

*ELEPHANT HERDING OPTIMIZATION PADA HIGH ORDER
FUZZY TIME SERIES UNTUK FORECASTING HARGA
BRENT OIL*

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh:

Muhammad Irfan Triyanto Putra
09021281621046

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

*ELEPHANT HERDING OPTIMIZATION PADA HIGH-ORDER
FUZZY TIME SERIES UNTUK FORECASTING HARGA
BRENT OIL*

Oleh:

Muhammad Irfan Triyanto Putra
NIM: 09021281621046

Pembimbing I



Dian Palupi Rini, Ph.D.
NIP. 197802232006042002

Palembang, 10 Agustus 2020
Pembimbing II



Kanda Januar Miraswan, M.T.
NIP. 199001092019031012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika,

Rifkie Primartha, M.T.
NIP. 197706012009121004

TANDA LULUS UJIAN SIDANG TUGAS AKHIR

Pada hari Kamis tanggal 6 Agustus 2020 telah dilaksanakan ujian sidang tugas akhir oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Muhammad Irfan Triyanto Putra
NIM : 09021281621046
Judul : *Elephant Herding Optimization* pada *High Order Fuzzy Time Series* untuk *forecasting* harga *Brent oil*

1. Pembimbing I

Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002



2. Pembimbing II

Kanda Januar Miraswan, M.T.
NIP. 199001092019031012



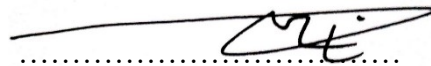
3. Penguji I

Novi Yusliani, M.T.
NIP. 198211082012122001



4. Penguji II

Osvari Arsalan, M.T.
NIP. 198806282018031001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Rifkie Primartha, M.T.
NIP. 197706012009121004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Irfan Triyanto Putra

NIM : 09021281621046

Program Studi : Teknik Informatika

Judul : *Elephant Herding Optimization* pada *High Order Fuzzy Time Series* untuk *forecasting* harga *Brent oil*

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 11%

Menyatakan bahwa Laporan Projek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan projek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun



Palembang, 10 Agustus 2020



Muhammad Irfan Triyanto Putra
NIM. 09021281621046

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- ❖ Speak good or remain silent [Muhammad ﷺ]

- ❖ Jika kamu mengharapkan berkah dari Allah, maka bersikap baiklah kepada hamba-Nya [Abū Bakr Ash-Şhiddīq]

- ❖ Aku tidak pernah sekalipun menyesali diamku. Tetapi aku berkali-kali menyesali bicaraku [‘Umar bin Khattab]

- ❖ Ambilah hikmah dan pelajaran dari kisah orang terdahulu [‘Utsman bin ‘Affan]

- ❖ Jadilah seperti bunga yang memberikan keharuman bahkan kepada tangan yang telah merusaknya [‘Alī bin Abī Thālib]

- ❖ Ringankanlah beban hidup orang lain, sebagaimana engkau ingin beban hidupmu diringankan oleh Allah [Muhammad Irfan Triyanto Putra]

Kupersembahkan kepada:

Allah SWT

Orangtuaku

Saudaraku

Kawan Kawan Seperjuangan

Almamater

ELEPHANT HERDING OPTIMIZATION ON HIGH ORDER FUZZY TIME SERIES FOR FORECASTING BRENT OIL PRICES

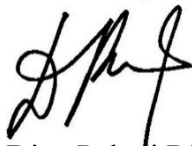
Oleh:
Muhammad Irfan Triyanto Putra
09021281621046

ABSTRACT

Crude oil is one of the main energies needed to carry out production activities. One type of crude oil that is used as world price standards is Brent oil. Fluctuations in Brent oil prices have a significant impact on economic growth in Indonesia, therefore it requires an accurate price forecast method, such as Fuzzy Time Series (FTS). However, FTS still has shortcomings such as short time logical relationships and static interval partitions. One possible solution to this problem is to use High Order FTS and interval optimization. This research implements Elephant Herding Optimization (EHO) as the optimization method, FTS Chen as the forecast method, and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) as the measure of error. The optimization test results produce an error value of 1%, smaller than the FTS (1.955%), and High Order FTS (1.244%).

Keywords: *Elephant Herding Optimization, Fuzzy Time Series Chen, High Order Fuzzy Time Series, Mean Absolute Percentage Error, Brent oil price.*

Supervisor I



Dian Palupi Rini, Ph.D.
NIP. 197802232006042000

Palembang, 10 Agustus 2020
Supervisor II



Kanda Januar Miraswan, M.T.
NIP. 199001092019031012

Approve,
Head of Informatic Engineering Department,

Rifkie Primartha, M.T.
NIP. 197706012009121004

***ELEPHANT HERDING OPTIMIZATION PADA HIGH ORDER FUZZY
TIME SERIES UNTUK FORECASTING HARGA BRENT OIL***

Oleh:
Muhammad Irfan Triyanto Putra
09021281621046

ABSTRAK

Minyak mentah adalah salah satu energi utama yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan produksi. Salah satu jenis minyak yang diperdagangkan dan menjadi standar harga minyak dunia adalah *Brent oil*. Fluktuasi harga *Brent oil* memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia, oleh karena itu dibutuhkan metode peramalan harga yang akurat. Salah satu metode peramalan adalah menggunakan *Fuzzy Time Series* (FTS). Namun FTS masih memiliki kekurangan yaitu relasi waktu *logical relationship* yang singkat dan partisi interval yang statis. Salah satu solusi untuk masalah tersebut adalah menggunakan *High Order* FTS dan optimasi interval. Penelitian ini menggunakan *Elephant Herding Optimization* (EHO) sebagai metode optimasi, FTS *Chen* sebagai metode peramalan dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai tolak ukur *error*. Hasil pengujian optimasi menghasilkan nilai *error* sebesar 1%, lebih kecil dibandingkan FTS (1.955%) dan *High Order* FTS (1.244%).

Kata Kunci: *Elephant Herding Optimization, Fuzzy Time Series Chen, High Order Fuzzy Time Series, Mean Absolute Percentage Error, harga Brent oil.*

Pembimbing I



Dian Palupi Rini, Ph.D.
NIP. 197802232006042000

Palembang, 10 Agustus 2020
Pembimbing II



Kanda Januar Miraswan, M.T.
NIP. 199001092019031012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika,

Rifkie Primartha, M.T.
NIP. 197706012009121004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi yang berjudul *Elephant Herding Optimization* pada *High Order Fuzzy Time Series* untuk *forecasting* harga *Brent oil*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam meraih derajat sarjana Komputer program Strata Satu (S-1) Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Selama penelitian dan penyusunan skripsi, penulis tidak luput dari kendala. Kendala tersebut dapat diatasi berkat doa, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. **Jaidan Jauhari, M.T.**, selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
2. **Rifkie Primartha, M.T.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. **Dian Palupi Rini, Ph.D.**, selaku Pembimbing Skripsi Pertama yang banyak sekali membantu saya dalam pembuatan skripsi ini.
4. **Kanda Januar Miraswan, M.T.**, selaku Pembimbing Skripsi Kedua yang membimbing saya dari awal masuk kuliah, kerja praktik, hingga lulus.
5. **Novi Yusliani, M.T.** dan **Osvari Arsalan M.T.**, selaku Penguji Skripsi yang banyak membantu koreksi dan memberi saran dalam pembuatan skripsi.
6. **Muhammad Fachrurrozi, M.T.** dan **Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T.**, selaku Dosen Teknik Informatika dan Sistem Komputer yang membantu saya dalam hubungan sosial dan ilmu agama hingga saat ini.

7. **Anita Desiani, M.Kom.**, selaku Dosen MIPA Matematika yang memberikan saya pengalaman sebagai asisten dosen dan juga kegiatan sukarelawan.
8. **Endang Lestari, M.T.** dan **Rifkie Primartha, M.T.**, selaku Ketua Jurusan Sistem Informasi dan Teknik Informatika yang memberikan saya keringanan ketika wawancara penentuan uang kuliah.
9. **Hafez Zein, Winda Kurnia Sari,** dan **Ricy Firnando**, selaku Admin Teknik Informatika yang membantu administrasi saya dari awal kuliah hingga lulus.
10. **Anna Dwi Marjusalinah**, selaku laboran pada masa awal kuliah saya, terima kasih telah memberi saya izin untuk masuk ke lab diluar jam kuliah.
11. **Hastie Audytra, M.T.**, selaku Dosen RPL saya yang memberikan saya kesempatan untuk ikut sebagai panitia pada konferensi ICoDSE dan ARS.
12. **Deris Stiawan Ph.D.**, selaku Dosen Sistem Komputer yang memberi ilmu kepada saya dalam membuat penulisan skripsi yang baik dan pencarian rujukan penelitian yang efektif.
13. **Dosen-dosen Fakultas Ilmu Komputer** yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih telah membagi ilmunya kepada kami.
14. **Orangtuaku, Ernil Triani Agoes** dan **Eri Djazwari**, terima kasih telah memberikan banyak doa dan dukungan sampai saat ini.
15. **Untuk kedua kakakku, Aditya** dan **Rifky**, terima kasih telah membantu segala biaya yang dikeluarkan semasa saya kuliah.
16. **Muhammad Abdi Priyangga**, sahabat dekat saya dari awal kuliah hingga saat ini. Selalu memberikan saya kesempatan dan menemani saya untuk menjelajahi kegiatan diluar kampus.

17. **Atan Wicaksana Ramadhanti**, sahabat dekat saya yang selalu memberikan masalah baru untuk diselesaikan, baik masalah kampus maupun kegiatan luar. Terima kasih, sudah memberikan saya kesempatan untuk berkembang
18. **Mohammad Sulthan** dan **Muhammad Irsyad Masyhudin**, sahabat saya dalam mencari beras dimasa akhir kuliah.
19. **Alif Muhammad, Ahmad Ryadh, Daniel Farhan, Muhammad Farid**, sahabat saya dalam kegiatan organisasi kampus, juga rekan dekat saya dalam bermain *game* baik dikampus, mall, maupun *online*.
20. **Acmad Fadli** dan **Dhiya Fairuz**, sahabat saya yang selalu ceria didepan saya walaupun punya banyak masalah, terima kasih sudah mengajarkan saya untuk selalu sabar dan bersyukur.
21. **Reyhan Navind, Muhammad Ghufron Khaical, Zikry Kurniawan, Muhammad Ramadhandi, Muhammad Edu, Muhammad Shafrullah**, sahabat saya yang selalu bisa meluangkan waktu dan memberi tempat tinggal ketika saya bermain ke Indralaya.
22. **Dita Ayu Savitri, Maharani Putri Rama, dan Riska Wati Savitri**, sahabat saya dalam *hanging out* di Palembang. Terima kasih telah meluangkan waktu untuk bermain, belajar dan mengerjakan tugas bersama.
23. **Dela Aura Putri, Rifdah Yumna, Dwi Novitasari, dan Cikita Merly**, sahabat saya yang jarang mengeluhkan masalah kuliah walaupun sedang kesusahan dan selalu berani duduk didepan ketika ujian. Terima kasih, banyak ilmu yang saya dapat dari kalian.

24. **Destia Asri, Kartika Rahmayani, Friska, Indah Rosita, Nurmasita Anawula, dan Veti Vera**, sahabat saya yang selalu berani keliling Palembang-Indralaya walaupun sudah malam. Terima kasih karena selalu meluangkan waktu ketika saya bermain ke Indralaya.
25. **Bayu Catur, Christofer Yeremia, Devi Maharani, Elsen Elvansen dan Muhammad Dwiki**, sahabat saya yang pindah dari kampus Indralaya, terima kasih karena tetap memberi informasi walaupun sudah berbeda kampus.
26. **Sri Rahmawati, Rudi Setio, dan Nurhikmah**, sahabat saya yang pindah universitas, terima kasih atas bantuannya pada semester I dan II.
27. **Thalya dan Dhea Nora**, teman SMA yang menemani saya dimasa kuliah pertama dan kedua saya. Terima kasih bantuannya hingga saat ini.
28. **Prily Lovian, Nur Mahmudah, Faras Saskia, Jannati Indah Lestari, Nadia Anisa, Titi Maharani**, teman SMA yang kembali menyambung silaturahmi di kuliah kedua ini, terima kasih masih akrab dengan saya.
29. **Teman-teman angkatan 2010-2016** dari semua jurusan pada Universitas Sriwijaya, terima kasih atas persahabatannya hingga saat ini.
30. **Azwar Agoes dan Raden Komala Prawira**, terima kasih pakwo dan makwo, sudah mengizinkan saya tinggal hingga saat ini. Semoga Allah menambahkan berkah kepada kalian.

Indralaya, 10 Agustus 2020

Muhammad Irfan Triyanto Putra

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN SIDANG TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Pendahuluan.....	I-1
1.2 Latar Belakang Masalah	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-4
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6 Batasan Masalah	I-5
1.7 Sistematika Penulisan	I-5
1.8 Kesimpulan.....	I-7
BAB II KAJIAN LITERATUR	
2.1 Pendahuluan.....	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 <i>Fuzzy Time Series Chen</i>	II-1
2.2.2 <i>Elephant Herding Optimization</i>	II-5
2.2.3 <i>Scrum</i>	II-8
2.3 Penelitian Terkait.....	II-9
2.3.1 <i>Hybrid Fuzzy Time Series dan Firefly Algorithm</i>	II-9
2.3.2 <i>Fuzzy Time Series based on combining K-means Clustering and Harmony Search</i>	II-10
2.3.3 <i>High Order Fuzzy Time Series model based Harmony Search Algorithm</i>	II-10
2.4 Kesimpulan	II-11

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1	Pendahuluan.....	III-1
3.2	Pengumpulan Data.....	III-1
3.3	Tahapan Penelitian.....	III-1
3.3.1	Kerangka Kerja.....	III-3
3.3.2	Kriteria Pengujian.....	III-5
3.3.3	Format Data Pengujian.....	III-5
3.3.4	Alat yang Digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian	III-8
3.3.5	Pengujian Penelitian	III-8
3.3.6	Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan	III-8
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-9
3.4.1	<i>Sprint</i>	III-9
3.5	Manajemen Proyek Penelitian	III-10
3.6	Kesimpulan	III-11
BAB IV	PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK	
4.1	Pendahuluan.....	IV-1
4.2	<i>Kick-off</i>	IV-1
4.2.1	Kebutuhan Perangkat Lunak	IV-1
4.3	<i>Sprint</i>	IV-2
4.3.1	Analisa Fuzzy Time Series Chen	IV-3
4.3.2	Analisa Elephant Herding Optimization pada FTS Chen ...	IV-8
4.3.3	Perancangan Perangkat Lunak	IV-12
4.3.4	Perancangan <i>Interface</i>	IV-17
4.3.5	Class Diagram	IV-17
4.4	<i>Hand Over</i>	IV-18
4.4.1	Rencana Pengujian	IV-18
4.4.2	Pengujian Use Case Forecasting Chen-EHO	IV-19
4.5	Kesimpulan	IV-19
BAB V	HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN	
5.1	Pendahuluan.....	V-1
5.2	Data Hasil Percobaan/Penelitian.....	V-1
5.2.1	Konfigurasi Percobaan	V-1
5.2.2	Data Hasil Percobaan	V-2
5.3	Analisis Hasil Penelitian.....	V-5
5.4	Kesimpulan	V-10
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1	Kesimpulan.....	VI-1
6.2	Saran	VI-2
	DAFTAR PUSTAKA	xviii
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel III-1. Tabel Pengujian Iterasi	III-5
Tabel III-2. Tabel Pengujian <i>Order</i>	III-6
Tabel III-3. Tabel Pengujian Jumlah Clan	III-6
Tabel III-4. Tabel Pengujian Jumlah Gajah pada Clan	III-6
Tabel III-5. Tabel Pengujian Dimensi	III-7
Tabel III-6. Tabel Jadwal Penelitian dalam <i>Work Breakdown Structure</i>	III-11
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-2. Product Backlog	IV-2
Tabel IV-3. Sampel Dataset <i>Brent oil</i>	IV-3
Tabel IV-4. Partisi nilai <i>universe of discourse</i> (U).....	IV-4
Tabel IV-5. Nilai <i>linguistic data</i> dari hasil <i>fuzzification</i>	IV-4
Tabel IV-6. FLRG <i>first order</i>	IV-6
Tabel IV-7. FLRG <i>high order ke-2</i>	IV-6
Tabel IV-8. Defuzzification & forecasting first order	IV-7
Tabel IV-9. Defuzzification & forecasting high order ke-2.....	IV-7
Tabel IV-10. Inisialisasi Populasi EHO	IV-9
Tabel IV-11. Hasil Clan Updating Operator	IV-10
Tabel IV-12. Clan Separating Operator	IV-11
Tabel IV-13. <i>Merge Clan</i> lama dan <i>New Clan</i>	IV-11
Tabel IV-14. Sorting Elephant	IV-12
Tabel IV-15. Populasi pada iterasi EHO berikutnya	IV-12
Tabel IV-16. Rencana Pengujian CHORE.....	IV-18
Tabel V-1. Tabel Hasil Pengujian Iterasi.....	V-2
Tabel V-2. Tabel Hasil Pengujian <i>Order</i>	V-3
Tabel V-3. Tabel Hasil Pengujian Jumlah <i>Clan</i>	V-4
Tabel V-4. Tabel Hasil Pengujian Jumlah Gajah pada <i>Clan</i>	V-4
Tabel V-5. Tabel Hasil Pengujian Dimensi	V-5
Tabel V-6. Tabel Perbandingan MAPE dengan Parameter Terbaik.....	V-8

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar II-1. Tahap keseluruhan FTS <i>Chen</i>	II-2
Gambar II-2. <i>Pseudocode</i> EHO	II-7
Gambar II-3. <i>Pseudocode clan updating operator</i>	II-7
Gambar II-4. <i>Pseudocode separating operator</i>	II-8
Gambar II-5. Diagram Alur EHO	II-8
Gambar II-6. Alur Proses Scrum	II-9
Gambar III-1. Diagram Tahap Penelitian	III-2
Gambar III-2. Diagram Kerangka Kerja	III-3
Gambar IV-1. Diagram <i>use case</i>	IV-13
Gambar IV-2. Diagram <i>activity</i> FTS <i>Chen</i>	IV-14
Gambar IV-3. Diagram <i>activity</i> optimasi	IV-14
Gambar IV-4. Diagram <i>sequence</i>	IV-15
Gambar IV-5. Diagram <i>sequence</i> data perhitungan	IV-16
Gambar IV-6. Perancangan <i>Interface</i> CHORE	IV-17
Gambar IV-7. <i>Class Diagram</i> CHORE	IV-18
Gambar IV-8. Pengujian <i>use case forecasting</i> <i>Chen-EHO</i>	IV-19
Gambar V-1. Grafik Nilai MAPE pada Pengujian Iterasi	V-5
Gambar V-2. Grafik Nilai MAPE pada Pengujian <i>Order</i>	V-6
Gambar V-3. Grafik Nilai MAPE pada Jumlah Clan	V-7
Gambar V-4. Grafik Nilai MAPE pada Pengujian Jumlah Gajah pada <i>Clan</i>	V-7
Gambar V-5. Grafik Nilai MAPE pada Pengujian Dimensi	V-8
Gambar V-6. <i>Interface Output</i> Perangkat Lunak CHORE	V-9

DAFTAR LAMPIRAN

1. DOKUMENTASI *SOURCE CODE*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian serta batasan masalah. Bab ini juga akan memberikan penjelasan umum mengenai keseluruhan penelitian.

Pendahuluan dimulai dengan penjelasan singkat *Fuzzy Time Series* (FTS). Selanjutnya akan dijelaskan kekurangan dari FTS yang menjadi latar belakang masalah penelitian ini, serta *High-Order* FTS dan optimasi interval yang menjadi solusinya.

1.2 Latar Belakang Masalah

Minyak mentah atau *crude oil* adalah salah satu energi utama yang sangat dibutuhkan untuk melakukan kegiatan produksi. Salah satu jenis minyak mentah yang diperdagangkan dan menjadi standar harga minyak dunia adalah *Brent oil*. *Brent oil* merupakan jenis minyak mentah yang sumbernya berasal dari sumur yang berlokasi di laut utara Eropa (Hanuwati *et al.*, 2016). Fluktuasi harga *Brent oil* memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia seperti kondisi *macroeconomic*, pendapatan nasional, inflasi, tingkat kemiskinan, dan peluang kerja (Akhmad *et al.*, 2019). *Forecasting* harga *Brent oil* yang akurat merupakan masalah yang penting bukan hanya untuk investor biasa, tetapi secara tidak langsung untuk keseluruhan masyarakat (Wu *et al.*, 2019). Salah satu metode

untuk *forecasting* yang memiliki hasil error yang kecil dan cocok untuk *short-term* dan *long-term forecasting* adalah *Fuzzy Time Series* (Ganguly *et al.*, 2017).

Fuzzy Time Series (FTS) adalah metode *time series* yang menggunakan *observation* berupa himpunan *fuzzy* (*fuzzy sets*) atau angka *fuzzy* (*fuzzy numbers*) (Egrioglu *et al.*, 2019). Dalam metode *time series* konvensional, proses *forecasting* direpresentasikan menggunakan nilai *crisp*, sedangkan dalam metode FTS, data historis direpresentasikan sebagai *linguistic variable* (LV). Ada 4 masalah utama dalam *forecasting* menggunakan metode FTS yaitu, *intervals*, *fuzzification*, *fuzzy logical relationship* (FLR), dan *defuzzification* (Ningrum *et al.*, 2019).

Kekurangan pertama dari awal pengembangan FTS adalah *fuzzy logical relationship* (FLR) yang memiliki relasi waktu yang singkat. *Fuzzy logical relationship* (FLR) digunakan untuk menentukan relasi dari suatu data dengan data pada periodik sebelumnya. *Fuzzy logical relationship* (FLR) konvensional menggunakan *first-order* FTS dalam proses perhitungan *forecasting*-nya yang menghasilkan hasil *forecasting* kurang baik. Dalam mengatasi masalah ini, Shyi-Ming Chen mengusulkan metode baru yaitu penggunaan *high-order* dalam menentukan FLR yang menghasilkan hasil *forecasting* lebih baik dibandingkan *first-order* FLR (Chen, 2002; Tinh & Duy, 2018).

Kekurangan kedua dalam pengembangan FTS adalah interval yang statis, Interval pada FTS digunakan untuk menentukan suatu data pada dataset historis, masuk kedalam suatu himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*). Namun, banyak metode FTS mengasumsikan bahwa interval pada *universe of discourse* mempunyai panjang yang sama. Oleh karena itu, Shyi-Ming Chen mengusulkan penggunaan metode

hybrid FTS Chen dengan *genetic algorithm* (GA) untuk membuat interval yang dinamis dan mendapatkan hasil *forecasting* yang lebih baik (Chen & Chung, 2006; Tinh & Thi, 2019).

Banyak algoritma optimasi melakukan pencarian pada satu bidang saja (*one search space*) yang memungkinkan mudahnya terjadi konvergensi terlalu cepat karena pencarian masuk kedalam *local optima*, oleh karena itu beberapa peneliti melakukan pencarian optimasi dengan melakukan partisi pada *search space* menjadi beberapa sub-*search space*. Salah satu optimasi yang melakukan partisi *search space* dan memiliki hasil yang akurat dengan jumlah generasi sedikit untuk konvergensi adalah *Elephant Herding Optimization* (EHO). EHO telah diuji dengan beberapa *evolutionary algorithm* (EA) seperti *biogeography-based optimization* (BBO), *differential evolution* (DE), dan *genetic algorithm* (GA). Hasil pengujian dengan 15 *benchmark function* *Ackley*, *Alpine*, *Brown*, *Dixon & Price*, *Fletcher-Powell*, *Griewank*, *Holzman 2*, *Levy*, *Pathological*, *Penalty #1*, *Penalty #2*, *Perm*, *Powell Quartic*, dan *Rastrigin* membuktikan bahwa EHO lebih unggul dari 3 EA yang dibandingkan, dengan nilai BBO (2,5/15), DE (1/15), **EHO (11/15)**, dan GA (0,5/15) (Wang *et al.*, 2016).

Berdasarkan uraian tersebut, penulis akan melakukan penelitian optimasi interval menggunakan *Elephant Herding Optimization* pada *High-Order Fuzzy Time Series* untuk menguji hasil *forecasting* harga *Brent oil*.

1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah apakah metode *Elephant Herding Optimization* (EHO) dapat diimplementasikan untuk optimasi interval *High-Order FTS Chen* dalam *forecasting* harga *Brent oil*?

Dari masalah utama tersebut lalu diuraikan pertanyaan penelitian berikut:

1. Bagaimana cara implementasi metode EHO pada interval *High-Order FTS*?
2. Bagaimana hasil *forecasting* harga *Brent oil* menggunakan metode *High-Order FTS Chen* yang intervalnya di optimasi dengan EHO?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan sebuah perangkat lunak untuk *forecasting* harga *Brent oil* menggunakan metode *High-Order FTS Chen* yang intervalnya dioptimasi menggunakan EHO.
2. Mengetahui hasil *forecasting* harga *Brent oil* menggunakan metode *High-Order FTS Chen* yang intervalnya di optimasi menggunakan EHO.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian dapat digunakan untuk membantu pihak pemerintah atau swasta dalam melakukan *forecasting* harga *Brent oil*.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai rujukan untuk penelitian-penelitian optimasi interval pada FTS selanjutnya.

1.6 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model *forecasting time series* yang digunakan adalah model *Fuzzy Time Series Chen* (FTS Chen).
2. Data yang digunakan adalah data harian *Brent oil price* yang diambil pada <https://www.kaggle.com> yang merujuk kepada dataset *U.S. Energy Information*.
3. Format input data yang diterima adalah *csv*.
4. Maksimum *order* FTS yang diuji adalah *order ke-7*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan metodologi penelitian adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab I menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan penelitian.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab II berisi landasan teori yang digunakan pada penelitian ini seperti *Fuzzy Time Series Chen*, *Elephant Herding Optimization*. Selain itu bab II juga membahas penelitian-penelitian lain yang relevan dengan penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab III berisi pembahasan mengenai tahapan yang akan dilaksanakan pada penelitian ini. Rencana tahapan penelitian akan dideskripsikan dengan rinci dengan mengacu pada suatu kerangka kerja.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab IV berisi pembahasan mengenai proses pengembangan perangkat lunak *Chen-High Order-Elephant* (CHORE) menggunakan metode *High Order Fuzzy Time Series Chen* dan *Elephant Herding Optimization*.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab V berisi hasil pengujian penelitian berdasarkan format yang sudah direncanakan. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan analisis hasil pengujian sebagai dasar dari kesimpulan dalam penelitian ini.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab VI berisi kesimpulan dari semua uraian-uraian pada bab-bab sebelumnya dan juga berisi saran-saran yang diharapkan berguna dalam penerapan dan penelitian optimasi pada *high order fuzzy time series* selanjutnya.

1.8 Kesimpulan

Pada bab ini telah dibahas latar belakang masalah penelitian ini dalam meningkatkan hasil *forecasting fuzzy time series*. Karena itu, penelitian ini akan mengimplementasikan metode *Elephant Herding Optimization* pada *High-Order Fuzzy Time Series Chen* untuk *forecasting* harga *Brent oil*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, Romadhoni, B., Karim, K., Tajibu, M.J. & Syukur, M. 2019. The impact of fuel oil price fluctuations on indonesia's macro economic condition. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2): 277–282.
- Avazbeigi, M., Doulabi, S.H.H. & Karimi, B. 2010. Choosing the appropriate order in fuzzy time series: A new N-factor fuzzy time series for prediction of the auto industry production. *Expert Systems with Applications*, 37(8): 5630–5639.
- Chen, M.Y. 2014. A high-order fuzzy time series forecasting model for internet stock trading. *Future Generation Computer Systems*, 37: 461–467.
- Chen, S.M. 2002. Forecasting enrollments based on high-order fuzzy time series. *Cybernetics and Systems*, 33(1): 1–16.
- Chen, S.M. & Chen, C.D. 2011. Handling forecasting problems based on high-order fuzzy logical relationships. *Expert Systems with Applications*, 38(4): 3857–3864.
- Chen, S.M. & Chung, N.Y. 2006. Forecasting enrollments using high-order fuzzy time series and genetic algorithms. *International Journal of Intelligent Systems*, 21(5): 485–501.
- Chen, S.M. & Phuong, B.D.H. 2016. Fuzzy time series forecasting based on optimal partitions of intervals and optimal weighting vectors. *Knowledge-Based Systems*, 118: 204–216.
- Chen, S.M. & Tanuwijaya, K. 2011. Fuzzy forecasting based on high-order fuzzy logical relationships and automatic clustering techniques. *Expert Systems with Applications*, 38(12): 15425–15437.
- Egrioglu, E., Bas, E., Yolcu, U. & Chen, M.Y. 2019. Picture fuzzy time series: Defining, modeling and creating a new forecasting method. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 88(July 2019): 103367.
- Ganguly, P., Kalam, A. & Zayegh, A. 2017. Short Term Load Forecasting Using Fuzzy Logic. *International Conference on Research in Education and Science (ICRES)*.
- Hanurowati, N., Mukid, M.A. & Prahutama, A. 2016. Pemodelan dan Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), Jakarta Islamic Index (JII), dan Harga Minyak Dunia Brent Crude Oil Menggunakan Metode Vector Autoregressive Exogenous (VARX). *Jurnal Gaussian*, 5(4): 683–693.

- Huang, Y.L., Horng, S.J., He, M., Fan, P., Kao, T.W., Khan, M.K., Lai, J.L. & Kuo, I.H. 2011. A hybrid forecasting model for enrollments based on aggregated fuzzy time series and particle swarm optimization. *Expert Systems with Applications*, 38(7): 8014–8023.
- Kuo, I.H., Horng, S.J., Kao, T.W., Lin, T.L., Lee, C.L. & Pan, Y. 2009. An improved method for forecasting enrollments based on fuzzy time series and particle swarm optimization. *Expert Systems with Applications*, 36(3 PART 2): 6108–6117.
- Lei, H., Ganjezadeh, F., Jayachandran, P.K. & Ozcan, P. 2017. A statistical analysis of the effects of Scrum and Kanban on software development projects. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 43: 59–67.
- Ningrum, R.W., Surarso, B. & others 2019. Increasing number of clusters on fuzzy time series (fts) forecasting method. *Journal of Physics: Conference Series*. hal.22075.
- Schwaber, K. 1997. Scrum development process. *Business object design and implementation*. Springer, hal.117–134.
- Sommerville, I. 2013. *Software Engineering. Clinical Engineering: A Handbook for Clinical and Biomedical Engineers*.
- Song, Q. & Chissom, B.S. 1993. Forecasting enrollments with fuzzy time series—part I. *Fuzzy sets and systems*, 54(1): 1–9.
- Song, Q. & Chissom, B.S. 1994. Forecasting enrollments with fuzzy time series—part II. *Fuzzy sets and systems*, 62(1): 1–8.
- Streule, T., Miserini, N., Bartlomé, O., Klippel, M. & De Soto, B.G. 2016. Implementation of Scrum in the Construction Industry. *Procedia Engineering*, 164(June): 269–276.
- Takeuchi, H. & Nonaka, I. 1986. The new new product development game. *Harvard business review*, 64(1): 137–146.
- Tausworthe, R.C. 1979. The work breakdown structure in software project management. *The Journal of Systems and Software*, 1(C): 181–186.
- Tinh, N. Van 2019. An improved fuzzy time series forecasting model based on combining K-means clustering with Harmony Search. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 18(2): 151–173.
- Tinh, N. Van & Duy, N.T. 2018. Forecasting Gasonline Price in Vietnam Based on Fuzzy Time Series and Automatic Clustering Technique. 1(1): 18–24.
- Tinh, N. Van & Thi, B.T. 2019. Enhanced Accuracy of High – Order Fuzzy Time Series Forecasting Model Based on Harmony Search Algorithm. 3(1): 6–12.

- Wang, C.C. 2011. A comparison study between fuzzy time series model and ARIMA model for forecasting Taiwan export. *Expert Systems with Applications*, 38(8): 9296–9304.
- Wang, G.G., Deb, S. & Coelho, L.D.S. 2016. Elephant Herding Optimization. *Proceedings - 2015 3rd International Symposium on Computational and Business Intelligence, ISCBI 2015*, 1–5.
- Wu, J., Chen, Y., Zhou, T. & Li, T. 2019. An adaptive hybrid learning paradigm integrating CEEMD, ARIMA and SBL for crude oil price forecasting. *Energies*, 12(7).
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3): 338–353.