Migrasi Penduduk Provinsi Sumatera Utara

Tahun	Fertilitas	Mortalitas	Migrasi	Total
1980	4,55	10,2	11	25,75
1990	4,55	8,2	17	29,75
2000	3	6,1	7,6	16,7

**Tabel 2:** Probabilitas Transisi

Tahun	Fertilitas	Mortalitas	Migrasi	Total
1980	0,1767	0,3961	0,4272	1
1990	0,1529	0,2756	0,5715	1
2000	0,1796	0,3653	0,4551	1

Diperoleh matriks peluang transisinya sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} 0,1767 & 0,3961 & 0,4272 \\ 0,1529 & 0,2756 & 0,5715 \\ 0,1796 & 0,3653 & 0,4551 \end{bmatrix}$$

Matriks peluang transisi memberikan informasi bahwa pada tahun 1980 untuk angka fertilitas mencapai 17,67% dan mortalitasnya mencapai 39,61% serta migrasinya mencapai 42,72%. Sementara untuk tahun 1990 masing-masing mencapai 15,29%, 27,56% dan 57,15% selanjut untuk tahun 2000 diperoleh 17,96%, 36,53% dan 45,51% masing-masing untuk fertilitas, mortalitas dan migrasi. Kemudian peneliti akan menghitung prediksi untuk tahun 2010, 2020 dan 2030 untuk menentukan presentase masing-masing dari fertilitas, mortalitas dan migrasi.

1. Memprediksi presentase masing-masing dari fertilitas, mortalitas dan migrasi di Tahun 2010 dihitung dengan cara:

$$\pi(1) = \pi(0) \cdot P$$

$$\pi(1) = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 0,1767 & 0,3961 & 0,4272 \\ 0,1529 & 0,2756 & 0,5715 \\ 0,1796 & 0,3653 & 0,4551 \end{bmatrix}$$

$$\pi(1) = [0,1767 \quad 0,3961 \quad 0,4272]$$

$$\pi(1) \times 100\% = [17,67\% \quad 39,61\% \quad 42,72\%]$$

2. Memprediksi presentase masing-masing dari fertilitas, mortalitas dan migrasi di Tahun 2020 dihitung dengan cara:

$$\pi(2) = \pi(0).P^2$$

$$\pi(2) = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 0,1767 & 0,3961 & 0,4272 \\ 0,1529 & 0,2756 & 0,5715 \\ 0,1796 & 0,3653 & 0,4551 \end{bmatrix}^2$$

$$\pi(2) = [0,1683 \quad 0,3385 \quad 0,4936]$$

$$\pi(2) \times 100\% = [16,83\% \quad 33,85\% \quad 49,36\%]$$

3. Memprediksi presentase masing-masing dari fertilitas, mortalitas dan migrasi di Tahun 2030 dihitung dengan cara:

$$\pi(3) = \pi(0).P^3$$

$$\pi(3) = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 0,1767 & 0,3961 & 0,4272 \\ 0,1529 & 0,2756 & 0,5715 \\ 0,1796 & 0,3653 & 0,4551 \end{bmatrix}^3$$

$$\pi(3) = [0,1698 \quad 0,3428 \quad 0,4874]$$

$$\pi(3) \times 100\% = [16,98\% \quad 34,28\% \quad 48,74\%]$$

Untuk tahun 2010 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 17,67\%$ , Mortilitasnya mencapai  $\pm 39,61\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 42,72\%$

Untuk tahun 2020 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 16,83\%$ , Mortilitasnya mencapai  $\pm 33,85\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 49,36\%$

Untuk tahun 2030 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 16,98\%$ , Mortilitasnya mencapai  $\pm 34,28\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 48,74\%$

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (R. Wahyuni, 2019) Prediksi jumlah penduduk Sumatera Utara menggunakan metode Polinom Newton Gregory Maju diselesaikan menggunakan persamaan:

$$P_3 = f_0 + \frac{s}{1!} \Delta f_0 + \frac{s(s-1)}{2!} \Delta^2 f_0 + \frac{s(s-1)(s-2)}{3!} \Delta^3 f_0$$

dengan  $\Delta f_0, \Delta^2 f_0, \Delta^3 f_0$  ditentukan melalui table selisih maju polinom *Newton Gregory* maju dengan menggunakan data sensus penduduk Badan Pusat Statistik Sumatera Utara dengan jarak sensus 10 tahun untuk periode 1980 sampai dengan 2010. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Data Penduduk dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara

Tahun	Banyak Penduduk	Tahun	Banyak Penduduk	Tahun	Banyak Penduduk
1980	8360894	1991	10454686	2002	11968700
1981	8526204	1992	10685200	2003	12131200
1982	8791514	1993	10813400	2004	12293600
1983	9056824	1994	10981100	2005	12452800
1984	9322134	1995	11145300	2006	12605700
1985	9422137	1996	11306300	2007	12760700
1986	9442984	1997	11463400	2008	12914600
1987	9463831	1998	11754100	2009	13066600
1988	9484678	1999	11955400	2010	13217600
1989	9505525	2000	11959700		

Tahun	Banyak Penduduk	Tahun	Banyak Penduduk	Tahun	Banyak Penduduk
1990	10256027	2001	11963400		

Sedangkan untuk metode polinom newton gregory mundur menggunakan persamaan  $Q_3 = f_0 + \frac{s}{1!} \nabla f_0 + \frac{s(s-1)}{2!} \nabla^2 f_0 + \frac{s(s-1)(s-2)}{3!} \nabla^3 f_0$  dengan  $\nabla f_0, \nabla^2 f_0, \nabla^3 f_0$  ditentukan melalui tabel selisih mundur polinom *Newton Gregory* mundur dengan menggunakan data yang sama dengan metode polinom *Newton Gregory* maju yaitu bersumber dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara.

Pada penelitian ini digunakan persamaan galat relative untuk mengetahui seberapa besar galat atau error yang dihasilkan dari masing-masing metode. Misalkan  $\hat{a}$  adalah nilai hampiran ( data prediksi dengan menggunakan metode polinom *Newton Gregory* maju dan polinom *Newton Gregory* mundur) dan  $a$  adalah nilai sejati (data dari BPS), maka galat merupakan selisih antara nilai sejati dengan nilai hampiran dinyatakan dengan persamaan  $\varepsilon = a - \hat{a}$ .

Pada penelitian ini, tanda positif dan negative tidak dipertimbangkan sehingga galat mutlak dapat didefinisikan sebagai  $|\varepsilon| = |a - \hat{a}|$  kemudian untuk mencegah nilai galat  $\varepsilon$  bernilai besar maka harus dinormalkan terhadap nilai sejatinya  $\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{a}$  yang disebut galat relatif. Menganalisis galat sangat penting didalam perhitungan yang menggunakan metode numeric, semakin kecil galatnya maka semakin teliti solusi numerik yang didapatkan. Berikut data prediksi dari kedua metode polinom *Newton Gregory* maju dan polinom *Newton Gregory* mundur yang ditampilkan pada tabel 4 dan tabel 5.

**Tabel 4.** Prediksi banyaknya penduduk Sumatera Utara menggunakan metode polinom *Newton Gregory Maju*

Tahun	Prediksi banyaknya penduduk	Galat Relatif	Tahun	Prediksi banyaknya penduduk	Galat Relatif
1981	8551775	0,002999107	1997	11495404	0,002791842
1982	8743030	0,005514864	1998	11654626	0,008462919
1983	8934405	0,01351677	1999	11809391	0,01221281
1984	9125696	0,02107221	2001	12085490	0,01020529
1985	9316498	0,01121179	2002	12211280	0,02026787
1986	9506707	0,006748185	2003	12337070	0,01697029
1987	9696019	0,02453425	2004	12462860	0,01376814
1988	9884178	0,04212057	2005	12588650	0,01090919
1989	10070932	0,05948193	2006	12714440	0,008626256
1991	10446453	0,0007874938	2007	12840230	0,006232417
1992	10632422	0,004939355	2008	12966020	0,00398154
1993	10813934	0,00004938317	2009	13091810	0,001929347
1994	10990988	0,0009004562			
1995	11163584	0,001640512			
1996	11331722	0,002248481			

$\sum \varepsilon_R = 0,31412327$

**Tabel 5.** Prediksi banyaknya penduduk Sumatera Utara menggunakan metode polinom *Newton Gregory* mundur.

Tahun	Prediksi banyaknya penduduk	Galat Relatif	Tahun	Prediksi banyaknya penduduk	Galat Relatif
1981	8551775	0,002999107	1996	11317483	0,0009890946

1982	8743031	0,00551475	1997	11483834	0,001782543
1983	8934405	0,01351677	1998	11646490	0,009155103
1984	9125647	0,02107747	1999	11805197	0,01256361
1985	9316498	0,01121179	2001	12109745	0,0122273
1986	9506708	0,006748291	2002	12255079	0,02392733
1987	9696019	0,02453425	2003	12395447	0,02178243
1988	9884179	0,04212067	2004	12530593	0,01927775
1989	10070934	0,05948214	2005	12660265	0,01666011
1991	10439208	0,001480484	2006	12784208	0,0141609
1992	10620217	0,006081589	2007	12902167	0,01108615
1993	10798805	0,001349714	2008	13013888	0,007688043
1994	10974713	0,0005816357	2009	13119116	0,004019102
1995	11147692	0,0002146196			
					$\sum \varepsilon_R = 0,35223818$

Prediksi banyaknya penduduk Sumatera Utara menggunakan metode polinom *Newton Gregory* maju dan polinom *Newton Gregory* mundur ditampilkan pada table 2 dan tabel 3 yang tidak memberikan hasil yang sama. Perolehan galat total metode *Newton Gregory* maju sebesar  $\sum \varepsilon_R = 0,31412327$  sedangkan untuk metode polinom *Newton Gregory* mundur diperoleh nilai galat totalnya sebesar  $\sum \varepsilon_R = 0,35223818$ . Dari kedua galat tersebut diketahui bahwa galat total dengan metode *Newton Gregory* maju lebih kecil dari galat total dengan metode polinom *Newton Gregory* mundur. Dengan demikian metode polinom *Newton Gregory* maju memiliki akurasi yang lebih baik.

## KESIMPULAN

1. Pada pemodelan stokastik diperoleh hasil prediksi untuk tahun 2010 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 17,67\%$ , mortalitasnya mencapai  $\pm 39,61\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 42,72\%$ . Untuk tahun 2020 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 16,83\%$ , mortalitasnya mencapai  $\pm 33,85\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 49,36\%$ . Dan untuk tahun 2030 kemungkinan presentase angka kelahiran total atau fertilitas mencapai  $\pm 16,98\%$ , Mortalitasnya mencapai  $\pm 34,28\%$  dan migrasinya mencapai  $\pm 48,74\%$
2. Untuk metode polinom *Newton Gregory* maju diperoleh galat totalnya sebesar  $\sum \varepsilon_R = 0,31412327$  sedangkan untuk metode polinom *Newton Gregory* mundur diperoleh nilai galat totalnya sebesar  $\sum \varepsilon_R = 0,35223818$ . Dari kedua galat tersebut diketahui bahwa galat total dengan metode *Newton Gregory* maju lebih kecil dari galat total dengan metode polinom *Newton Gregory* mundur. Dengan demikian metode polinom *Newton Gregory* maju memiliki akurasi yang lebih baik.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih atas pendanaan penelitian dosen pemula kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset dan Teknologi yang sesuai dengan Surat Keputusan Nomor B/87/E3/RA.00/2020 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 256/LL1/PG/2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. Konsep Penduduk. <https://sumut.bps.go.id>. Diakses pada tanggal 19 Mei 2016
- Granita (2012). Model Persamaan Diferensial Stokastik Untuk Proses Prendiville. Jurnal Beta. Vol. 5. No. 1 pp. 75-80

- Lembaga Demografi, (2004). Dasar-dasar demografi, Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Munir, R. (2003). Metode Numerik, Informatika Bandung, Bandung
- Pendi, P. (2015). Pemodelan Stokastik Pertumbuhan di kota Rembang dengan mempertimbangkan proses kelahiran, kematian dan migrasi. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Pramuditya, SA. (2017). Model Stokastik Pertumbuhan Populasi, Jurnal Euclid, Vol. 4.No. 1, pp.675 – 6889.
- Pratiwi, G.A. (2017). Aplikasi *metode polinom newton Gregory maju dan polinom Gregory mundur dalam memprediksi banyaknya penduduk Sulawesi tengah*, JIMT 2017, vol:14, pp.152-158.
- Rachmawati RN, Bekti RD. (2013). Stochastic Growth Model for Spatial Cluster Birth and Death Process with Migration. Journal of Mathematics and Statistic. 9(2): 112-118. Doi: 10.3844/jmssp. 2013. 112. 118
- Utama, I (2020). Analisis Tekanan Penduduk Terhadap Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Utara. Jurnal JMB. Vol. 33.No. 1. E-ISSN: 2622-8351
- Wahyuni, R ( 2019). Penerapan Metode Polinom Newton Gregory Maju Dan Polinom Newton Gregory Mundur Dengan Metode Hamilton-Perry Dalam Memprediksi Jumlah Penduduk Sumatera Utara. Jurnal Curere. Vol. 3. No. 2. Pp. 48 – 57