

SKRIPSI

PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KAPAL LAUT MENGGUNAKAN METODE FUZZY RUNTUN WAKTU CHEN ORDE TINGGI

Disusun dan diajukan oleh

RIZKI ADIPUTRA

H121 16 508



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
MEI 2020**

Peramalan Jumlah Penumpang Kapal Laut Menggunakan Metode

Fuzzy Runtun Waktu Chen Orde Tinggi

SKRIPSI

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

Rizki Adiputra

H121 16 508

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

MAKASSAR

MEI 2020

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang Bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Rizki Adiputra
NIM : H121 16 508
Program Studi : Statistika
Jenjang Pendidikan : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul **Peramalan Jumlah Penumpang Kapal Laut Menggunakan Metode Fuzzy Runtun Waktu Chen Orde Tinggi** adalah BENAR merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 19 Mei 2020



(Rizki Adiputra)

PENGESAHAN SKRIPSI

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KAPAL LAUT MENGGUNAKAN METODE
FUZZY RUNTUN WAKTU CHEN ORDE TINGGI**

Disusun dan diajukan oleh :

RIZKI ADIPUTRA

H121 16 508

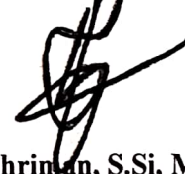
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelenggaraan
Studi Program Sarjana Departemen Statistika Program Studi Statistika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 19 Mei 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Erna Tri Herdiani, M.Si.
NIP . 19750429 200003 2001

Pembimbing Pendamping,



Sitti Sahrinan, S.Si, M.Si.
NIP. 19881018 201504 2002

Ketua Program Studi
Sarjana Statistika,



Dr. Nurtiti Sanusi, S.Si, M.Si
NIP. 19720117 199703 2002

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Rizki Rdiputra

NIM : H121 16 508

Program Studi : STATISTIKA

Judul Skripsi : Peramalan Jumlah Penumpang Kapal Laut Menggunakan Metode *Fuzzy* Runtun Waktu Chen Orde Tinggi

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 : Dr. Erna Tri Herdiani, M.Si.

2. Sekretaris : Sitti Sahrinan, S.Si, M.Si.

3. Anggota : Drs. Raupong, M.Si.

4. Anggota : Dr. La Podje Talangko, M.Si.

Tanda Tangan

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 19 Mei 2020

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahahirabbil'aalamiin, Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkah rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi yang berjudul "**Peramalan Jumlah Penumpang Kapal Laut Menggunakan Metode *Fuzzy Runtun Waktu* Chen Orde Tinggi**". Tak lupa pula, Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat manusia. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memperoleh gelar sarjana Statistika (S.Si) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Untuk itu, penulis menyusun skripsi ini dengan mengerahkan semua ilmu yang telah diperoleh selama proses perkuliahan. Tidak sedikit hambatan dan tantangan yang penulis hadapi dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, namun dengan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga semua hambatan itu dapat teratasi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya, Ayahanda yang tercinta Djam'an AM, SE. , Ibundaku yang aku sayang Rosilawati serta kakak tersayang Fitriana, Lestari dan Ilmi Miswar yang telah memberikan do'a dan selalu setia memberikan bantuan serta semangat selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Penulis tak lupa pula untuk menyampaikan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA** selaku Rektor Universitas Hasanuddin Makassar. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muh. Restu, MP.** selaku Wakil Rektor Bidang Akademik. Bapak **Prof. Dr. Ir. Sumbangan Baja, M.Sc.** selaku Wakil Rektor bidang Perencanaan, Keuangan dan Infrastruktur. Bapak **Prof. Dr. drg. A. Arsunan, M.kes.** selaku Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan dan Alumni. Bapak **Prof. dr. Muh. Nasrum Massi, Ph.D.** selaku Wakil Rektor Bidang Riset, Inovasi dan Kemitraan.
2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar. Bapak **Prof. Muhammad Ivan Aziz, M.Sc.** selaku Wakil Dekan I Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar. Bapak **Dr. Muhammad Zakir, M.Sc.** selaku Wakil Dekan II Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar. Bapak **Dr. Andi**

Ilham Latunra, M.Si. selaku Wakil Dekan III Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar.

3. Ibu **Dr. Nurtiti Sunusi, M.Si** selaku Ketua Departemen Statistika. Bapak **Andi Kresna Jaya, S.Si, M.Si** selaku Sekretaris Departemen Statistika yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama menjalani pendidikan.
4. Ibu **Dr. Erna Tri Herdiani, M.Si.** selaku Ketua Tim Penguji sekaligus sebagai Pembimbing Utama yang telah sabar dan ikhlas meluangkan begitu banyak waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini. Ibu **Sitti Sahrman, S.Si, M.Si.** selaku Sekretaris Tim Penguji sekaligus sebagai Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan arahan dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak **Drs. Raupong, M.Si.** selaku Penasehat Akademik serta penguji I, dan Bapak **Dr. La Podje Talangko, M.Si.** selaku penguji II atas semua bimbingan dan saran yang diberikan.
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan **Departemen Statistika** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah membekali pengetahuan, bimbingan dan arahan selama ini.
7. Sahabat Perkuliahanku “Diki dkk”, yaitu Asti, Dicky, Mamik, Nisa, Grace, Risma dan Fahmi atas semangat dan keceriaannya selama ini.
8. Sahabatku “Wakanda” yaitu Jayzul, Affan, Agung, Suritman, Samsul, Widya, Zhazha, Dewi, Dera, Ayu, Isna, Jumrianti, Amalah, Ros, Fitri, Bunga, Atik, Resky wulandari, Rayhanna, Rusdah atas dukungannya selama ini.

Serta semua pihak yang telah berjasa tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Semoga bantuan baik yang bersifat moral maupun material selama penelitian hingga terselesainya penulisan skripsi ini dapat menjadi amal baik dan ibadah, serta mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis dengan senang hati membuka diri untuk menerima segala kritikan dan saran yang bersifat membangun guna memberikan kontribusi untuk perkembangan ilmu pengetahuan serta bermanfaat bagi masyarakat luas, para pembaca dan khususnya bagi pribadi penulis. Aamin Ya Rabbal Alaamiin.

Makassar, 19 Mei 2020

Penulis,

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

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

Nama : Rizki Adiputra
NIM : H121 16 508
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 Prediktor Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusiive Royalty- Free Right*)** atas tugas akhir saya yang berjudul:

“ Peramalan Jumlah Penumpang Kapal Laut Menggunakan Metode *Fuzzy Runtun Waktu Chen Orde Tinggi*”

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 mempublikasikan 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 19 Mei 2020

Yang menyatakan,

Rizki Adiputra

ABSTRAK

Pelabuhan sudah menjadi bagian penting bagi kehidupan masyarakat. Setiap harinya masyarakat menggunakan transportasi kapal laut dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lainnya. Pada hari-hari tertentu terdapat peningkatan jumlah penumpang kapal yang dapat memperlambat kegiatan operasional dari pelabuhan, maka menyebabkan terjadinya penumpukan penumpang di pelabuhan. Oleh karena itu, pelabuhan harus siap sedia dalam mengatasi jika terjadinya penumpukan penumpang di pelabuhan. Berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan *forecasting* jumlah penumpang kapal laut di Pelabuhan Soekarno Hatta Makassar pada periode yang akan datang untuk mengetahui seberapa besar perkiraan jumlah penumpang di Pelabuhan Soekarno Hatta Makassar. Hasil dari penelitian tersebut dapat menjadi masukan kepada instansi PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Makassar jika akan terjadi lonjakan penumpang pada periode ke depan. *Fuzzy* runtun waktu (FRW) merupakan metode peramalan data yang menggunakan konsep himpunan *fuzzy* sebagai dasar perhitungannya. Kelebihan dari metode ini antara lain adalah dapat mengolah data yang tidak stasioner dan tidak membutuhkan asumsi-asumsi dibandingkan metode prediksi lainnya. Pada tahun 2002, Chen memperkenalkan FRW Orde Tinggi dengan melakukan pengembangan pada langkah penentuan *Fuzzy Logic Relations* (FLR) dengan melibatkan dua atau lebih data historis. Peneliti menggunakan metode *fuzzy* runtun waktu Chen orde tinggi dalam melakukan peramalan pada penelitian ini. Peneliti membagi data menjadi data *training* dan *testing*. Prinsip dalam metode *fuzzy* adalah mengubah nilai data aktual ke dalam bentuk nilai linguistik untuk melakukan peramalan. Alasan peneliti memilih menggunakan metode ini adalah lebih efisien, efektif dan juga sebagai alternatif lain jika ingin melakukan peramalan runtun waktu. Prosedur dalam melakukan penelitian dengan menggunakan metode ini adalah yang pertama menentukan himpunan semesta, kedua menentukan interval kelas, ketiga melakukan fuzzifikasi, keempat menentukan FLR dan FLRG, dan yang terakhir melakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai peramalan. Hasil dari penelitian dengan menggunakan *fuzzy* runtun waktu Chen orde tinggi terbaik adalah orde kedua menghasilkan ukuran *error* MAPE sebesar 0,143, MSE sebesar 134709933,9 dan MAE sebesar 9478,52. Hasil prediksi data *testing* satu periode kedepan adalah 52.608.

Kata Kunci : *Fuzzy* Runtun Waktu, Orde Tinggi, Penumpang Kapal Laut, *Testing*, *Training*.

ABSTRACT

The port has become an important part of community life. Every day people use sea transportation from one port to another. On certain days there is an increase in the number of ship passengers which can slow down the operational activities of the port, causing a buildup of passengers at the port. Therefore, the port must be ready to deal with a buildup of passengers at the port. Based on this, researchers forecast the number of passengers on ships at Soekarno Hatta Makassar Port in the coming period to find out how much the estimated number of passengers at Soekarno Hatta Makassar Port is. The results of these studies can be used as input to the PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Makassar if there will be a surge in passengers in the next period. Time series fuzzy (FRW) is a data forecasting method that uses the concept of fuzzy sets as the basis for calculations. The advantages of this method include that it can process data that is not stationary and does not require assumptions compared to other prediction methods. In 2002, Chen introduced the FRW High Order by developing a step to determine Fuzzy Logic Relations (FLR) by involving two or more historical data. Researchers use the high order Chen time series fuzzy method in forecasting in this study. Researchers divided the data into training and testing data. The principle in the fuzzy method is to convert the actual data values into linguistic values for forecasting. The reason the researchers chose to use this method is that it is more efficient, effective, and also an alternative if you want to forecast time series. The procedure in conducting research using this method is the first to determine the set of universes, the second to determine the class interval, the third to do fuzzification, the fourth to determine the FLR and FLRG, and the last to define the set of universes to obtain the forecast value. The results of the research using the best high order Chen time series fuzzy are second-order resulting in a MAPE error size of 0.143, MSE of 134709933.9, and MAE of 9478.52. The prediction result of testing data for the next period is 52,608.

Keywords: Fuzzy Time Series, High Order, Ship Passengers, Training, Testing

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Peramalan	3
2.2 Analisis Runtun Waktu.....	3
2.2.1 Pola Konstan	4
2.2.2 Pola Musiman (<i>Seasonal</i>).....	4
2.2.3 Pola Siklis.....	5
2.2.4 Pola Trend	5
2.3 Himpunan Fuzzy	6
2.4 Fuzzy Runtun Waktu Chen.....	8
2.4.1 Pembentukan himpunan semesta	9
2.4.2 Pembentukan interval	9
2.4.3 Menentukan Himpunan Fuzzy.....	10
2.4.4 Menentukan Fuzzy Logic Relations dan Fuzzy Logic Relations Group.	10
2.4.5 Peramalan.	10
2.5 Penerapan Fuzzy Runtun Waktu Orde Tinggi	11
2.6 Akurasi Peramalan.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Sumber Data.....	13
3.2 Deskripsi Data	13
3.3 Tahapan Analisis Data.....	14

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Tahap Uji Data Penumpang Kapal 2013 sampai 2017.....	16
4.2 Penerapan Orde Tinggi FRW Chen data <i>Training</i>	21
4.2.1 Orde Dua FRW Chen Training	22
4.2.2 Orde Tiga FRW Chen Training	25
4.2.3 Orde Empat FRW Chen Training	29
4.3 Hasil Peramalan Data <i>Training</i> Penumpang 2013 - 2017	32
4.11 Tahap Validasi Penumpang Kapal Laut.....	32
4.13 Ukuran Ketepatan Peramalan Data <i>Testing</i> Orde Satu.....	33
4.15 Ukuran Ketepatan Peramalan Data <i>Testing</i> Orde Dua.....	34
4.17 Ukuran Ketepatan Peramalan Data <i>Testing</i> Orde Tiga	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Panjang interval data <i>training</i>	17
Tabel 4. 2 Fuzzifikasi jumlah penumpang data training.....	18
Tabel 4. 3 fuzzy logic relations orde satu data training.....	18
Tabel 4. 4 Fuzzy logic relations group orde satu data training.....	19
Tabel 4. 5 Defuzzifikasi orde satu data training.....	20
Tabel 4. 6 Hasil nilai peramalan orde satu data training	20
Tabel 4. 7 Interpretasi Orde Pertama Fuzzy Chen Data Training.....	21
Tabel 4. 8 fuzzy logic relations orde dua data training.....	22
Tabel 4. 9 fuzzy logic relations grup orde dua data training	23
Tabel 4. 10 Defuzzifikasi orde dua data training	23
Tabel 4. 11 Hasil nilai peramalan orde dua data training	24
Tabel 4. 12 Interpretasi Orde Kedua Fuzzy Chen Data Training	25
Tabel 4. 13 fuzzy logic relations orde tiga data training	26
Tabel 4. 14 fuzzy logic relations grup orde tiga data training	26
Tabel 4. 15 Defuzzifikasi orde tiga data training	27
Tabel 4. 16 Hasil nilai peramalan orde tiga data training.....	27
Tabel 4. 17 Interpretasi Orde Ketiga Fuzzy Chen Data Training	28
Tabel 4. 18 fuzzy logic relations orde empat data training.....	29
Tabel 4. 19 fuzzy logic relations grup orde empat data training	29
Tabel 4. 20 Defuzzifikasi orde empat data training	30
Tabel 4. 21 Hasil nilai peramalan orde empat data training	30
Tabel 4. 22 Interpretasi Orde Keempat Fuzzy Chen Data Training	31
Tabel 4. 23 Hasil peramalan data training penumpang 2013 -2017	32
Tabel 4. 24 Interpretasi Orde Pertama Fuzzy Chen Data Training.....	33
Tabel 4. 25 Interpretasi Orde Kedua Fuzzy Chen Data Testing	34
Tabel 4. 26 Interpretasi Orde Ketiga Fuzzy Chen Data Testing.....	35
Tabel 4. 27 Hasil ukuran ketepatan peramalan data testing	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data jumlah penumpang kapal laut periode Januari 2013 sampai September 2019.....	42
Lampiran 2 Fuzzifikasi untuk data <i>training</i> peramalan orde satu	43
Lampiran 3 Nilai ramalan untuk data <i>training</i> peramalan orde satu	44
Lampiran 4 Uji Keakuratan untuk data <i>training</i> peramalan orde satu.....	45
Lampiran 5 <i>Fuzzy logic relations group</i> dan Defuzzifikasi untuk data <i>training</i> peramalan orde dua.....	46
Lampiran 6 nilai peramalan untuk data <i>training</i> peramalan orde dua	47
Lampiran 7 Uji keakuratan untuk data <i>training</i> peramalan orde dua	48
Lampiran 8 <i>Fuzzy logic relations group</i> dan Defuzzifikasi untuk data <i>training</i> peramalan orde tiga.....	49
Lampiran 9 nilai peramalan untuk data <i>training</i> peramalan orde tiga.....	50
Lampiran 10 Uji Keakuratan untuk data <i>training</i> peramalan orde tiga	51
Lampiran 11 <i>Fuzzy logic relations group</i> dan Defuzzifikasi untuk data <i>training</i> peramalan orde empat	52
Lampiran 12 nilai peramalan dan <i>error</i> untuk data <i>training</i> peramalan orde empat	53
Lampiran 13 nilai peramalan dan <i>error</i> untuk data <i>testing</i> peramalan orde satu.....	54
Lampiran 14 <i>Fuzzy logic relations group</i> dan Defuzzifikasi untuk data <i>testing</i> peramalan orde satu dan dua	55
Lampiran 15 Nilai peramalan dan <i>error</i> untuk data <i>testing</i> peramalan orde dua	56
Lampiran 16 <i>Fuzzy logic relations group</i> dan Defuzzifikasi untuk data <i>testing</i> peramalan orde tiga	57
Lampiran 17 Nilai peramalan dan <i>error</i> untuk data <i>testing</i> peramalan orde tiga	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola data Horizontal.....	4
Gambar 2. 2 Pola data Musiman.....	5
Gambar 2. 3 Pola data Siklis.....	5
Gambar 2. 4 Pola data Trend.....	6
Gambar 4. 1 Plot fuzzy data training runtun waktu orde satu.....	21
Gambar 4. 2 Plot <i>fuzzy</i> data <i>training</i> runtun waktu orde dua.....	24
Gambar 4. 3 Plot fuzzy data training runtun waktu orde ketiga.....	28
Gambar 4. 4 Plot <i>fuzzy</i> data <i>training</i> runtun waktu orde empat.....	31
Gambar 4. 5 Plot <i>fuzzy</i> data <i>testing</i> runtun waktu orde satu.....	33
Gambar 4. 6 Plot fuzzy data testing runtun waktu orde dua.....	34
Gambar 4. 7 Plot fuzzy data testing runtun waktu orde tiga.....	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Peramalan merupakan proses memprediksi sesuatu dimasa depan menggunakan data dari masa lalu dan memproyeksikannya ke masa depan dengan menggunakan beberapa bentuk model matematis (Heizer dan Render, 2001). Langkah dalam metode peramalan secara umum yaitu mengumpulkan data, menyeleksi dan memilih data, memilih model peramalan, menggunakan model terpilih untuk melakukan peramalan dan evaluasi hasil akhir. (Dewi, 2012). Peramalan memiliki peran penting dalam pengambilan keputusan untuk waktu yang akan datang, seperti prediksi cuaca, penjadwalan staf, maupun dalam hal bisnis.

Peramalan dengan menggunakan metode runtun waktu menggunakan data yang telah lalu dan data sekarang kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang (Berutu, 2013). *Fuzzy* runtun waktu (FRW) merupakan metode peramalan data yang menggunakan konsep himpunan *fuzzy* sebagai dasar perhitungannya. Kelebihan dari metode ini antara lain adalah dapat mengolah data yang tidak stasioner (Lutvia dkk, 2019). Pada tahun 2002, Chen memperkenalkan FRW Orde Tinggi dengan melakukan pengembangan pada langkah penentuan *Fuzzy Logic Relations* (FLR) dengan melibatkan dua atau lebih data historis.

Setelah menelaah beberapa penelitian, terdapat beberapa penelitian yang berkaitan. Penelitian tentang FRW dengan metode Chen ini pernah dilakukan oleh Putra pada tahun 2017 dengan judul “Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan *Fuzzy Time Series Model Chen* (Studi Kasus: Kota Tanjungpinang)”, Penelitian selanjutnya yaitu oleh Fauziah, Wahyuningsih, dan Nasution pada tahun 2016 dengan judul “Peramalan Menggunakan *Fuzzy Time Series Chen* (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda)”. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan Kota Samarinda (dalam mm) dari bulan Januari 2011 sampai dengan Mei 2016. Perbedaan penelitian ini dengan sebelumnya ialah pada penelitian ini menggunakan orde tinggi.

Orde tinggi sendiri digunakan untuk mendapatkan nilai peramalan dengan tingkat akurasi yang terbesar. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, untuk meramalkan jumlah penumpang peneliti menggunakan metode FRW Chen orde tinggi menggunakan data jumlah penumpang PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Makassar dari bulan Januari 2013 – September 2019 dengan menggunakan bantuan software R-studio dan Microdoft Excel. Maka pada penelitian ini peneliti mengangkat judul “*Peramalan Jumlah Penumpang Kapal Laut Menggunakan Metode Fuzzy Runtun Waktu Chen Orde Tinggi*”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penulisan tugas akhir ini yaitu bagaimana meramalkan jumlah penumpang kapal laut menggunakan metode *fuzzy* runtun waktu Chen orde tinggi dengan menggunakan data *training* dan *testing*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah penulisan tugas akhir ini yaitu penulis membatasi masalah pada metode *fuzzy* Chen orde tinggi dengan data *training* dibatasi sampai empat orde dan data *testing* dibatasi sampai tiga orde.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini yaitu untuk meramalkan jumlah penumpang kapal laut pada bulan Oktober 2019 menggunakan metode *fuzzy* runtun waktu Chen orde tinggi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini yaitu memberikan gambaran kepada instansi terkait mengenai jumlah penumpang kapal laut di periode yang akan datang agar instansi lebih siap dalam mengantisipasi sewaktu terjadi lonjakan penumpang atau penurunan penumpang kapal laut di periode yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peramalan

Menurut Heizer dan Render (2001), peramalan merupakan proses memprediksi sesuatu dimasa depan menggunakan data dari masa lalu dan memproyeksikannya ke masa depan dengan menggunakan beberapa bentuk model matematis. Langkah dalam metode peramalan secara umum yaitu mengumpulkan data, menyeleksi dan memilih data, memilih model peramalan, menggunakan model terpilih untuk melakukan peramalan dan evaluasi hasil akhir. (Dewi, 2012).

Berdasarkan horizon waktu, peramalan atau *forecasting* dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu (Herjanto, 2008):

1. Peramalan jangka panjang, yaitu yang mencakup waktu lebih besar dari 18 bulan. Misalnya, peramalan yang diperlukan dalam kaitannya dengan penanaman modal, perencanaan fasilitas dan perencanaan untuk kegiatan litbang.
2. Peramalan jangka menengah, yaitu mencakup waktu antara 3 sampai 18 bulan. Misalnya, peramalan untuk perencanaan penjualan, perencanaan produksi dan perencanaan tenaga kerja tidak tetap.
3. Peramalan jangka pendek, yaitu mencakup jangka waktu kurang dari 3 bulan. Misalnya, peramalan dalam hubungannya dengan perencanaan pembelian material, penjadwalan kerja dan penugasan karyawan.

2.2 Analisis Runtun Waktu

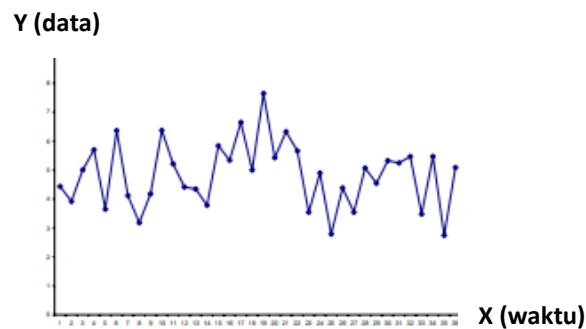
Analisis runtun waktu merupakan salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilitas keadaan yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan. Dasar pemikiran runtun waktu adalah pengamatan sekarang (z_t) dipengaruhi oleh satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (z_{t-n}); $n = 1, 2, \dots$. Dengan kata lain, model runtun waktu dibuat karena secara Indikator ada korelasi antar deret pengamatan. Tujuan analisis runtun waktu antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan kendali

(Makridakis dkk, 1999). Untuk meramalkan suatu data runtun waktu perlu memperhatikan tipe atau pola data.

Data runtun waktu yaitu data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu untuk melihat perkembangan suatu kegiatan (perkembangan penjualan, harga dan lain sebagainya), apabila data digambarkan akan menunjukkan fluktuasi dan dapat digunakan untuk menentukan trend yang dapat digunakan untuk dasar peramalan yang berguna untuk dasar perencanaan dan penarikan kesimpulan (Supranto, 2001). Ketika sebuah runtun waktu disajikan ke dalam bentuk plot, maka akan tergambarakan sebuah pola-pola tertentu dari data runtun waktu. Menurut Makridakis, Wheelwright, & McGee (1999), pola data runtun waktu dapat dibedakan menjadi empat jenis yakni sebagai berikut.

2.2.1 Pola Konstan

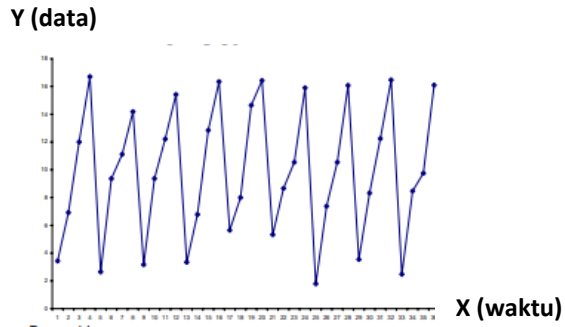
Pola horizontal terjadi ketika nilai dari suatu data mengalami fluktuasi di daerah nilai rata-rata konstan (rata-rata stasioner). Misal suatu produk yang nilai penjualannya tidak mengalami peningkatan atau penurunan dalam waktu tertentu.



Gambar 2. 1 Pola data Horizontal

2.2.2 Pola Musiman (*Seasonal*)

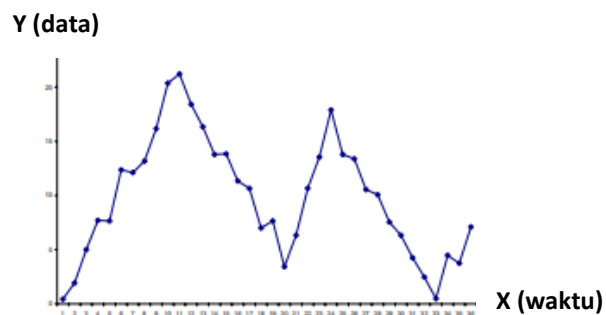
Pola musiman terjadi ketika suatu runtun waktu dari data dipengaruhi oleh faktor musiman yang ditunjukkan oleh adanya pola yang teratur yang bersifat musiman. Misal data penjualan produk yang dicatat secara tahunan, bulanan, atau harian.



Gambar 2. 2 Pola data Musiman

2.2.3 Pola Siklis

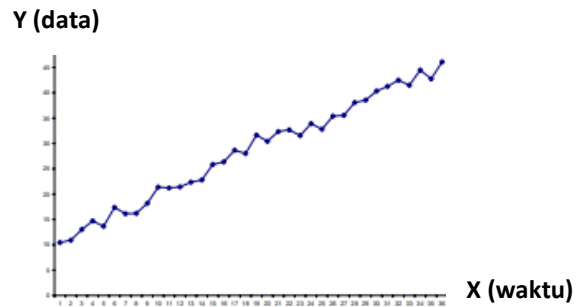
Pola siklis terjadi apabila pola data runtun waktu mengalami fluktuasi ekonomi jangka panjang berhubungan dengan siklus bisnis. Misal penjualan produk seperti mobil dan peralatan utama lainnya. Pengaruh siklis sulit diprediksi karena pengaruhnya berulang tetapi tidak periodik. Pola ini masih terus dikembangkan dan diteliti lebih lanjut pemodelannya sehingga dapat diperoleh hasil yang tepat.



Gambar 2. 3 Pola data Siklis

2.2.4 Pola Trend

Pola trend terjadi apabila pola data mengalami kenaikan atau penurunan, pola data seperti ini bervariasi tak beraturan. Misal penjualan banyak perusahaan, produk bruto nasional (GNP) dan berbagai indikator sistem ekonomi atau bisnis lainnya mengikuti suatu pola trend selama perubahan sepanjang waktu. Pola perkembangan data ini membentuk karakteristik yang mendekati garis linier. Pola yang naik atau turun menunjukkan peningkatan atau pengurangan nilai data sesuai dengan waktu.



Gambar 2. 4 Pola data Trend

Pembahasan selanjutnya mengenai dasar-dasar dari *fuzzy* runtun waktu yang diusulkan oleh Song dan Chissom (1994) untuk masalah yang data historisnya adalah nilai linguistik. Adapun yang menjadi topik untuk dibahas adalah himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan *fuzzy* dan *fuzzy* Runtun Waktu Chen.

2.3 Himpunan *Fuzzy*

Sri Kusumadewi dan Hari Prurnomo (2004) dalam bukunya menjelaskan bahwa pada dasarnya himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari himpunan klasik (*crisp*), yang pada suatu elemen himpunan klasik A akan memiliki 2 kemungkinan keanggotaan yaitu anggota A dinotasikan dengan $\mu_A(x)$. Pada himpunan klasik ada dua kenggotaan yaitu $\mu_A(x) = 1$ apabila x merupakan anggota A dan $\mu_A(x) = 0$ apabila x bukan anggota dari A.

Himpunan *Fuzzy* memiliki 2 (dua) atribut yaitu

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan Bahasa alami seperti: Muda, parubaya, Tua.
2. Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 40, 25, 50, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami system *fuzzy*, yaitu :

1. Variabel *Fuzzy*

Variabel *Fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu *system fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

2. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *Fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh : Variabel temperatur, terbagi menjadi lima himpunan *fuzzy*, yaitu : dingin, sejuk, normal, panas dan hangat.

3. Pembicaraan Semesta

Pembicaraan semesta adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Pembicaraan semesta merupakan himpunan bilangan riil yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai pembicaraan semesta dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai pembicaraan semesta ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh :

Pembicaraan semesta untuk variabel temperatur: $[0 \ 40]$

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* merupakan keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya pembicaraan semesta, domain merupakan himpunan bilangan riil yang senantiasa bertambah (naik) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh:

- | | | | |
|------|----------|---|-------------|
| i. | Dingin | = | $[0 \ 20]$ |
| ii. | Hangat | = | $[25 \ 35]$ |
| iii. | Panas | = | $[30 \ 40]$ |
| iv. | Muda | = | $[0 \ 45]$ |
| v. | Parubaya | = | $[3 \ 55]$ |

2.4 Fuzzy Runtun Waktu Chen

Fuzzy runtun waktu (FRW) merupakan suatu metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* dasar yang dikembangkan oleh L. Zadeh yang kemudian dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1994 untuk memecahkan permasalahan pada prediksi pendaftaran mahasiswa baru dengan data runtun waktu. Kemudian model dari Song dan Chissom dikembangkan lagi oleh Chen dengan memanfaatkan operasi aritmatika untuk memecahkan masalah dengan kasus yang sama. Peramalan dengan menggunakan metode FRW menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang (Berutu, 2013). Konsep dasar FRW pertamakali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1994, dimana nilai *fuzzy* runtun waktu direpresentasikan dalam himpunan *fuzzy*. Misal U adalah pembicaraan semesta dengan $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$, dimana u_i adalah nilai linguistic dari U kemudian sebuah himpunan *fuzzy* variabel linguistik A_i dari U didefinisikan pada persamaan (2.1).

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.1)$$

dengan μ_{A_i} merupakan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* A_i , sehingga $\mu_{A_i} \rightarrow [0,1]$. u_j merupakan elemen dari himpunan *fuzzy* dan $\mu_{A_i}(u_j)$ adalah dearajat keanggotaan dari u_j pada A_i dengan $j = 1,2,3, \dots, n$.

Definisi 2.4.1. Misalkan himpunan semesta $Y(t)(t = \dots, 0, 1, 2, \dots, n, \dots)$ adalah subset dari R yang didefenisikan dengan himpunan *Fuzzy* A_i . Jika $F(t)$ terdiri dari $A_i(i = 1,2, \dots, n, \dots)$. (Cheng dkk, 2008)

Definisi 2.4.2. Jika $F(t) = A_i$ dan $F(t - 1) = A_j$ maka hubungan antara $F(t)$ dan $F(t - 1)$ disebut sebagai *fuzzy logical relationship (FLR)*. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan $A_i \rightarrow A_j$, dengan A_i disebut *left-hand side* dan A_j disebut *right-hand side* dari FLR. Jika terdapat dua FLR yang mempunyai himpunan *fuzzy* yang sama ($A_i \rightarrow A_{j_1}$) dan ($A_i \rightarrow A_{j_2}$), maka dikelompokkan ke dalam *fuzzy logical relationship group (FLRG)* $A_i \rightarrow A_{j_1}, A_{j_2}$. (Cheng dkk, 2008)

Berikut beberapa langkah untuk menyelesaikan *fuzzy* runtun waktu (Song dan Chissom, 1994) dengan menggunakan dua tahap yakni data *training* yaitu data yang digunakan untuk membentuk model terbaik dan data *testing* yang digunakan untuk mengevaluasi model. Berikut merupakan tahapannya :

2.4.1 Pembentukan himpunan semesta

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \quad (2.2)$$

dengan D_1 dan D_2 merupakan nilai positif yang ditentukan oleh peneliti selama kedua bilangan tersebut masih riil positif. Nilai D_1 dan D_2 bertujuan untuk mempermudah dalam pembentukan interval. D_{min} merupakan data terkecil dari data historis dan D_{max} merupakan data terbesar dari data historis.

2.4.2 Pembentukan interval

Menghitung jumlah interval panjang. Pada tahap ini, himpunan semesta U dipartisi (dibagi) menjadi beberapa bagian dengan interval (n) yang sama dengan menggunakan rumus *Sturges* berikut.

$$Jumlah\ Interval = 1 + (3,333 \log(n)) \quad (2.3)$$

setelah jumlah interval didapat, maka selanjutnya menentukan panjang interval dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan (2.4).

$$Panjang\ interval = \frac{D_{max} - D_{min}}{jumlah\ interval} \quad (2.4)$$

dari hasil tersebut, nantinya akan terbentuk sejumlah nilai linguistik untuk mempresentasikan suatu himpunan *fuzzy* pada interval-interval yang terbentuk dari himpunan semesta (U).

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \quad (2.5)$$

dengan,

U = himpunan semesta

u_i = banyak kelas pada U , untuk $i = 1, 2, \dots, n$

2.4.3 Menentukan Himpunan Fuzzy

Tidak terdapat batasan untuk menentukan banyaknya variabel linguistik yang dapat menjadi himpunan fuzzy. Untuk mempermudah, setiap himpunan fuzzy $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ didefinisikan dalam jumlah n interval, yaitu $u_1 = [d_1, d_2], u_2 = [d_2, d_3], u_3 = [d_3, d_4], u_4 = [d_4, d_5], \dots, u_n = [d_n, d_{n+1}]$. Aturan untuk menentukan derajat keanggotaan A_i adalah seperti persamaan (2.6).

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{u_{ij}} \quad (2.6)$$

$$A_1 = \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\}$$

$$A_2 = \left\{ \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\}$$

$$A_3 = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\}$$

$$\vdots$$

$$A_n = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0.5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n} \right\}$$

dengan μ_{ij} adalah derajat keanggotaan u_{ij} milik A_i yang ditentukan :

$$\mu_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika } i = j \\ 0.5, & \text{jika } j = i - 1 \text{ atau } i = j + 1 \\ 0, & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (2.7)$$

2.4.4 Menentukan Fuzzy Logic Relations dan Fuzzy Logic Relations Group.

Menentukan FLR dan membuat grup sesuai dengan waktu. FLR $A_i \rightarrow A_j$ ditentukan berdasarkan nilai A_i yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Dengan A_i adalah tahun n dan A_j tahun $n + 1$ pada data runtun waktu. Misalnya jika FLR berbentuk $A_1 \rightarrow A_1$ kemudian $A_1 \rightarrow A_2$ dan $A_1 \rightarrow A_3$, maka FLRG terbaik yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$

2.4.5 Peramalan.

Menghitung output yang akan diramalkan. Jika $F(t - 1) = A_i$, peramalan dari $F(t)$ dapat ditentukan dengan aturan-aturan sebagai berikut.

- i. Jika FLRG dari A_i adalah himpunan kosong ($A_i \rightarrow \emptyset$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_i yang merupakan titik tengah dari interval u_j adalah

$$F(t) = m_i \quad (2.8)$$

- ii. Jika FLRG dari A_i adalah himpunan satu ke satu ($A_i \rightarrow A_j, i, j = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah M_j yang merupakan titik tengah dari interval u_j adalah

$$F(t) = m_j \quad (2.9)$$

- iii. Jika FLRG dari A_i adalah himpunan satu ke banyak ($A_i \rightarrow A_1, A_3, A_5, i = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_1, m_3, m_5 yang merupakan titik tengah dari interval u_1, u_3, u_5 adalah

$$F(t) = \frac{(m_1 + m_3 + m_5)}{3} \quad (2.10)$$

2.5 Penerapan *Fuzzy Runtun Waktu Orde Tinggi*

Pada penelitian ini, peneliti akan menerapkan *fuzzy runtun waktu* (FRW) orde tinggi pada algoritma Chen. FRW orde tinggi tetap sama dengan algoritma Chen sebelumnya, tetapi akan dikembangkan pada beberapa langkah agar dapat memberikan tingkat akurasi peramalan yang baik. FRW orde tinggi algoritma Chen dalam perhitungan dibentuk FLR dengan melibatkan 2 atau lebih data historis yang disimbolkan dengan $(F(t), \dots, F(t - 2), F(t - 1))$. Orde dua yaitu dengan melibatkan 2 data historis $F(t - 2)$ dan $F(t - 1)$, sehingga terbentuk pengembangan FLRG berdasarkan data pengamatan $F(t - 2)$ dan $F(t - 1)$ (Chen, 2002). Contohnya jika $(t - 2) = A_i$, $F(t - 1) = A_j$ dan $F(t) = A_k$ maka FLR yang terbentuk adalah $A_i, A_j \rightarrow A_k$ yang merupakan penulisan FLR orde dua.

2.6 Akurasi Peramalan

Perhitungan *error* merupakan suatu cara untuk mengetahui ketepatan model yang telah diperoleh. Dengan perhitungan *error* dapat dilihat seberapa akurat data hasil peramalan dari model yang telah diperoleh dengan data aktualnya. Metode peramalan yang digunakan yaitu *Mean Percentage Error* (MAPE), *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebagai berikut. (Indriyo & Najmudin, 2000)

- i. *Mean Absolute Error* (MAE) adalah rata rata absolut dari kesalahan meramal, tanpa menghiraukan tanda positif atau negatif.

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n} \quad (2.11)$$

- ii. *Mean Square Error* (MSE) adalah kuadrat rata rata kesalahan meramal.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \quad (2.12)$$

- iii. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah persentase rata rata absolut dari kesalahan meramal, tanpa menghiraukan tanda positif atau negatif.

$$PE_t = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \times 100 \quad (2.13)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (2.14)$$

dengan,

y_t = data aktual dari periode ke-t

\hat{y}_t = forecasting/ramalan dari periode ke-t

n = banyak data.