

**APLIKASI RANTAI MARKOV TERBOBOTI UNTUK MEMPREDIKSI
INDEKS HARGA KONSUMEN SAAT MENGHADAPI
PANDEMI COVID-19**

SKRIPSI

INDAH PURNAMA SARI SIREGAR

NIM.0703163045



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI MATEMATIKA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

**APLIKASI RANTAI MARKOV TERBOBOTI UNTUK MEMPREDIKSI
INDEKS HARGA KONSUMEN SAAT MENGHADAPI
PANDEMI COVID-19**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Matematika

INDAH PURNAMA SARI SIREGAR

NIM.0703163045



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI MATEMATIKA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama : Indah Purnama Sari Siregar
Nomor Induk Mahasiswa : 0703163045
Program Studi : Matematika
Judul : Aplikasi Rantai Markov Terboboti Untuk
Memprediksi Indeks Harga Konsumen Saat
Menghadapi Pandemi COVID-19.

Dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi I



Nurul Huda Prasetya, MA.

NIDN. 2018096703

Pembimbing Skripsi II



Rina Widiasari, M.Si.

NIDN. 0118078801

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Indah Purnama Sari Siregar

NIM : 0703163045

Prodi : Matematika

Judul : Aplikasi Rantai Markov Terboboti Untuk Memprediksi Indeks Harga Konsumen Saat Menghadapi Pandemi COVID-19.

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing – masing disebutkan sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Hormat Saya:  

Indah Purnama Sari Siregar
NIM. 0703163045

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah atas rahmat Allah SWT yang telah memberikan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Fakultas Sains Dan Teknologi Prodi Matematika UIN Sumatera Utara Medan.

Dalam kesempatan ini, penulis banyak menerima bantuan dan bimbingan yang sangat berharga dari segala pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada yang tercinta Ayahanda Alm. Kalam Siregar dan Ibunda Nurhaminta Harahap yang telah membesarkan, mendidik, membimbing, melindungi, memberikan semangat yang tinggi, dan selalu memberikan dukungan kepada penulis, motivasi untuk terus berkarya, doa yang tidak pernah putus. Dan Kakak, Abang dan Adik saya yang selalu menjadi penyemangat dan membantu saya.
2. Bapak Prof. Dr. H. Syafaruddin, M.Pd. selaku PLT Rektor UIN Sumatera Utara Medan.
3. Bapak Dr. H. M. Jamil, M.A. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.
4. Ibu Dr. Sajaratud Dur, M.T. selaku Ketua Prodi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.
5. Bapak Hendra Cipta, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan dan sebagai Penasehat Akademik yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam melakukan penelitian skripsi ini.
6. Bapak Nurul Huda Prasetya, MA. selaku Dosen Pembimbing I yang membimbing penulis dalam melaksanakan penelitian skripsi.

7. Ibu Rina Widyasari, S.Si, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang membimbing penulis dalam melaksanakan penelitian skripsi sekaligus dosen Konsentrasi Statistik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama sebelum mengajukan judul penelitian skripsi ke Prodi Matematika.
8. Bapak/Ibu Dosen dan para staff pengajar di UIN Sumatera Utara Medan yang telah memberikan pendidikan dan pengetahuan kepada penulis.
9. Kepada seluruh teman-teman jurusan matematika stambuk 2016 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.

Akhirnya kepada semua pihak yang membantu penulisan skripsi, penulis mengucapkan terima kasih dan hanya Allah SWT yang dapat memberikan balasan yang setimpal atas jasa dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum

Medan, 22 Juni 2020

Penulis



Indah Purnama Sari Siregar

NIM. 0703163045

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah.	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Indeks Harga Konsumen	6
2.2 Peluang.....	7
2.3 Peluang Bersyarat.....	8
2.4 Ruang State	8
2.5 Rantai Markov.....	8
2.6 Proses Stokastik	10
2.7 Rantai Markov Homogen.....	10
2.8 Peluang Transisi	11

2.9	Peluang Transisi <i>K-Step</i>	11
2.10	Persamaan <i>Chapman-Kolmogorov</i>	12
2.11	Perhitungan Rata-Rata dan Simpangan Baku	12
2.12	Pengelompokan Indeks Harga Konsumen (IHK)	13
2.13	Uji Sifat Markov	14
2.14	Perhitungan Bobot Rantai Markov.....	15
2.15	Prediksi Range Indeks Harga Konsumen.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		17
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2	Data dan Sumber Data	17
3.3	Variabel Penelitian	17
3.4	Cara Kerja Penelitian	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Deskriptif Data	19
4.2	Perhitungan Rata-Rata dan Simpangan Baku	22
4.3	Pengelompokan Indeks Harga Konsumen (IHK)	23
4.4	Uji Sifat Markov	25
4.5	Perhitungan bobot rantai markov	27
4.6	Prediksi range Indeks Harga Konsumen	33
4.7	Pembahasan Analisis Data	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN		
CURRICULUM VITAE		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.4.1 Diagram Rancangan Penelitian	18
Gambar 4.1 Grafik Indeks Harga Konsumen kota Medan.....	19

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelompok Pengeluaran Indeks Harga Konsumen	6
Tabel 4.1 Kasus yang akan dianalisis.....	22
Tabel 4.2 Pengelompokan indeks harga konsumen	24
Tabel 4.3 IHK Periode Bulan Desember 2019 sampai bulan September 2020, <i>state</i> dan Transisi <i>state</i>	24
Tabel 4.4 Uji ststistika <i>chi-square</i> pada kasus	27
Tabel 4.5 Nilai koefisien autokorelasi pada kasus <i>k</i>	31
Tabel 4.6 bobot rantai markov pada kasus <i>k</i> untuk setiap $K = 1,2,3$	33
Tabel 4.7 $K = 2$	36
Tabel 4.8 $K = 3$	39
Tabel 4.9 hasil prediksi	40

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel Indeks Harga konsumen Periode Desember 2019-September 2020
- Lampiran 2 Perhitungan koefisien autokorelasi (r_k) dan bobot rantai Markov (w_k) menggunakan program *Microsoft Excel 2016*.
- Lampiran 3 Perhitungan matriks peluang transisi *k-step*
- Lampiran 4 Tabel *Chi-square*
- Lampiran 5 Foto pengumpulan data Indeks Harga Konsumen Kota Medan di BPS Kota Medan

ABSTRAK

CoViD-19 merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh sindrom pernapasan akut coronavirus 2 (*severe acute respiratory syndrome coronavirus 2* atau SARS-CoV-2). Banyak kerugian yang disebabkan oleh CoViD-19 yang berdampak bagi Perekonomian Indonesia pembangunan ekonomi sebuah negara pada dasarnya bertujuan untuk mencapai kemakmuran masyarakat melalui pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan distribusi pendapatan yang merata. Adanya pertumbuhan ekonomi merupakan indikasi keberhasilan perkembangan ekonomi suatu Negara, oleh karena itu Indeks Harga Konsumen terjadi Inflasi dan Deflasi. Indeks Harga Konsumen (IHK) merupakan salah satu indikator ekonomi penting yang dapat memberikan informasi mengenai perkembangan harga barang/jasa yang dibayar oleh konsumen di suatu wilayah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengaplikasikan metode rantai markov terboboti untuk memprediksi indeks harga konsumen di masa yang akan datang. Data yang digunakan di saat menghadapi pandemi CoViD-19 bulan September 2019 sampai bulan Desember 2020. Penghitungan numerikk dilakukan menggunakan *Microsoft excel 2007*. Penelitian dilakukan menggunakan pengelompokan indeks harga konsumen berdasarkan *state*. Hasil yang diperoleh peneliti belum memuaskan karena hasil prediksinya baik dalam waktu yang sangat pendek saja dan dalam kondisi hasil prediksinya kurang akurat, pada bulan ke-11 berpeluang 72.29% dan bulan ke-12 berpeluang 78.54%.

Kata kunci : CoViD, Indeks Harga Konsumen, Rantai Markov Terboboti

ABSTRACT

CoViD-19 is an infectious disease caused by acute respiratory syndrome coronavirus 2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 or SARS-CoV-2). Many of the losses caused by CoViD-19 have an impact on the Indonesian Economy. The economic development of a country is basically aimed at achieving the prosperity of the community through high economic growth and equitable income distribution. The existence of economic growth is an indication of the success of a country's economic development, therefore the Consumer Price Index occurs in Inflation and Deflation. The Consumer Price Index (CPI) is an important economic indicator that can provide information on developments in the price of goods / services paid by consumers in an area. The purpose of this study is to apply a weighted markov chain method to predict the consumer price index in the future. Data used when facing the CoViD-19 pandemic from September 2019 to December 2020. Numerical calculations were carried out using Microsoft excel 2007. The study was conducted using a consumer price index grouping based on state. The results obtained by the researchers are not satisfactory because the prediction results are good in a very short time and in the condition that the prediction results are less accurate, at the 11th month the chance is 72.29% and the 12th month has a 78.54% chance.

Keywords: CoViD, Consumer Price Index, Weighted Markov Chain

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

CoViD-19 merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh sindrom pernapasan akut coronavirus 2 (*severe acute respiratory syndrome coronavirus 2* atau SARS-CoV-2). Virus ini merupakan keluarga besar Coronavirus yang dapat menyerang hewan. Ketika menyerang manusia, Coronavirus biasanya menyebabkan penyakit infeksi saluran pernafasan, seperti flu, *MERS (Middle East Respiratory Syndrome)*, dan *SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome)*. CoViD-19 sendiri merupakan coronavirus jenis baru yang ditemukan di Wuhan, Hubei, China pada tahun 2019, Hui, *et al* (2020). Karena itu, Coronavirus jenis baru ini diberi nama Coronavirus disease-2019 yang disingkat menjadi CoViD-19. CoViD-19 sejak ditemukan menyebar secara luas hingga mengakibatkan pandemi global yang berlangsung sampai saat ini. Gejala CoViD19 umumnya berupa demam 38°C, batuk kering, dan sesak nafas serta dampak paling buruk untuk manusia ialah kematian (Setiawan, 2020).

Belakangan ini CoViD menjadi konsen besar bangsa Indonesia karena permasalahan yang terus ditimbulkannya, Ada banyak kerugian yang disebabkan oleh CoViD-19 yang berdampak bagi Perekonomian Indonesia pembangunan ekonomi sebuah negara pada dasarnya bertujuan untuk mencapai kemakmuran masyarakat melalui pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan distribusi pendapatan yang merata. hal ini bertolak belakang dengan keadaan indonesia pada tahun 1997/1998 dimana krisis yang pada awalnya adalah nilai tukar kemudian berkembang menjadi krisis perbankan, hingga menjalar kepada krisis sosial dan politik yang berakibat besar pada bangsa indonesia. Tingginya laju inflasi pada waktu itu menyebabkan menurunnya daya beli masyarakat, khusus golongan berpendapatan rendah. perubahan jumlah uang dapat mempengaruhi tingkat bunga, dan fungsi konsumsi, jadi jumlah uang menimbulkan perubahan dalam permintaan seluruhnya (Hanoatubun, 2020).

Pertumbuhan ekonomi merupakan tujuan pembangunan yang ingin dicapai oleh setiap Negara. Adanya pertumbuhan ekonomi merupakan indikasi keberhasilan perkembangan ekonomi suatu Negara. Oleh karena itu setiap negara maju maupun Negara yang sedang berkembang selalu berusaha untuk memacu pertumbuhan ekonomi digunakan untuk menggambarkan terjadinya kemajuan atau perkembangan ekonomi dalam suatu Negara (Ardiansyah, 2017). Pada kehidupan ini Allah telah mengatur semua kenikmatan yang sangat cukup untuk alam semesta. Manusia di semesta ini diwajibkan untuk bisa bertanggung jawab supaya seimbang terutama pada sektor keuangan. Dalam ayat Al-Quran surah Al-Jumu'ah ayat ke-10, Allah berfirman:

فَإِذَا قُضِيَتِ الصَّلَاةُ فَانْتَشِرُوا ۚ فِي الْأَرْضِ وَابْتَغُوا ۚ مِنْ فَضْلِ اللَّهِ وَاذْكُرُوا ۚ اللَّهَ
كَثِيرًا لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ

Artinya: “Apabila telah ditunaikan shalat, maka bertebaranlah kamu di muka bumi; dan carilah karunia Allah dan ingatlah Allah banyak-banyak supaya kamu beruntung.”

Di dalam ayat ini Allah telah menjelaskan setiap manusia mempunyai hak dan kewajiban untuk mencari rezeki Allah di muka bumi dan selalu mengingat Allah dalam segala keadilan terutama pada perekonomian.

Masalah perekonomian terbesar di suatu Negara adalah inflasi, inflasi biasa diukur menggunakan Indeks Harga Konsumen sebagaimana berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), Indeks Harga Konsumen (IHK) didefinisikan sebagai suatu indeks yang digunakan untuk menghitung rata-rata perubahan harga dalam suatu periode, dari suatu kumpulan barang dan jasa yang dikonsumsi oleh penduduk maupun rumah tangga dalam kurun waktu tertentu (Lestari, 2018).

Rantai markov (*markov chain*) merupakan proses acak di mana semua informasi tentang masa depan terkandung di dalam keadaan sekarang (yaitu orang

tidak perlu memeriksa masa lalu untuk menentukan masa depan). Lebih tepatnya, konsep dasar analisis markov adalah state dari state transisi, sifat dari proses ini adalah apabila diketahui proses berada dalam suatu keadaan tertentu, maka peluang berkembangnya proses di masa mendatang hanya tergantung pada keadaan saat ini dan tidak tergantung pada keadaan sebelumnya, atau dengan kata lain rantai markov adalah rangkaian proses kejadian dimana peluang bersyarat kejadian yang akan datang tergantung pada kejadian sekarang (Nurhamiddin, 2019).

Rantai markov terboboti adalah rantai markov yang perubahannya dengan perbaikan, yang memungkinkan untuk mengeksplorasi dampak matriks probabilitas transisi dari setiap langkah dan data mining dari data awal (Yang, 2018). Rantai markov terboboti banyak digunakan dalam dunia finansial, dalam meramalkan sesuatu, rantai Markov terboboti tidak memerlukan data historis yang kontinu dan lama, tetapi hanya memerlukan beberapa data terkini saja. Oleh karena itu, rantai markov terboboti dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah di bidang sosial dan ekonomi salah satunya indeks harga konsumen.

Beberapa penelitian yang menerapkan metode rantai markov terboboti yaitu diantaranya Liu, *et al* (2019) memprediksi curah hujan di Beijing yang memperoleh hasil memuaskan pada tingkat signifikan 0.1, Ali, *et al* (2018) memprediksi kekeringan yang memperoleh hasil menunjukkan cara baru untuk mendapat probabilitas prediksi yang disesuaikan, dan Yang, *et al* (2018) memprediksi interval probabilitas angin, memperoleh hasil yang mampu mengungkapkan pengaruh matriks probabilitas transisi pada setiap langkah pada prediksi.

Dari uraian di atas mengapa di pilihnya aplikasi rantai markov terboboti Karena berbagai faktor rata-rata perubahan indeks harga konsumen selalu berubah dalam suatu periode. Perubahan tersebut sering kali tidak terduga, salah satunya saat pandemi CoViD-19, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk

memprediksi Indek Harga Konsumen Saat Menghadapi Pandemi CoViD-19 Desember-September 2020. Metode Salah satu yang digunakan yaitu dengan menggunakan rantai markov terboboti, maka penulis mengambil judul **“Aplikasi Rantai Markov Terboboti Untuk Memprediksi Indeks Harga Konsumen Saat Menghadapi Pandemi COVID-19.”**

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan tentang apa yang ditulis pada latar belakang, ada masalah Kenaikan atau turunnya harga barang dan jasa secara umum dimana barang dan jasa tersebut merupakan kebutuhan pokok masyarakat. Maka dilakukan penelitian mengaplikasikan rantai markov untuk memprediksi indek harga konsumen saat menghadapi pandemi COVID-19.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Data yang digunakan adalah data Indeks Harga Konsumen Kota Medan saat menghadapi Pandemi COVID -19 pada bulan Desember 2019-bulan September 2020.
- b. Metode yang digunakan rantai markov terboboti.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan tentang apa yang ditulis pada latar belakang, maka dalam penelitian ini akan membahas bagaimana mengaplikasikan rantai markov terboboti untuk memprediksi indeks harga konsumen kota Medan saat menghadapi Pandemi COVID-19?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pengaplikasian rantai markov terboboti untuk memprediksi indeks harga konsumen kota Medan saat menghadapi pandemi COVID-19.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti, sebagai sarana pengaplikasian ilmu yang telah diperoleh dalam kehidupan sehari-hari dan untuk menambah wawasan penulis tentang metode rantai markov terboboti.
2. Bagi Pembaca, dapat dijadikan sebagai referensi untuk melakukan penelitian tentang Prediksi yang melibatkan metode rantai markov terboboti.
3. Bagi Program Studi Matematika agar dapat dijadikan sebagai bahan Studi Kasus bagi pembaca dan acuan bagi Mahasiswa serta dapat memberikan bahan referensi bagi pihak perpustakaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Indeks Harga Konsumen

Indeks Harga Konsumen (IHK) merupakan salah satu indikator ekonomi penting yang dapat memberikan informasi mengenai perkembangan harga barang/jasa yang dibayar oleh konsumen di suatu wilayah. Penghitungan IHK ditujukan untuk mengetahui perubahan harga dari sekelompok tetap barang/jasa yang umumnya dikonsumsi oleh masyarakat setempat (Wanto, 2017).

Indeks harga konsumen terdiri dari beberapa kelompok, adapun data sub kelompok dari setiap sektor indeks harga konsumen dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Kelompok Pengeluaran Indeks Harga Konsumen

No	Sektor	Sub Kelompok
1.	Bahan Makanan	Padi-Padian (Umbi-Umbian), Daging, Ikan Segar, Ikan Diawetkan, Telur Dan Susu, Sayur-Sayuran, Kacang-Kacangan, Buah-Buahan, Bumbu-Bumbuan, Lemak dan Minyak Bahan Makanan Lainnya
2.	Makanan Jadi, Minuman, Rokok dan Tembakau	Makanan Jadi, Minuman Yang Tidak Beralkohol, Tembakau dan Minumam Beralkohol.

3.	Perumahan, Air, Listrik, Gas, dan Bahan Bakar	Biaya Tempat Tinggal, Bahan Bakar (Penerangan), dan Air Perlengkapan Rumah Tangga, Penyelenggaraan Rumahh Tangga
4.	Sandang	Sandang Laki-Laki, Sandang Wanita, Sandang Anak-Anak Barang Pribadi, dan Sandang Lain
5.	Kesehatan	Jasa Kesehatan, Obat-Obatan, Jasa Perawatan Jasmani Dan Kesehatan
6.	Pendidikan, Rekreasi, dan Olahraga	Jasa Pendidikan, Kursus-Kursus/Pelatihan, Perlengkapan Peralatan Pendidikan, Rekreasi dan Olahraga
7.	Transportasi, Komunikasi, dan Jasa Keuangan.	Transport, Komunikasi dan Pengiriman, Sarana Penunjang Transportasi, Jasa Keuangan

Sumber: Badan Pusat Statistik Medan

2.2 Peluang

Himpunan semua hasil yang mungkin dari suatu percobaan ruang sampel dan diberi lambang Ω .

Peluang yaitu suatu nilai untuk mengukur tingkat kemungkinan terjadinya suatu kejadian yang tidak pasti. Misalkan S adalah suatu sampel dari suatu eksperimen acak dan A adalah ruang kejadiannya. Peluang suatu kejadian A atau $P(A)$ dapat didefinisikan secara matematis sebagai berikut:

$$P(A) = \frac{n(A)}{n(S)} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$P(A)$ = peluang kejadian A

$n(A)$ = banyaknya anggota A

$n(S)$ = banyaknya anggota ruang sampel S

Sifat dari kejadian A atau $P(A)$ sebagai berikut :

1. Nilai peluang kejadian A adalah $0 \leq P(A) \leq 1$.
2. Nilai peluang suatu kejadian yang mustahil terjadi atau tidak mungkin terjadi adalah 0.
3. Nilai peluang suatu kejadian yang pasti terjadi adalah 1 (Vionita, 2018).

2.3 Peluang Bersyarat

Peluang terjadinya suatu peristiwa B bila diketahui bahwa peristiwa A telah terjadi disebut peluang bersyarat dan dilambangkan dengan $P(B|A)$.

Defenisi:

Jika A dan B adalah dua buah peristiwa dalam ruang sampel S, maka peluang bersyarat dari B diberikan A didefenisikan dengan:

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}, \text{ dengan } P(A) \neq 0 \quad (2.2)$$

Dalam hal ini, $P(B|A)$ berarti peluang peristiwa B, apabila peristiwa A sudah terjadi (Pramuditya, *et al.* 2014).

2.4 Ruang State

Misalkan $S \subset \mathbb{R}$ merupakan himpunan nilai dari barisan peubah acak, maka S disebut ruang *state* (Grimmet, Stirzaker 2001).

2.5 Rantai Markov

Rantai markov adalah suatu teknik yang digunakan dalam menganalisis perilaku saat ini dari beberapa variabel dengan tujuan untuk memprediksi perilaku

dari variabel yang sama pada masa mendatang. Konsep dasar rantai markov baru diperkenalkan sekitar tahun 1907, oleh seorang matematikawan Rusia Andrei A. Markov (1856-1922). Model ini berhubungan dengan suatu rangkaian proses di mana kejadian akibat suatu eksperimen hanya tergantung pada kejadian saat ini dan tidak tergantung pada kejadian-kejadian sebelumnya. Analisis markov adalah bentuk khusus dari teknik probabilistic yang sering disebut *stochastic process* (Angraini, 2014).

Suatu proses Markov $\{X_t, t \in T\}$ ialah suatu proses stokhastik dengan sifat bahwa, jika diberikan nilai X_t , nilai X_s untuk $s > t$ tidak dipengaruhi oleh nilai X_u untuk $u < t$. Dengan kata lain, peluang sebarang kejadian pada proses di masa depan, ketika keadaan sekarang diketahui, tidak dipengaruhi oleh pengetahuan tambahan yang terjadi di masa lampau.

Suatu rantai Markov waktu diskrit merupakan suatu proses Markov yang ruang statenya adalah himpunan berhingga dengan waktu $T = (0,1,2, \dots)$. Sifat Markov apabila dibentuk rumus, hasilnya ialah

$$P\{X_{n+1} = j | X_0 = i_0, \dots, X_{n-1} = i_{n-1}, X_n = i\} = P\{X_{n+1} = j | X_n = i\}, \quad (2.3)$$

untuk semua waktu n dan semua state $i_0, \dots, i_{n-1}, i, j$.

Persamaan diatas, melabelkan ruang state rantai Markov melalui bilangan bulat nonnegatif $\{0, 1, 2, \dots\}$ dan $X_n = i$ merepresentasikan proses dalam state i pada waktu (tingkat) n .

Peluang ketika X_{n+1} berada di state j jika diberikan bahwa X_n berada di state i disebut peluang transisi satu langkah dan dinotasikan sebagai $P_{ij}^{n,n+1}$, yakni

$$P_{ij}^{n,n+1} = P\{X_{n+1} = j | X_n = i\}. \quad (2.4)$$

Notasi pada persamaan tersebut menyatakan bahwa secara umum, peluang transisi merupakan fungsi yang tidak hanya berisi state awal dan state akhir, tetapi juga waktu transisi. Jika peluang transisi satu-langkah independen untuk variabel

waktu n yaitu $P_{ij}^{n,n+1} = P_{ij}$, maka rantai Markov dikatakan memiliki peluang transisi yang stasioner. Penelitian ini hanya mendiskusikan proses Markov yang memiliki peluang transisi stasioner. Apabila angka-angka P_{ij} disusun dalam sebuah matriks, hasilnya ialah

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{0,0} & p_{0,1} & p_{0,2} & p_{0,3} & \dots \\ p_{1,0} & p_{1,1} & p_{1,2} & p_{1,3} & \dots \\ p_{2,0} & p_{2,1} & p_{2,2} & p_{2,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{i,0} & p_{i,1} & p_{i,2} & p_{i,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

Notasi $\mathbf{P} = \{P_{ij}\}$ dinyatakan sebagai matriks Markov atau matriks peluang transisi. Baris ke- $i + 1$ pertama dari matriks \mathbf{P} merupakan nilai distribusi peluang dari X_{n+1} di bawah kondisi $X_n = i$ (Widyasari, 2012).

2.6 Teori Dasar Rantai Markov terboboti

Proses Markov berbobot adalah teori yang terutama mempelajari keadaan benda dan keadaan transisi, dan menjelaskan proses perubahan dinamis dari deret waktu acak. Perbedaan antara metode rantai markov terboboti dan rantai markov adalah terdapat pada bobot keadaan awal. Bobot keadaan awal diprediksikan rantai markov terboboti tidak hanya 1 atau 0, tapi setiap *state* dianalisis menurut rumus perhitungan yang wajar dan bobot dihitung ulang (Zhou, 2015).

2.7 Proses Stokastik

Proses stokastik $X = \{X_n, n \in \mathbb{N}\}$ adalah suatu himpunan dari peubah acak (*random variables*) yang memetakan suatu ruang contoh (*sample space*) Ω ke suatu ruang state S . Suatu bentuk khusus proses stokastik adalah rantai markov yaitu proses stokastik dengan sifat bahwa perilaku probabilistik dari suatu proses yang akan datang hanya bergantung pada perilaku masa sekarang dan tidak dipengaruhi oleh sejarah perilaku masa lalu. Dalam analisis Markov yang dihasilkan adalah suatu informasi probabilistik yang dapat digunakan untuk membantu pembuatan keputusan. Jadi analisis ini bukan suatu teknik optimasi

melainkan suatu teknik deskriptif. Jika pada waktu t proses stokastik $\{t = 0, 1, \dots\}$ berada pada state i , maka kita tuliskan kejadian ini sebagai $X_t = i$ (Masuku, 2018).

2.8 Rantai Markov Homogen

Rantai Markov $\{X_n, n \in \mathbb{N}\}$ dengan ruang *state* $S = \{1, 2, \dots, M\}$ dikatakan homogen jika

$$P(X_{n+1} = j | X_n = i) = P(X_2 = j | X_1 = i) = P_{ij} \quad (2.5)$$

Untuk $i, j \in \{1, 2, \dots, m\}$ (Grimmet dan Stirzaker 2001)

Nilai P_{ij} menyatakan peluang suatu proses akan bertransisi dari *state* i ke *state* j pada waktu berikutnya. Karena nilai peluang adalah tak negatif dan proses tersebut harus mengalami transisi dari suatu *state* ke *state* yang lain, maka:

- $P_{ij} \geq 0$ untuk semua $i, j \in \{1, 2, \dots, m\}$
- $\sum_{j=1}^m P_{ij} = 1$ untuk semua $i \in \{1, 2, \dots, m\}$.

Peluang transisi dapat dapat dituliskan dalam bentuk matriks \mathbf{P} berukuran $m \times m$ yang disebut matriks peluang transisi

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & \cdots & P_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{m1} & \cdots & P_{mm} \end{bmatrix}$$

(Ross, 1996).

2.9 Peluang Transisi

Jika sebuah rantai markov $\{t, t=0, 1, 2, \dots\}$ dengan ruang state $\{0, 1, \dots, M\}$, maka peluang sistem itu dalam state i pada suatu state j pada pengamatan sebelumnya dilambangkan dengan P (Masuku, 2018).

2.10 Peluang Transisi k -step

Peluang transisi k -step ($P_{ij}^{(k)}$) dari rantai Markov $\{X_n, n \in \mathbb{N}\}$ adalah peluang suatu proses berpindah dari *state* i ke *state* j dengan k langkah yang didefinisikan sebagai berikut:

$$P_{ij}^{(k)} = P(X_n = j | X_{n-k} = i), \quad i, j \in \{1, 2, \dots, m\} \quad (2.6)$$

untuk setiap $n = k + 1, k + 2, \dots$. Tentunya $P_{ij}^{(1)} = P_{ij}$. Persamaan *Chapman-Kolmogorov* memberikan metode untuk menentukan peluang transisi k -step (Ross, 1996).

2.11 Persamaan *Chapman-Kolmogorov*

Persamaan Chapman-Kolmogorov merupakan sebuah metode untuk menghitung peluang transisi dalam k -step. Persamaan *Chapman-Kolmogorov* memberikan metode untuk menentukan transisi k -step (Langi, 2011 di dalam Masuku, 2018).

Teorema: Persamaan *Chapman-Kolmogorov*

Untuk semua $k, l = 1, 2, \dots$,

$$P_{ij}^{(k+l)} = \sum_{t=1}^m P_{it}^{(k)} P_{tj}^{(l)}, \quad i, j \in \{1, 2, \dots, m\}. \quad (2.7)$$

Bukti: Dengan mudah dapat dipahami bahwa $P_{it}^{(k)} P_{tj}^{(l)}$, merepresentasikan

peluang sebuah proses yang dimulai pada *state* i akan beralih ke *state* j setelah $k + l$ transisi, serta melalui lintasan menuju *state* t setelah k buah transisi. Jadi, dengan penjumlahan terhadap semua *state* perantara t akan diketahui bahwa peluang proses tersebut akan berada pada *state* j setelah melalui $l + k$ buah transisi. Secara matematis diperoleh:

$$P_{ij}^{(k+l)} = P(X_{k+l} = j | X_1 = i)$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{t=1}^m P(X_{k+l} = j, X_k = t | X_1 = i) \\
&= P(X_{k+l} = j | X_k = t, X_1 = i) P(X_k = t | X_1 = i) \\
&= \sum_{t=1}^m P_{tj}^{(l)} P_{it}^{(k)} \\
&= \sum_{t=1}^m P_{it}^{(k)} P_{tj}^{(l)}
\end{aligned}$$

Kasus khusus dari Teorema di atas adalah

$$P_{ij}^{(k+1)} = \sum_{t=1}^m P_{it}^{(k)} P_{tj}, \quad i, j \in \{1, 2, \dots, m\}, \quad k \in \mathbb{N}. \quad (2.8)$$

Jadipeluang transisi k -step dapat ditentukan secara rekursif dari peluang transisi satu-step P_{ij} . Jika $P^{(k)}$ menyatakan matriks peluang transisi $P_{ij}^{(k)}$ dari persamaan di atas dapat diperoleh

$$P^{(k+l)} = P^{(k)} \cdot P^{(l)} \quad (2.9)$$

dengan tanda “titik” menyatakan perkalian matrik. Jadi

$$P^2 = P^{(1+1)} = P \cdot P = P^2 \quad (2.10)$$

dan dengan induksi diperoleh bentuk umum

$$P^n = P^{(n-1+1)} = P^{(n-1)} \cdot P = P^n \quad (2.11)$$

Jadi, matriks transisi k -step dapat ditentukan dengan mengalikan matriks P dengan dirinya sendiri sebanyak k kali (Ross 1996).

2.12 Penghitungan Rata-rata dan Simpangan Baku

Misalkan $\{X_n\}$ merepresentasikan Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Medan Saat Menghadapi Pandemi Covid-19 selama n bulan. Rata-rata dari $\{X_n\}$ dapat diperoleh dengan formula berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^n X_t}{n} \quad (2.12)$$

sedangkan simpangan bakunya dapat diperoleh dengan formula

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.13)$$

Penghitungan rata-rata dan simpangan baku ini nantinya akan digunakan sebagai dasar untuk mengelompokkan IHK ke dalam beberapa keadaan (*state*) (Abdullah, 2016).

2.13 Pengelompokkan Harga Indeks Harga Konsumen (IHK)

Pengelompokan IHK Kota Medan Saat Menghadapi Pandemi COVID-19 dilakukan untuk menentukan deskripsi *state* yang sesuai. Pengelompokan dapat dilakukan berdasarkan rata-rata dan simpangan baku dari $\{X_n\}$. Dalam karya ilmiah ini, IHK akan dikelompokkan ke dalam m kategori. Kategori tersebut diwakili oleh sebuah ruang *state* $S = \{1, 2, \dots, m\}$. Penjelasan mengenai pengelompokan IHK akan diuraikan lebih detail pada bab berikutnya (Abdullah 2016).

2.14 Uji Sifat Markov

Rantai Markov hanya bisa diaplikasikan pada suatu proses jika proses tersebut memiliki sifat Markov. Dalam kasus ini, uji statistika *Chi-square* akan digunakan untuk memeriksa apakah proses tersebut memiliki sifat Markov atau tidak.

$$\chi^2 = 2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} \left| \ln \frac{\hat{p}_{ij}}{\hat{p}_i} \right|. \quad (2.14)$$

dengan f_{ij} merupakan frekuensi suatu proses $\{X_n\}$ bertransisi satu langkah dari *state* i ke *state* j selama n minggu sehingga f_{ij} dapat ditulis sebagai sebuah matriks frekuensi transisi

$$\begin{bmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \cdots & f_{mm} \end{bmatrix}. \quad (2.15)$$

Setelah nilai x^2 diperoleh, nilai tersebut kemudian akan dibandingkan dengan nilai x^2 dengan derajat bebas $(m - 1)^2$ dan taraf nyata α , atau dapat ditulis sebagai $x^2\alpha((m - 1)^2)$. Jika nilai $x^2 > x^2\alpha((m - 1)^2)$ proses tersebut dapat dianggap memiliki sifat Markov (Zhou, 2015).

2.15 Penghitungan Bobot Rantai Markov

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, bahwa pada rantai Markov terboboti peluang sebuah proses akan berada pada suatu *state* pada waktu yang akan datang dipengaruhi oleh *state-state* pada satu waktu sebelumnya sampai pada K waktu sebelumnya. Oleh karena itu, untuk memprediksi Indeks Harga Konsumen pada waktu $n + 1$ akan melibatkan *state-state* pada waktu $n, n - 1, \dots, n - K + 1$. Selanjutnya akan dilakukan pembobotan pada masing-masing $K \in \{1, 2, \dots, K\}$. Pembobotan tersebut berguna untuk mendeskripsikan porsi masing-masing k dalam melakukan prediksi IHK kota Medan saat menghadapi Pandemi CoViD -19. Adapaun bobot untuk masing-masing k dapat diperoleh dengan formula

$$w_k = \frac{|r_k|}{\sum_{k=1}^K |r_k|} \quad (2.16)$$

dengan r_k merupakan koefisien autokorelasi pada setiap $K \in \{1, 2, \dots, K\}$ yang dapat diperoleh melalui formula berikut:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2} \quad (2.17)$$

Pada rumus di atas X_t merupakan IHK Kota Medan Saat Menghadapi Pandemi CoViD-19 pada minggu ke- t , \bar{X} rata-rata dari IHK Kota Medan saat menghadapi Pandemi CoViD-19, dan n merupakan banyaknya data IHK Kota Medan Saat Menghadapi Pandemi CoViD-19 (Zhou, 2015).

2.16 Prediksi Range Indeks Harga Konsumen

Setelah bobot rantai Markov diperoleh, prediksi indeks harga konsumen pada waktu yang akan datang dapat dilakukan menggunakan formula

$$\hat{P}_{ij} = \sum_{k=1}^K w_k \hat{P}_{ij}^{(k)}$$

untuk setiap $j \in \{1, 2, \dots, m\}$. \hat{P}_{ij} merupakan peluang Indeks Harga Konsumen berada pada *state* j pada waktu yang akan datang. Prediksi yang dihasilkan berupa sebuah *state*, yaitu *state* j pada $\max\{\hat{P}_{ij}, j = 1, 2, \dots, m\}$.

Adapun nilai K yang dipilih ditentukan dengan melakukan prediksi harga saham pada beberapa waktu yang akan datang untuk masing-masing $K = \{1, 2, \dots\}$. Hasil prediksi pada masing-masing kasus kemudian dibandingkan dengan data aktual pada waktu yang sama untuk melihat manakah nilai K dengan hasil prediksi terbaik (Zhou, 2015).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di Badan Pusat Statistik Kota Medan dan penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2019 sampai bulan September 2020.

3.2 Data dan Sumber Data

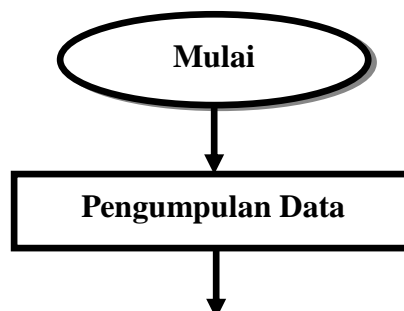
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder (data yang sudah ada) dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Indeks Harga Konsumen Kota Medan. Data diperoleh dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) di Provinsi Sumatera Utara mulai bulan Desember 2019 sampai bulan September 2020.

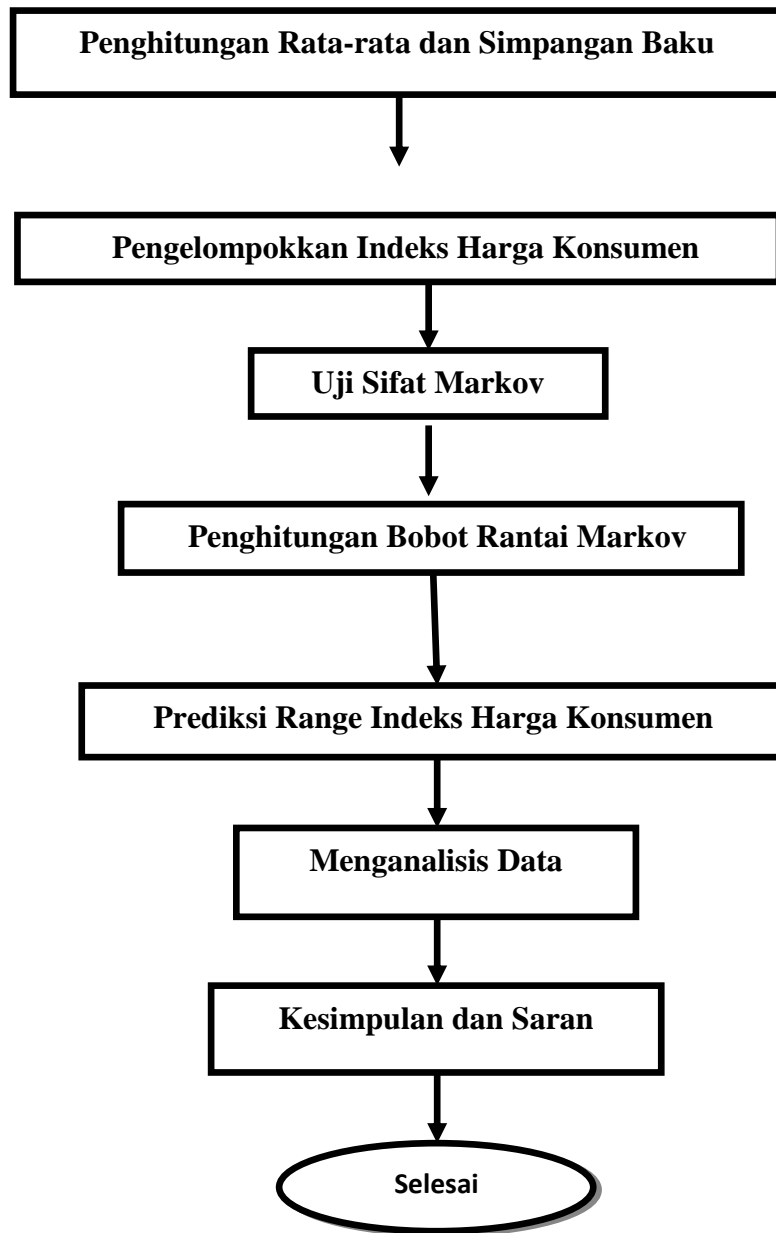
3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang diteliti adalah Indeks Harga Konsumen (IHK) mulai bulan Desember 2019 sampai bulan September 2020 di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Medan dengan data historis sebanyak 10 Bulan dan akan dikelompokkan ke dalam suatu *state*.

3.4 Cara Kerja Penelitian

Cara kerja penelitian prediksi Indeks Harga Konsumen di Kota Medan ditunjukkan seperti gambar di bawah ini:





Gambar 3.4.1 Diagram Rancangan Penelitian

BAB IV

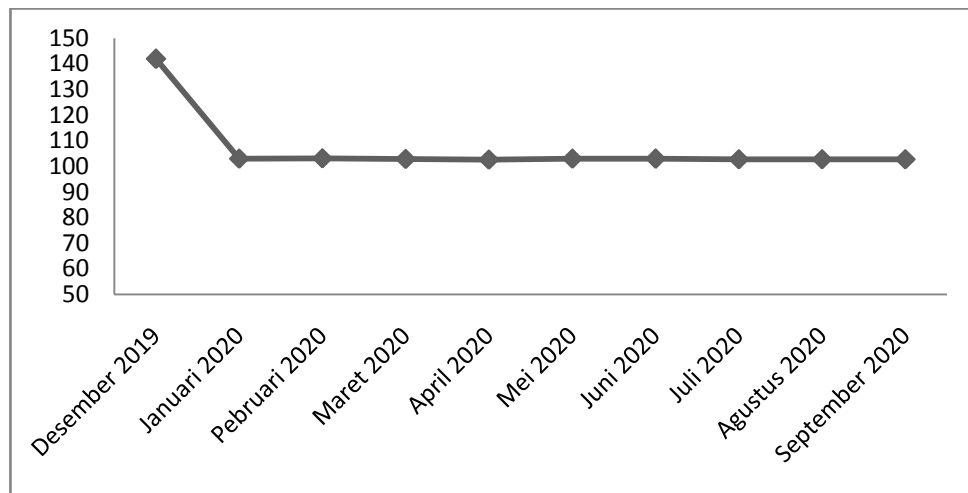
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskriptif Data

Data indeks harga konsumen bulan Desember 2019 sampai bulan September 2020 adalah data yang digunakan diambil dari <https://sumut.bps.go.id/>. Terdapat sepuluh data yang digunakan dengan metode aplikasi rantai markov terboboti. Gambaran umum tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 di Lampiran 1. Data tersebut digunakan untuk membentuk model, sedangkan data Indeks Harga Konsumen pada dua bulan selanjutnya, yaitu pada bulan Oktober 2020 hingga Bulan November 2020 akan digunakan dalam proses prediksi.

Data akan disajikan dalam bentuk grafik terlihat lebih jelas dari bulan Desember 2019 sampai bulan September 2020 pada gambar berikut.

Gambar 4.1 Grafik Indeks Harga Konsumen kota Medan



Pada gambar 4.1 terlihat grafik dari data Indeks Harga Konsumen dari bulan Desember 2019 sampai bulan September 2020 yang terjadi inflasi (naik) dan deflasi (turun) indeks harga konsumen.

Desember 2019, di kota Medan mengalami Deflasi dengan Indeks Harga Konsumen (IHK) sebesar 141,89. Deflasi terjadi karena adanya penurunan harga yang ditunjukkan oleh turunnya indeks empat kelompok pengeluaran, yaitu kelompok bahan makanan sebesar 1,57 persen, kelompok sandang sebesar 0,45 persen, kelompok kesehatan sebesar 0,12 persen, dan kelompok pendidikan, rekreasi, dan olah raga sebesar 0,01 persen.

Januari 2020, di Kota Medan mengalami Inflasi dengan IHK sebesar 102,95. Inflasi terjadi karena adanya kenaikan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok makanan, minuman, dan tembakau sebesar 1,99 persen; kelompok perumahan, air, listrik, dan bahan bakar rumah tangga sebesar 0,28 persen; kelompok perlengkapan, peralatan, dan pemeliharaan rutin rumah tangga sebesar 0,17 persen; kelompok rekreasi, olahraga, dan budaya sebesar 0,36 persen; kelompok penyediaan makanan dan minuman/restoran sebesar 0,03 persen; dan kelompok perawatan pribadi dan jasa lainnya sebesar 0,17 persen.

Februari 2020, di kota Medan mengalami Inflasi dengan IHK sebesar 103,09. Inflasi terjadi karena adanya kenaikan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok makanan, minuman, dan tembakau sebesar 0,42 persen; kelompok pakaian dan alas kaki sebesar 0,43 persen; kelompok kesehatan sebesar 0,37 persen; dan kelompok perawatan pribadi dan jasa lainnya sebesar 0,98 persen.

Maret 2020, di Kota Medan mengalami Deflasi dengan IHK sebesar 102,89. Deflasi terjadi karena adanya penurunan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok makanan, minuman, dan tembakau sebesar 0,63 persen; kelompok pakaian dan alas kaki sebesar 0,01 persen; dan kelompok transportasi sebesar 0,52 persen.

April 2020, di Kota Medan mengalami Deflasi sebesar 0,19 persen dengan IHK sebesar 102,60. Deflasi terjadi karena adanya penurunan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok makanan, minuman, dan tembakau sebesar 0,80 persen; kelompok transportasi sebesar 0,19 persen; dan kelompok informasi, komunikasi, dan jasa keuangan sebesar 1,82 persen.

Mei 2020, di Kota Medan mengalami Inflasi dengan IHK sebesar 103,03. Inflasi terjadi karena adanya peningkatan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok makanan, minuman, dan tembakau sebesar 0,77 persen; kelompok perlengkapan, peralatan, dan pemeliharaan rutin rumah tangga sebesar 0,12 persen; kelompok kesehatan sebesar 0,39 persen; kelompok transportasi sebesar 1,58 persen; dan kelompok perawatan pribadi dan jasa lainnya sebesar 0,15 persen.

Juni 2020, di Kota Medan mengalami Deflasi dengan IHK sebesar 102,94. Deflasi terjadi karena adanya penurunan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok makanan, minuman, dan tembakau sebesar 0,14 persen; kelompok transportasi sebesar 0,19 persen; dan kelompok perawatan pribadi dan jasa lainnya sebesar 0,37 persen.

Juli 2020, di Kota Medan mengalami Deflasi dengan IHK sebesar 102,72. Deflasi terjadi karena adanya penurunan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok makanan, minuman, dan tembakau sebesar 0,93 persen; kelompok transportasi sebesar 1,60 persen; dan kelompok informasi, komunikasi, dan jasa keuangan sebesar 0,04 persen.

Agustus 2020, di Kota Medan mengalami inflasi dengan IHK sebesar 102,76. Inflasi terjadi karena adanya peningkatan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok pakaian dan alas kaki sebesar 0,27 persen; kelompok rekreasi, olahraga, dan budaya sebesar 0,05 persen; kelompok pendidikan sebesar 0,08 persen; kelompok penyediaan makanan dan minuman/restoran sebesar 0,16 persen; dan kelompok perawatan pribadi dan jasa lainnya sebesar 2,18 persen.

September 2020, di Kota Medan mengalami Deflasi dengan IHK sebesar 102,71 persen. Deflasi terjadi karena adanya penurunan harga yang ditunjukkan, yaitu kelompok makanan, minuman, dan tembakau sebesar 0,03 persen; kelompok pakaian dan alas kaki sebesar 0,09 persen; kelompok transportasi sebesar 0,30 persen; dan kelompok perawatan pribadi dan jasa lainnya sebesar 0,55 persen.

Pada penelitian ini, prediksi Indeks Harga Konsumen akan didasarkan pada data sebanyak sepuluh bulan, yaitu dari bulan Desember 2019 hingga bulan September 2020, kemudian dikelompokkan ke dalam kelompok *state*, yaitu tiga *state*.

Tabel 4.1 Kasus yang akan dianalisis

Kasus	Banyaknya Data (n)	Kurun Waktu	Banyaknya state (m)
	10	Desember 2019 – September 2020	3

4.2 Penghitungan Rata-Rata dan Simpangan Baku

1. Rata-rata Indeks Harga Konsumen

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{141.89 + 102.95 + 103.09 + 102.89 + 102.60 + 103.03 + 102.71}{10} \\ &\quad + \frac{102.94 + 102.72 + 102.76 + 102.71}{10} \\ &= \frac{1067.58}{10} \\ &= 106.758\end{aligned}$$

Maka Rata-Rata dari Indeks Harga Konsumen adalah 106.758

2. Simpangan Baku Indeks Harga Konsumen

$$S = \sqrt{\frac{(141.89 - 106.76)^2 + (102.95 - 106.76)^2 + (103.09 - 106.76)^2 + \dots}{10 - 1}}$$

$$\begin{aligned}
& \sqrt{\frac{(102.89 - 106.76)^2 + (102.60 - 106.76)^2 + (103.03 - 106.76)^2}{10 - 1}} \\
& \sqrt{\frac{+(102.94 - 106.76)^2 + (102.72 - 106.76)^2 + (102.76 - 106.76)^2}{10 - 1}} \\
& \sqrt{\frac{+(102.71 - 106.76)^2}{10 - 1}} \\
& = \sqrt{\frac{1234.26 + 14.50 + 13.45 + 14.96 + 17.29 + 13.90 + 14.58 + 16.31}{9}} \\
& \sqrt{\frac{+15.98 + 16.39}{9}} \\
& = \sqrt{\frac{1371.61}{9}} \\
& = \sqrt{152.40} \\
& = 12.35
\end{aligned}$$

Maka Simpangan Baku dari Indeks Harga Konsumen adalah 12.35.

4.3 Pengelompokan Indeks Harga Konsumen

Perubahan indeks harga konsumen setiap bulan kemudian dikelompokkan berdasarkan nilai rata-rata dan simpangan baku sudah diperoleh pada langkah sebelumnya, pada masalah indeks harga konsumen ini peneliti bisa meneliti 10 data yang hanya bisa dikelompokkan menjadi 3 *state* (tercantum pada lampiran 2) yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.2 Pengelompokan indeks harga konsumen

<i>State</i>	Dasar Pengelompokan	Batas <i>State</i>
1	$X < \bar{X} - 0.3S$	$X < 103.05$
2	$\bar{X} - 0.3S \leq X < \bar{X}$	$103.05 \leq X < 106.76$
3	$X \geq \bar{X} + 0.3S$	$X \geq 110.46$

Pada *state* ke-1 dengan batas *state* nilai X lebih kecil dari 103.05, *state* ke-2 dengan batas *state* X lebih besar sama dengan 103.05 dan X lebih kecil dari 106.76, dan *state* ke-3 X lebih besar sama dengan 110.46, dengan adanya batas *state* maka *transisi state* dapat dibuat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Indeks Harga konsumen Periode Bulan Desember 2019 sampai bulan September 2020, *state* dan *Transisi state*.

Bulan ke-	Periode	Indeks Harga Konsumen	Kasus	
			<i>State</i>	<i>Transisi state</i>
1	Desember 2019	141,89	3	
2	Januari 2020	102,95	1	3_1
3	Pebruari 2020	103,09	2	1_2
4	Maret 2020	102,89	1	2_1
5	April 2020	102,60	1	1_1
6	Mei 2020	103,03	1	1_1
7	Juni 2020	102,94	1	1_1
8	Juli 2020	102,72	1	1_1
9	Agustus 2020	102,76	1	1_1
10	September 2020	102,71	1	1_1

Maka dari hasil , *state* dan Transisi *state* terbentuklah frekuensi matriksnya sebagai berikut.

$$f_{ij} = \begin{bmatrix} 6 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Transisi *state* baris pertama kolom pertama berjumlah 6, Transisi *state* baris pertama kolom kedua berjumlah 1, Transisi *state* baris pertama kolom ketiga berjumlah 0, Transisi *state* baris kedua kolom pertama berjumlah 1, Transisi *state* baris kedua kolom kedua berjumlah 0, Transisi *state* baris kedua kolom ketiga berjumlah 0, Transisi *state* baris ketiga kolom pertama berjumlah 1, Transisi *state* baris ketiga kolom kedua berjumlah 0, Transisi *state* baris ketiga kolom ketiga berjumlah 0.

4.4 Uji Sifat Markov

Pengaplikasikan rantai Markov pada suatu data, data tersebut harus memenuhi sifat markov. Pemeriksaan dilakukan dengan pengujian *chi-square*, dengan nilai $\alpha = 5\%$. Sebelum menghitung χ^2 maka terlebih dahulu menghitung nilai matriks frekuensi transisi, peluang transisi, dan peluang marginal *state i*.

4.4.1 Matriks frekuensi transisi diperoleh dengan menghitung banyaknya suatu proses berpindah dari *state i* ke *state j*.

$$f_{ij} = \begin{bmatrix} 6 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4.4.2 Matriks peluang transisi antar *state*

Baris pertama dari frekuensi transisi di jumlahkan adalah 7, Baris pertama dari frekuensi transisi di jumlahkan adalah 1, Baris pertama dari frekuensi transisi di jumlahkan adalah 1.

Baris pertama kolom pertama di bagi hasil jumlah baris pertama adalah $6/7 = 0.871$, baris pertama kolom kedua di bagi hasil jumlah baris pertama adalah $1/7 = 0.1429$, baris pertama kolom ketiga di bagi hasil jumlah baris pertama adalah $0/1 = 0$, baris kedua kolom pertama di bagi hasil jumlah baris kedua adalah $1/1 = 1$, baris kedua kolom kedua di bagi hasil jumlah baris kedua adalah $0/1 = 0$, baris kedua kolom ketiga di bagi hasil jumlah baris kedua adalah $0/1 = 0$, baris ketiga kolom pertama di bagi hasil jumlah baris ketiga adalah $1/1 = 1$, baris ketiga kolom kedua di bagi hasil jumlah baris ketiga adalah $0/1 = 0$, baris ketiga kolom ketiga di bagi hasil jumlah baris ketiga adalah $0/1 = 0$, terbentuklah matrik peluang transisi antar *state* sebagai berikut.

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} 0.8571 & 0.1429 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4.4.3 Peluang marjinal *state i*.

Baris pertama dari frekuensi transisi di jumlahkan adalah 7, Baris pertama dari frekuensi transisi di jumlahkan adalah 1, Baris pertama dari frekuensi transisi di jumlahkan adalah 1.

Penjumlahan baris pertama dari frekuensi transisi di bagi hasil jumlah baris pertama sampai baris ketiga adalah $7/9 = 0.7778$, penjumlahan baris kedua dari frekuensi transisi di bagi hasil jumlah baris pertama sampai baris ketiga adalah $1/9 = 0.1111$, penjumlahan baris kedua dari frekuensi transisi di bagi hasil jumlah baris pertama sampai baris ketiga adalah $1/9 = 0.1111$, terbentuklah matrik peluang transisi antar *state* sebagai berikut.

$$P_i = \begin{bmatrix} 0.7778 \\ 0.1111 \\ 0.1111 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapat nilai frekuensi transisi, matriks peluang transisi antar *state* dan nilai marginal *state* maka dapat dihitung nilai dari x^2 .

$$\begin{aligned}
 x^2 &= 2(6) \left| \ln \frac{0,8571}{0,7778} \right| + 2(1) \left| \ln \frac{0,1429}{0,7778} \right| + 2(0) \ln \left| \frac{0}{0,7778} \right| \\
 &+ 2(1) \ln \left| \frac{1}{0,1111} \right| + 2(0) \left| \frac{0}{0,1111} \right| + 2(0) \ln \left| \frac{0}{0,1111} \right| \\
 &+ 2(1) \ln \left| \frac{1}{0,1111} \right| + 2(0) \left| \frac{0}{0,1111} \right| + 2(0) \ln \left| \frac{0}{0,1111} \right| \\
 &= 1.17 + 3.44 + 0 + 4.40 + 0 + 0 + 4.40 + 0 + 0 \\
 &= 13.39
 \end{aligned}$$

Maka nilai $x^2 = 13.39$. Berikut tabel pengujian nilai *chi-square* pada kasus.

Tabel 4.4 Uji ststistika *Chi-square* pada kasus

Kasus	x^2	$x_{0.05}^2((m-1)^2)$	Perbandingan Nilai <i>Chi-square</i>
	13.39	9.488	$x^2 > x_{0.05}^2((m-1)^2)$

Oleh Karena nilai $x^2 > x_{0.05}^2((m-1)^2)$ pada kasus, dengan kemungkinan kesalahan sebesar 5%, maka indeks harga konsumen dapat dikatakan memiliki Sifat Markov. Oleh karena itu, pada kasus metode Rantai Markov Terboboti dapat digunakan untuk memprediksi Indeks Harga Konsumen yang akan datang.

4.5 Penghitungan Bobot Rantai Markov

Ada K langkah yang dilibatkan dalam prediksi Indeks Harga Konsumen pada waktu yang akan datang. Pada subbab ini akan dihitung bobot kasus k untuk setiap $K = 1,2,3$. Nilai K yang nantinya digunakan untuk prediksi akan ditentukan pada subbab berikutnya. Sebelum menghitung nilai Bobot Rantai Markov, nilai Koefisien Autokorelasi terlebih dahulu yang dicari pada kasus k sebagai berikut.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}$$

$$r_1 = \frac{(141.89 - 106.76)(102.95 - 106.76) + (102.95 - 106.76)(103.09 - 106.76)}{(141.89 - 106.76)^2 + (102.95 - 106.76)^2 +}$$

$$\frac{+(103.09 - 106.76)(102.89 - 106.76) + (102.89 - 106.76)(102.60 - 106.76)}{(103.09 - 106.76)^2 + (102.89 - 106.76)^2 +}$$

$$\frac{+(102.60 - 106.76)(103.03 - 106.76) + (103.03 - 106.76)(102.94 - 106.76)}{(102.60 - 106.76)^2 + (103.03 - 106.76)^2 +}$$

$$\frac{+(102.94 - 106.76)(102.72 - 106.76) + (102.72 - 106.76)(102.76 - 106.76)}{(102.94 - 106.76)^2 + (102.72 - 106.76)^2}$$

$$\frac{+(102.76 - 106.76)(102.71 - 106.76)}{(102.76 - 106.76)^2 + (102.71 - 106.76)^2}$$

$$= \frac{-133.783 + 13.9677 + 14.1878 + 16.0831 + 15.5010 + 14.2335 + 15.4171 +}{1234.257 + 14.5009 + 13.4542 + 14.9614 + 17.2890 + 13.8980 +}$$

$$\frac{16.1439 + 16.1839}{14.5771 + 16.3054 + 15.984}$$

$$= \frac{-12.0645}{1371.614}$$

$$= -0.0975$$

Maka nilai koefisien autokorelasinya adalah -0.0975

$$r_2 = \frac{(141.89 - 106.76)(103.09 - 106.76) + (102.95 - 106.76)(102.89 - 106.76)}{(141.89 - 106.76)^2 + (102.95 - 106.76)^2 +}$$

$$\frac{+(103.09 - 106.76)(102.60 - 106.76) + (102.89 - 106.76)(103.03 - 106.76)}{(103.09 - 106.76)^2 + (102.89 - 106.76)^2 +}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{+(102.60 - 106.76)(102.94 - 106.76) + (103.03 - 106.76)(102.72 - 106.76)}{(102.60 - 106.76)^2 + (103.03 - 106.76)^2 + (102.94 - 106.76)^2} \\
& \frac{+(102.94 - 106.76)(102.76 - 106.76) + (102.72 - 106.76)(102.71 - 106.76)}{+(102.72 - 106.76)^2 + (102.76 - 106.76)^2 + (102.71 - 106.76)^2} \\
= & \frac{-128.864 + 14.7293 + 15.2515 + 14.4199 + 15.8752 + 15.0537 + 15.2644 +}{1234.257 + 14.5009 + 13.4542 + 14.9614 + 17.2890 + 13.8980 +} \\
& \frac{16.3458}{14.5771 + 16.3054 + 15.984} \\
= & \frac{-21.9243}{1371.614} \\
= & -0.016
\end{aligned}$$

Maka nilai Koefisien Autokorelasinya adalah -0.016

$$\begin{aligned}
r_3 = & \frac{(141.89 - 106.76)(102.89 - 106.76) + (102.95 - 106.76)(102.60 - 106.76)}{(141.89 - 106.76)^2 + (102.95 - 106.76)^2 +} \\
& \frac{+(103.09 - 106.76)(103.03 - 106.76) + (102.89 - 106.76)(102.94 - 106.76)}{(103.09 - 106.76)^2 + (102.89 - 106.76)^2 +} \\
& \frac{+(102.60 - 106.76)(102.72 - 106.76) + (103.03 - 106.76)(102.76 - 106.76)}{(102.60 - 106.76)^2 + (103.03 - 106.76)^2 + (102.94 - 106.76)^2} \\
& \frac{+(102.94 - 106.76)(102.71 - 106.76)}{+(102.72 - 106.76)^2 + (102.76 - 106.76)^2 + (102.71 - 106.76)^2} \\
= & \frac{-135.891 + 15.8337 + 13.6743 + 14.7680 + 16.79 + 14.9045 +}{1234.257 + 14.5009 + 13.4542 + 14.9614 + 17.2890 + 13.8980 +} \\
& \frac{15.4553}{14.5771 + 16.3054 + 15.984}
\end{aligned}$$

$$= \frac{-44.4648}{1371.614}$$

$$= -0.0991$$

Maka nilai Koefisien Autokorelasinya adalah -0.0991 .

$$r_4 = \frac{(141.89 - 106.76)(102.60 - 106.76) + (102.95 - 106.76)(102.03 - 106.76)}{(141.89 - 106.76)^2 + (102.95 - 106.76)^2 + (103.09 - 106.76)^2 + (102.89 - 106.76)^2}$$

$$+ \frac{(103.09 - 106.76)(102.94 - 106.76) + (102.89 - 106.76)(102.72 - 106.76)}{(102.60 - 106.76)^2 + (103.03 - 106.76)^2 + (102.94 - 106.76)^2}$$

$$+ \frac{(102.60 - 106.76)(102.76 - 106.76) + (103.03 - 106.76)(102.71 - 106.76)}{(102.72 - 106.76)^2 + (102.76 - 106.76)^2 + (102.71 - 106.76)^2}$$

$$+ \frac{(102.94 - 106.76)(102.71 - 106.76)}{(102.72 - 106.76)^2 + (102.76 - 106.76)^2 + (102.71 - 106.76)^2}$$

$$= \frac{-146.079 + 14.1962 + 14.0044 + 15.6190 + 16.6237 +}{1234.257 + 14.5009 + 13.4542 + 14.9614 + 17.2890 + 13.8980 +}$$

$$\frac{15.0909}{14.5771 + 16.3054 + 15.984}$$

$$= \frac{-70.5446}{1371.614}$$

$$= -0.0514$$

Maka nilai Koefisien Autokorelasinya adalah -0.0514 .

$$r_5 = \frac{(141.89 - 106.76)(103.03 - 106.76) +}{(141.89 - 106.76)^2 + (102.95 - 106.76)^2 + (103.09 - 106.76)^2 + (102.89 - 106.76)^2}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{(102.95 - 106.76)(102.94 - 106.76)}{+(102.60 - 106.76)^2 + (103.03 - 106.76)^2 + (102.94 - 106.76)^2} \\
& \frac{+(102.09 - 106.76)(102.76 - 106.76)}{+(102.72 - 106.76)^2 + (102.76 - 106.76)^2 + (102.71 - 106.76)^2} \\
& \frac{+(102.89 - 106.76)(102.71 - 106.76)}{+(102.72 - 106.76)^2 + (102.76 - 106.76)^2 + (102.71 - 106.76)^2} \\
& = \frac{-130.972 + 14.5389 + 14.8114 + 15.4643 +}{1234.257 + 14.5009 + 13.4542 + 14.9614 + 17.2890 + 13.8980 +} \\
& \frac{16.8316}{14.5771 + 16.3054 + 15.984} \\
& = \frac{-69.3259}{1371.614} \\
& = -0.0505
\end{aligned}$$

Maka nilai Koefisien Autokorelasinya adalah -0.0505 . Berikut adalah tabel Koefisien Autokorelasi dari Indeks Harga Konsumen dengan $k = 1,2,3,4,5$

Tabel 4.5 Nilai koefisien autokorelasi pada kasus k

k	1	2	3	4	5
r_k	-0.0975	-0.061	-0.0991	-0.0514	-0.0505

Setelah nilai Koefisien Korelasi didapat maka Bobot Rantai Markov dapat dicari, sebagai berikut.

$$w_k = \frac{|r_k|}{\sum_{k=1}^K |r_k|}$$

Untuk mencari Bobot Rantai Markov yang pertama (pada tabel 4.6 baris pertama kolom pertama) Koefisien Autokorelasi pertama dibagi Koefisien Autokorelasi pertama sebagai berikut.

$$w_1 = \frac{|r_1| |-0.0975|}{|r_1| |-0.0975|} = \frac{0.0975}{0.0975} = 1$$

Untuk mencari Bobot Rantai Markov yang kedua (pada tabel 4.6 baris pertama kolom kedua) Koefisien Autokorelasi pertama dibagi Koefisien Autokorelasi pertama dan Koefisien Autokorelasi kedua di jumlahkan sebagai berikut.

$$w_2 = \frac{|r_1|}{|r_1 + r_2|} \frac{|-0.0975|}{|-0.0975| + |-0.061|} = \frac{0.0975}{0.0975 + 0.061} = 0.9840$$

Untuk mencari Bobot Rantai Markov yang kedua (pada tabel 4.6 baris kedua kolom kedua) Koefisien Autokorelasi kedua dibagi Koefisien Autokorelasi kedua dan Koefisien Autokorelasi ketiga di jumlahkan sebagai berikut.

$$w_2 = \frac{|r_2|}{|r_2 + r_3|} \frac{|-0.061|}{|-0.061| + |-0.0991|} = \frac{0.061}{0.061 + 0.0991} = 0.9009$$

Untuk mencari Bobot Rantai Markov yang ketiga (pada tabel 4.6 baris pertama kolom ketiga) Koefisien Autokorelasi pertama dibagi Koefisien Autokorelasi pertama, Koefisien Autokorelasi kedua dan Koefisien Autokorelasi ketiga di jumlahkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} w_3 &= \frac{|r_1|}{|r_1 + r_2 + r_3|} \frac{|-0.0975|}{|-0.0975| + |-0.061| + |-0.0991|} = \frac{0.0975}{0.0975 + 0.061 + 0.0991} \\ &= 0.8849 \end{aligned}$$

Untuk mencari Bobot Rantai Markov yang ketiga (pada tabel 4.6 baris kedua kolom ketiga) Koefisien Autokorelasi kedua dibagi Koefisien Autokorelasi kedua, Koefisien Autokorelasi ketiga dan Koefisien Autokorelasi keempat di jumlahkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} w_3 &= \frac{|r_2|}{|r_2 + r_3 + r_4|} \frac{|-0.061|}{|-0.061| + |-0.0991| + |-0.0514|} = \frac{0.061}{0.061 + 0.0991 + 0.0514} \\ &= 0.8495 \end{aligned}$$

Untuk mencari Bobot Rantai Markov yang ketiga (pada tabel 4.6 baris ketiga kolom ketiga) Koefisien Autokorelasi ketiga dibagi Koefisien Autokorelasi ketiga, Koefisien Autokorelasi keempat dan Koefisien Autokorelasi kelima di jumlahkan sebagai berikut.

$$w_3 = \left| \frac{r_3}{r_3 + r_4 + r_5} \right| \frac{|-0.0991|}{|-0.0991| + |-0.0514| + |-0.0505|} = \frac{0.0991}{0.0991 + 0.0514 + 0.0505} = 0.8980$$

Maka nilai Bobot Rantai Markov dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Bobot Rantai Markov pada kasus k untuk setiap $K = 1,2,3$

k	w_k		
	$K = 1$	$K = 2$	$K = 3$
1	1	0.9840	0.8849
2		0.9009	0.8495
3			0.8980

4.6 Prediksi Range Indeks Harga Konsumen

Sebelum melakukan prediksi Indeks Harga Konsumen, terlebih dahulu akan dilibatkan prediksi awal sampai lima waktu yang akan datang. Tujuan adalah untuk mengetahui nilai K yang memiliki hasil prediksi paling baik untuk kasus.

4.6.1 $K = 1$

Dengan menggunakan $K = 1$, metode Rantai Markov Terboboti dapat dianggap sebagai Rantai Markov karena peluang indeks harga konsumen akan berada pada suatu *state* pada waktu yang akan datang hanya melibatkan *state* pada waktu sekarang. Oleh sebab itu prediksi indeks harga konsumen pada waktu yang akan datang dapat dilakukan dengan melibatkan matriks peluang transisi \hat{P}_{ij} . Dari matriks tersebut dapat diketahui bahwa

karena pada bulan selanjutnya ke-10 indeks harga konsumen akan berada pada *state* 1, maka kemungkinan besar indeks harga konsumen pada bulan ke-11 akan berada pada *state* 1 dengan peluang sebesar 99,9%, sedangkan pada bulan ke-12 sampai 13 indeks harga konsumen berpeluang tetap berada pada *state* 1 dengan peluang sama, yaitu 99,9%.

4.6.2 $K = 2$

Dengan menggunakan $K = 2$, penghitungan prediksi indeks harga konsumen pada bulan ke-11 akan melibatkan *state* pada bulan ke-10.

$$K = 2$$

Untuk menghitung Range prediksi pada baris pertama kolom pertama adalah Bobot Markov pertama di kali Matriks peluang transisi *step* pertama (lampiran 4) baris pertama kolom pertama sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{11} &= w_1 \hat{P}_{11} \\ &= [0.8434] | 0.8571| \\ &= 0.7229\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom kedua adalah Bobot markov pertama di kali Matriks peluang transisi *step* pertama (lampiran 4) baris pertama kolom kedua sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{12} &= w_1 \hat{P}_{12} \\ &= [0.8434] | 0.1429| \\ &= 0.1205\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom ketiga adalah Bobot markov pertama di kali Matriks peluang transisi *step* pertama (lampiran 4) baris pertama kolom ketiga sebagai berikut.

$$\hat{P}_{13} = w_1 \hat{P}_{13}$$

$$= [0.8434] | 0 |$$

$$= 0$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom pertama adalah Bobot markov kedua di kali Matriks peluang transisi *step* kedua (lampiran 4) baris pertama kolom pertama sebagai berikut.

$$\hat{P}_{11} = w_2 \hat{P}_{11}^2$$

$$= [0.7906] | 0.8875 |$$

$$= 0.6938$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom kedua adalah Bobot markov kedua di kali Matriks peluang transisi *step* kedua (lampiran 4) baris pertama kolom kedua sebagai berikut.

$$\hat{P}_{12} = w_2 \hat{P}_{12}^2$$

$$= [0.7906] | 0.1225 |$$

$$= 0.0968$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom ketiga adalah Bobot markov kedua di kali Matriks peluang transisi *step* kedua (lampiran 4) baris pertama kolom ketiga sebagai berikut.

$$\hat{P}_{13} = w_2 \hat{P}_{13}^2$$

$$= [0.7906] | 0 |$$

$$= 0$$

$$\max\{\hat{P}_{ij}\} = 72.29\%$$

Lebih jelasnya terlihat hasil perhitungan $K = 2$ sebagai berikut.

Tabel 4.7 $K = 2$

Bulan ke-	State (i)	k	Bobot state	$\hat{P}_{ij} = \sum_{k=1}^K w_k \hat{P}_{ij}^{(k)}$		
				$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$
10	1	1	0.9840	0.7229	0.1205	0
9	1	2	0.9009	0.6938	0.9683	0

Hasil prediksi pada $K = 2$ menunjukkan bahwa indeks harga konsumen pada bulan ke-11 akan berada pada *state* 1 dengan peluang $\max\{\hat{P}_{ij}\} = 72.29\%$.

4.6.3 $K = 3$

Dengan menggunakan $K = 3$, penghitungan prediksi indeks harga konsumen pada bulan ke-12 akan melibatkan *state* pada bulan ke-10 dan 11.

$K = 3$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom pertama adalah Bobot Markov pertama di kali Matriks peluang transisi *step* pertama (lampiran 4) baris pertama kolom pertama sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \hat{P}_{11} &= w_1 \hat{P}_{11} \\ &= [0.8849][0.8571] \\ &= 0.7584 \end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom kedua adalah Bobot Markov pertama di kali Matriks peluang transisi *step* pertama (lampiran 4) baris pertama kolom kedua sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{12} &= w_1 \hat{P}_{12} \\ &= [0.8849] | 0.1429| \\ &= 0.1265\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom ketiga adalah Bobot Markov pertama di kali Matriks peluang transisi *step* pertama (lampiran 4) baris pertama kolom ketiga sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{13} &= w_1 \hat{P}_{13} \\ &= [0.8849] | 0| \\ &= 0\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom pertama adalah Bobot Markov kedua di kali Matriks peluang transisi *step* kedua (lampiran 4) baris pertama kolom pertama sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{11} &= w_2 \hat{P}_{11}^2 \\ &= [0.8495] | 0.8775| \\ &= 0.7455\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom kedua adalah Bobot Markov kedua di kali Matriks peluang transisi *step* kedua (lampiran 4) baris pertama kolom kedua sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{12} &= w_2 \hat{P}_{12}^2 \\ &= [0.8495] | 0.1225| \\ &= 0.1040\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom ketiga adalah Bobot Markov kedua di kali Matriks peluang transisi *step* kedua (lampiran 4) baris pertama kolom ketiga sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{13} &= w_2 \hat{P}_{13}^2 \\ &= [0.8495] | 0| \\ &= 0\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom pertama adalah Bobot Markov ketiga di kali Matriks peluang transisi *step* ketiga (lampiran 4) baris pertama kolom pertama sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{11} &= w_3 \hat{P}_{11}^3 \\ &= [0.8980] | 0.8746| \\ &= 0.7854\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom kedua adalah Bobot Markov ketiga di kali Matriks peluang transisi *step* ketiga (lampiran 4) baris pertama kolom kedua sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{12} &= w_3 \hat{P}_{12}^3 \\ &= [0.8980] | 0.1254| \\ &= 0.1126\end{aligned}$$

Untuk menghitung range prediksi pada baris pertama kolom ketiga adalah Bobot Markov ketiga di kali Matriks peluang transisi *step* ketiga (lampiran 4) baris pertama kolom ketiga sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{13} &= w_3 \hat{P}_{13}^3 \\ &= [0.8980] | 0|\end{aligned}$$

= 0

$$\max\{\hat{P}_{ij}\} = 78.54\%.$$

Lebih jelasnya terlihat hasil perhitungan $K = 3$ sebagai berikut.

Tabel 4.8 $K = 3$

Bulan ke-	State (i)	k	Bobot state	$\hat{P}_{ij} = \sum_{k=1}^K w_k \hat{P}_{ij}^{(k)}$		
				$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$
12	1	1	0.8849	0.7585	0.1265	0
11	1	2	0.8495	0.7455	0.1041	0
10	1	3	0.898	0.7854	0.1126	0

Hasil prediksi pada $K = 3$ menunjukkan bahwa indeks harga konsumen pada bulan ke-11 akan berada pada *state* 1 dengan peluang sebesar $\max\{\hat{P}_{ij}\} = 78.54\%$.

4.7 Pembahasan Analisis Data

Berdasarkan hasil penelitian pengaplikasian Rantai Markov Terboboti memprediksi Indeks Harga Konsumen saat menghadapi pandemi COVID-19 peneliti mendapatkan hasil Rata-rata Indeks Harga Konsumen ialah 106.76 persen dan Simpangan Baku Indeks Harga Konsumen ialah 12.35 persen, dengan mendapatkan nilai Rata-rata dan Simpangan Baku Indeks Harga Konsumen dapat di kelompokkan menjadi 3 *state* yaitu *state* ke-1 dengan batas *state* nilai X lebih kecil dari 103.05, *state* ke-2 dengan batas *state* X lebih besar sama dengan 103.05 dan X lebih kecil dari 106.76, dan *state* ke-3 X lebih besar sama dengan 110.46, dan peneliti menguji Sifat Markov dengan menghitung pengujian nilai *Chi-square* pada data Indeks Harga Konsumen mulai bulan Desember 2019 sampai

September 2020 mendapat hasil $\chi^2 > \chi_{0.05}^2((m - 1)^2)$, dengan kemungkinan kesalahan sebesar 5%, yang dikatakan memiliki Sifat Markov, dan menghitung Bobot Rantai Markov dengan terlebih dahulu menghitung Koefisien Autokorelasi untuk menghitung Bobot Rantai Markov Indeks Harga Konsumen, kemudian hasil Bobot Rantai Markov dapat digunakan untuk memprediksi Range Indeks Harga Konsumen yang memperoleh hasil prediksi pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Hasil prediksi

Bulan ke-	$K = 1$ $K = 2$ $K = 3$	
	State hasil prediksi	Peluang hasil prediksi
10	1	99.9%
11	1	72.29%
12	1	78.54%

Berdasarkan hasil prediksi pada bulan Desember 2019 dengan *State* 1 adalah 99.9%, hasil prediksi pada bulan Oktober 2020 dengan *State* 1 adalah 72.29%, hasil prediksi pada bulan Desember 2020 dengan *State* 1 adalah 78.54%, dengan K di atas, dapat dilihat bahwa kasus dengan ketepatan hasil prediksi paling baik terdapat pada $K = 1$, yaitu peluang hasil prediksi 99.9%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pengaplikasian metode rantai markov terboboti pada indeks harga konsumen selama priode penelitian menunjukkan bahwa nilai indeks harga konsumen pada bulan ke-11 berpeluang 72.29% dan bulan ke-12 berpeluang 78.54%., berdasarkan hasil penelitian dapat dianggap cukup baik dalam memprediksi indeks harga konsumen. Hasil yang diperoleh peneliti belum memuaskan karena hasil prediksinya baik dalam waktu yang sangat pendek saja dan dalam kondisi hasil prediksinya kurang akurat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan metode rantai markov terboboti ini, range hasil prediksi dari kasus ini cukup sedikit sehingga metode Rantai Markov Terboboti dengan kasus ini cukup baik apabila digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan yang memerlukan prediksi dalam range yang lebih kecil. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki metode ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Herman. 2017. Pengaruh Inflasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia, *Jurnal Pertumbuhan Ekonomi*. **Vol. 5 No. 3**.
- Ali, Zulfiqar, Ijaz Hussain, Muhammad Faisal, Ibrahim M. Almanjahie, Muhammad Ismail, Maqsood Ahmad, and Ishfaq Ahmad . 2018. *A New Weighting Scheme In Weighted Markov Model For Predicting The Probability Of Drougt Episodes. Journal Hindawi*.
- Abdullah, Syahid. 2016. Aplikasi Rantai Markov untuk Memprediksi Harga Saham. *Skripsi Departemen Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor*.
- Angraini, Devi. 2014. Analisis Pangsa Pasar Minuman Teh Dalam Kemasan Dengan Metode Rantai Markov. *Skripsi Departemen Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Istitut Pertanian Bogor*.
- Grimmet GR,Stirzaker DR. 2001. *Probability and Random Processes*. Ed ke-3.Oxford (GB): Clarendon Press.
- Hanoatubun, Silpa. 2020. Dampak COVID-19 Terhadap Perekonomian Indonesia. *Journal Of Education, Psychology and Counseling*. **Vol. 2 No. 1**
- Lestari, F.Y., Moh. Yamin Darsyah. 2018. Peramalan Indeks Harga Konsumen di Indonesia Menggunakan Metode *Moving Average dan Holt Exponential Smoothing*, *Jurnal Program Studi Statistika Unimus*. **Vol. 1**.
- Liu, Tong, Xiao-Hua YANG, Qi-Rui Xue And Fan Song. 2019. *Application Of Weighted Markov Chain In Precipitation Forecast In Beijing. Journal ITEEE*.
- Masuku, Fatimah N., Yohanes A. R. Langi, Charles Mongi. 2018. Analisis Rantai Markov Untuk Memprediksi Perpindahan Konsumen Maskapai Penerbangan Rute Manado-Jakarta, *Jurnal Ilmiah Sains*. **Vol. 18 No. 2**.

- Nurhamiddin, Fauziah dan Fadli M. Sulisa, 2019. "Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov," *Jurnal BIOSAINTEK*, Vol. 2 No. 1.
- Ross SM. 1996. *Stochastic Process*. Ed ke-2. *New York (US): John Wiley & Sons*.
- Setiawan, Aduf Rifki dan Arij Zulfi Mufassaroh. 2020. Lembar Kegiatan Siswa untuk Pembelajaran Jarak Jauh Berdasarkan Literasi Sainifik pada Topik Penyakit Coronavirus 2019 (COVID-19). *Riset Madrasah Tasywiquh Thullab Salafiyyah (TBS) Kudus*.
- Vionita, Aglin Rizki. 2018. Prediksi Nilai Tukar Mata Uang Rupiah Terhadap Mata Uang Asing Menggunakan *Markov Chain*. *Skripsi Program Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara*.
- Widyasari, Rina. 2012. Distribusi Markov-Binomial Negatif. *Tesis Universitas Sumatera Utara*.
- Wanto, Anjar dan Agus P.W. 2017. Analisis Prediksi Indeks Harga Konsumen Berdasarkan Kelompok Kesehatan Dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal dan penelitian teknik informatika*. **Vol. 2 No. 2**.
- Yang, Xiyun, Xue Ma , Ning Kang, And Mierzhati Maihemuti. 2018. Probability Interval Prediction Of Wind Power Based On KDE Method With Rough Sets And Weighted Markov Chain, *Journal IEEE*.
- Zhou Q. 2015. *Application of Weighted Markov Chain in Stock Price Forecasting of China Sport Industry*. *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology* 8(2):219-226.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Indeks Harga konsumen Periode Desember 2019-September 2020

Periode	Indeks Harga Konsumen
Desember 2019	141.89
Januari 2020	102.95
Pebruari 2020	103.09
Maret 2020	102.89
April 2020	102.60
Mei 2020	103.03
Juni 2020	102.94
Juli 2020	102.72
Agustus 2020	102.76
September 2020	102.71

Lampiran 2 Perhitungan koefisien autokorelasi (r_k) dan bobot rantai Markov (w_k) menggunakan program *Microsoft Excel 2016*.

a. Koefisien autokorelasi (r_k) untuk $K = 1$ sampai $K = 3$

- Menghitung nilai r_1

Misalkan data X_t yang merupakan barisan harga pembukaan saham selama 10 bulan, berada pada sel A2:A11 dan \bar{X} berada di sel B2. Ketik formula $=(A2-\$B\$2)*(A3-\$B\$2)$ pada sembarang sel, misalkan sel D2. Kemudian *copy* formula tersebut sampai sel D10. Setelah itu ketik formula $=(A2-\$B\$2)^2$ pada sel lain, misalkan J2. Lalu *copy* pula formula tersebut sampai sel J11. Setelah itu ketik formula $=SUM(D2:D10)/SUM(\$J\$2:\$J\$11)$, misalkan sel L2. Nilai pada sel tersebut merupakan nilai r_1 .

- Menghitung r_2

Pada lembar kerja yang sama. Ketik formula $=(A2-\$B\$2)*(A4-\$B\$2)$ pada sembarang sel, misalkan sel E2. Kemudian *copy* formula tersebut sampai sel E9. Setelah itu ketik formula $=SUM(E2:E9)/SUM(\$J\$2:\$J\$11)$ pada sel lain, misalkan sel M2. Nilai pada sel tersebut merupakan nilai r_2 .

- Menghitung r_3

Masih pada lembar kerja yang sama. Ketik formula $=(A2-\$B\$2)*(A5-\$B\$2)$ pada sembarang sel, misalkan sel F2. Kemudian *copy* formula tersebut sampai sel F8. Setelah itu ketik formula $=SUM(F2:F8)/SUM(\$J\$2:\$J\$11)$, misalkan sel N2. Nilai pada sel tersebut merupakan nilai r_3 , tetap di halaman yang sama.

b. Bobot rantai Markov w_k

- $K = 1$

Pada lembar kerja yang sama, ketik formula $=L2/L2$ pada sembarang sel,

misalkan R2. Nilai tersebut merupakan nilai w_1 pada $K = 1$.

- $K = 2$

Kemudian ketik formula $=L2/(\$L\$2+\$M\$2)$ pada sembarang sel lainnya,

misalkan T2. Lalu *copy* formula itu pada sel U2. Nilai pada dua sel tersebut berturut-turut merupakan nilai w_1 dan w_2 pada $K = 2$.

- $K = 3$

Ketik formula $=L2/(\$L\$2+\$M\$2+\$N\$2)$ pada sel lainnya, misalkan W2. Lalu

copy formula itu pada sel X2 dan Y2. Nilai pada tiga sel tersebut berturut-turut merupakan nilai w_1 , w_2 , dan w_3 pada $K = 3$.

Lampiran 3 perhitungan matriks peluang transisi k -step

1) *Step* pertama

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} 0.8571 & 0.1429 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2) *Step* kedua

$$\hat{P}_{ij}^{(2)} = \begin{bmatrix} 0.8571 & 0.1429 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.8571 & 0.1429 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8775 & 0.1225 & 0 \\ 0.8571 & 0.1429 & 0 \\ 0.8571 & 0.1429 & 0 \end{bmatrix}$$

3) *Step* ketiga

$$\hat{P}_{ij}^{(3)} = \begin{bmatrix} 0.8571 & 0.1429 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.8775 & 0.1225 & 0 \\ 0.8571 & 0.1429 & 0 \\ 0.8571 & 0.1429 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8746 & 0.1254 & 0 \\ 0.8775 & 0.1225 & 0 \\ 0.8775 & 0.1225 & 0 \end{bmatrix}$$

Lampiran 4 Tabel *Chi-square*

Derajat Bebas	α				
	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	4.605	5.991	7.378	9.21	10.597
3	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	7.779	9.488	11.143	13.277	14.86
5	9.236	11.07	12.833	15.086	16.75
6	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	13.362	15.507	17.535	20.09	21.955
9	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	17.275	19.675	21.92	24.725	26.757
12	18.549	21.026	23.337	26.217	28.3
13	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
16	23.542	26.296	28.845	32	34.267
17	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
18	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
19	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
20	28.412	31.41	34.17	37.566	39.997
25	34.381	37.652	40.647	44.314	46.928
30	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672
50	63.167	67.505	71.42	76.154	79.49
81	97.68	103.01	107.783	113.512	117.524
100	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169

Lampiran 5 Foto pengumpulan data Indeks Harga Konsumen Kota Medan di BPS Kota Medan





**ALAMAT DESA SABABANGUNAN, KECAMATAN
PADANG BOLAK, KABUPATEN PADANG LAWAS
UTARA, PROVINSI SUMATERA UTARA INDONESIA**

E-MAIL : indahpurnamasaris23@gmail.com

NO.TELP : 0852-6233-1025

CURRICULUM VITAE

DATA PRIBADI

NAMA : INDAH PURNAMA SARI SIREGAR
TEMPAT /TANGGAL LAHIR : SABABANGUNAN, 23 Juni 1998
UMUR : 22 TAHUN
JENIS KELAMIN : PEREMPUAN
AGAMA : ISLAM
TINGGI / BERAT BADAN : 155/48 KG
GOLONGAN DARAH : B
STATUS : LAJANG
KEWARGANEGARAAN : INDONESIA

DATA ORANG TUA

NAMA AYAH : Alm. KALAM
TEMPAT/TANGGAL LAHIR : SABABANGUNAN, 05 OKTOBER 1967
UMUR : 53 TAHUN
PEKERJAAN : PNS

NAMA IBU : NURHAMINTA HARAHAP
TEMPAT/TANGGAL LAHIR : SIHODA-HODA, 11 SEPTEMBER 1969
UMUR : 51 TAHUN
PEKERJAAN : PNS

PENDIDIKAN FORMAL

NO.	NAMA SEKOLAH	TAHUN MASUK	TAHUN TAMAT
1.	SD NEGERI 7 GUNUNG TUA	2004	2010
2.	SMP NEGERI 1 PADANG BOLAK	2010	2013
3.	SMA NEGERI 1 PADANG BOLAK	2013	2016
4.	UIN-SU MEDAN	2016	2020