

**IMPLEMENTASI *FUZZY TIME SERIES* ORDE TINGGI MODEL SINGH
PADA NILAI EKSPOR MIGAS DI INDONESIA DENGAN VARIASI
HIMPUNAN SEMESTA PEMBICARAAN**

(Skripsi)

Oleh

MUHAMAD DEVA RANDRI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF SINGH FUZZY TIME SERIES HIGH-ORDER MODEL ON THE VALUE OF OIL AND GAS EXPORTS IN INDONESIA WITH VARIATIONS OF UNIVERSE OF DISCOURSE

By

MUHAMAD DEVA RANDRI

One of the reasons for the shortage of oil and gas exports in Indonesia is inadequate planning and development. Short- and long-term planning can be used as a policy guide or action to avoid insufficient oil and gas exports. The value of future oil and gas exports must predict using forecasting techniques with high accuracy, one of which is the high-order fuzzy time series Singh model, which uses a simple algorithm and has a linear sequence complexity. The advantage of this method is that it can produce high prediction accuracy because, during the defuzzification process, it can minimize the complexity of calculating fuzzy relational matrices. This research examines the problem of predicting the value of oil and gas exports using the high-order fuzzy time series of the Singh model by varying the set of universes of conversation. Based on the results obtained, the smallest MAPE is in the universe of discourse 1 [560.9, 1706.8] with order 7, which is 3.887%, so the set of universes of discourse and order is the best forecasting model compared to the set of discourse and other orders.

Keywords: *Singh Fuzzy Time Series High-Order Model, Value of Oil and Gas Exports*

ABSTRAK

IMPLEMENTASI *FUZZY TIME SERIES* ORDE TINGGI MODEL SINGH PADA NILAI EKSPOR MIGAS DI INDONESIA DENGAN VARIASI HIMPUNAN SEMESTA PEMBICARAAN

Oleh

MUHAMAD DEVA RANDRI

Salah satu penyebab atas kekurangan ekspor migas di Indonesia dapat dikaitkan dengan perencanaan dan pembangunan yang tidak memadai. Perencanaan, baik jangka pendek maupun jangka panjang, dapat digunakan sebagai panduan kebijakan atau tindakan yang harus dilakukan untuk menghindari ekspor migas yang tidak mencukupi. Nilai ekspor migas di masa mendatang harus diramalkan dengan menggunakan teknik peramalan dengan akurasi tinggi, salah satunya *fuzzy time series* orde tinggi model Singh yang menggunakan algoritma sederhana dan memiliki kompleksitas urutan linier. Keunggulan Metode ini dapat menghasilkan akurasi prediksi yang tinggi karena selama proses defuzzifikasi dapat meminimalkan kompleksitas perhitungan matriks relasional *fuzzy*. Pada penelitian ini dikaji masalah prediksi nilai ekspor migas menggunakan *fuzzy time series* orde tinggi model Singh dengan memvariasikan himpunan semesta pembicaraannya. Berdasarkan hasil yang diperoleh, MAPE terkecil ada pada himpunan semesta pembicaraan 1 [560.9, 1706.8] dengan orde 7 yakni sebesar 3,887%. Sehingga himpunan semesta pembicaraan dan orde tersebut merupakan model peramalan terbaik dibandingkan himpunan semesta pembicaraan dan orde lainnya.

Kata Kunci: Fuzzy Time Series Orde Tinggi Model Singh, Nilai Ekspor Migas

**IMPLEMENTASI *FUZZY TIME SERIES* ORDE TINGGI MODEL SINGH
PADA NILAI EKSPOR MIGAS DI INDONESIA DENGAN VARIASI
HIMPUNAN SEMESTA PEMBICARAAN**

Oleh

MUHAMAD DEVA RANDRI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul : **IMPLEMENTASI FUZZY TIME SERIES
ORDE TINGGI MODEL SINGH PADA NILAI
EKSPOR MIGAS DI INDONESIA DENGAN
VARIASI HIMPUNAN SEMESTA
PEMBICARAAN**

Nama Mahasiswa : **Muhamad Deva Randri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031067**

Jurusan/Program Studi : **Matematika/S1 Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1 001

Dr. Ahmad Faisol, S.Si., M.Sc.
NIP. 19800206200312 1 003

2. **Ketua Jurusan Matematika**

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

Ketua : Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.

Sekretaris : Dr. Ahmad Faisol, S.Si., M.Sc.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Nusyirwan, M.Si.**

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002**

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Dr. Aang Nuryaman, the Chairman of the Exam Team.

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Dr. Ahmad Faisol, the Secretary of the Exam Team.

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Drs. Nusyirwan, the Examiner.

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Juni 2023

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : **Muhamad Deva Randri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031067**

Jurusan : **Matematika**

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI FUZZY TIME SERIES
ORDE TINGGI MODEL SINGH PADA NILAI
EKSPOR MIGAS DI INDONESIA DENGAN
VARIASI HIMPUNAN SEMESTA
PEMBICARAAN**

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Juni 2023
Penulis



Muhamad Deva Randri

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Muhamad Deva Randri dilahirkan di Jakarta pada 13 Desember 2000. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara pasangan Bapak Supir Manri dan Ibu Rosimah.

Penulis pertama kali menempuh pendidikannya di Taman Kanak-Kanak Nurul Hikmah pada tahun 2005-2006 dan melanjutkan pendidikannya ke Sekolah Dasar di SD Negeri Jatirahayu V pada tahun 2007-2013. Kemudian, penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di PM Ummul Quro Al-Islami pada tahun 2013-2016. Jenjang pendidikan selanjutnya di SMK Farmasi Tunas Bangsa pada tahun 2016-2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa S1 Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif dalam berorganisasi lembaga pers Natural FMIPA UNILA. Pada tahun 2022 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kecamatan Cilandak, Kota Jakarta Selatan dan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik Kota Jakarta Barat, serta mengikuti Program Magang Studi Independen Bersertifikat di MyEduSolve dengan pembelajaran *Data Scientist*.

KATA INSPIRASI

Barang siapa yang tidak mensyukuri yang sedikit, maka ia tidak akan mampu mensyukuri sesuatu yang banyak
(HR. Ahmad)

Dan sungguh Kami benar-benar akan menguji kalian agar Kami mengetahui siapa orang-orang yang bersungguh-sungguh dan bersabar di antara kalian
(Q.S Muhammad: 31)

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui
(Q.S Al-Baqarah: 216)

*We have mirrorballs in the middle of a dance floor because they reflect light.
They are broken a million times, and that's what makes them so shiny.*
(Taylor Alison Swift)

Apapun yang terjadi kepadamu tidaklah abadi, begitupun kesedihan.
(Penulis)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, serta salawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Dengan penuh ketulusan saya persembahkan karya tulis ini untuk:

Bapak Supir Manri dan Ibu Rosimah

Terima kasih kepada kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan dan saran dalam setiap keputusan, kasih sayang serta doa yang tak pernah putus dalam setiap langkah yang saya tempuh

Bapak Azwin dan Kakak Nurmala Azizah

Terima kasih telah memberikan doa, semangat, serta dukungan selama ini selaku keluarga yang jua membantu saya selama ini

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada bapak dan ibu dosen yang sangat berjasa, membantu, memberikan arahan, serta masukan dan ilmu yang bermanfaat

Teman-teman yang telah membantu, menemani, serta mendukung setiap langkahnya dari awal, hingga saat ini, dan seterusnya

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “Implementasi *Fuzzy Time Series* Orde Tinggi Model Singh Pada Nilai Ekspor Migas Di Indonesia Dengan Variasi Himpunan Semesta Pembicaraan” dengan baik dan tepat waktu.

Laporan yang telah penulis kerjakan ini tidak dapat terselesaikan dengan lancar tanpa bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dan dosen pembimbing I yang telah bersedia membimbing, memberi saran, bantuan, motivasi, dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ahmad Faisol, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran serta masukan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Nusyirwan, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran selama proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Agus Sutrisno, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Akademik.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Seluruh dosen dan staff Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Kedua orang tua dan kakak saya yang selalu memberikan dukungan, doa dan motivasinya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman baikku yaitu Surya, Valen, Yusril, Yoga, dan Zidny yang selalu memberi semangat.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah senantiasa melimpahkan karunia-Nya atas segala kebaikan semua pihak yang terlibat membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran sangat penulis harapkan agar dapat menjadi bahan perbaikan dan pembelajaran kedepannya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Bandar Lampung, 21 Juni 2022
Penulis,

Muhamad Deva Randri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Manfaat.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Data Deret Waktu	4
2.2 Peramalan	4
2.3 <i>Fuzzy Logic</i>	5
2.4 <i>Fuzzy Set</i>	6
2.5 <i>Fuzzy Time Series</i>	7
2.6 Fuzzifikasi dan Defuzzifikasi	8
2.7 <i>Fuzzy Time Series</i> Orde Tinggi Model Singh	9
2.8 Evaluasi Model Peramalan	16
2.8 Statistika Deskriptif	17
III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18

3.2	Data Penelitian	18
3.3	Metode Penelitian.....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		20
4.1	Data Penelitian	20
4.2	Analisis dan Pembahasan	21
4.2.1	Analisis Deskriptif	21
4.2.2	<i>Fuzzy Time Series</i> Orde Tinggi Model Singh.....	22
4.2.3	Evaluasi Model Peramalan	53
V. KESIMPULAN.....		61
5.1.	Kesimpulan.....	61
DAFTAR PUSTAKA		62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Nilai Ekspor Migas Indonesia (dalam Juta US Dolar)	20
2. Interval dari Himpunan Semesta Pembicaraan (U_1) Nilai Ekspor Migas	24
3. Interval dari Himpunan Semesta Pembicaraan (U_2) Nilai Ekspor Migas	25
4. Interval dari Himpunan Semesta Pembicaraan (U_3) Nilai Ekspor Migas	26
5. Fuzzifikasi Nilai Ekspor Migas pada U_1	27
6. Fuzzifikasi Nilai Ekspor Migas pada U_2	27
7. Fuzzifikasi Nilai Ekspor Migas pada U_3	28
8. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 2 untuk U_1	29
9. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 2 untuk U_2	29
10. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 2 untuk U_3	30
11. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 3 untuk U_1	30
12. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 3 untuk U_2	31
13. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 3 untuk U_3	31
14. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 4 untuk U_1	32
15. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 4 untuk U_2	32
16. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 4 untuk U_3	33
17. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 5 untuk U_1	33
18. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 5 untuk U_2	34
19. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 5 untuk U_3	34
20. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 6 untuk U_1	35
21. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 6 untuk U_2	35
22. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 6 untuk U_3	36
23. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 7 untuk U_1	36

24. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 7 untuk U_2	37
25. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 7 untuk U_3	37
26. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 8 untuk U_1	38
27. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 8 untuk U_2	38
28. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 8 untuk U_3	39
29. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 9 untuk U_1	39
30. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 9 untuk U_2	40
31. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 9 untuk U_3	40
32. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 10 untuk U_1	41
33. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 10 untuk U_2	41
34. FLR Nilai Ekspor Migas Orde 10 untuk U_3	42
35. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 2, Orde 3, dan Orde 4 pada U_1	43
36. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 5, Orde 6, dan Orde 7 pada U_1	44
37. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 8, Orde 9, dan Orde 10 pada U_1	45
38. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 2, Orde 3, dan Orde 4 pada U_2	46
39. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 5, Orde 6, dan Orde 7 pada U_2	47
40. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 8, Orde 9, dan Orde 10 pada U_2	48
41. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 2, Orde 3, dan Orde 4 pada U_3	49
42. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 5, Orde 6, dan Orde 7 pada U_3	50
43. Hasil Nilai Peramalan Nilai Ekspor Migas Orde 8, Orde 9, dan Orde 10 pada U_3	51
44. Nilai MAPE.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Alir <i>Fuzzy Time Series</i> Orde Tinggi Model Singh.....	19
2. Grafik Nilai Ekspor Migas Indonesia	22
3. Plot <i>Fuzzy Time Series</i> Orde Tinggi Model Singh Nilai Ekspor Migas Pada U_1	52
4. Plot <i>Fuzzy Time Series</i> Orde Tinggi Model Singh Nilai Ekspor Migas Pada U_2	52
5. Plot <i>Fuzzy Time Series</i> Orde Tinggi Model Singh Nilai Ekspor Migas Pada U_3	53

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Peramalan memainkan fungsi penting dalam kehidupan manusia. Hal ini disebabkan peramalan digunakan untuk menentukan suatu nilai yang akan terjadi di masa yang akan datang. Metode analisis deret waktu antara lain smoothing, fungsi transfer, ARIMA, SARIMA, dan lain-lain yang dapat digunakan untuk meramalkan data. Metode-metode ini, seperti metode ARIMA dan SARIMA, memiliki kekurangan karena membutuhkan sejumlah besar data historis dan asumsi khusus yang harus dipenuhi. Metode *fuzzy time series* dirancang untuk mengatasi kekurangan dari metode peramalan sebelumnya (Wang *et al.*, 2015).

Peramalan data *fuzzy time series* (FTS) adalah peramalan data yang menggunakan himpunan fuzzy sebagai dasar pemodelan peramalan. Peramalan dengan FTS adalah peramalan dengan menganalisis trend data historis kemudian memprediksi data yang akan datang. FTS memiliki keunggulan karena tidak memerlukan volume data historis yang besar dan asumsi peramalan. FTS adalah metode peramalan yang menggunakan kecerdasan buatan untuk mengubah data dunia nyata menjadi nilai linguistik yang dikenal sebagai *fuzzy set*. Menurut Elfajar, dkk (2017), FTS adalah metode peramalan yang menggunakan data dalam bentuk *fuzzy set* yang dibuat dari bilangan real atas semesta data aktual. *Fuzzy set* digunakan untuk menggantikan data historis dalam peramalan, memungkinkan peramalan FTS untuk menghindari kebutuhan data historis dalam jumlah besar.

Fuzzy time series pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1994 lalu dikembangkan oleh Singh pada tahun 2009 teknik komputasi sederhana untuk memprediksi deret waktu yang rumit secara linear, berurutan tinggi menggunakan algoritma dasar. Metode ini mencari prosedur defusifikasi yang tepat dan diharapkan untuk memberikan nilai perkiraan yang lebih akurat dengan meminimalkan kompleksitas yang terlibat dalam perhitungan matriks relasional yang membingungkan. Penerapan *fuzzy time series* orde tinggi dengan model Singh salah satunya akan dilakukan untuk meramalkan nilai ekspor migas.

Sebagaimana dilaporkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), neraca perdagangan minyak dan gas Indonesia pada September 2022 kembali mengalami defisit sebesar US\$2,1 miliar. Secara khusus, nilai ekspor minyak dan gas Indonesia sebesar US\$1,33 miliar pada bulan September 2022, sementara nilai impor minyak dan gas Indonesia mencapai US\$3,43 miliar pada bulan Agustus 2022. Akibatnya, ekspor minyak dan gas kembali mengalami defisit. Karena kekurangan uang untuk berinvestasi, ketimpangan ekspor migas menghambat pembangunan nasional secara keseluruhan. Perencanaan dan perbaikan yang belum selesai mungkin menjadi penyebab ekspor migas Indonesia yang rendah. Untuk menghindari kekurangan ekspor migas, perencanaan, baik jangka pendek maupun jangka panjang, dapat digunakan sebagai acuan untuk kegiatan atau prosedur yang akan dilakukan di masa depan. Perencanaan ini dapat dilakukan dengan mengetahui nilai ekspektasi ekspor migas di masa mendatang, yang membutuhkan sistem peramalan yang tepat untuk meningkatkan nilai ekspor migas di masa mendatang.

Fathoni (2022) telah melakukan penelitian dengan data nilai ekspor migas di Indonesia menggunakan metode Holt dan Winter didapatkan MAPE sebesar 15,75% dan 12,82%, Dinata (2022) telah melakukan penelitian dengan data nilai ekspor impor sektor migas dan non-migas Indonesia menggunakan *fuzzy time series* dengan transformasi box-cox untuk ekspor migas didapatkan nilai MAPE sebesar 19,56%, dan Kertayuga (2021) telah melakukan penelitian dengan data nilai ekspor impor migas dan non-migas Indonesia menggunakan *extreme*

learning machine untuk dataset ekspor didapatkan rata-rata nilai MAPE sebesar 6,7%.

Penelitian ini akan menggunakan *fuzzy time series* orde tinggi model Singh dalam rangka memprediksi Nilai Ekspor Migas di Indonesia dan menggunakan data periode bulanan dari Januari 2016 hingga Januari 2023. Kemudian untuk mengukur ketepatan hasil prediksi terhadap data asli menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

Untuk mengetahui keakuratan hasil prediksi *fuzzy time series* orde tinggi model Singh berdasarkan pemilihan himpunan semesta pembicaraan U dan orde ke m pada nilai ekspor migas di Indonesia.

1.3 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan pengetahuan terkait metode *fuzzy time series* orde tinggi model Singh.
2. Dapat menjadi sarana pengembangan minat keilmuan, terkhusus di bidang prediksi nilai ekspor migas dengan menggunakan metode *fuzzy time series* orde tinggi model Singh.
3. Sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya tentang metode *fuzzy time series* orde tinggi model Singh dalam memprediksi nilai ekspor migas di Indonesia

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Data Deret Waktu

Menurut Wei (2006), mendefinisikan data deret waktu sebagai “serangkaian pengamatan berurutan dari suatu variabel berdasarkan waktu dengan interval waktu tetap” sedangkan menurut Hanke & Whicern (2004), data deret waktu digunakan dalam analisis peramalan atau prediksi untuk memperkirakan hubungan antar variabel dan pengamatan terhadap suatu variabel dari masa lalu yang dicatat secara progresif dengan periode tertentu.

2.2 Peramalan

Peramalan menurut Subagyo (1986) adalah suatu perkiraan atau prediksi terhadap sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang. Nilai ekspor, pendapatan per kapita, populasi, output dan variabel lainnya selalu berubah. Faktor yang sangat kompleks mempengaruhi pergeseran ini. Pendapatan keluarga, tenaga kerja, budaya masyarakat, tanah, dan sebagainya adalah contohnya.

Metode peramalan dibagi menjadi dua kategori: pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kualitatif memerlukan analisis yang lebih besar berdasarkan intuisi, perhitungan rasional, dan informasi atau keahlian yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Pendekatan kuantitatif mengharuskan kuantifikasi informasi historis dalam bentuk data numerik. Metode peramalan ini

menggunakan metodologi statistik dan matematika untuk membuat prediksinya. Model time series dan model regresi merupakan dua model peramalan kuantitatif (Rahmawati, 2015).

2.3 Fuzzy Logic

Komputasi lunak termasuk *fuzzy logic* sebagai salah satu komponennya. *Fuzzy logic* diperkenalkan sebagai metode komputasi untuk menyelesaikan skenario yang menggunakan kata-kata (Chryshafiadi & Virvou, 2012). Algoritma berdasarkan pengambilan keputusan *fuzzy* membantu dalam memilih model terbaik dengan menaksir serangkaian kriteria dan spesifikasi model (Shakouri & Menhaj, 2008).

Fuzzy logic adalah suatu teknik yang pada dasarnya merupakan sistem kecerdasan (*Artificial Intelligence*) yang dapat meniru kemampuan berpikir manusia dalam bentuk algoritma yang kemudian dilakukan oleh mesin. Pendekatan ini digunakan dalam berbagai situasi pemrosesan data di mana representasi biner tidak dimungkinkan. Menurut Elfajar, dkk (2017) *fuzzy logic* mengubah pernyataan ambigu menjadi pemahaman logis.

Menurut Sutojo, dkk (2010), hal-hal yang harus diperhatikan dalam memahami *fuzzy logic* yaitu:

1. Variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy* disebut variabel *fuzzy*. Contohnya : penghasilan, temperatur, permintaan, umur, dan sebagainya.
2. Suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy* disebut himpunan *fuzzy*. Contohnya : variabel temperatur terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.
3. Keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy* disebut semesta pembicaraan. Semesta pembicaraan adalah kumpulan bilangan nyata yang bergerak dari kiri ke kanan secara teratur.

Nilai semesta pembicaraan dapat berupa angka, baik positif maupun negatif. Nilai-nilai ini tidak terbatas pada titik tertinggi.

Contoh :

- a. Semesta pembicaraan untuk variabel umur : $[0, \infty]$
- b. Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur : $[0, 40]$

4. Semua nilai yang dapat digunakan dalam himpunan *fuzzy* dan diizinkan dalam semesta pembicaraan disebut domain himpunan *fuzzy*. Domain merupakan himpunan riil yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh :

- a. Muda : $[0, 45]$
- b. Parubaya : $[35, 55]$
- c. Tua : $[45, \infty]$
- d. Dingin : $[0, 20]$
- e. Hangat : $[25, 35]$
- f. Panas : $[30, 40]$

2.4 Himpunan *Fuzzy*

Menurut Susilo (2006), Lotfi Asker Zadeh memperkenalkan teori himpunan fuzzy pada tahun 1965, memperluas teori mengenai himpunan klasik menjadi himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*), menjadikan himpunan klasik (*crisp set*) sebagai kejadian unik dari himpunan *fuzzy*, dan kemudian mendefinisikan himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan, nilainya berada pada selang tertutup $[0, 1]$.

Nilai keanggotaan pada himpunan klasik (*crisp set*) memiliki dua kemungkinan yaitu 0 dan 1. Jika x memiliki nilai keanggotaan $\mu_A(x) = 0$ berarti x tidak menjadi

anggota himpunan A. Demikian juga, jika x memiliki nilai keanggotaan $\mu_A(x) = 1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A.

Nilai keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* terletak pada rentang 0 sampai 1, yang menunjukkan bahwa himpunan *fuzzy* dapat mewakili interpretasi setiap nilai berdasarkan pendapat atau keputusan dan probabilitasnya. Nilai 0 menunjukkan nilai yang salah, sedangkan nilai 1 menunjukkan nilai yang benar. Ada juga nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item bukan hanya benar atau salah. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu:

1. Linguistik adalah teknik menggunakan bahasa alami untuk menamakan kelompok yang mewakili situasi atau keadaan tertentu.
2. Numeris adalah suatu nilai, atau angka, yang menunjukkan seberapa besar suatu variabel.

Dalam *fuzzy time series* atribut yang digunakan untuk menentukan himpunan *fuzzy* yaitu dengan linguistik.

2.5 Fuzzy Time Series

Dengan menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasar, *fuzzy time series* dapat digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang dengan mengidentifikasi pola dari data sebelumnya (Ujianto & Irawan, 2015).

Song dan Chissom mengembangkan konsep *fuzzy* pada tahun 1994. Metode ini tidak membutuhkan sistem pembelajaran yang kompleks, membuat proses peramalan mudah digunakan dan dikembangkan.

2.6 Fuzzifikasi dan Defuzzifikasi

Proses fuzzifikasi yaitu menetapkan bilangan input untuk masing-masing gugus *fuzzy*. Pada tahap ini, sistem menerima input data dan menentukan nilai dari fungsi keanggotaannya, serta menerjemahkan variabel numerik menjadi variabel linguistik atau variabel *fuzzy* (Jang *et al.*, 1997). Defuzzifikasi adalah proses menggabungkan semua *fuzzy output* menjadi suatu hasil yang dapat digunakan untuk setiap sistem *output* (Jang *et al.*, 1997). Defuzzifikasi, juga dikenal sebagai penegasan adalah tahap akhir dalam sistem *fuzzy logic*, dengan tujuan dari defuzzifikasi adalah untuk mengubah setiap hasil dari mesin inferensi yang dinyatakan dalam bentuk *fuzzy set* menjadi bilangan *real*. Hasil dari perubahan ini adalah tindakan yang dilakukan oleh kendali *fuzzy logic*. Oleh karena itu, pemilihan metode defuzzifikasi yang tepat juga mempengaruhi sistem kendali *fuzzy logic* dalam menghasilkan respon yang optimal. Beberapa standar menentukan fungsi penegasan (Wang, 1997):

- a. Masuk akal, atau *plausibility*, berarti bahwa bilangan tegas dapat dianggap secara intuitif sebagai bilangan yang mewakili himpunan *fuzzy* kesimpulan dari semua *fuzzy output* untuk setiap aturan.
- b. Perhitungan sederhana (*computational simplicity*) artinya diharapkan bilangan tegas ditentukan untuk perhitungan kesimpulan dari masing-masing aturan akan mudah.
- c. Kontinuitas, atau *continuity*, berarti bahwa bilangan tegas tidak akan berubah bahkan jika ada perubahan kecil pada himpunan *fuzzy output*.

2.7 Fuzzy Time Series Orde Tinggi Model Singh

Singh menyarankan metode komputasi sederhana untuk peramalan *fuzzy time series* orde tinggi yang menggunakan algoritma sederhana yang memiliki kompleksitas urutan linier. Metode ini diharapkan dapat meminimalkan kerumitan dalam perhitungan matriks relasional fuzzy dan menemukan proses defuzzifikasi yang sesuai. Metode *fuzzy time series* orde tinggi didefinisikan sebagai berikut (Singh, 2009):

Definisi 1

Sebuah golongan atau kelas dari objek dengan sebuah rangkaian kesatuan dari derajat keanggotaan (*grade of membership*) disebut *fuzzy set*. Misalkan U adalah himpunan semesta dengan $U = u_1, u_2, \dots, u_n$ dengan u_i adalah nilai yang mungkin dari U , kemudian variabel linguistik A_i terhadap U dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \frac{\mu_{A_i}(u_3)}{u_3} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.1)$$

Dimana μ_{A_i} adalah fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A_i dan $\mu_{A_i}(u_i)$ adalah derajat keanggotaan dari u_i ke A_i . Dimana $\mu_{A_i}(u_i) \in [0,1]$ dan $1 \leq i \leq n$. Nilai derajat keanggotaan dari $\mu_{A_i}(u_i)$ ditentukan berdasarkan aturan seperti di bawah ini:

Aturan 1: nilai derajat keanggotaan untuk u_i adalah 1, dan u_{i+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_i dan u_{i+1} , berarti dinyatakan nol, jika data historis X_t termasuk dalam u_i .

Aturan 2: nilai derajat keanggotaan untuk u_i adalah 1, untuk u_{i-1} dan u_{i+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_i, u_{i-1} dan u_{i+1} berarti dinyatakan nol, jika data historis X_t termasuk dalam $u_i, 1 \leq i \leq n$.

Aturan 3: nilai derajat keanggotaan untuk u_n adalah 1, untuk u_{n-1} adalah 0,5 dan jika bukan u_n dan u_{n-1} , berarti dinyatakan nol, jika data historis X_t termasuk dalam u_n .

Definisi 2

Fuzzy time series $F(t)$ pada $Y(t)$ dirumuskan dengan misalkan $Y(t)$ dimana $(t = 0,1,2, \dots)$ adalah subset dari relasi (R) yang merupakan himpunan semesta dari *fuzzy set* $f_{i(t)}$, $(t = 1,2,3, \dots)$ dirumuskan dan $F(t)$ adalah kumpulan dari f_i .

Definisi 3

Ada hubungan *fuzzy* antara $F(t)$ dan $F(t - 1)$, andaikan $F(t)$ disebabkan hanya oleh $F(t - 1) \rightarrow F(t)$, maka dapat dinyatakan dalam persamaan *fuzzy relation* yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$F(t) = F(t - 1) \circ R(t, t - 1) \quad (2.2)$$

Tanda " \circ " adalah operator komposisi *max - min*. Relasi (R) disebut sebagai model orde pertama dari $F(t)$ adalah tidak tergantung waktu (t) , dapat dikatakan untuk perbedaan waktu t_1 dan t_2 , $R(t_1, t_2 - 1) = R(t_2, t_2 - 1)$, maka $F(t)$ disebut *time-invariant fuzzy time series*.

Definisi 4

Jika $F(t)$ disebabkan oleh beberapa *fuzzy sets* $F(t - n), F(t - n + 1), \dots, F(t)$ maka relasi *fuzzy* nya diwakili oleh

$$A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in} \rightarrow A_{ij} \quad (2.3)$$

Dengan $F(t - n) = A_{i1}, F(t - n + 1) = A_{i2}, \dots, F(t - 1) = A_{in}$, hubungan ini disebut *fuzzy time series* orde ke- n .

Definisi 5

Persamaan *fuzzy relation* yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$F(t) = F(t - 1) \circ R^w(t, t - 1) \quad (2.4)$$

Misalkan $F(t)$ disebabkan oleh $F(t - 1)$, $F(t - 2)$ dan $F(t - m)$ dimana ($m > 0$) secara simultan dan hubungannya adalah *time variant*. $F(t)$ dikatakan time-invariant *fuzzy time series*. Berbagai metode-metode komputasi rumit telah tersedia untuk komputasi berhubungan terhadap $R^w(t, t - 1)$. Dimana $w > 1$ adalah parameter waktu yang mempengaruhi peramalan $f(t)$.

Berikut adalah langkah-langkah penyelesaian peramalan *fuzzy time series* orde tinggi model Singh adalah sebagai berikut:

[Langkah 1] Pembentukan himpunan semesta pembicaraan (U).

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (2.5)$$

Dengan,

D_1 dan D_2 merupakan bilangan positif yang ditentukan oleh peneliti. Data terkecil dari data historis disebut D_{min} dan data terbesar dari data historis disebut D_{max} .

[Langkah 2] Pembentukan Interval.

Membagi menjadi interval yang sama himpunan universal. Dengan menggunakan rumus Sturges, dapat menentukan berapa interval yang ada seperti yang ditunjukkan di bawah ini.

$$\text{Jumlah interval} = 1 + 3,322 \log(n) \quad (2.6)$$

Dengan,

n : jumlah data observasi.

Akibatnya, berbagai nilai linguistik dibangun dari himpunan semesta (U) untuk menandakan *fuzzy set* pada interval.

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \quad (2.7)$$

Dengan,

U : himpunan semesta

u_j : besarnya jarak pada U , untuk $j = 1, 2, \dots, n$

[Langkah 3] Menentukan Himpunan *Fuzzy* A_i .

Melakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati. Misal A_1, A_2, \dots, A_k adalah himpunan fuzzy yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, pendefinisian himpunan fuzzy A_1, A_2, \dots, A_k pada semesta pembicaraan U adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_n} \\
 A_2 &= \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_n} \\
 A_3 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_n} \\
 &\quad \vdots \\
 A_k &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0,5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n}
 \end{aligned} \tag{2.8}$$

Dimana u_i ($i = 1, 2, \dots, n$) adalah elemen dari himpunan semesta (U) dan bilangan yang diberi simbol "/" menyatakan derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_i)$ terhadap A_i ($i = 1, 2, \dots, k$) yang dimana nilainya ialah 0, 0,5 atau 1.

[Langkah 4] Fuzzifikasi data historis. Jika nilai dari X_t berada di jangkauan dari u_i , maka X_t menjadi bagian himpunan fuzzy A_i . Seluruh X_t harus diklasifikasikan ke dalam himpunan fuzzy yang sesuai.

Bagaimanapun, fuzzifikasi data historis dan berikan himpunan fuzzy pada tiap data historis. Jika data historis bagian dari A_i pada periode ke t , data historis pada periode ke t dapat ditulis A_i . Tapi pada umumnya satu data historis bagian dari A_i yang berbeda, butuh untuk mengetahui derajat maksimum data historis setiap tahun milik masing-masing A_i .

[Langkah 5] Menetapkan *Fuzzy Logical Relations* (FLR) untuk tiap orde sebagai berikut:

1. Untuk tahun $n - 2$, $n - 1$ dan n merupakan data yang difuzzifikasi yaitu A_{i1} , A_i , dan A_j maka FLR orde kedua adalah

$$A_{i1}, A_i \rightarrow A_j$$
2. Untuk tahun $n - 3$, $n - 2$, $n - 1$ dan n merupakan data yang difuzzifikasi yaitu A_{i2} , A_{i1} , A_i , dan A_j maka FLR orde ketiga adalah

$$A_{i2}, A_{i1}, A_i \rightarrow A_j$$
3. Demikian untuk tahun $n - 4$, $n - 3$, $n - 2$, $n - 1$ dan n merupakan data yang difuzzifikasi yaitu A_{i3} , A_{i2} , A_{i1} , A_i , dan A_j maka FLR orde ke empat adalah

$$A_{i3}, A_{i2}, A_{i1}, A_i \rightarrow A_j$$

Dengan cara yang sama bisa diperoleh FLR orde kelima, keenam, ketujuh, dan FLR orde tinggi lainnya.

[Langkah 6] Menghitung *fuzzy difference parameter* d^m ; $m = 2, 3, 4, \dots$ untuk orde yang berbeda

1. Ditentukan difference operator $d^2 y_i = |\nabla y_i|$ dan didefinisikan sebagai

$$\begin{aligned}
 d^2 E_i &= |E_i - E_{i-1}| \\
 d^3 E_i &= |d^2 E_i - d^2 E_{i-1}| \\
 d^4 E_i &= |d^3 E_i - d^3 E_{i-1}| \\
 &\vdots \\
 d^m E_i &= |d^{m-1} E_i - d^{m-1} E_{i-1}|
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

dimana

E_i : adalah data historis ke $n - 1$

E_{i-1} : adalah data historis ke $n - 2$

2. Parameter *fuzzy* yang diperoleh akan digunakan sebagai prediktor *fuzzy* langkah-w, yang didefinisikan sebagai

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan pada penelitian ini, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Grafik Nilai Ekspor Migas menunjukkan pola data yang berfluktuasi, nilai ekspor migas tertinggi terjadi pada Desember 2018 sebesar 1706.8 Juta US dan terendah terjadi pada Mei 2020 sebesar 560.9 juta US Dollar. Hasil peramalan *fuzzy time series* orde tinggi model Singh dievaluasi oleh MAPE, didapatkan MAPE terkecil ada pada Himpunan Semesta Pembicaraan 1 [560.9 , 1706.8] dengan orde 7 sebesar 3,887% dan dapat disimpulkan bahwa pada kasus ini *fuzzy time series* model Singh pada Himpunan Semesta Pembicaraan 1 dengan orde 7 memiliki hasil yang lebih baik dan lebih akurat dibandingkan himpunan semesta pembicaraan dan orde lainnya. Selain itu, *fuzzy time series* orde tinggi model Singh ini cocok digunakan pada data yang berfluktuasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2023. Ekspor Migas. <https://www.bps.go.id/site/pilihdata>. Diakses pada 27 Februari 2023
- Chrysafiadi, K., & Virvou, M. 2012. Evaluating The Integration of Fuzzy Logic Into The Student Model of A Web-Based Learning Environment. *International Expert System with Application*. **39**(18): 13127–13134.
- Dinata, S. A. W., Purbosari, A. A., & Hasanah, P. 2022. Forecasting Indonesian Oil, Non-Oil and Gas Import Export with Fuzzy Time Series. *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems*. **6**(4): 389–400.
- Elfajar, A. B., Setiawan, B. D., & Dewi, C. 2017. Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. **1**(2): 85–94.
- Furqon. 1999. *Statistik Terapan Untuk Penelitian*. Alfabeta, Bandung.
- Fathoni, M. Y., Darmansah, Rosalinda, A. T., Jannah, M., & Kristovic, P. R. 2022. Perbandingan Holt's Method Dan Winter's Method Pada Peramalan Ekspor Minyak Dan Gas Bumi Di Indonesia. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*. **9**(3): 2509–2520.

- Hanke, J. E. & Winchern, D. W. 2004. *Business Forecasting*. 8th Edition. Pearson Education Inc., United States of America.
- Jang, Q., Jhy-S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E. 1997. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Kertayuga, D., Santoso, E., & Hidayat, N. 2021. Prediksi Nilai Ekspor Impor Migas dan Non-Migas Indonesia Menggunakan Extreme Learning Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. **5**(6): 2792-2800.
- Rahmawati. 2015. Model Trend untuk Peramalan Jumlah Penduduk. *Journal of Technology Research in Information System and Engineering*. **2**(2): 46–52.
- Shakouri, H. G., & Menhaj, M. 2008. A Systematic Fuzzy Decision-Making Process to Choose The Best Model Among A Set of Computing Models. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: System and Humans*. **38**(5): 1118–1128.
- Singh, S. R. 2009. A Computational Method of Forecasting Based on High-Orde Fuzzy Time Series. *Expert Systems with Applications*. **36**(7): 10551–10559.
- Somantri. 2006. *Aplikasi Statistika Dalam Penelitian*. Pustaka Setia, Bandung.
- Subagyo, P. 1986. *Forecasting Konsep dan Aplikasi*. BPPE UGM, Yogyakarta.

- Sugiyono. 2004. *Statistik Untuk Penelitian*. Alfabeta, Bandung.
- Susilo, F. 2006. *Himpunan dan Logika Kabur Serta Aplikasinya*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sutojo, T., Mulyanto, E., & Suhartono, V. 2010. *Kecerdasan Buatan*. ANDI Yogyakarta, Yogyakarta.
- Ujianto, Y., & Irawan, M. I. 2015. Perbandingan Performansi Metode Peramalan Fuzzy Time Series yang Dimodifikasi dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation (Studi Kasus: Penutupan Harga IHSG). *Jurnal Sains dan Seni ITS*. **4**(2): 31–36
- Wang, L. X. 1997. Modelling and Control of Hierarchical System with Fuzzy System. *Automatica*. **33**(6): 1041-1053.
- Wang, Y., Lei, Y., & Fan, X. 2015. Intuitionistic Fuzzy Time Series Forecasting Model Based on Intuitionistic Fuzzy Reasoning. *International Journal of Mathematical Problems in Engineering*. **2016**(1): 1-12
- Wei, W. W. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. 2nd Edition. Pearson Education, Canada.