

**ANALISIS RANTAI MARKOV TERBOBOTI UNTUK
MEMPREDIKSI NILAI EKSPOR NONMIGAS INDONESIA**

SKRIPSI



HAFIS DWI FERNANDO

H051181303

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**ANALISIS RANTAI MARKOV TERBOBOTI UNTUK
MEMPREDIKSI NILAI EKSPOR NONMIGAS INDONESIA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada
Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

**HAFIS DWI FERNANDO
H051181303**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

Analisis Rantai Markov Terboboti untuk Memprediksi Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun

Makassar, 15 Desember 2022



Hafis Dwi Fernando

NIM H051181303

**ANALISIS RANTAI MARKOV TERBOBOTI UNTUK
MEMPREDIKSI NILAI EKSPOR NONMIGAS INDONESIA**

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama



Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si.
NIP. 19731228 200003 1 001

Pembimbing Pertama



Dr. Anna Islamiyati, S.Si M.Si.
NIP. 19770808 200501 2 002

Ketua Program Studi



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.
NIP. 19720117 199703 2 002

Pada 15 Desember 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Hafis Dwi Fernando

NIM : H051181303

Program Studi : Statistika

Judul Skripsi : Analisis Rantai Markov Terboboti untuk Memprediksi Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si. (.....)
2. Sekretaris : Dr. Anna Islamiyati, S. Si., M.Si. (.....)
3. Anggota : Anisa, S.Si., M.Si. (.....)
4. Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 15 Desember 2022

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji hanya milik Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis sampai saat ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*, kepada para keluarga, tabi'in, tabi'ut tabi'in, serta orang-orang sholeh yang haq hingga kadar Allah berlaku atas diri-diri mereka. *Alhamdulillahirobbil'alamiin*, berkat rahmat dan kemudahan yang diberikan oleh Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Analisis Rantai Markov Terboboti untuk Memprediksi Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia*" sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis tidak akan sampai pada titik ini, jikalau tanpa dukungan dan bantuan dari pihak yang selalu ada, peduli dan menyayangi penulis. Oleh karena itu, penulis haturkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahku **Dedi Israwan** dan Umakku **Hesti Yeni** yang telah memberikan dukungan penuh, pengorbanan, kesabaran hati, cinta dan kasih sayang, serta dengan ikhlas telah mengiringi setiap langkah penulis dengan doa dan restunya. Kakakku **Hedi Ika Febra** dan adikku **Haikal Tri Fadi, Hanifah Al Jannah Falisah, dan Hikari Adha Fauziyah**, terima kasih telah menjadi kakak dan adik-adik yang sangat baik, selalu ada dan selalu memberikan dorongan dukungan baik batin dan juga raga untuk penulis serta untuk keluarga besarku, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.

3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika, segenap Dosen Pengajar dan Staf yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Bapak Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama dan **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Pendamping yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya di tengah berbagai kesibukan dan prioritasnya untuk senantiasa memberikan arahan, dorongan, dan motivasi kepada penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. **Ibu Anisa, S.Si., M.Si.** dan **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah memberikan kritik yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir ini serta waktu yang telah diberikan kepada penulis.
6. **Ibu Anisa, S.Si., M.Si.**, selaku Penasehat Akademik penulis. Terima kasih atas segala bantuan, nasehat serta motivasi yang selalu diberikan kepada Penulis selama menjalani pendidikan di Departemen Statistika.
7. Teman-teman **Statistika 2018**, terima kasih telah kebersamai dan membantu penulis selama menempu pendidikan ini
8. Teman-teman **Netijen, Rifka Yulia Sari Ifadah Latif, Fani Fahira, Emi Astuti, Nurul Hijrah, Ika Pratiwi Haya, Claudian T Tangdilomban, Reni Roihanah**, dan **Putri Aprilia S** yang telah sangat membantu selama perkuliahan, baik dalam hal akademik maupun lainnya.
9. Teman-teman **LT5, Haksar and the gank** yang senantiasa memberikan hiburan dan kebaikan selama pertemanan ini. Teman-teman **Koperasi** yang selalu membantu di setiap kesulitan yang dihadapi penulis.
10. Teman-teman **KKN Parepare**, terkhusus **Gank Backi** yang tetap ada menemani, membantu dan menghibur penulis walaupun masa KKN telah usai.
11. **Shang Alan dan Putri Abdullah Tasso** yang selalu memberikan tempat penampungan dan menyediakan berbagai fasilitas pendukung demi kenyamanan penulis.

12. **Ika Pratiwi Haya** yang telah banyak membantu dalam pengerjaan skripsi penulis, dari awal hingga akhir.
13. Diri sendiri, **Hafis Dwi Fernando**, yang sudah berusaha, tidak menyerah, dan tetap melanjutkan proses yang sudah dimulai hingga akhir. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih, terima kasih, terima kasih.
14. Semua pihak yang tidak bisa-bisa penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung selama penulis hidup. Semoga semua kebaikan yang diberikan berbalas kebaikan pula.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga tulisan ini memberikan manfaat untuk pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 15 Desember 2022



Hafis Dwi Fernando

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hafis Dwi Fernando
NIM : H051181303
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-exclusive Royalty- Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul:

**“Analisis Rantai Markov Terboboti untuk Memprediksi Nilai Ekspor
Nonmigas Indonesia”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal, 15 Desember 2022

Yang menyatakan



(Hafis Dwi Fernando)

ABSTRAK

Ekspor merupakan arus keluarnya barang dari dalam negeri yang dikirim ke negara lain yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan akan pasar internasional dan untuk memperoleh pendapatan bagi negara, yaitu cadangan devisa negara. Ekspor terdiri dari ekspor minyak bumi dan gas (Migas) dan ekspor nonmigas (bukan minyak bumi, gas). Dalam penggunaannya Rantai Markov terboboti hanya memerlukan beberapa data terkini saja, serta lebih efektif untuk menyelesaikan masalah sistem dinamika di bidang sosial dan ekonomi. Prediksi rantai Markov terboboti tidak lepas dari penentuan *State* yang diperoleh dari perhitungan menggunakan rata-rata dan simpangan baku. *State* merupakan posisi atau keadaan yang akan ditentukan klasifikasinya, dalam penelitian akan digunakan sebanyak 6 *state*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi nilai ekspor non migas Indonesia di masa yang akan datang. Data yang digunakan dimulai dari Januari 2016 hingga Mei 2022. Sebelum memprediksi nilai ekspor non migas Indonesia, terlebih dahulu dilakukan uji sifat Markov. Uji tersebut menunjukkan nilai χ^2 lebih besar dari pada χ^2 tabel Chi-Square dengan α sebesar 5%, sehingga prediksi dengan rantai Markov terboboti dapat dilakukan. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa data ke 78, 79, 80, 81 dan 82 berada pada *state* 6 (lebih dari USD 17491.28 juta) dengan peluang berurut 87.5, 82.81%, 79.49%, 77.27%, dan 75.78%. Adapun ketepatan yang dihasilkan rantai Markov terboboti mencapai 100%.

Kata Kunci : *Ekspor Nonmigas, Prediksi, State, Rantai Markov Terboboti.*

ABSTRACT

Export is the outflow of goods from within the country that are sent to other countries that aim to meet the needs of the international market and to obtain income for the country, namely the country's foreign exchange reserves. Exports consist of exports of oil and gas (oil and gas) and non-oil and gas exports (non-oil, gas). In its use, weighted Markov Chains only require some recent data, and are more effective for solving dynamic system problems in the social and economic fields. The prediction of the weighted Markov chain cannot be separated from the state determination obtained from calculations using the average and standard deviation. The state is the position or condition that will be classified, in this study 6 states will be used. The purpose of this study is to predict the value of Indonesia's non-oil and gas exports in the future. The data used starts from January 2016 to May 2022. Before predicting the value of Indonesia's non-oil and gas exports, a Markov test is first carried out. The test shows the value of χ^2 is greater than the χ^2 table of Chi-Square with α of 5%, so predictions with weighted Markov chains can be made. Based on the results obtained, it can be concluded that data 78, 79, 80, 81, and 82 are in state 6 (more than USD 17491.28 million) with sequential odds of 87.5, 82.81%, 79.49%, 77.27%, and 75.78%. The accuracy produced by the weighted Markov chain reaches 100%.

Keywords : *non-oil exports, Prediction, State, Weightded Markov Chain,,State*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Proses Stokastik	5
2.2 Rantai Markov	5
2.3 Peluang Transisi n-langkah	6
2.4 Persamaan Chapman Kolmogorov	7
2.5 Uji Sifat Markov	8
2.6 Rantai Markov Terboboti	8
2.7 Ekspor	9
BAB III	11
METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian	11
3.2 Langkah Analisis	11
.....	12
.....	12
BAB IV	13
HASIL DAN PEMBAHASAN	13

4.1	Deskripsi Data	13
4.2	Perhitungan Rata-rata dan Simpangan Baku.....	13
4.3	Pengelompokan Nilai Ekspor Nonmigas	14
4.4	Uji Sifat Markov.....	16
4.5	Perhitungan Nilai Bobot	18
4.6	Prediksi Range Nilai Ekspor Nonmigas.....	21
	Pada sub-bab ini akan diprediksi data ke 78 sampai 82 dengan melibatkan 5 data sebelumnya, yaitu data 73 sampai 77 yang dikalikan dengan bobot pada masing-masing k.....	21
	Prediksi Data ke-78.....	21
	Pada prediksi ini akan melibatkan peluang transisi n-langkah P_{ij}^n dari data nilai ekspor nonmigas Indonesia, berikut matriksnya.....	21
BAB V	31
KESIMPULAN	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	34

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Data Ekspor Nonmigas Indonesia Periode Januari 2016 - Mei 2022	13
Tabel 4. 2	State Data Nilai Ekspor Nonmigas	15
Tabel 4. 3	Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia Berdasarkan State dan Transisi State	15
Tabel 4. 4	Uji Chi Square pada Data Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia	18
Tabel 4. 5	Nilai Koefisien Autokorelasi pada masing-masing k	20
Tabel 4. 6	Bobot Rantai Markov pada masing-masing k	20
Tabel 4. 7	Prediksi Nilai Ekspor Nonmigas pada bulan ke 78 untuk K=1	22
Tabel 4. 8	Prediksi Nilai Ekspor Nonmigas pada bulan ke 78 untuk K=2	23
Tabel 4. 9	Prediksi Nilai Ekspor Nonmigas pada bulan ke 78 untuk K=3	24
Tabel 4. 10	Prediksi Nilai Ekspor Nonmigas pada bulan ke 78 untuk K=4	26
Tabel 4. 11	Prediksi Nilai Ekspor Nonmigas pada bulan ke 78 untuk K=5	28
Tabel 4. 12	Prediksi Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian dan Data Perbandingan Beserta Pengelompokan <i>State</i>	35
Lampiran 2. Penghitungan Bobot Rantai Markov.....	37
Lampiran 3. Perhitungan Prediksi Range Rantai Markov Hingga Data ke-25 ..	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi merupakan peningkatan kapasitas produksi dalam barang dan jasa dengan fisik sesuai pada kurun waktu tertentu. Pertumbuhan ekonomi tersebut dapat dipengaruhi oleh jumlah uang beredar, berkurangnya pengangguran, nilai tukar, stabilitas harga, adanya perdagangan bebas dan nilai ekspor (Velnampy, 2013). Selain itu Ginting (2017), dalam kajiannya menyimpulkan bahwa ekspor memengaruhi pertumbuhan ekonomi. Bahkan hasil analisisnya menunjukkan bahwa selain investasi, ekspor juga mempunyai pengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi, baik jangka panjang maupun jangka pendek.

Ekspor adalah salah satu sektor yang mendukung perekonomian suatu negara dalam hal perdagangan barang maupun jasa yang memberikan pendapatan bagi pertumbuhan ekonomi. Berdasarkan definisinya, ekspor merupakan arus keluarnya barang dari dalam negeri yang dikirim ke negara lain, bertujuan untuk memenuhi kebutuhan akan pasar internasional dan untuk memperoleh pendapatan bagi negara, yaitu cadangan devisa negara (Reksoprayitno, 2000). Dalam perdagangan internasional, ekspor berkontribusi positif terhadap tingkat pendapatan nasional. Semakin tinggi kinerja ekspor suatu negara, maka semakin besar pula pertumbuhan perekonomian negara. Ekspor juga berperan sebagai katalis tumbuhnya investasi dalam negeri dan penyerapan tenaga kerja. Tingkat kesejahteraan dan kemakmuran masyarakat secara riil juga dapat tercapai dari adanya peningkatan aktivitas ekspor (Nurjati, 2022).

Ekspor terdiri dari ekspor minyak bumi dan gas (Migas) dan ekspor nonmigas (bukan minyak bumi, gas). Ekspor migas diartikan sebagai pengiriman barang seperti bensin, solar, minyak tanah, batubara, gas alam dan sebagainya. Adapun ekspor nonmigas diartikan sebagai pengiriman barang dan jasa berupa sektor perindustrian, perkebunan, pertanian, perikanan dan lainnya yang tidak termasuk dalam minyak bumi dan gas alam.

Dalam Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri (2022) yang dikeluarkan Badan Pusat Statistika, menjelaskan bahwa selama periode Januari hingga Februari 2021, nilai ekspor Indonesia mencapai US\$39.646,6 Juta. Nilai tersebut terdiri dari US\$1.896 Juta untuk komoditas ekspor migas serta US\$37.750,6 Juta hasil ekspor nonmigas. Hal tersebut menjelaskan bahwa nilai ekspor nonmigas menyumbang sebanyak 94,29%. Laporan tersebut juga menjelaskan bahwa ekspor nonmigas sangat berperan penting untuk pertumbuhan ekonomi Indonesia. Sebelumnya, Aulia (2021) telah memprediksi data ekspor dan impor menggunakan Rantai Markov. Rantai Markov (*Markov Chain*) adalah suatu proses dalam rantai proses stokastik yang biasa digunakan untuk melakukan pemodelan suatu proses dari kejadian acak. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan di waktu yang akan datang dalam variabel dinamis atas dasar perubahan dari variabel dinamis di waktu lampau (Rosyidi, 2012). Salah satu metode lanjutan dari rantai Markov adalah rantai Markov terboboti.

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). Dalam memprediksi, rantai Markov terboboti tidak harus menggunakan data historis yang kontinu dan lama. Rantai Markov terboboti hanya memerlukan beberapa data terkini saja (Abdullah, 2016). Dalam penggunaannya, Rantai Markov terboboti lebih efektif untuk menyelesaikan masalah sistem dinamika di bidang sosial dan ekonomi. Adapun prediksi yang dihasilkan oleh rantai Markov terboboti terbilang cukup baik dan akurat (Abdullah, 2016). Bobot keadaan awal prediksi rantai Markov terboboti tidak hanya 1 atau 0 (Zhou, 2015). Dalam memprediksi, rantai Markov terboboti juga berkaitan erat dengan *state*. *State* merupakan posisi atau keadaan yang akan ditentukan klasifikasinya. Penentuan *state* rantai Markov terboboti ditentukan menggunakan nilai rata-rata dan simpangan baku.

Walaupun penggunaan rantai Markov terboboti belum terlalu sering digunakan di Indonesia, namun tetap ada beberapa peneliti yang menggunakan metode ini, seperti Aplikasi Rantai Markov Terboboti untuk Memprediksi Indeks Harga Konsumen Saat Menghadapi Pandemi COVID-19 oleh Indah (2020). Dari

penelitian tersebut, Indah memperoleh prediksi yang cukup akurat dengan persentase 72,54% sampai dengan 78,54%. Adapun penelitian lainnya adalah Aplikasi Rantai Markov Terboboti untuk Memprediksi Harga Saham oleh Abdullah (2016) yang juga menunjukkan bahwa rantai Markov terboboti dapat dianggap cukup baik dalam memprediksi harga saham. Hal itu dapat dilihat pada ketepatan hasil prediksi yang baik pada beberapa kasus. Diketahui pula bahwa hasil prediksi akan semakin baik bila data historis yang digunakan semakin banyak. Oleh karena itu, penulis akan mengkaji pemodelan nilai ekspor nonmigas Indonesia menggunakan rantai Markov terboboti. Dalam penelitian, penulis akan menggunakan rata-rata dan simpangan baku dari data untuk menentukan *state* yang kemudian akan digunakan untuk mengestimasi nilai ekspor nonmigas Indonesia di masa mendatang. Sehingga penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Rantai Markov Terboboti Untuk Memprediksi Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang ditulis sebelumnya, maka dalam penelitian ini penulis akan membahas bagaimana memprediksi nilai ekspor nonmigas Indonesia di masa mendatang.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah *state* yang digunakan sebanyak 6, diperoleh dari perhitungan menggunakan rata-rata dan simpangan baku
2. Data yang digunakan adalah data nilai ekspor dari Januari 2016 hingga Mei 2022

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas penelitian ini bertujuan untuk memprediksi nilai ekspor nonmigas Indonesia di masa mendatang.

1.5 Manfaat

Dari penelitian ini, penulis berharap dapat memberi informasi terkait peluang dan prediksi nilai ekspor nonmigas Indonesia yang akan datang. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi acuan bagi peneliti selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Stokastik

Proses stokastik $\{X_n\}$ adalah kumpulan dari variabel acak. Indeks n diartikan sebagai waktu dan X_n adalah *state* pada waktu n . Himpunan n disebut ruang parameter atau himpunan indeks proses. Jika nilai dari himpunan n dapat dihitung maka proses stokastik dikatakan proses waktu diskrit. Hal tersebut bisa dimisalkan dengan, $\{X_n, n = 1, 2, 3, \dots\}$ adalah proses stokastik waktu diskrit dengan indeks bilangan bulat tak negatif sedangkan $\{X_n, n \geq 0\}$ adalah proses stokastik waktu kontinu dengan indeks bilangan real tak negatif (Ross, 2010). Yeak M. Et al (2017) mengemukakan bahwa rantai Markov merupakan bagian dari proses stokastik dengan himpunan variabel acak yang berkaitan dengan waktu. Proses stokastik diketahui sebagai model matematika dimana setiap peluang berubah dari waktu ke waktu.

2.2 Rantai Markov

Rantai Markov (Markov *Chains*) adalah teknik matematika yang biasa digunakan untuk melakukan pemodelan (modelling) bermacam-macam sistem dan proses bisnis (Aulia, 2021). Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan-perubahan pada waktu yang akan datang dalam variabel-variabel dinamis berdasarkan perubahan-perubahan dari variabel-variabel dinamis tersebut di waktu yang lalu.

Model rantai Markov ditemukan oleh ahli yang berasal dari Rusia bernama A.A. Markov pada tahun 1906, yakni “Untuk setiap waktu t , ketika kejadian adalah K_t dan seluruh kejadian sebelumnya adalah $K_{t(j)}, \dots, K_{t(j-n)}$ yang terjadi dari proses yang diketahui, probabilitas seluruh kejadian yang akan datang $K_{t(j)}$ hanya bergantung pada kejadian $K_{t(j-1)}$ dan tidak bergantung pada kejadian-kejadian sebelumnya yaitu $K_{t(j-2)}, K_{t(j-3)}, \dots, K_{t(j-n)}$ ”.

Secara matematis model rantai Markov dapat ditulis sebagai berikut:

$$K_{t(j)} = P \times K_{t(j-1)} \quad (2.1)$$

Dengan,

$K_{t(j)}$ = Peluang kejadian pada $t(j)$

P = Probabilitas transisional

$t(j)$ = Waktu ke- j

Peluang kejadian $K_{t(j)}$ dinyatakan ke dalam bentuk vektor sehingga jumlah seluruh selnya akan selalu 100% (Siswanto, 2007).

Penggunaan rantai Markov memerlukan pengetahuan tentang 3 keadaan yaitu keadaan awal, keadaan transisi, dan keadaan steady state. Rantai Markov memiliki beberapa asumsi-asumsi dasar yang harus diketahui. Adapun asumsi-asumsi dalam rantai Markov sebagai berikut (Dimiyati, dkk 2004).

- a. Jumlah probabilitas transisi keadaan adalah 1
- b. Probabilitas transisi tidak berubah selamanya
- c. Probabilitas transisi hanya bergantung pada periode sekarang, bukan pada periode-periode sebelumnya.

2.3 Peluang Transisi n-langkah

Ross (2010) mendefinisikan peluang transisi n-langkah p_{ij}^n sebagai peluang bahwa proses pada state i akan berada pada state j setelah proses mengalami tambahan transisi. Jadi,

$$p_{ij}^n = P\{X_{n+k} = j | X_k = i\}, n, i, j \geq 0 \quad (2.2)$$

p_{ij}^n disebut peluang transisi n-langkah dari state i ke state j .

Menurut Hillier dan Lieberman (2001), peluang transisi n-langkah p_{ij}^n adalah peluang bersyarat bahwa sistem akan berada pada state j setelah mengalami proses n-langkah, proses dimulai pada state i pada waktu t . Matriks peluang transisi n-langkah p_{ij}^n dapat ditulis sebagai

$$P = \begin{matrix} & \text{State } 0 & 1 & \dots & m \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ m \end{matrix} & \begin{bmatrix} P_{00}^n & P_{01}^n & \dots & P_{0m}^n \\ P_{10}^n & P_{11}^n & \dots & P_{1m}^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{m0}^n & P_{m1}^n & \dots & P_{mn}^n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.3)$$

Ketika $n = 1$, diketahui bahwa $p_{ij}^n = p_{ij}^1$. Karena p_{ij}^n adalah peluang bersyarat, peluang tidak negatif, dan karena proses harus melakukan transisi ke beberapa *state*, sehingga:

$$p_{ij}^n \geq 0 \text{ untuk semua } i \text{ dan } j; n = 0,1,2,\dots \text{ dan}$$

$$\sum_{j=1}^m p_{ij}^n = 1 \text{ untuk semua } i; n = 0,1,2,\dots$$

2.4 Persamaan Chapman Kolmogorov

Persamaan Chapman-Kolmogorov merupakan suatu metode yang akan digunakan untuk menghitung peluang dari transisi dalam n -langkah. Pada sebuah kasus diberikan persamaan Chapman-Kolmogorov untuk menentukan transisi n -langkah (Latifah & Astuti, 2021).

$$P_{ij}^n = \sum_{k=0}^m P_{ik}^m P_{kj}^{(n-m)} \tag{2.4}$$

P_{ij}^n = peluang bahwa rantai Markov akan bergerak dari keadaan i ke keadaan dalam $(m+n)$ langkah dengan diketahui bahwa sebelumnya telah berada dalam keadaan i

P_{ik}^m = peluang bahwa rantai Markov akan bergerak dari keadaan i ke keadaan k dalam m langkah dan diketahui bahwa sebelumnya telah berada dalam keadaan i

$P_{kj}^{(n-m)}$ = peluang bahwa rantai Markov akan bergerak dari keadaan k ke keadaan j dalam $n-m$ langkah dan diketahui bahwa sebelumnya telah berada dalam keadaan k

Persamaan di atas menunjukkan bahwa perubahan yang bermula dari *state* i ke *state* j sebanyak n -step, proses ini akan berada dalam beberapa *state* k setelah tepat m (kurang dari n) *state*. Oleh karena itu, P_{ik}^m dan $P_{kj}^{(n-m)}$ adalah peluang bersyarat dengan titik mulai *state* i , proses menuju ke *state* k setelah m step dan kemudian ke *state* j setelah $n-m$ step. Dengan demikian, penjumlahan peluang bersyarat terhadap semua k yang mungkin akan menghasilkan P_{ij}^n (Hillier dan Lieberman, 2008).

2.5 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.

$$X^2 = 2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} \left| \ln \frac{\hat{P}_{ij}}{\hat{P}_i} \right| \quad (2,5)$$

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 sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} f_{11} & \dots & f_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \dots & f_{mm} \end{bmatrix} \quad (2,6)$$

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).

2.6 Rantai Markov Terboboti

Rantai Markov terboboti adalah rantai Markov yang perubahannya dengan perbaikan, hal tersebut memungkinkan untuk mengeksplorasi dampak matriks probabilitas transisi dari setiap langkah dan data mining dari data awal (Yang, 2018). Proses Markov berbobot dikenal juga sebagai teori yang 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). 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.

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 nilai ekspor nonmigas Indonesia 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 nilai ekspor nonmigas Indonesia. Adapun bobot untuk masing-masing k dapat diperoleh dengan formula sebagai berikut:

$$w_k = \frac{|r_k|}{\sum_{k=1}^K |r_k|} \quad (2.7)$$

dengan r_k merupakan koefisien autokorelasi pada setiap $k \in \{1, 2, \dots, K\}$. Koefisien autokorelasi dapat diperoleh dengan formula sebagai berikut:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2} \quad (2.8)$$

Dengan X_t adalah nilai ekspor nonmigas Indonesia bulan ke- t , \bar{X} adalah nilai rata-rata ekspor nonmigas Indonesia, serta n merupakan banyaknya data nilai ekspor nonmigas Indonesia.

2.7 Ekspor

Ekspor adalah penjualan barang ke luar negeri dengan menggunakan sistem pembayaran, kualitas, kuantitas dan syarat penjualan lainnya yang telah disetujui oleh pihak eksportir dan importir. Permintaan ekspor adalah jumlah barang/jasa yang diminta untuk diekspor dari suatu negara ke negara lain (Reksoprayitno, 2000). Proses ekspor pada umumnya adalah tindakan untuk mengeluarkan barang atau komoditas dari dalam negeri untuk memasukkannya ke negara lain. Ekspor adalah salah satu faktor penting bagi pertumbuhan ekonomi sebuah negara, terutama bagi negara berkembang. Seperti yang ditunjukkan Salvator (1990) dalam kajiannya bahwa adalah salah satu faktor utama untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Peningkatan ekspor peningkatan ekspor tersebut dapat menghasilkan devisa yang akan digunakan untuk membiayai impor bahan baku dan barang modal yang diperlukan dalam proses produksi yang akan membentuk nilai tambah.

Ekspor terdiri dari ekspor migas (minyak bumi, gas) dan ekspor nonmigas (bukan minyak bumi, gas). Migas diartikan sebagai pengiriman barang seperti

bensin, solar, minyak tanah, batubara, gas alam dan sebagainya. Adapun ekspor nonmigas diartikan sebagai pengiriman barang dan jasa berupa sektor perindustrian, perkebunan, perikanan dan lainnya yang tidak termasuk dalam minyak bumi dan gas alam. Di Indonesia sendiri, persentase nilai ekspor nonmigas jauh lebih besar dibanding dengan nilai ekspor migas. Hal tersebut terlihat pada laporan BPS pada 2021 bahwa nilai ekspor nonmigas menyumbang sebanyak 94,29%.