

**PENERAPAN *EXTREME LEARNING MACHINE* DALAM
MERAMALKAN HARGA MINYAK SAWIT MENTAH**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh
SITI AISYAH
H72218032

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : SITI AISYAH

NIM : H72218032

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PENERAPAN *EXTREME LEARNING MACHINE* DALAM MERAMALKAN HARGA MINYAK SAWIT MENTAH". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 10 Agustus 2022

Yang menyatakan,



SITI AISYAH

NIM. H72218032

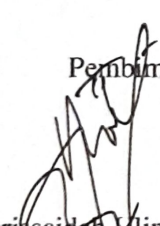
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : SITI AISYAH
NIM : H72218032
Judul Skripsi : PENERAPAN *EXTREME LEARNING MACHINE*
DALAM MERAMALKAN HARGA MINYAK SAWIT
MENTAH

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

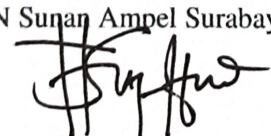
Pembimbing I


Nurissaidah Ulinnuha, M. Kom
NIP. 199011022014032004

Pembimbing II


Dr. Abdullah Hamid, M.Pd
NIP. 198508282014031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya


Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : SITI AISYAH
NIM : H72218032
Judul Skripsi : PENERAPAN *EXTREME LEARNING MACHINE*
DALAM MERAMALKAN HARGA MINYAK SAWIT
MENTAH

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 10 Agustus 2022

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



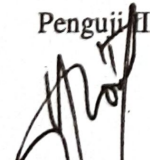
Aris Fanani, M.Kom
NIP. 198701272014031002

Penguji II



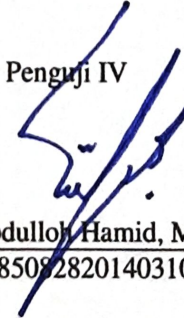
Hani Khaulasari, S.Si, M.Si
NIP. 199102092020122011

Penguji III



Nurissaidah Ujinnuha, M. Kom
NIP. 199011022014032004

Penguji IV



Dr. Abdulloh Hamid, M.Pd
NIP. 198508282014031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. H. A. Saepul Hamdani, M.Pd
NIP. 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : SITI AISYAH
NIM : H72218032
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA
E-mail address : aisyah.a157654@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PENERAPAN EXTREME LEARNING MACHINE DALAM

MERAMALKAN HARGA MINYAK SAWIT MENTAH

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 16 Agustus 2022

Penulis

(SITI AISYAH)

nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

PENERAPAN *EXTREME LEARNING MACHINE* DALAM MERAMALKAN HARGA MINYAK SAWIT MENTAH

Minyak Sawit Mentah menjadi salah satu hasil perkebunan yang menjadi komoditi ekspor di Indonesia. Seiring waktu, kebutuhan minyak sawit mentah mengalami peningkatan karena banyaknya permintaan minyak nabati di berbagai dunia. Awal bulan Maret 2022, harga minyak sawit mentah mencetak rekor tertinggi yang mengakibatkan harga minyak goreng internasional melonjak tinggi, terutama negara Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan penerapan metode *Extreme Learning Machine* (ELM) dalam meramalkan harga minyak sawit mentah dengan parameter uji yaitu *hidden neuron* dan fungsi aktivasi. Metode ELM merupakan pengembangan dari metode JST dimana metode ini dapat mengatasi kelemahan dalam proses *learning speed*. Penelitian ini menggunakan data harian harga minyak sawit mentah mulai 01 April 2021 hingga 14 April 2022 yang diperoleh dari *website Investing*. Hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai MAPE dan RMSE sebesar 0,0173 dan 0,0308 dengan parameter terbaik yaitu jumlah *hidden neuron* sebanyak 5 dan fungsi aktivasi sigmoid biner. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa metode ELM sangat baik untuk meramalkan harga minyak sawit mentah.

Kata kunci: Peramalan, Minyak Sawit Mentah, Jaringan Saraf Tiruan, *Extreme Learning Machine*, *Time Series Split*

ABSTRACT

APPLICATION OF *EXTREME LEARNING MACHINE* IN FORECASTING CRUDE PALM OIL PRICES

Crude Palm Oil is one of the plantation products which is an export commodity in Indonesia. Over time, the demand for crude palm oil has increased due to the large demand for vegetable oil in various parts of the world. At the beginning of March 2022, the price of crude palm oil hit a record high which caused international cooking oil prices to soar, especially in Indonesia. In this study, the application of the Extreme Learning Machine (ELM) method in predicting the price of crude palm oil was carried out with test parameters, namely hidden neurons and activation functions. The ELM method is a development of the ANN method where this method can overcome weaknesses in the learning speed process. This study uses daily data on crude palm oil prices from 01 April 2021 to 14 April 2022 obtained from the Investing website. The results of the research that have been carried out obtained MAPE and RMSE values of 0.0173 and 0.0308 with the best parameters, namely the number of hidden neurons as many as 5 and the binary sigmoid activation function. From the results obtained indicate that the ELM method is very good for forecasting crude palm oil prices.

Keywords: Forecasting, Crude Palm Oil, Artificial Neural Networks, Extreme Learning Machine, Time Series Split

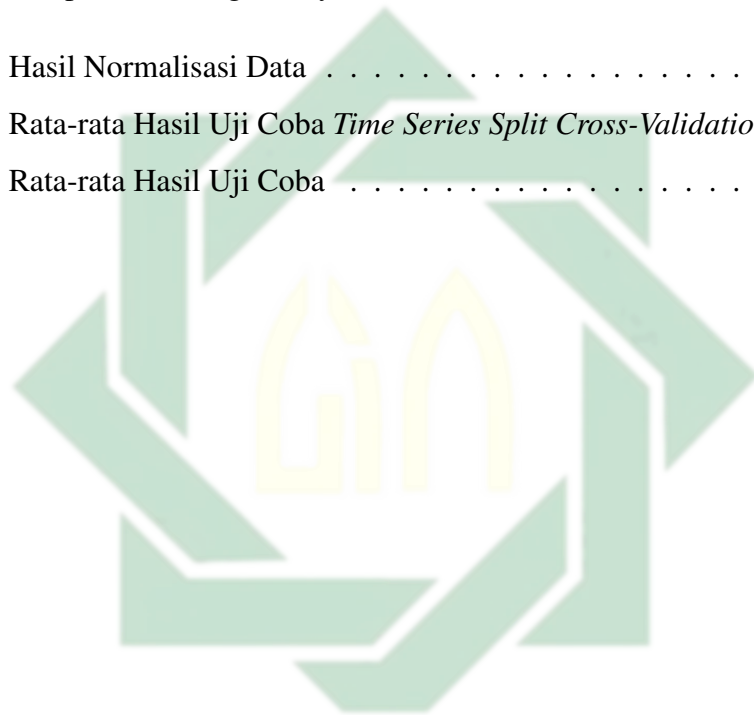
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	3
DAFTAR GAMBAR	4
I PENDAHULUAN	5
1.1. Latar Belakang Masalah	5
1.2. Rumusan Masalah	13
1.3. Tujuan Penelitian	13
1.4. Manfaat Penelitian	13
1.5. Batasan Masalah	14
1.6. Sistematika Penulisan	14
II TINJAUAN PUSTAKA	16
2.1. Minyak Sawit Mentah atau <i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	16
2.2. Peramalan	18
2.3. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)	19
2.4. Fungsi Aktivasi	19
2.5. Normalisasi dan Denormalisasi	21
2.6. <i>Extreme Learning Machine</i> (ELM)	21
2.7. <i>Cross Validation</i>	25
2.8. Evaluasi Model Peramalan	26
2.8.1. <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	26

	2
2.8.2. <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	27
2.9. Integrasi dalam Pandangan Islam	28
III METODE PENELITIAN	32
3.1. Jenis Penelitian	32
3.2. Sumber Data	32
3.3. Tahapan Penelitian	34
3.4. Skenario Uji Coba	37
3.5. Peramalan	37
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Statistika Deskriptif	39
4.2. <i>Pre-processing</i>	40
4.2.1. Normalisasi Data	40
4.2.2. <i>Time Series Split Cross-Validation</i>	41
4.3. Penerapan Metode ELM	42
4.3.1. Proses Pelatihan Data	42
4.3.2. Proses Pengujian Data	44
4.3.3. Denormalisasi Data	46
4.4. Analisis Hasil Uji Coba	47
4.5. Analisis Hasil Peramalan	49
4.6. Integrasi Keilmuan	50
V PENUTUP	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

2.1	Identifikasi MAPE	27
3.1	Sampel Data Harga Minyak Sawit Mentah	33
4.1	Hasil Normalisasi Data	40
4.2	Rata-rata Hasil Uji Coba <i>Time Series Split Cross-Validation</i>	47
4.3	Rata-rata Hasil Uji Coba	49



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

2.1	Arsitektur ELM	22
2.2	Skema <i>Time Series Split</i>	26
3.1	Website Investing	33
3.2	Diagram Alir Tahapan Penelitian	34
3.3	Diagram Alir Proses Pelatihan	35
3.4	Diagram Alir Proses Pengujian	36
4.1	Grafik Harga Minyak Sawit Mentah	39
4.2	Hasil <i>Time Series Split</i>	41
4.3	Arsitektur ELM	48
4.4	Grafik Hasil Peramalan Harga Minyak Sawit Mentah	50

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia kini menduduki peringkat pertama sebagai penghasil minyak kelapa sawit terbanyak di dunia. Minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil (CPO)* merupakan salah satu hasil perkebunan yang menjadi komoditi ekspor utama Indonesia. Hal ini karena Indonesia memiliki wilayah geografis yang sangat strategis dan baik untuk mengembangkan perkebunan kelapa sawit (Haryadi dan Mandala, 2019). Kebutuhan konsumen terhadap minyak sawit mentah terus mengalami peningkatan seiring banyaknya permintaan minyak nabati di berbagai belahan dunia. Terlebih lagi, kini minyak sawit mentah sudah dilakukan penelitian berlanjut serta diolah menjadi bahan bakar nabati dengan tujuan mengurangi dampak pemanasan global (Puspitasari, 2017).

Minyak sawit mentah adalah salah satu dari hasil perkebunan yang dapat dikelola manusia. Berbagai macam bentuk pohon dan buah yang disebutkan oleh Allah Swt yang bisa dimanfaatkan manusia untuk berbagai kepentingan, seperti halnya untuk dikonsumsi pribadi dengan cara dimakan dan diminum, serta dapat dijual buahnya atau hasil olahannya sehingga dapat mencukupi kebutuhan yang lainnya. Allah Swt dalam Al-Qur'an surah Al-An'am ayat 99 berfirman:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ
 مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرَّمَّانَ
 مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: “Dialah yang menurunkan air dari langit lalu dengannya Kami menumbuhkan segala macam tumbuhan. Maka, darinya Kami mengeluarkan tanaman yang menghijau. Darinya Kami mengeluarkan butir yang bertumpuk (banyak). Dari mayang kurma (mengurai) tangkai-tangkai yang menjuntai. (Kami menumbuhkan) kebun-kebun anggur. (Kami menumbuhkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah dan menjadi masak. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang beriman.” (Q.S Al-An’am ayat 99).

Dari penggalan firman di atas, Allah Swt menyatakan bahwa Dia telah menurunkan air hujan yang dimana air tersebut bisa menumbuhkan beraneka macam pohon beserta tumbuhan, kemudian melalui tumbuhan itu dikeluarkan biji beserta buah-buahan yang bertumpuk. Selain itu tumbuh pohon kurma yang buahnya dapat diambil dengan tangkainya yang menjuntai ke bawah. Adapun perkebunan anggur yang ditumbuhi dengan buah zaitun dan delima dimana memiliki bentuk sama namun berbeda rasa (Amin, 2016). Menanam berbagai tumbuhan dapat memberikan manfaat kepada umat muslim lainnya dengan bersedekah hasil dari tumbuhan tersebut.

حَدَّثَنَا قُتَيْبَةُ بْنُ سَعِيدٍ حَدَّثَنَا أَبُو عَوَانَةَ وَحَدَّثَنِي عَبْدُ الرَّحْمَنِ بْنُ الْمُبَارَكِ حَدَّثَنَا أَبُو عَوَانَةَ عَنْ قَتَادَةَ عَنْ أَنَسِ بْنِ مَالِكٍ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا أَوْ يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَهِيمَةٌ إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ وَقَالَ لَنَا مُسْلِمٌ حَدَّثَنَا أَبَانٌ حَدَّثَنَا قَتَادَةَ حَدَّثَنَا أَنَسٌ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ (رواه البخاري)

Artinya: “Telah menceritakan kepada kami Qutaibah bin Sa’id telah menceritakan kepada kami Abu ’Awanah. Dan diriwayatkan pula telah menceritakan kepada saya ’Abdurrahman bin Al Mubarak telah menceritakan kepada kami Abu ’Awanah dari Qatadah dari Anas bin Malik radliallahu ’anhu berkata; Rasulullah shallallahu ’alaihi wasallam bersabda: ”Tidaklah seorang muslim pun yang bercocok tanam atau menanam satu tanaman lalu tanaman itu dimakan oleh burung atau manusia atau hewan melainkan itu menjadi shadaqah baginya”. Dan berkata, kepada kami Muslim telah menceritakan kepada saya Aban telah menceritakan kepada kami Qatadah telah menceritakan kepada kami Anas dari Nabi shallallahu ’alaihi wasallam.” (Hadis Bukhari: 2152).

Dari hadis di atas, menjelaskan bahwa bersedekah sangat dianjurkan bagi seorang muslim khususnya saat menanam sesuatu, baik hasil tanaman tersebut bermanfaat secara langsung atau tidak. Selain itu dengan menanam sesuatu berarti menjaga kelangsungan hidup flora dan fauna. Melalui penanaman, kita dapat menjaga kesejahteraan makhluk hidup yang berada di lingkungan sekitar (Chandra, 2017). Selain itu, sumber daya alam harus dimanfaatkan dan diolah dengan baik dan bijaksana supaya sumber daya alam tetap lestari. Dengan menjaga kelestarian sumber daya alam, juga turut menjaga sumber ekonomi bagi masyarakat. Dalam menggunakan sumber daya alam manusia tidak boleh sembarangan. Apabila menggunakan dengan seenaknya, maka akan mengalami kesulitan dalam memenuhi kebutuhan hidup. Oleh sebab itu, sumber daya alam patut dijaga dan dimanfaatkan dengan baik agar tidak rusak dan punah (Iqbal,

2020).

دَرْءُ الْمَفَاسِدِ أَوْلَىٰ مِنْ جَلْبِ الْمَصْلِحِ

Artinya: “Menolak kerusakan lebih utama dari menarik kemaslahatan.”

Minyak sawit menjadi salah satu produk pertanian Indonesia dari subsektor perkebunan yang mempunyai daya saing cukup tinggi di kancah pasar dunia. Sepanjang tahun 2019 ekspor minyak sawit nasional mengalami penurunan sebesar 17,39% atau mencapai US\$19 miliar dibandingkan tahun 2018 mencapai US\$23 miliar. Nilai ekspor sawit sendiri turun secara signifikan karena harga minyak sawit di pasar internasional relatif rendah, walaupun secara kuantitas nilai ekspor meningkat sebesar 4,21% yang dihitung dari 2018 sebesar 34,71 juta ton menjadi 36,17 juta ton di tahun selanjutnya. Seiring dengan terlaksananya program mandatori pencampuran biodiesel hingga 30% (B30) secara penuh pada tahun 2020, diharapkan kinerja ekspor menjadi lebih baik agar dapat meningkatkan harga minyak sawit di pasar global (Advent et al., 2021).

Peluang pasar minyak sawit mentah sendiri cukup menjanjikan, sebab pada beberapa tahun terakhir permintaan mengalami kenaikan cukup tinggi. Yang merupakan faktor utama pendorong permintaan minyak sawit mentah sendiri yaitu harga yang relatif rendah dibandingkan dengan harga pesaingnya seperti minyak kacang kedelai, minyak kacang tanah, minyak biji-bijian, dan minyak lobak (Rahayu et al., 2018). Selain itu, persaingan produksi minyak sawit mentah juga semakin ketat, karena banyaknya negara yang mulai memproduksi minyak sawit mentah dengan jumlah lebih besar yang mengakibatkan indeks harga kelapa sawit menjadi tidak stabil. Naik turunnya harga minyak sawit mentah menyebabkan resiko yang besar bagi para petani kelapa sawit dan investor. Selain itu juga berdampak bagi perekonomian nasional (Rifa'i, 2020).

Terdapat isu dimana tarif pajak yang rendah dan permintaan impor minyak sawit yang tinggi. Hal ini telah membuat Parlemen Eropa berantisipasi serta membatasi pasokan minyak sawit yang memasuki Uni Eropa. Oleh karena itu, *European Parliament* pada tahun 2017 mengeluarkan sebuah gagasan dengan peran penting yang disebut dengan "*Report on Palm Oil and Deforestation of Rainforestation*". Usai diterbitkannya *European Parliament Resolution: Palm Oil Deforestation* yang diterapkan di kawasan Uni Eropa, harga dasar minyak sawit benar-benar mengalami peningkatan di pasar Internasional. Hal ini disebabkan oleh menurunnya permintaan produk minyak sawit. Penurunan harga minyak sawit berdampak cukup besar bagi Indonesia, khususnya bagi para pengusaha minyak sawit (Arifin et al., 2021).

Pada awal bulan Maret tahun 2022, harga minyak sawit mentah mencetak rekor tertinggi sepanjang masa yaitu sekitar \$1,900-an/MT. Situasi ini mengakibatkan harga minyak goreng melonjak tinggi. *The Edge Markets* melaporkan bahwa peningkatan harga minyak sawit mentah disebabkan oleh meningkatnya permintaan akan sumber minyak nabati alternatif, hal ini dikarenakan oleh berkurangnya stok minyak bunga matahari di tengah perang antar Rusia dan Ukraina. Di sepanjang tahun ini, minyak sawit mentah telah mengalami kenaikan harga sebesar 38%. Naiknya harga minyak sawit mentah pada akhirnya membuat harga minyak goreng internasional, termasuk Indonesia mengalami kenaikan yang pesat. Walaupun Indonesia menjadi penghasil sawit terbesar di dunia, Indonesia tidak berdaya untuk mengatur harga karena kebanyakan sawit di Indonesia dijual dalam bentuk mentah. Sekjen Serikat Petani Kelapa Sawit Manusetus Darto mengutarakan ada beberapa faktor yang membuat harga minyak sawit mentah melambung yaitu yang pertama karena produksi minyak nabati jenis lain di Eropa dan Amerika Latin yang menurun, yang kedua produksi sawit di Malaysia turun karena mayoritas buruh berasal dari Indonesia,

dan yang ketiga munculnya konflik yang melanda Rusia dan Ukraina (Primadhyta, 2022). Harga minyak sawit juga dapat dilakukan prediksi untuk melihat harga minyak sawit di masa yang akan datang agar pemerintah dapat menentukan strategi yang tepat dalam menentukan harga minyak sawit di Indonesia.

Terdapat penelitian terkait memprediksi harga minyak sawit yang dilakukan oleh Ismanto, dkk (2018) dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation*. Pada penelitian tersebut dilakukan pelatihan dan pengujian terhadap variabel *time series*. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation* yaitu mendapatkan hasil terbaik dengan model arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang dipilih adalah 9 lapisan *input*, 5 lapisan *hidden*, dan 1 lapisan *output*. Nilai error RMSE yang didapatkan sebesar 0,0000699 dan akurasi sebesar 99,97% sehingga dapat melakukan prediksi harga sesuai dengan nilai target yang diberikan (Ismanto et al., 2018).

Namun, Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation* ini masih memiliki kelemahan dimana kecepatan dalam pembelajaran lebih lama dan tidak bisa mengatasi *local minima*. Terdapat metode yang memiliki pembelajaran yang lebih cepat dan dapat mengatasi *local minima* yaitu metode *Extreme Learning Machine* (ELM) (Faizal et al., 2019). Metode ELM dicetuskan pada persekitaran tahun 2004 oleh Huang dimana metode ini adalah modifikasi dari metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *feedforward* sederhana dengan menggunakan konsep *Single Hidden Layer Feedforward Neural Networks* (SLFNs). Metode yang dikembangkan oleh Huang ini dapat mengatasi kekurangan dari metode JST sebelumnya dalam proses *learning speed*. Kelebihan dari metode ELM adalah dengan menggunakan parameter seperti *input* bobot dan bias yang diambil secara acak, kinerja pada *learning speed* pada metode ini lebih cepat dan kinerja generalisasi yang dihasilkan lebih baik (Alfiyatin et al., 2019).

Terdapat penelitian yang dilakukan Giusti, dkk (2018) menunjukkan bahwa

metode ELM mampu menunjukkan keunggulan pada *learning speed* serta perolehan nilai galat yang lebih rendah. Pada penelitian tersebut peneliti memprediksi penjualan mie dengan metode ELM di salah satu kedai terkenal yakni Kober Mie Setan Cabang Soekarno Hatta, dimana pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mencari informasi dan menganalisis adanya perbedaan penggunaan fitur data yang digunakan. Hasil yang didapatkan yaitu menggunakan fitur data historis serta fitur data sisa penjualan nilai MSE lebih kecil dibandingkan tanpa fitur data sisa penjualan. Nilai MSE terkecil yang diperoleh yakni 0,0171 dengan jumlah *neuron* pada *hidden layer* sebanyak 7 (Giusti et al., 2018).

Adapun penelitian yang dilakukan Bilhan, dkk (2018) dalam penelitiannya melakukan pemodelan koefisien debit *trapezoidal labyrinth weirs* (TLW) dengan atau tanpa *nappe breaker* (NB) dengan menggunakan metode ELM dan SVR. Dalam penelitian tersebut ditunjukkan bahwa metode ELM mempunyai performa yang lebih baik daripada metode SVR. Hasil menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode ELM dan SVR dapat memodelkan koefisien debit TLW dengan atau tanpa NB. Korespondensi yang terbaik antara model dan observasi yaitu menggunakan model ELM dengan hasil RMSE untuk TLW dengan atau tanpa NB masing-masing sebesar 0,0188 dan 0,0158 dengan model arsitektur yaitu 3 *input neuron*, 18 *hidden neuron* dan fungsi aktivasi sigmoidal (Bilhan et al., 2018).

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Alfiyatin, dkk (2019) menunjukkan bahwa penerapan metode ELM sangat cocok untuk peramalan karena hasil RMSE yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan *Backpropagation*. Pada penelitian tersebut peneliti meramalkan laju inflasi di Indonesia dengan membandingkan metode ELM dan *Backpropagation*. Hasil RMSE yang diperoleh dalam metode ELM lebih rendah dibandingkan dengan *Backpropagation* yaitu sebesar 0,0202008 dengan 9 parameter uji yang digunakan dimana terdapat 3 layer

yakni input layer dengan 9 *neuron*, *hidden layer* dengan 20 *neuron*, *output layer* dengan 1 *neuron*, dan fungsi aktivasi sigmoid (Alfiyatin et al., 2019).

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Paramitha, dkk (2019) menunjukkan bahwa metode ELM dapat menyelesaikan masalah prediksi dengan cukup baik. Pada penelitian ini peneliti memprediksi rating otomatis berdasarkan review restoran pada aplikasi Zomato. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu nilai akurasi yang didapatkan sebesar 80,01% dengan jumlah *k*-fold sebanyak 10, dengan menggunakan *hidden neuron* sebanyak 25, dengan rentang bobot -0,5 hingga 0,5, serta fungsi aktivasi sigmoid biner (Paramitha et al., 2019).

Dari beberapa penelitian terdahulu yang telah dipaparkan, hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode ELM lebih baik dibandingkan dengan beberapa metode lain seperti metode *Backpropagation* dan SVR. Hal ini dibuktikan dengan melihat nilai evaluasi yang didapatkan dengan perhitungan metode ELM lebih rendah. Pada penelitian ini peneliti melakukan peramalan dengan menggunakan metode ELM dengan parameter uji coba yang sama dengan penelitian terdahulu yaitu *hidden neuron* dan fungsi aktivasi. Perbedaan dalam penelitian ini adalah peneliti melakukan penerapan metode ELM dalam meramalkan data harga minyak sawit mentah yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Selain itu, pembagian data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *k*-fold *cross validation* dengan *Time Series Split*. Hal ini dikarenakan apabila menggunakan *cross validation* biasa dapat mengubah urutan periode yang penting dalam data *time series* (Patriya, 2020).

Berdasarkan latar belakang beserta penelitian terdahulu yang telah disebutkan sebelumnya, pada tugas akhir ini akan dilakukan penelitian mengenai Penerapan *Extreme Learning Machine* dalam meramalkan harga minyak sawit mentah. Penelitian ini menggunakan data runtun waktu menggunakan metode ELM untuk meramalkan harga minyak sawit mentah. Dengan harapan dapat

mengurangi dampak kerugian harga minyak sawit mentah.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, terdapat beberapa rumusan masalah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil model performa dalam meramalkan harga minyak sawit mentah menggunakan metode ELM??
2. Bagaimana hasil peramalan harga minyak sawit mentah menggunakan metode ELM?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disebutkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan performa model terbaik dalam meramalkan harga minyak sawit mentah menggunakan metode ELM.
2. Mendapatkan hasil peramalan pada metode ELM untuk meramalkan harga minyak sawit mentah.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis Secara teoritis, manfaat dari penelitian ini adalah dapat menambah pengetahuan tentang peramalan harga minyak sawit mentah menggunakan metode ELM serta dapat dijadikan referensi atau rujukan pada penelitian-penelitian selanjutnya.

2. Manfaat Praktis

(a) Bagi Penulis

Menambah pengetahuan baru bagi penulis tentang peramalan harga minyak sawit mentah dengan menggunakan metode ELM.

(b) Bagi pemerintah

Dapat membantu pemerintah untuk memprediksi harga minyak sawit mentah dan menentukan strategi yang tepat bagi pemerintah untuk mengantisipasi dampak negatif ketika terjadi kenaikan harga minyak sawit mentah.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan yaitu data *time series* harga minyak sawit mentah harian dari tanggal 01 April 2021 hingga 31 Maret 2022 yang diperoleh dari *website Investing*.
2. Uji parameter yang digunakan adalah jumlah *hidden neuron* ($n = 5, 10, 25, 50$) dan fungsi aktivasi (Sin, Radial Bebas, Sigmoid Biner, Sigmoid Bipolar).

1.6. Sistematika Penulisan

Bagian ini berisi tentang paparan garis-garis besar isi tiap bab.

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pertama akan dijelaskan secara detail mengenai pendahuluan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua akan dijelaskan secara detail mengenai tinjauan pustaka terkait permasalahan pada harga minyak sawit mentah yaitu terdiri dari minyak sawit mentah, peramalan, Jaringan Syaraf Tiruan (JST), fungsi aktivasi, normalisasi dan denormalisasi, *Extreme Learning Machine* (ELM), *cross validation*, evaluasi model peramalan, dan integrasi keilmuan.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ketiga akan dijelaskan secara detail mengenai metode penelitian yang meliputi jenis penelitian, sumber data, metode analisis data, tahapan penelitian, skenario uji coba, dan peramalan.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab keempat akan dijelaskan secara detail mengenai hasil dan pembahasan yang meliputi statistika deskriptif, *pre-processing*, penerapan metode ELM, analisis hasil uji coba, analisis hasil peramalan, dan integrasi keilmuan.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab kelima akan dijelaskan secara detail mengenai kesimpulan yang meliputi kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Minyak Sawit Mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO)

Sektor perkebunan adalah salah satu subsektor dari sektor pertanian yang dapat menciptakan nilai di masa sekarang dan masa mendatang. Hasil perkebunan ini berupa buah, getah, rotan, dedaunan, dan batang pohon. Salah satu hasil perkebunan yang menjadi komoditas yang berperan banyak dalam menghasilkan Pendapatan Asli Daerah (PAD), Produk Domestik Bruto (PDB), serta kesejahteraan masyarakat yaitu kelapa sawit (Haryadi, 2021). Kelapa Sawit menjadi salah satu tumbuhan yang menghasilkan produk minyak nabati yang sangat unggul. Tumbuhan kelapa sawit saat ini tumbuh berbagai macam seperti tumbuhan liar, setengah liar, dan ragam tumbuhan budi daya yang tersebar di seluruh negara yang beriklim tropis hingga mengarah subtropis (Hajar et al., 2020).

Kelapa sawit adalah tumbuhan yang dapat menghasilkan produk minyak goreng, minyak industri, dan bahan bakar. Buah dari kelapa sawit sangat penting dimana bisa mendapatkan minyak sawit mentah yang akan diproses menjadi produk minyak goreng (Nurmalita dan Wibowo, 2019). Minyak sawit mentah memiliki kelebihan yaitu harga murah, kolesterol rendah, dan kandungan karoten tinggi. Oleh sebab itu, di pasar internasional untuk minyak sawit mentah sendiri dapat didapati sebagai bahan dalam bermacam-macam produk yang dapat digunakan secara luas. Hingga saat ini di sektor pangan, minyak sawit mentah banyak dipakai sebagai minyak goreng, margarin, mentega putih (*shortening*), vanaspati, *cocoa butter substitutes*, dan bermacam-macam bahan-bahan lainnya. Di sektor non pangan, minyak sawit mentah terus berkembang, terlebih minyak

sawit mentah ini dikembangkan sebagai bahan bakar biodiesel, oleokimia, dan bahan untuk bermacam-macam industri non pangan, seperti bahan untuk industri farmasi (Rahayu et al., 2018).

Dari tahun ke tahun kebutuhan minyak kelapa sawit mentah terus meningkat dan prospek pasar sendiri sangat menjanjikan dengan permintaan yang meningkat cukup banyak. Harga merupakan unsur penting untuk menetapkan nilai jual komoditi yang dihasilkan serta mempengaruhi laba produsen (Boy, 2020). Harga minyak sawit mentah dapat mengalami kenaikan, penurunan, atau tetap karena terdapat beberapa unsur yang dapat mempengaruhi harga minyak sawit mentah. Unsur yang dapat mempengaruhi adalah dari harga minyak nabati lain, kemudian dari harga minyak mentah dunia, atau kurs riil antar kurs dolar dengan mata uang negara produsen ataupun mata uang negara konsumen (Haryadi dan Mandala, 2019).

Naik turunnya harga komoditas kelapa sawit dikendalikan oleh bursa di Malaysia yaitu Bursa Malaysia Derivatives (BMD). Selain itu, harga minyak sawit di Indonesia juga mengacu pada bursa komoditas yang berlokasi di Rotterdam, Belanda. Harga minyak sawit ditentukan dalam ringgit Malaysia (RM) dan dollar Amerika Serikat (USD). Harga hasil perkebunan kelapa sawit di Indonesia ditentukan dengan kontrak berjangka CPO di BMD. Dalam penentuan harga minyak sawit mentah, BMD memberikan pengaruh yang lumayan karena Malaysia telah tercatat sebagai penghasil terbesar di dunia dalam menghasilkan minyak sawit mentah sejak lama. Meskipun negara Indonesia belakangan ini menjadi penghasil minyak sawit mentah terbesar di dunia, BMD merupakan salah satu penentu harga sawit global yang belum tergeser posisinya (Idris, 2022).

Sejak 2006, negara Indonesia telah menjadi negara penghasil minyak sawit mentah terbesar di dunia saat ini. Pada periode 2014-2018 rata-rata hasil produksi minyak sawit dunia mencapai 63,82 juta ton. Sementara itu, dalam periode

2014-2018 rata-rata Indonesia memproduksi minyak sawit mentah yaitu mencapai 34,42 juta ton dengan persentase penjualan 53,94%, sementara rata-rata Malaysia memproduksi minyak sawit mencapai 19,41 juta ton dengan persentase persentase 30,42%. Selain itu, sejak tahun 2018 Indonesia menjadi negara pengekspor minyak sawit mentah terbesar di dunia, yang dahulu dipimpin oleh Malaysia. Rata-rata ekspor minyak sawit mentah dunia selama periode 2014-2018 sebanyak 14,86 juta ton. Sementara itu, rata-rata ekspor minyak sawit mentah Indonesia ke dunia sebanyak 6,49 juta ton dengan persentase penjualan 43,65%, sedangkan rata-rata ekspor minyak sawit mentah Malaysia ke dunia sebanyak 4,01 juta ton dengan persentase penjualan 26,97% (Novindra et al., 2021).

2.2. Peramalan

Peramalan merupakan kegiatan yang menggunakan data historis untuk meramalkan sesuatu yang akan terjadi. Metode peramalan merupakan teknik memperkirakan sesuatu hal di masa depan yang tersusun dan sesuai dengan kenyataan berdasarkan data yang cocok dengan masa lalu (Sari, 2019). Hasil yang diperoleh dari peramalan tidak harus secara tepat, akan tetapi berupaya mendekati sesuatu yang akan terjadi.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, peramalan merupakan hasil suatu kegiatan dalam meramalkan atau memprediksi nilai di masa mendatang dengan menggunakan data dari masa lampau. Peramalan dapat didasarkan pada metode ilmiah atau murni subjektif. Secara eksplisit, ulasan tentang teori peramalan kebijakan sendiri sangat sedikit. Namun, secara implisit, peramalan kebijakan terkait dengan proses analisis kebijakan. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan suatu informasi tentang perubahan masa depan yang dapat mempengaruhi implementasi kebijakan dan konsekuensinya (Kafil, 2019).

2.3. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau dikenal *Artificial Neural Networks* (ANN) adalah salah satu penggambaran tiruan otak manusia yang selalu berusaha menirukan proses pembelajaran pada otak manusia. Hal tersebut disebabkan oleh pemrosesan informasi berada di suatu *neuron* yang memiliki sinyal. Setiap input neuron dan *output neuron* mempunyai lapisan yang tersembunyi yang disebut *hidden layer* (Ritonga dan Atmojo, 2018). JST sendiri memanfaatkan program komputer agar bisa mengerjakan proses perhitungan selama proses pembelajaran (Wicaksono et al., 2021).

JST mempunyai kemampuan alami untuk menyimpan dan mencari tahu pengetahuan eksperimental agar valid agar dapat digunakan. Metode JST memiliki karakteristik yang sangat baik seperti kecepatan dalam proses informasi yang tinggi, kemampuan pemetaan, toleransi kesalahan, adaptif, generalisasi dan ketahanan. Dengan karakteristik ini JST menjadikan alat yang kuat dan cerdas untuk pemodelan, prediksi, dan optimalisasi kinerja sistem rekayasa yang berbeda (Elsheikh et al., 2019).

JST mirip dengan keadaan otak manusia dimana sebagian besar terbentuk dari *neuron* yang berhubungan sangat erat antar *neuron*. *Neuron* ini berperan dalam memproses informasi kemudian meneruskan ke neuron yang lain. Hubungan antar *neuron* dikenal dengan bobot (*weight*). Pada JST terdiri dari tiga lapisan yaitu terdapat *Input Layer*, *Hidden Layer*, dan *Output Layer* (Dewi et al., 2018).

2.4. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi merupakan aturan yang memetakan jumlah elemen pemrosesan *input* ke *output*. Pada JST, fungsi aktivasi dimanfaatkan untuk menentukan *output* suatu *neuron* dengan berargumen *net input*. Tujuan fungsi

aktivasi sendiri adalah untuk mengubah *output* dalam rentang nilai tertentu. Berikut beberapa fungsi aktivasi yang sering kali digunakan (Mosabeth et al., 2018).

1. Fungsi Aktivasi Sin

$$f(x) = \sin(x) \quad (2.1)$$

Fungsi aktivasi sin memiliki nilai keluaran dengan range -1 hingga 1.

2. Fungsi Aktivasi Radial Bebas

$$f(x) = e(-x^2) \quad (2.2)$$

Fungsi aktivasi radial basis adalah jaringan lapisan tunggal yang digunakan untuk mengkonversi nilai *input* yang bernilai kontinu menjadi suatu nilai *output* biner dari 0 hingga 1.

3. Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2.3)$$

Fungsi aktivasi sigmoid biner mempunyai nilai output dengan range 0 hingga 1 dengan membentuk kurva S yang menghasilkan keluaran lebih cepat.

4. Fungsi Aktivasi Sigmoid Bipolar

$$f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (2.4)$$

Fungsi aktivasi ini sama dengan sigmoid biner, namun fungsi ini memiliki nilai *output* dengan range -1 sampai 1 (Dewi et al., 2018).

2.5. Normalisasi dan Denormalisasi

Normalisasi merupakan teknik untuk merubah suatu nilai data ke dalam rentang antara 0 hingga 1. Sementara itu, denormalisasi merupakan teknik pengembalian data yang sudah dinormalisasi ke rentang data yang seharusnya. Rumus untuk normalisasi dan denormalisasi menggunakan Persamaan 2.5 dan 2.6 (Wanto, 2019).

$$x' = \frac{0,8(x - a)}{(b - a)} + 0,1 \quad (2.5)$$

$$x = \frac{(x' - 0,1)(b - a)}{0,8} + a \quad (2.6)$$

keterangan:

x' = Data yang sudah dinormalisasi

x = Data aktual

a = Nilai data yang terkecil

b = Nilai data yang terbesar

2.6. *Extreme Learning Machine* (ELM)

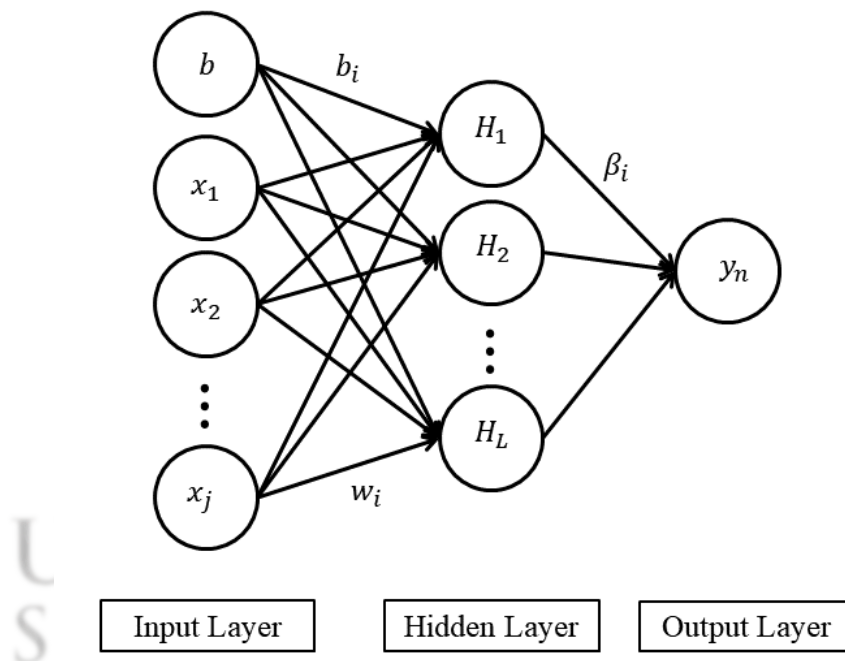
Extreme Learning Machine (ELM) adalah salah satu metode perkembangan JST *feedforward* menggunakan satu *hidden layer* atau yang dikenal sebagai *Single Hidden Layer Feedforward Neural Network* (SLFNs). Metode ELM ini dikenalkan oleh Huang pada tahun 2004 (Giusti et al., 2018). Metode ini berfungsi untuk mengatasi kelemahan dari JST dalam proses *learning speed*. Kelebihan metode ELM adalah kecepatan dalam pembelajaran jauh lebih cepat dan memiliki kinerja generalisasi yang lebih baik. Selain itu, metode ELM nilai *error* yang dihasilkan cenderung lebih kecil (Faizal et al., 2019). Ada beberapa alasan metode ELM memiliki *learning speed* yang cepat, yaitu:

- (a) Menggunakan perhitungan invers berbasis *pseudo-inverse* tanpa

memerlukan iterasi pembelajaran gradient learning dan tanpa epoch.

- (b) Semua parameter diberikan nilai sekali saja secara acak tanpa memerlukan iterasi pembaruan pembobot.

Model matematis pada ELM berbeda dari JST *feedforward*. Model ELM lebih efektif dan sederhana dibandingkan dengan JST *feedforward*. Arsitektur jaringan metode ELM dapat dilihat pada Gambar 2.1 dimana susunan jaringan metode ELM terdiri dari tiga bagian yaitu terdapat *Input Layer*, *Hidden Layer*, serta *Output Layer*.



Gambar 2.1 Arsitektur ELM

Sumber: (Kurniasih et al., 2020)

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat arsitektur ELM menggambarkan bahwa N adalah jumlah pelatihan sampel dengan *input* vektor n -dimensi dan target vektor m -dimensi, dengan L merupakan jumlah *hidden node* secara matematis ditulis sebagai

berikut:

$$\sum_{i=1}^L \beta_i g(w_i x_j + b_i) = o_j, j = 1, 2, \dots, N \quad (2.7)$$

Keterangan:

g = Fungsi aktivasi

w_i = Vektor bobot yang mengaitkan input neuron ke *hidden neuron* dengan

$$[w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}, \dots, w_{in}]^T$$

x_j = Input data ke- j dengan $[x_{j1}, x_{j2}, x_{j3}, \dots, x_{jm}]^T$

β_i = Vektor bobot yang mengaitkan *hidden neuron* ke *output neuron* dengan

$$[\beta_{i1}, \beta_{i2}, \beta_{i3}, \dots, \beta_{im}]^T$$

b_i = Vektor bias menuju I ke- i dengan $[b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, \dots, b_{im}]^T$

o_j = Vektor output dengan $[o_{j1}, o_{j2}, o_{j3}, \dots, o_{jm}]^T$

Jika diasumsikan SLFNs dengan L *hidden neuron* dan g fungsi aktivasi dapat mendekati target (y_j) dengan kesalahan nol, maka dapat dimodifikasi sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^L \beta_i g(w_i x_j + b_i) = y_j, j = 1, 2, \dots, N \quad (2.8)$$

Dimana $y_j = [y_{j1}, y_{j2}, y_{j3}, \dots, y_{jm}]^T$ merupakan vektor target. Dari Persamaan 2.8 bisa ditulis seperti Persamaan 2.9 untuk lebih mudah seperti berikut ini:

$$H\beta = Y \quad (2.9)$$

Dimana,

$$H = \begin{bmatrix} g(w_1 x_1 + b_1) & \dots & g(w_L x_1 + b_L) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g(w_1 x_N + b_1) & \dots & g(w_L x_N + b_L) \end{bmatrix}_{N \times L} \quad (2.10)$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1^T \\ \vdots \\ \beta_L^T \end{bmatrix}_{L \times m} \quad (2.11)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1^T \\ \vdots \\ y_N^T \end{bmatrix}_{N \times m} \quad (2.12)$$

H merupakan matriks keluaran *hidden layer*, β merupakan matriks bobot *output*, serta Y merupakan matriks target (Shariati et al., 2022).

Nilai bobot dan bias dalam algoritma ELM ditentukan secara acak . Oleh sebab itu, untuk mencari bobot keluaran menggunakan matriks *Moore-Penrose Generalized Invers* dari matriks H . *Moore-Penrose Generalized Invers* adalah perluasan dari konsep invers matriks. Konsep ini yaitu membuat matriks dari matriks singular menjadi invers. Berikut cara menghitung nilai bobot *output* dengan Persamaan 2.13.

$$\beta = H^\dagger Y \quad (2.13)$$

Pada Persamaan 2.13 H^\dagger adalah matriks *Moore-Penrose Generalized Invers* dari matriks H . Pada Persamaan 2.14 dan Persamaan 2.15 adalah cara untuk mencari H^\dagger (Bahiuddin et al., 2018).

$$H^\dagger = (H^T H)^{-1} H^T \quad (2.14)$$

$$H^\dagger = H^T (H^T H)^{-1} \quad (2.15)$$

Berikut merupakan tahapan yang dilakukan dalam algoritma ELM (Kurniasih et al., 2020):

1. Langkah pertama memisahkan data observasi menjadi dua bagian, yaitu data

latih dan data uji.

2. Selanjutnya inisialisasi nilai input bobot dan bias secara acak.
3. Kemudian mencari nilai matriks H pada data latih menggunakan fungsi aktivasi, dapat dilihat pada Persamaan 2.16.

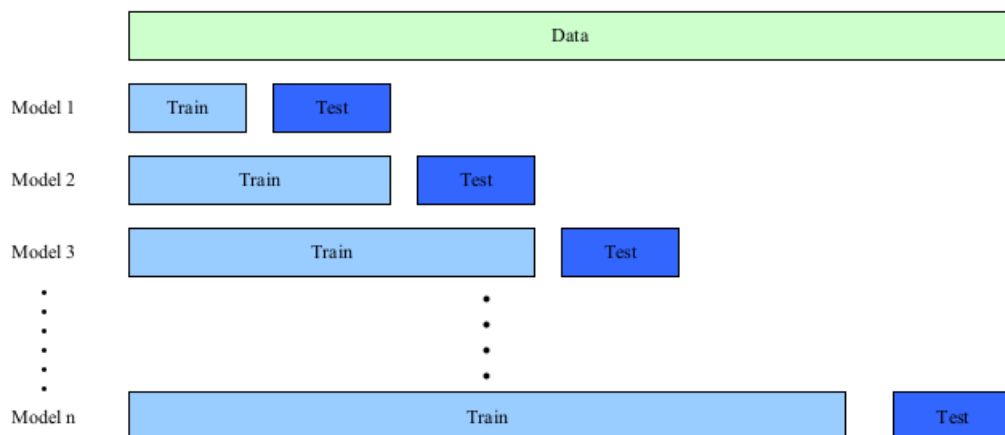
$$H(x) = g(w_i x_j + b_i) \quad (2.16)$$

Hingga membentuk matriks H seperti Persamaan 2.10.

4. Setelah itu menghitung nilai bobot output β pada data latih menggunakan Persamaan 2.13.
5. Langkah selanjutnya mencari matriks H pada data uji seperti langkah 3, dimana bobot dan bias yang digunakan sama pada data uji.
6. Kemudian mencari nilai output dari data uji menggunakan Persamaan 2.8.

2.7. Cross Validation

Cross Validation merupakan salah satu metode validasi model untuk menilai bagaimana hasil statistika analisis akan menggeneralisasi kumpulan data independen. Metode ini berfungsi untuk melakukan peramalan model dan menimbang seberapa tepat sebuah model ketika dilakukan dalam penerapannya (Azis et al., 2020). Namun, untuk data *time series* jenis *cross validation* yang akan digunakan berbeda. *Cross validation* yang digunakan untuk data *time series* yaitu menggunakan *Time Series Split*. *Time Series Split* adalah variasi validasi silang *k-fold* dimana pada setiap pengujian indeks data uji harus lebih tinggi dari sebelumnya seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.2 (Bouktif et al., 2019).



Gambar 2.2 Skema Time Series Split

Sumber: (Bouktif et al., 2019)

2.8. Evaluasi Model Peramalan

Performa model peramalan sangat penting untuk dievaluasi sebagai tingkat validasi model yang cocok untuk data penelitian. Terdapat dua cara pengukuran kesalahan pada penelitian ini yaitu *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

2.8.1. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metode yang biasa diterapkan untuk menunjukkan seberapa besar tingkat kesalahan dengan membandingkan hasil peramalan dengan data yang sebenarnya. Metode ini dihitung memakai kesalahan *absolut* di setiap periode dibagi dengan nilai yang diamati. Nilai MAPE ditampilkan dalam bentuk persentase. Untuk menghitung MAPE dapat menggunakan Persamaan 2.17 (Khair et al., 2017).

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{|y_i - y'_i|}{y_i}}{N} \times 100\% \quad (2.17)$$

Keterangan:

y_i = Data aktual ke- i

y'_i = Hasil peramalan ke- i

N = Jumlah data

Tabel 2.1 Identifikasi MAPE

Nilai MAPE	Keterangan
$MAPE < 10\%$	Prediksi yang didapatkan sangat akurat
$10\% \leq MAPE < 20\%$	Prediksi yang didapatkan akurat
$20\% \leq MAPE < 50\%$	Prediksi yang didapatkan cukup akurat
$MAPE \geq 50\%$	Prediksi yang didapatkan tidak akurat

Sumber:(Hajjah dan Marlin, 2021)

2.8.2. Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) adalah salah satu metode yang biasa diterapkan untuk memperkirakan tingkat ketepatan dari hasil suatu model. Nilai yang diperoleh dengan metode ini adalah nilai rata-rata kuadrat dari jumlah kesalahan pada model prediksi. Untuk menghitung nilai RMSE dapat menggunakan Persamaan 2.18 (Sanjaya dan Heksaputra, 2020).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^N (y'_i - y_i)^2}{N}} \quad (2.18)$$

Keterangan:

y_i = Data aktual ke- i

y'_i = Hasil peramalan ke- i

N = Jumlah data

2.9. Integrasi dalam Pandangan Islam

Pembangunan ekonomi pada umumnya bertujuan untuk mencapai tingkat kesejahteraan ekonomi yang tinggi, menjaga keseimbangan perekonomian negara dan pemerataan pendapatan. Pertumbuhan ekonomi yang baik merupakan salah satu dari beberapa pengukuran atas keberhasilan suatu negara sehingga hal ini perlu diperhatikan untuk terus diperbarui. Terdapat faktor-faktor yang mampu mempengaruhi pergerakan ekonomi dalam suatu negara, namun inflasi merupakan salah satu faktor dari indikator makro ekonomi yang biasa digunakan sebagai tolak ukur perkembangan perekonomian dalam suatu negara. Dampak perkembangan ekonomi yang disebabkan oleh perubahan indikator tersebut dilihat saat dimana inflasi yang mengalami penurunan cenderung menimbulkan gejolak ekonomi di suatu negara (Anggraini et al., 2018).

Dalam perekonomian dunia, inflasi berdampak negatif bagi masyarakat luas khususnya pada daya beli terlebih lagi terhadap tingkat kesejahteraan masyarakat. Demikian terjadi dikarenakan inflasi dapat menjadi penyebab melemahnya produktivitas dan efisiensi ekonomi, peningkatan biaya modal, investasi, dan ketidakpastian tentang biaya serta pendapatan di masa depan. Dengan adanya inflasi mengakibatkan adanya penyimpangan harga relatif, pendapatan bunga riil, tingkat pajak, mengganggu pendapatan masyarakat, menghambat investasi, dan menciptakan ketidakstabilan ekonomi. Oleh karena itu, mengatasi inflasi adalah salah satu target utama untuk mengurangi dampak negatif yang dapat menghambat perkembangan perekonomian suatu negara (Hariyanto, 2019). Al-Qur'an telah menyinggung mengenai terjadinya ketidakstabilan pada perekonomian apabila manusia melakukan campur tangan dengan tidak semestinya yaitu dalam Surat An-Nisa' ayat 29:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا لَا تَأْكُلُوا أَمْوَالَكُمْ بَيْنَكُمْ بِالْبَاطِلِ إِلَّا أَنْ تَكُونَ تِجَارَةً عَنْ تَرَاضٍ مِنْكُمْ وَلَا تَقْتُلُوا أَنْفُسَكُمْ إِنَّ اللَّهَ كَانَ بِكُمْ رَحِيمًا ﴿٢٩﴾

Artinya: “Wahai orang-orang yang beriman, janganlah kamu memakan harta sesamamu dengan cara yang bathil (tidak benar), kecuali berupa perniagaan atas dasar suka sama suka di antara kamu. Janganlah kamu membunuh dirimu. Sesungguhnya Allah adalah Maha Penyayang kepadamu.” (QS. An-Nisa’: 29).

Dari penggalan ayat di atas, Allah Swt melarang hamba-Nya yang beriman memakan harta diantara mereka dengan cara jalan yang bathil. Memakan harta dengan cara jalan yang bathil lingkupannya lebih luas. Allah Swt memperbolehkan perdagangan atas dasar suka sama suka dan saling ridho dan Allah mensyaratkan adanya keridhaan dari kedua belah pihak.

Harga yang adil adalah harga yang dibayar untuk suatu objek yang diberikan, pada waktu dan tempat yang diserahkan barang tersebut. Dalam Fatwa DSN-MUI No. 80 Tahun 2011 yang membahas mengenai fluktuasi harga yang dapat mempengaruhi mekanisme pasar. Dalam fatwa No. 80 DSN menjelaskan bahwa harga pada bursa efek dapat ditentukan menurut persetujuan yang menunjuk pada harga pasar wajar dengan mekanisme tawar menawar yang berkepanjangan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa harga pada bursa efek harus berlandaskan mekanisme pasar. Pemerintah sangat berperan yang penting dalam menjamin agar mekanisme pasar berjalan dengan sempurna. Selain itu pemerintah juga dapat menentukan berbagai macam strategi agar mewujudkan harga yang adil, terutama apabila persaingan yang sempurna tidak mungkin terjadi pada pasar. Dengan ini masyarakat harus menaati aturan yang sudah ditetapkan oleh pemerintah agar terhindar dari kecurangan yang dilakukan oleh para pedagang. Seperti halnya pada hadis yang diriwayatkan oleh HR. Bukhari sebagai berikut:

حَدَّثَنَا مُسَدَّدٌ حَدَّثَنَا يَحْيَى عَنْ عُبَيْدِ اللَّهِ قَالَ حَدَّثَنِي نَافِعٌ عَنْ ابْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا عَنْ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ح وَحَدَّثَنِي مُحَمَّدُ بْنُ صَبَّاحٍ حَدَّثَنَا إِسْمَاعِيلُ بْنُ زَكَرِيَّاءَ عَنْ عُبَيْدِ اللَّهِ عَنْ نَافِعٍ عَنْ ابْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا عَنْ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ السَّمْعُ وَالطَّاعَةُ حَقٌّ مَا لَمْ يُؤْمَرْ بِالْمَعْصِيَةِ فَإِذَا أُمِرَ بِمَعْصِيَةٍ فَلَا سَمْعَ وَلَا طَاعَةَ (رواه البخاري)

Artinya: “Telah bercerita kepada kami Musaddad telah bercerita kepada kami Yahya dari 'Ubaidullah berkata telah bercerita kepadaku Nafi' dari Ibnu 'Umar radliallahu 'anhuma dari Nabi shallallahu 'alaihi wasallam. Dan diriwayatkan pula, telah bercerita kepadaku Muhammad bin Shobbah telah bercerita kepada kami Isma'il bin Zakariya' dari 'Ubaidullah dari Nafi' dari Ibnu 'Umar radliallahu 'anhuma dari Nabi shallallahu 'alaihi wasallam bersabda: ”Mendengar dan taat adalah haq (kewajiban) selama tidak diperintah berbuat maksiat. Apabila diperintah berbuat maksiat maka tidak ada (kewajiban) untuk mendengar dan taat.” (HR. Bukhari: 2735).

Dari hadis di atas dapat diketahui bahwa mendengarkan dan menaati pemerintah hukumnya adalah wajib selama tidak diperintahkan berbuat maksiat. Hal ini berlaku apabila terjadi kenaikan harga yang dilakukan oleh para pedagang di atas batas kewajaran, maka mereka telah berbuat zalim dan sangat merugikan masyarakat. Oleh sebab itu, pemerintah perlu turun tangan untuk menangani hal tersebut dengan menentukan harga standar. Dengan adanya aturan tersebut diharapkan masyarakat dapat menaati aturan yang sudah ditetapkan untuk menjaga hak orang lain, menjauhkan akan kejadian penumpukan barang serta menghindari terjadinya kecurangan antar pedagang.

Dalam hukum Islam, kemaslahatan (*mashlahah*) termasuk dalam hukum ekonomi islam (muamalah). Dengan pertimbangan kemaslahatan (*mashlahah*) untuk menciptakan keadilan dalam penyimpangan harga, monopoli dan menimbun barang, pemerintah dalam menentukan strategi juga harus mempertimbangkan sisi-sisi kemaslahatan. Seperti hal nya pada kaidah fiqih berikut:

تَصَرُّفُ الْأِمَامِ عَلَى الرَّاعِيَةِ مَنْوُطٌ بِالْمَصْلَحَةِ

Artinya: “Ketetapan atau kebijakan pemerintah dibangun dengan pertimbangan kemaslahatan.”

Kaidah di atas menunjukkan bahwa, tindakan pemerintah dalam membentuk kebijakan atau tindakan lainnya yang ditujukan pada masyarakat harus dalam upaya menciptakan kemaslahatan. Termasuk cakupan strategi pemerintah dalam upaya menetapkan harga terhadap suatu komoditas barang tertentu. Pada kasus harga minyak sawit mentah ini pemerintah harus menetapkan strategi yang baik dengan menetapkan harga minyak sawit mentah sesuai dengan standar pasar untuk menciptakan kemaslahatan bagi masyarakat. Hal ini agar terhindar dari dampak negatif yang dilakukan oleh oknum yang tidak bertanggung jawab yang mengakibatkan harga minyak sawit mentah mengalami peningkatan.

Selain mengatur strategi yang baik, untuk mengantisipasi dampak negatif ketika terjadi peningkatan harga minyak sawit mentah yaitu dengan melakukan prediksi. Hal ini dilakukan untuk memantau harga minyak sawit mentah sehingga terhindar dari dampak negatif ketika terjadi kenaikan harga. Dengan melakukan prediksi diharapkan dapat mengantisipasi dampak negatif ketika terjadi kenaikan harga pada minyak sawit mentah.

BAB III

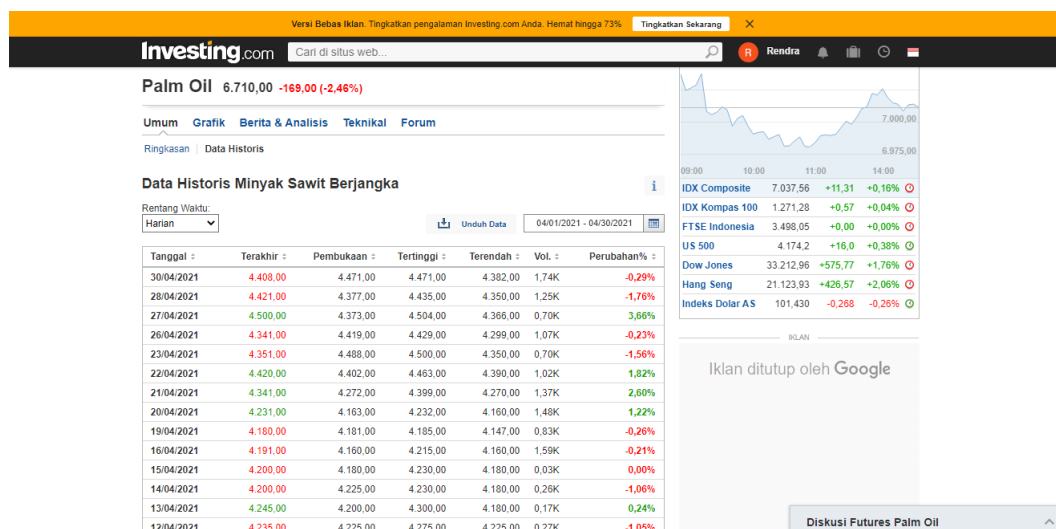
METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada hasil penelitian dan data terbaru berupa angka harga minyak sawit mentah. Demikian halnya, penelitian ini merupakan penelitian dengan jenis kuantitatif. Penelitian mengenai penerapan metode ELM dalam memprediksi harga minyak sawit termasuk dalam penelitian terapan karena proses pengumpulan, pendataan dan analisis data pada penelitian ini sistematis dan objektif sehingga dapat membantu dalam pengambilan keputusan.

3.2. Sumber Data

Jenis data yang akan dipakai pada tugas akhir ini adalah data sekunder. Data tersebut diperoleh langsung dari *website Investing* dengan variabel yang digunakan yaitu harga minyak sawit mentah setiap hari. *Website investing* merupakan situs khusus pasar keuangan yang menyajikan data *real time*, *quote* harga, berita terkini, alat keuangan, serta analisis dari 250 bursa di seluruh dunia dengan 44 edisi internasional. Selain terdapat Pasar Saham global, pada situs web ini juga terdapat informasi mengenai komoditas, mata uang dunia, *cryptocurrency*, indeks dunia, obligasi, reksadana dan suku bunga, kontrak berjangka, dan *Exchange Traded Fund* (ETF).



Gambar 3.1 Website Investing

Sumber: (Investing, 2022)

Pada Gambar 3.1 adalah tampilan *website Investing* data harga minyak sawit mentah. Data penelitian ini menggunakan data *time series* harga minyak sawit mentah harian dimulai sejak tanggal 01 April 2021 hingga 14 April 2022. Data yang didapatkan pada hari senin hingga hari jum'at jika pada tanggal merah maka libur.

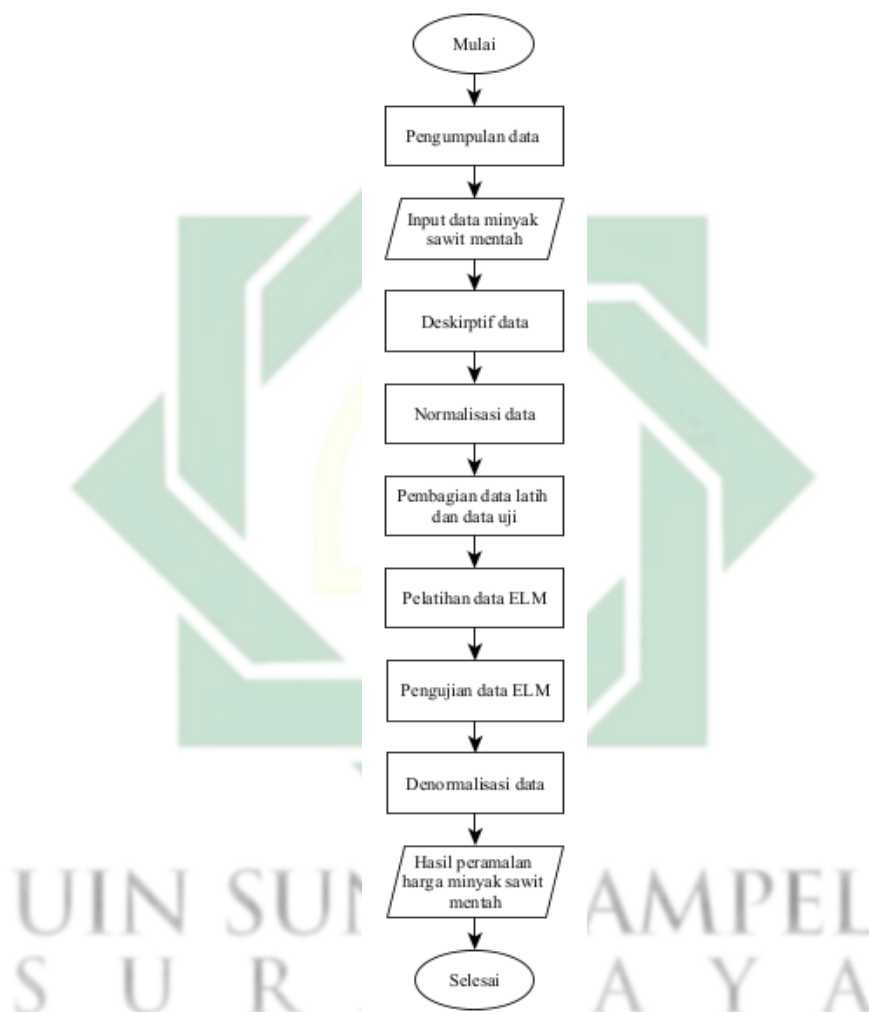
Tabel 3.1 Sampel Data Harga Minyak Sawit Mentah

Tanggal	Harga Minyak Sawit Mentah
1 April 2021	4.151
2 April 2021	4.147
5 April 2021	4.164
⋮	⋮
13 April 2022	6.833
14 April 2022	6.820

Sumber: (Investing, 2022)

3.3. Tahapan Penelitian

Pada tahapan ini akan diuraikan langkah-langkah penelitian penerapan ELM untuk prediksi harga minyak sawit mentah.



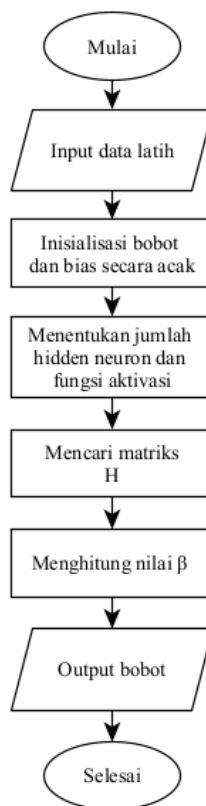
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Gambar 3.2 merupakan tahapan penelitian metode *Extreme Learning Machine*. Berikut merupakan langkah-langkah penelitian ini.

1. Mengumpulkan data harga minyak sawit mentah.
2. Menginputkan data yang sudah dikumpulkan.

3. Mendeskriptif data yang sudah dikumpulkan.
4. Normalisasi data menggunakan Persamaan 2.5.
5. Memilah data menggunakan *time series split* menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji.
6. Memproses data latih pada pelatihan ELM.
7. Memproses data uji pada pengujian ELM.
8. Denormalisasi data menggunakan Persamaan 2.6
9. Menganalisis hasil peramalan yang sudah dilakukan.

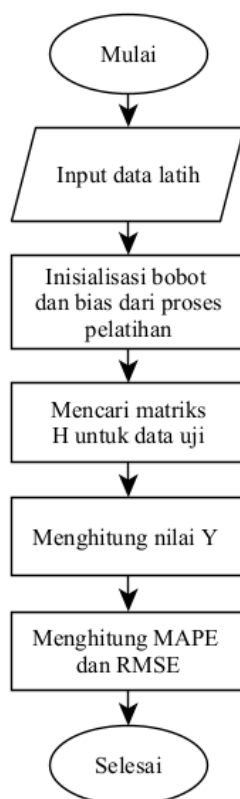
Berikut tahapan pada proses pelatihan dalam memprediksi harga minyak sawit menggunakan metode ELM.



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pelatihan

1. Langkah pertama yaitu menginput data latih yang akan digunakan.
2. Selanjutnya inialisasi bobot dan bias yang ditetapkan secara acak menggunakan rentang interval.
3. Menentukan jumlah *hidden neuron* dan fungsi aktivasi yang akan digunakan.
4. Mencari nilai matriks H menggunakan Persamaan 2.16 kemudian membentuk matrik H seperti pada Persamaan 2.10.
5. Setelah itu menghitung matriks H^\dagger menggunakan Persamaan 2.14.
6. Selanjutnya menghitung β dengan menggunakan Persamaan 2.13.

Berikut tahapan pada proses pengujian yang digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Pengujian

1. Menginput data uji yang akan digunakan.
2. Melakukan inisialisasi nilai bobot dan bias. Inisialisasi nilai yang dipakai pada proses pengujian ini sama dengan inisialisasi pada proses pelatihan sebelumnya.
3. Menghitung nilai matriks H menggunakan Persamaan 2.16 kemudian membentuk matrik H seperti pada Persamaan 2.10.
4. Langkah selanjutnya menghitung nilai Y hasil peramalan menggunakan Persamaan 2.8.
5. menghitung MAPE dan RMSE menggunakan Persamaan 2.17 dan Persaman 2.18.

3.4. Skenario Uji Coba

Dalam penelitian ini, beberapa uji coba parameter untuk mendapatkan model terbaik. Berikut merupakan uji coba yang akan dilakukan diantaranya sebagai berikut:

1. Menguji jumlah *hidden neuron* yang dilakukan sebanyak 5, 10, 25, 50, 75, 100 (Paramitha et al., 2019).
2. Melakukan uji beberapa macam fungsi aktivasi yaitu fungsi aktivasi sin, fungsi aktivasi radial basis, fungsi aktivasi sigmoid biner, dan fungsi aktivasi sigmoid bipolar. Lalu membandingkan hasil nilai MAPE dan RMSE dari keempat fungsi aktivasi tersebut (Mosabeth et al., 2018).

3.5. Peramalan

Pada penelitian ini dilakukan peramalan harga minyak sawit mentah selama 9 hari dan kemudian dilakukan analisis hasil prediksi. Dalam tahapan ini hasil

prediksi ditunjukkan dalam bentuk tabel dan grafik. Selanjutnya, akan dilakukan analisis statistika deskriptif diantaranya yaitu maksimum, minimum, mean, dan standart deviasi untuk mengetahui pola dari hasil peramalan.



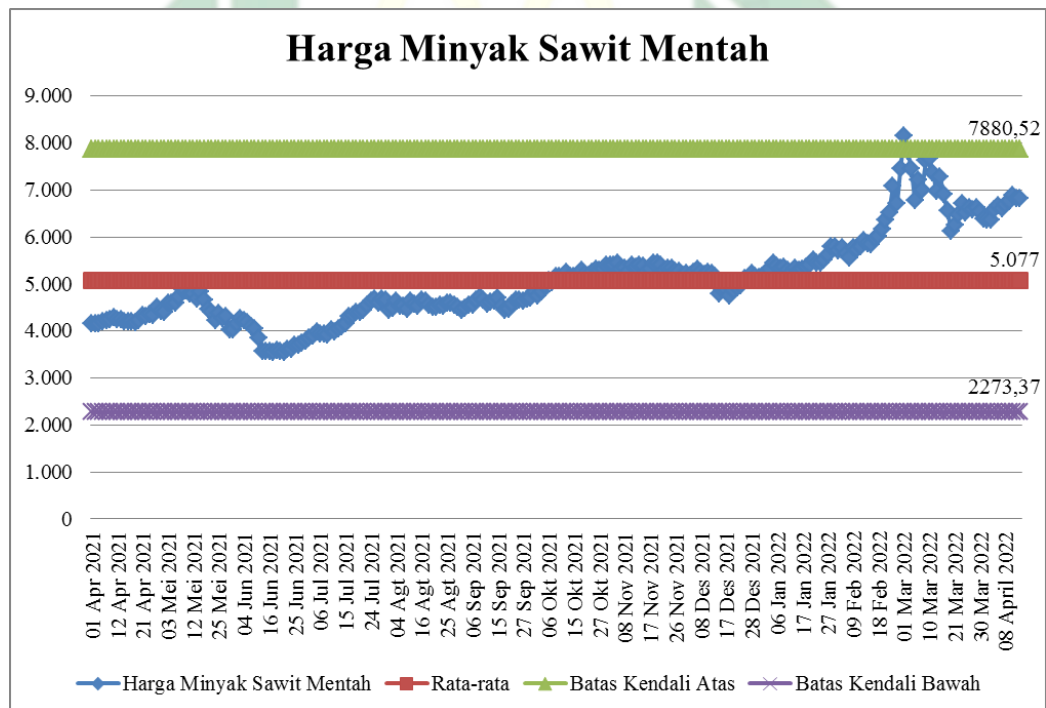
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Statistika Deskriptif

Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data harian harga minyak sawit mentah dari tanggal 01 April hingga 14 April 2022. Data diperoleh langsung dari *website investing*. Berikut merupakan grafik data yang dipakai pada penelitian ini dapat diperhatikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Harga Minyak Sawit Mentah

Dalam Penelitian ini data harga minyak sawit mentah yang digunakan yaitu 257 data dengan harga minyak sawit mentah terendah berada pada tanggal 17 Juni 2021 sebesar 3.549, hal ini menunjukkan harga minyak sawit mengalami

penurunan. Sedangkan harga minyak sawit mentah tertinggi berada pada tanggal 01 Maret 2022 sebesar 8.163, hal ini menunjukkan bahwa harga minyak sawit mentah sedang naik cukup pesat. Pada Gambar 4.1 menyatakan grafik harga minyak sawit mentah didapatkan rata-rata harga minyak sawit mentah sebesar 5.077. Selain itu, dapat dilihat bahwa ada 1 titik yang berada di atas batas kendali atas, sehingga dapat dikatakan bahwa pengendalian kualitas harga minyak sawit mentah belum terkendali secara statistik atau belum memiliki kapabilitas yang baik.

4.2. Pre-processing

4.2.1. Normalisasi Data

Data akan dinormalisasi ke rentang yang lebih kecil yaitu pada rentang [0,1] agar dapat digunakan untuk input ke jaringan dengan mengubah data menjadi desimal. Pada langkah ini data harga minyak sawit mentah dinormalisasikan menggunakan Persamaan 2.5. Berikut merupakan contoh perhitungan manual normalisasi data.

$$x'_1 = \frac{0,8(x - a)}{(b - a)} + 0,1 = \frac{0,8(4151 - 3549)}{(5446 - 3549)} + 0,1 = 0,35387$$

$$x'_2 = \frac{0,8(x - a)}{(b - a)} + 0,1 = \frac{0,8(4147 - 3549)}{(5446 - 3549)} + 0,1 = 0,35936$$

Semua data yang telah diperoleh dinormalisasi. Pada Tabel 4.1 merupakan hasil data setelah dinormalisasi.

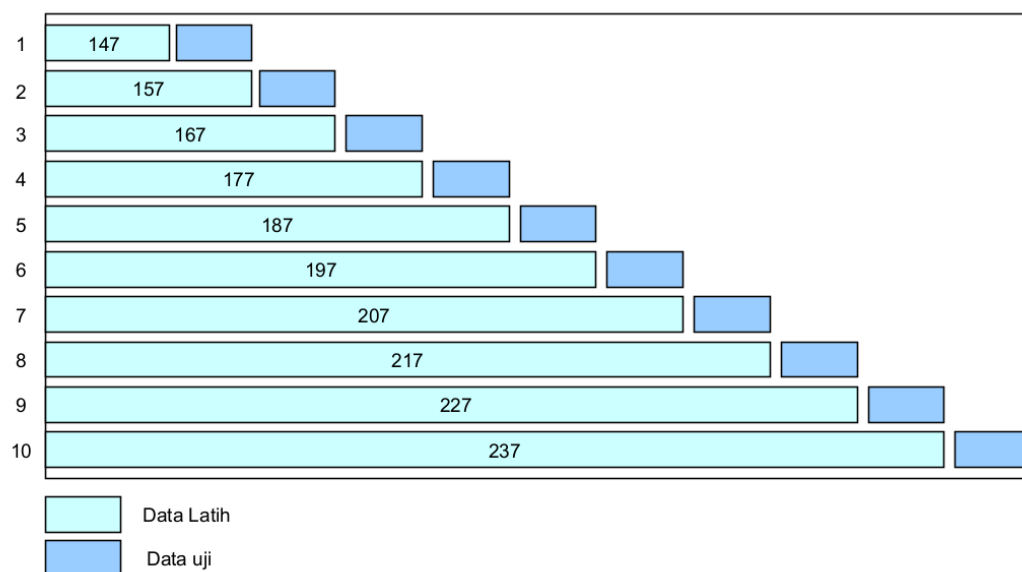
Tabel 4.1 Hasil Normalisasi Data

Tanggal	Normalisasi
01 April 2021	0,20438
2 April 2021	0,20368

5 April 2021	0,20663
⋮	⋮
30 Maret 2022	0,61825
31 Maret 2022	0,59276

4.2.2. Time Series Split Cross-Validation

Dalam tahap ini, setelah data dinormalisasi kemudian data tersebut dibagi dengan menggunakan *time series split cross-validation* dengan 10-fold. Proses ini membantu untuk menentukan input dan output data. Pada proses ini diterapkan dengan membagi data latih pada setiap iterasi dengan data uji selalu ada di depan data latih. Pada penelitian ini, k -fold diatur ke sepuluh dimana data latih yang digunakan pada iterasi pertama yaitu 147 data kemudian setiap iterasi bertambah sepuluh data latih hingga pada iterasi ke-10. Data uji yang dipakai pada setiap iterasi sama yaitu 10 data. Berikut hasil *time series split* dapat diperhatikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil *Time Series Split*

4.3. Penerapan Metode ELM

Data yang sudah didapatkan kemudian dilakukan normalisasi data dan pembagian data dengan menggunakan *time series split* maka hasil terdapat pada Gambar 4.3. Setelah proses normalisasi dan pembagian data telah dilakukan, langkah selanjutnya yaitu proses pelatihan data.

4.3.1. Proses Pelatihan Data

Pada tahap pelatihan ini, data yang digunakan pada pelatihan ini yaitu pada iterasi pertama yaitu 147 data kemudian bertambah 10 data hingga iterasi ke-10. Selain itu, dibutuhkan parameter untuk membentuk jaringan seperti nilai bobot, nilai bias, jumlah *hidden neuron*, dan fungsi aktivasi. Tahapan pertama yaitu melakukan inisialisasi parameter yang diperlukan untuk membangkitkan nilai awal. Nilai bobot dan bias ditentukan secara acak, selain itu pada penelitian ini dilakukan uji coba parameter yaitu dilakukan uji coba jumlah *hidden neuron* dan fungsi aktivasi.

Berikut proses perhitungan manual dengan menggunakan percobaan 1 *input neuron*, fungsi aktivasi sigmoid biner, dan 10 *hidden neuron*. Matriks bobot yaitu $input\ neuron \times hidden\ neuron$ maka ukurannya 1×10 dan ukuran matriks bias yaitu $1 \times hidden\ neuron$ maka ukurannya 1×10 . Nilai bobot dan bias ditetapkan dengan cara acak dengan rentang nilai -1 hingga 1. Berikut merupakan matriks data latih, matriks bobot dan matriks bias dapat dilihat sebagai berikut.

$$x_{1 \times 10} = \begin{bmatrix} 0,2044 \\ 0,2037 \\ 0,2066 \\ \vdots \\ 0,4209 \\ 0,4286 \end{bmatrix}^T$$

$$w_{1 \times 10} = \begin{bmatrix} -0,7876 & -0,2552 & -0,6038 & \dots & 0,4757 & 0,4618 \end{bmatrix}^T$$

$$b_{1 \times 10} = \begin{bmatrix} 0,4228 & 0,5479 & 0,9427 & \dots & 0,5291 & 0,6981 \end{bmatrix}^T$$

Setelah mendapatkan matriks bobot serta matriks bias, langkah berikutnya adalah mencari nilai dari matriks H . Untuk mencari nilai pada matriks H dapat menggunakan Persamaan 2.16. Berikut proses perhitungan manual untuk mencari nilai matriks H :

$$H = g(w_i x_j + b_i)$$

$$\begin{aligned} H_{1,1} &= \text{sigmoid}(w_{1,1}x_{1,1} + b_1) \\ &= \text{sigmoid}[(-0,7876 \times 0,2044) + 0,4228] \\ &= 0,2619 \end{aligned}$$

$$H = g(w_i x_j + b_i)$$

$$\begin{aligned} H_{2,1} &= \text{sigmoid}(w_{2,1}x_{2,1} + b_2) \\ &= \text{sigmoid}[(-0,2552 \times 0,2037) + 0,5479] \\ &= 0,4957 \end{aligned}$$

Setelah perhitungan yang telah dilakukan maka menghasilkan matriks H

dengan ukuran 146×10 . berikut matriks H dapat dilihat dibawah ini.

$$H_{146 \times 10} = \begin{bmatrix} 0,56509 & 0,6214 & 0,6941 & \dots & 0,6186 & 0,6539 & 0,6451 \\ 0,5652 & 0,6214 & 0,6941 & \dots & 0,6187 & 0,6538 & 0,6466 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,5228 & 0,6083 & 0,6657 & \dots & 0,5719 & 0,6769 & 0,6233 \\ 0,5212 & 0,6079 & 0,6008 & \dots & 0,5701 & 0,6777 & 0,622471 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapatkan matriks H , proses selanjutnya mencari nilai output bobot β dengan menggunakan Persamaan 2.13 dengan ukuran 1×10 . Berikut proses menghitung nilai *output* bobot:

$$\begin{aligned} \beta_{1 \times 10} &= H^\dagger Y \\ &= ((H^T H)^{-1} H^T) Y \\ &= \begin{bmatrix} 5550 & -1581 & -1924 & \dots & 1272 \end{bmatrix}^T \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai β , langkah selanjutnya yaitu proses pengujian data dimana nilai β yang diperoleh akan diproses pada pengujian data.

4.3.2. Proses Pengujian Data

Pada tahap pengujian data ini dilakukan untuk menguji model yang sudah didapatkan pada proses pelatihan sebelumnya. Tahapan pada proses ini sama dengan proses pelatihan, namun *output* yang dihasilkan berbeda dengan proses pelatihan. Dalam proses pengujian nilai *output* yang dihasilkan yaitu Y .

Tahapan awal yang dilakukan yaitu mencari nilai matriks H dengan nilai bobot dan bias yang dipakai pada proses ini sama dengan bobot dan bias yang digunakan pada proses pelatihan serta data yang digunakan yaitu data uji. Berikut merupakan matriks data uji, matriks bobot dan matriks bias dapat dilihat sebagai berikut.

$$x_{9 \times 1} = \begin{bmatrix} 0,4086 \\ 0,3967 \\ \vdots \\ 0,4079 \\ 0,4286 \end{bmatrix}^T$$

$$w_{1 \times 10} = \begin{bmatrix} -0,7876 & -0,2552 & -0,6038 & \dots & 0,4757 & 0,4618 \end{bmatrix}^T$$

$$b_{1 \times 10} = \begin{bmatrix} 0,4228 & 0,5479 & 0,9427 & \dots & 0,5291 & 0,6981 \end{bmatrix}^T$$

Untuk mencari matriks H menggunakan Persamaan 2.16. Berikut proses perhitungan manual untuk mencari nilai matriks H :

$$H = g(w_i x_j + b_i)$$

$$\begin{aligned} H_{1,1} &= \text{sigmoid}(w_{1,1}x_{1,1} + b_1) \\ &= \text{sigmoid}[(-0,7876 \times 0,4086) + 0,4228] \\ &= 0,4093 \end{aligned}$$

$$H = g(w_i x_j + b_i)$$

$$\begin{aligned} H_{2,1} &= \text{sigmoid}(w_{2,1}x_{2,1} + b_2) \\ &= \text{sigmoid}[(-0,2552 \times 0,3967) + 0,5479] \\ &= 0,8519 \end{aligned}$$

Setelah perhitungan yang telah dilakukan maka menghasilkan matriks H dengan ukuran 9×10 . berikut matriks H dapat dilihat dibawah ini.

$$H_{9 \times 10} = \begin{bmatrix} 0,5252 & 0,60911 & \dots & 0,5254 & 0,5212 \\ 0,5275 & 0,6098 & \dots & 0,6092 & 0,6079 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0,5254 & 0,6092 & \dots & 0,6755 & 0,6247 \\ 0,5212 & 0,6079 & \dots & 0,6777 & 0,6225 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapatkan matriks H , proses selanjutnya mencari nilai *output* Y menggunakan Persamaan 2.8. Berikut proses perhitungan untuk memperoleh nilai *output*:

$$\begin{aligned} Y_{1 \times 9} &= H\beta \\ &= \begin{bmatrix} 0,5252 & 0,60911 & \dots & 0,5254 & 0,5212 \\ 0,5275 & 0,6098 & \dots & 0,6092 & 0,6079 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0,5254 & 0,6092 & \dots & 0,6755 & 0,6247 \\ 0,5212 & 0,6079 & \dots & 0,6777 & 0,6225 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 555 \\ -1581 \\ \vdots \\ 1272 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0,4093 & 0,4007 & 0,4153 & \dots & 0,4180 \end{bmatrix}^T \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai *output* Y selanjutnya dilakukan uji validasi model dengan MAPE dan RMSE.

4.3.3. Denormalisasi Data

Hasil peramalan yang telah didapatkan akan didenormalisasi untuk mengembalikan nilai data ke rentan semula menggunakan Persamaan 2.6. Berikut contoh proses perhitungan untuk denormalisasi.

$$x_1 = \frac{(x'_1 - 0,1)(b - a)}{0,8} + a = \frac{(0,5958 - 0,1)(8163 - 3549)}{0,8} + 3549 = 6424$$

4.4. Analisis Hasil Uji Coba

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa uji coba parameter yaitu uji coba jumlah *hidden neuron* dan uji coba fungsi aktivasi. Dalam uji coba jumlah *hidden neuron*, *hidden neuron* yang digunakan sebanyak 5, 10, 25, 50, 75, dan 100. Selain itu untuk uji coba fungsi aktivasi yang digunakan yaitu Sin, Radial Basis, Sigmoid Biner, dan Sigmoid Bipolar. Berikut hasil rata-rata uji coba model metode ELM dapat diperhatikan pada Tabel 4.2.

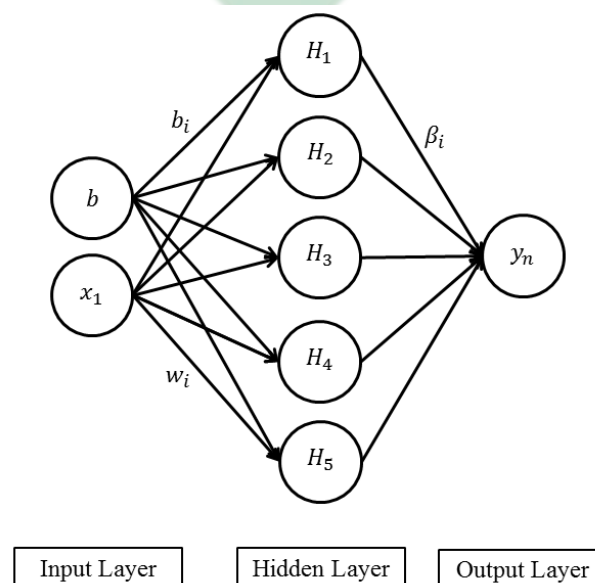
Tabel 4.2 Rata-rata Hasil Uji Coba *Time Series Split Cross-Validation*

Hidden Neuron	Akurasi	Fungsi Aktivasi			
		Sin	Radial Basis	Sigmoid Biner	Sigmoid Bipolar
5	MAPE	0,0177	0,0186	0,0173	0,0181
	RMSE	0,0309	0,0313	0,0308	0,0313
10	MAPE	3,1005	14,5921	0,2319	0,3558
	RMSE	5,1253	24,9978	0,3302	0,5276
25	MAPE	3,0961	21,5018	2,7962	2,7803
	RMSE	5,1298	41,0990	4,5926	4,5633
50	MAPE	3,0866	28,2407	2,8676	17,0614
	RMSE	5,1126	53,8671	4,8908	29,6604
75	MAPE	3,0734	27,7715	2,6854	2,7152
	RMSE	5,0897	52,9293	4,3999	4,4512
100	MAPE	3,0817	27,6449	2,8984	2,9240
	RMSE	5,1039	52,6796	4,7685	4,8147

Pada Tabel 4.2 adalah hasil dari rata-rata dari uji coba parameter yang telah dilakukan yang dapat dilihat pada Lampiran D. Berdasarkan Tabel 4.2

menunjukkan bahwa seiring bertambahnya jumlah *hidden neuron* yang digunakan hasil, hasil yang didapatkan semakin meningkat. Rata-rata nilai MAPE dan RMSE yang terkecil pada penelitian ini diperoleh sebesar 0,0173 dan 0,0308. Oleh karena itu, model terbaik dalam peramalan harga minyak sawit mentah ini terletak pada *hidden neuron 5* dan fungsi aktivasi sigmoid biner.

Pada Tabel 4.2 menyatakan bahwa dari *hidden neuron 10* hingga seterusnya rata-rata nilai MAPE dan RMSE yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai MAPE dan RMSE pada *hidden neuron 5*. Hasil ini karena pada proses pelatihan terlalu banyak pola yang dipelajari sehingga mengalami *overfitting*. Selain itu, pada pengujian fungsi aktivasi hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa fungsi aktivasi sigmoid biner dan fungsi aktivasi sigmoid bipolar lebih kecil dibandingkan dengan fungsi aktivasi sin dan fungsi aktivasi radial basis. Dapat dilihat bahwa nilai rata-rata fungsi aktivasi sigmoid biner dan sigmoid bipolar yang didapatkan tidak jauh berbeda. Namun, hasil fungsi aktivasi sigmoid biner lebih kecil dibandingkan dengan fungsi aktivasi sigmoid bipolar. Arsitektur metode ELM dengan *hidden neuron 5* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.3 Arsitektur ELM

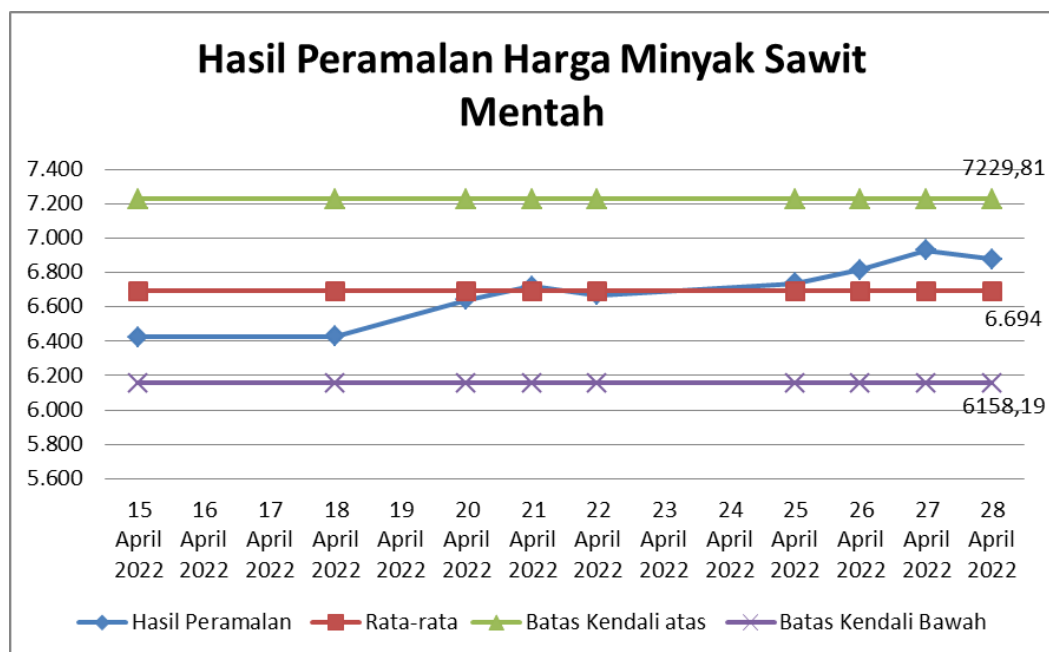
Gambar arsitektur 4.3 merupakan arsitektur dari model yang terbaik yang diperoleh dari rata-rata hasil uji coba parameter. Dapat dilihat pada penelitian ini pada bagian *input layer* terdapat terdapat *input data* dan inialisasi bobot *input* dan bias yang diambil secara acak. Langkah selanjutnya yaitu memasuki bagian *hidden layer* dimana *hidden neuron* yang digunakan yaitu 5 *hidden neuron* setelah itu mencari matriks β . Setelah memasuki *hidden layer* selanjutnya yaitu menuju bagian *output layer*.

4.5. Analisis Hasil Peramalan

Model peramalan harga minyak sawit mentah menggunakan ELM yang diperoleh sebelumnya akan digunakan untuk meramalkan harga minyak sawit 9 hari kedepan. Hasil peramalan yang didapatkan pada penelitian ini dapat diperhatikan pada Tabel 4.3. Berikut hasil peramalan yang diperoleh setelah proses denormalisasi.

Tabel 4.3 Rata-rata Hasil Uji Coba

Tanggal	Hasil Peramalan
15 April 2022	6.424
18 April 2022	6.428
20 April 2022	6.641
21 April 2022	6.721
22 April 2022	6.669
25 April 2022	6.737
26 April 2022	6.817
27 April 2022	6.931
28 April 2022	6.879



Gambar 4.4 Grafik Hasil Peramalan Harga Minyak Sawit Mentah

Hasil peramalan pada Tabel 4.3 diperkirakan harga minyak sawit mentah tidak mengalami peningkatan yang signifikan dari hari-hari sebelumnya. Harga minyak sawit mentah selama 9 hari tertinggi terletak pada tanggal 27 April 2022 diperoleh sebesar 6.931, sedangkan harga minyak sawit mentah terendah terletak pada tanggal 15 April 2022 diperoleh sebesar 6.424. Rata-rata hasil peramalan harga minyak sawit mentah sebesar 6.694. Seluruh titik proporsi berada di antara batas atas dan batas kendali atas. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian kualitas harga minyak sawit mentah berada dalam pengendalian statistikal atau memiliki kapabilitas yang baik.

4.6. Integrasi Keilmuan

Dari hasil peramalan yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat bahwa dari tanggal 15 April hingga 28 April 2022 harga minyak sawit mentah masih terjadi peningkatan harga. Dengan adanya hasil peramalan tersebut

diharapkan bisa memberikan manfaat untuk peneliti serta untuk pemerintah dalam menentukan strategi yang tepat dan mengantisipasi dampak negatif dari kenaikan harga minyak sawit mentah ini. Peramalan sendiri merupakan kegiatan yang digunakan untuk mendapatkan prediksi di masa depan dengan menggunakan metode ilmiah. Namun, hasil yang diperoleh tidak dapat dipastikan benar secara keseluruhan. Dalam Al-Qur'an telah dijelaskan bahwa di hari esok kita tidak bisa mengetahui secara yakin apa yang akan terjadi. Oleh sebab itu, Allah Swt. menitahkan untuk selalu berusaha dalam mendapatkan hasil yang baik dan bermanfaat bagi kehidupan dengan melakukan perencanaan, perhitungan, dan peramalan. Hal ini dapat diperlihatkan dalam QS. Yusuf ayat 47-48 dengan redaksi:

قَالَ تَزْرَعُونَ سَبْعَ سِنِينَ دَابًّا فَمَا حَصَدْتُمْ فَذَرُوهُ فِي سُنْبُلِهِ إِلَّا قَلِيلًا مِّمَّا تَأْكُلُونَ ﴿٤٧﴾ ثُمَّ يَأْتِي
مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ سَبْعٌ شِدَادٌ يَأْكُلْنَ مَا قَدَّمْتُمْ لَهُنَّ إِلَّا قَلِيلًا مِّمَّا تُحْصِنُونَ ﴿٤٨﴾

Artinya: ““(Yusuf) berkata, “Bercocok tanamlah kamu tujuh tahun berturut-turut! Kemudian apa yang kamu tuai, biarkanlah di tangkainya, kecuali sedikit untuk kamu makan. Kemudian, sesudah itu akan datang tujuh (tahun) yang sangat sulit (paceklik) yang menghabiskan apa yang kamu simpan untuk menghadapinya, kecuali sedikit dari apa (bibit gandum) yang kamu simpan.” (QS. Yusuf: 47-48).

Pada ayat di atas, dijelaskan bahwa Yusuf berkata kepada para pembesar kerajaan dan menerangkan kepada mereka untuk menanam gandum selama tujuh tahun berturut-turut. Karena suatu hari Yusuf bermimpi tentang negara yang ditinggalinya akan terjadi sesuatu yang berbahaya, oleh karena itu sebelum benar-benar terjadi maka Yusuf meminta untuk menanam gandum. Tujuh tahun kemudian, terjadi kekeringan dimana tidak ada satupun tanaman, jadi penduduk mengkonsumsi makanan yang telah mereka simpan selama tujuh tahun.

Dari penjelasan di atas, peramalan dalam agama islam diperbolehkan apabila peramalan tersebut bermanfaat untuk masyarakat. Contohnya yaitu peramalan terhadap cuaca, perekonomian, dan lain-lainnya. Dengan melakukan peramalan, masyarakat dapat mempersiapkan dengan matang apa yang akan terjadi di masa yang akan datang.

Proses peramalan sendiri harus berdasarkan data masa lampau yang berguna untuk memperkirakan sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang. Peramalan dilakukan berdasarkan data aktual yang didapatkan dari data masa lalu boleh dilakukan selama tidak menyekutukan Allah. Namun, peramalan juga bisa haram hukumnya apabila data yang digunakan tidak berdasarkan data aktual dan riset dari masa lalu selain itu juga didasarkan pada jin atau hal lain. Sebagaimana yang diriwayatkan oleh HR. Ibnu Majah sebagai berikut:

حَدَّثَنِي سَلَمَةُ بْنُ شَبِيبٍ حَدَّثَنَا الْحَسَنُ بْنُ أَعْيَنَ حَدَّثَنَا مَعْقِلٌ وَهُوَ ابْنُ عَبِيدِ اللَّهِ عَنِ الزُّهْرِيِّ أَخْبَرَنِي يَحْيَى بْنُ عُرْوَةَ أَنَّهُ سَمِعَ عُرْوَةَ يَقُولُ قَالَتْ عَائِشَةُ سَأَلَ أَنَسُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ عَنِ الْكُهَّانِ فَقَالَ لَهُمْ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ لَيْسُوا بِشَيْءٍ قَالُوا يَا رَسُولَ اللَّهِ فَإِنَّهُمْ يُحَدِّثُونَ أَحْيَانًا الشَّيْءَ يَكُونُ حَقًّا قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ تِلْكَ الْكَلِمَةُ مِنَ الْجِنِّ يَحْطِفُهَا الْجِنِّيُّ فَيَقْرُؤُهَا فِي أُذُنِ وَلِيِّهِ قَرَّ الدَّجَاجَةَ فَيَخْلُطُونَ فِيهَا أَكْثَرَ مِنْ مِائَةِ كَذْبَةٍ وَحَدَّثَنِي أَبُو الظَّاهِرِ أَخْبَرَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ وَهَبٍ أَخْبَرَنِي مُحَمَّدُ بْنُ عَمْرٍو عَنْ ابْنِ جُرَيْجٍ عَنْ ابْنِ شَهَابٍ بِهَذَا الْإِسْنَادِ نَحْوَ رِوَايَةِ مَعْقِلٍ عَنِ الزُّهْرِيِّ (رواه مسلم)

Artinya: “Telah menceritakan kepadaku Salamah bin Syabib; Telah menceritakan kepada kami Al Hasan bin A’yan; Telah menceritakan kepada kami Ma’qil yaitu ’Ubaidullah dari Az Zuhri; Telah mengabarkan kepadaku Yahya bin ’Urwah bahwa dia mendengar ’Urwah berkata; ’Aisyah berkata; ”sekelompok orang bertanya kepada Rasulullah shallallahu ’alaihi wasallam tentang praktek tukang tenung. Lalu beliau menjawab menjawab: ’Mereka itu tidak benar! ’

Mereka bertanya lagi; 'Ya Rasulullah Kadang-kadang apa yang mereka katakan itu memang benar terjadi. Lalu Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam bersabda kepada mereka: "Adapun perkataan yang nyata (benar) itu adalah perkataan yang dicuri oleh jin, kemudian ia memperdengarkannya di telinga walinya sebagaimana ia seekor ayam mendengkur, lalu mereka mencampur adukkan isinya lebih dari seratus kebohongan." Dan telah menceritakan kepadaku Abu Ath Thahir; Telah mengabarkan kepada kami 'Abdullah bin Wahb; Telah mengabarkan kepadaku Muhammad bin 'Amru dari Ibnu Juraij dari Ibnu Syihab melalui jalur ini yang serupa dengan riwayat Ma'qil dari Az Zuhri." (HR. Muslim: 4135).

Dari hadis di atas bisa diambil kebaikannya yaitu untuk tidak percaya dengan hal gaib yang menuntun kemusyrikan dalam meramalkan sesuatu di masa yang akan datang yang tidak berdasarkan data aktual yang didapatkan di masa lampau serta berdasarkan dari riset. Peramalan ini diharapkan dapat meningkatkan kewaspadaan dalam mengambil strategi yang tepat untuk di masa yang akan datang. Oleh sebab itu, pada penelitian ini peramalan harga minyak sawit mentah yang dilakukan tidak ada kaitannya dengan hal gaib. Hal ini karena data yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan data masa lampau kemudian dilakukan peramalan untuk mengetahui harga minyak sawit mentah di masa yang akan datang. Hasil yang diperoleh dari peramalan dapat digunakan oleh masyarakat dan khusus nya pemerintah untuk dijadikan salah satu pedoman dalam menentukan strategi yang tepat untuk harga minyak sawit. Sebagaimana kaidah fiqih yang berbunyi:

مَادَّلَ عَلَى الْحَرَامِ فَهُوَ حَرَامٌ

Artinya: “Segala jalan yang menuju kepada sesuatu yang haram, maka jalan (wasilah) itu juga haram.”

Dari kaidah di atas dijelaskan bahwa apabila dalam sebuah perbuatan yang dapat mengantarkan pelakunya kepada perkara haram, maka perbuatan tersebut

menjadi haram juga. Sepertinya halnya apabila dalam meramalkan suatu hal di masa yang akan datang namun didasari dengan jin dan lainnya maka haram hukumnya. Namun, apabila meramalkan sesuatu hal yang didasari dengan data aktual di masa lampau untuk sebagai pedoman di masa akan datang dalam menentukan strategi yang tepat maka boleh dilakukan (Ansori dan Ulumuddin, 2020).

Dalam penelitian ini dilakukan peramalan harga minyak sawit mentah menggunakan metode ELM dan nilai MAPE dan RMSE yang didapatkan sebesar 0,0173 dan 0,0308 dengan model terbaik yaitu *hidden neuron 5* dan fungsi aktivasi sigmoid biner. Dari hasil tersebut menunjukkan peramalan menggunakan metode ELM baik digunakan untuk peramalan. Dengan adanya penelitian mengenai peramalan harga minyak sawit ini dapat membantu pemerintah dalam membuat strategi yang baik dan dapat mengantisipasi dampak negatif ketika terjadi kenaikan harga.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan pada peramalan harga minyak sawit mentah menggunakan *Extreme Learning Machine* (ELM) dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil model performa yang didapatkan pada penelitian ini dapat dilihat nilai MAPE dan RMSE yang terkecil berapa pada *hidden neuron* 5 dan fungsi aktivasi sigmoid biner. Model terbaik yang didapatkan merupakan hasil rata-rata MAPE dan RMSE dengan nilai yang diperoleh sebesar 0,0173 dan 0,0308.
2. Hasil peramalan yang diperoleh pada penelitian ini selama 9 hari kedepan rata-rata harga minyak sawit mentah yang diperoleh sebesar 6.694. Dengan harga tertinggi minyak sawit mentah yang diperoleh pada tanggal 27 April 2022 sebesar 6.931 sedangkan harga terendah diperoleh pada tanggal 15 April 2022 sebesar 6.424.

5.2. Saran

Pada penelitian ini menggunakan metode *Extreme Learning Machine* untuk meramalkan. Pada penelitian selanjutnya data yang digunakan lebih diperbanyak dan dapat membandingkan antara pembagian data secara sederhana dengan pembagian data menggunakan *time series split cross-validation* . Selain itu, dapat menggunakan metode yang sudah dimodifikasi dengan mengoptimasi bobot awal

dan bias untuk mendapatkan hasil peramalan yang optimal. Berbagai macam modifikasi ELM yang dapat dilakukan yaitu Algoritma Genetika (AG-ELM), *Differential Evolution* (DE-ELM), dan lain lain.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Advent, R., Zulgani, dan Nurhayani. (2021). *Analisis Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Ekspor Minyak Kelapa Sawit di Indonesia Tahun 2000-2019*. E-Journal Perdagangan Industri Dan Moneter, 9(1), 49–58.
- Alfiyatin, A. N., Mahmudy, W. F., Ananda, C. F., dan Anggodo, Y. P. (2019). *Penerapan Extreme Learning Machine (ELM) untuk Peramalan Laju Inflasi di Indonesia*. Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 6(2), 179.
- Amin, M. (2016). *Wawasan Al-Quran Tentang Manusia Dan Lingkungan Hidup Sebuah Kajian Tafsir Tematik*. Jurnal Nizham, 05(02), 190.
- Anggraini, R., Ababil, R., dan Widiastuti, T. (2018). *Pengaruh Penyaluran Dana ZIS dan Tingkat Inflasi terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Periode 2011-2015*. FALAH: Jurnal Ekonomi Syariah, 3(2), 1.
- Ansori, A. I., Ulumuddin, M. (2020). *Kedudukan Fatwa MUI dan Lembaga Fatwa Di Indonesia*. Jurnal Mahkamah: Kajian Ilmu Hukum Dan Hukum Islaman Hukum Islam, 5(1), 29–50.
- Arifin, B., Tanaya, G. L. P., dan Usman, A. (2021). *Peramalan Harga Kelapa Sawit Dunia Pada Tahun 2020-2024*. Prosiding Saintek LPPM Universitas Mataram, 3, 349–368.
- Azis, H., Purnawansyah, P., Fattah, F., Putri, I. P. (2020). *Performa Klasifikasi K-NN dan Cross Validation Pada Data Pasien Pengidap Penyakit Jantung*. ILKOM Jurnal Ilmiah, 12(2), 81–86.

- Bahiuddin, I., Mazlan, S. A., Shapiai, M. I., Imaduddin, F., dan Ubaidillah. (2018). *Study of Extreme Learning Machine Activation Functions for Magnetorheological Fluid Modelling*. Proceeding of 2017 International Conference on Robotics, Automation and Sciences, ICORAS 2017, 2018-March, 1–5.
- Bilhan, O., Emiroglu, M. E., Miller, C. J., dan Ulas, M. (2018). *The Evaluation of The Effect of Nappe Breakers On The Discharge Capacity of Trapezoidal Labyrinth Weirs by ELM and SVR Approaches*. *Flow Measurement and Instrumentation*, 64, 71–82.
- Bouktif, S., Fiaz, A., Ouni, A., Serhani, M. A. (2019). *Single and Multi-Sequence Deep Learning Models for Short and Medium Term Electric Load Forecasting*. *Energies*, 12(1).
- Boy, A. F. (2020). *Implementasi Data Mining Dalam Memprediksi Harga Crude Palm Oil (CPO) Pasar Domestik Menggunakan Algoritma Regresi Linier Berganda (Studi Kasus Dinas Perkebunan Provinsi Sumatera Utara)*. *Journal of Science and Social Research*, 3(2), 78–85.
- Chandra, A. F. (2017). *Hadis-Hadis Ekologi Dalam Konteks Perindustrian Di Indonesia*. *JURIS (Jurnal Ilmiah Syariah)*, 15(1), 21.
- Dewi, S. N., Cholissodin, I., dan Santoso, E. (2018). *Prediksi Jumlah Kriminalitas Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (Studi Kasus Di Kabupaten Probolinggo)*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(11), 4687–4693.
- Elsheikh, A. H., Sharshir, S. W., Abd Elaziz, M., Kabeel, A. E., Guilan, W., dan Haiou, Z. (2019). *Modeling of solar energy systems using artificial neural network: A comprehensive review*. *Solar Energy*, 180, 622–639.

- Faizal, R., Setiawan, B. D., dan Cholissodin, I. (2019). *Prediksi Nilai Cryptocurrency Bitcoin menggunakan Algoritme Extreme Learning Machine (ELM)*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya, 3(9), 4226–4233.
- Giusti, A., Widodo, A. W., dan Adinugroho, S. (2018). *Prediksi Penjualan Mi Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM) di Kober Mie Setan Cabang Soekarno Hatta*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya, 2(8), 2972–2978.
- Hajar, S., Novany, A. A., Windarto, A. P., Wanto, A., dan Irawan, E. (2020). *Penerapan K-Means Clustering Pada Ekspor Minyak Kelapa Sawit Menurut Negara Tujuan*. Seminar Nasional Teknologi Komputer dan Sains (SAINTEKS) 2020, 314–318.
- Hajjah, A., dan Marlim, Y. N. (2021). *Analisis Error Terhadap Peramalan Data Penjualan*. Techno.Com, 20(1), 1–9.
- Hariyanto, M. (2019). *Perspektif Inflasi Dalam Ekonomi Islam*. Al-Mizan: Jurnal Ekonomi Syariah, 2(2), 79–95.
- Haryadi, D. (2021). *Penerapan Algoritma K-Means Clustering Pada Produksi Perkebunan Kelapa Sawit Menurut Provinsi*. Journal of ICT (Informatics and Communications Technology), 3(1), 1–15.
- Haryadi, D., dan Mandala, R. (2019). *Prediksi Harga Minyak Kelapa Sawit Dalam Investasi Dengan Membandingkan Algoritma Naïve Bayes, Support Vector Machine dan K-Nearest Neighbor*. IT for Society, 4(1).
- Idris, M. (2022). *RI Penghasil Sawit Terbesar Dunia, tapi Harganya Diatur dari Malaysia*. Www.Kompas.Com.

<https://money.kompas.com/read/2022/01/30/062749426/ri-penghasil-sawit-terbesar-dunia-tapi-harganya-diatur-dari-malaysia?page=all>

Investing. (2022). *Minyak Sawit Berjangka - (FCPOc1)*.
<https://id.investing.com/commodities/palm-oil-historical-data>

Iqbal. (2020). *Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam Dalam Perspektif Ekonomi Islam*. Al-Hisab: Jurnal Ekonomi Syariah, 1(1), 8–21.

Ismanto, E., Effendi, N., Cynthia, E. P. (2018). *Implementation of Backpropagation Artificial Neural Networks to Predict Palm Oil Price Fresh Fruit Bunches*. IJISTECH (International Journal Of Information System Technology), 2(1), 26.

Kafil, M. (2019). *Penerapan Metode K-Nearest Neighbors Untuk Prediksi Penjualan Berbasis Web Pada Boutiq Dealove Bondowoso*. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 3(2), 59–66.

Khair, U., Fahmi, H., Hakim, S. Al, dan Rahim, R. (2017). *Forecasting Error Calculation with Mean Absolute Deviation and Mean Absolute Percentage Error*. Journal of Physics: Conference Series, 930(1).

Kurniasih, I. H., Furqon, M. T., dan Adinugroho, S. (2020). *Prediksi Pertumbuhan Penduduk di Kota Malang menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM)*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 4(2), 509–516.

Mosabeth, C., Furqon, M. T., dan Wihandika, R. C. (2018). *Prediksi Harga Pasar Daging Sapi Di Kota Malang Dengan Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM)*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya, 2(12), 6362–6369.

- Novindra, N., Sinaga, B. M., Hartoyo, S., dan Erwidodo, E. (2021). *Industri Hilir Minyak Sawit Mentah Indonesia Terhadap Daya Saing Dan Penerimaan Devisa Indonesia*. Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan, 15(1), 77–104.
- Nurmalita, V., dan Wibowo, P. A. (2019). *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia ke India*. Economic Education Analysis Journal., 8(2), 605–618.
- Paramitha, D. T. A., Cholissodin, I., dan Dewi, C. (2019). *Prediksi Rating Otomatis Berdasarkan Review Restoran pada Aplikasi Zomato dengan Menggunakan Extreme Learning Machine (ELM)*. Jurnal PTIIK, 3(5), 4687–4693.
- Patriya, E. (2020). *Implementasi Support Vector Machine Pada Prediksi Harga Saham Gabungan (Ihsg)*. Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa, 25(1), 24–38.
- Primadhyta, S. (2022). *Melihat Tren Lonjakan Harga CPO, Biang Kerok Minyak Goreng Selangit*. CNN Indonesia. <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20220317183716-92-772794/melihat-tren-lonjakan-harga-cpo-biang-kerok-minyak-goreng-selangit>
- Puspitasari, D. I. (2017). *Penerapan Data Mining Menggunakan Perbandingan Algoritma Greedy Dengan Algoritma Genetika Pada Prediksi Rentet Waktu Harga Crude Palm Oil*. Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education), 2(1), 21–26.
- Rahayu, D., Wihandika, R. C., dan Perdana, R. S. (2018). *Implementasi Metode Backpropagation Untuk Klasifikasi Kenaikan Harga Minyak Kelapa Sawit*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 2(4 e-ISSN: 2548-964X), 1547–1552.
- Rifa'i, A. (2020). *Optimasi Fuzzy Artificial Neural Network dengan Algoritma*

- Genetika untuk Prediksi Harga Crude Palm Oil*. Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi, 6(2), 234–241.
- Ritonga, A. S., dan Atmojo, S. (2018). *Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru di PTS Surabaya (Studi Kasus Universitas Wijaya Putra)*. Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia, 12(1), 15.
- Sanjaya, F. I., Heksaputra, D. (2020). *Prediksi Rerata Harga Beras Tingkat Grosir Indonesia dengan Long Short Term Memory*. JATISI (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi), 7(2), 163–174.
- Sari, A. P. (2019). *Optimasi Interval Fuzzy Time Series Menggunakan Particle Swarm Optimization Untuk Memprediksi Kualitas Udara Di Kota Pekanbaru*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Shariati, M., Mafipour, M. S., Ghahremani, B., Azarhomayun, F., Ahmadi, M., Trung, N. T., dan Shariati, A. (2022). *A Novel Hybrid Extreme Learning Machine–Grey Wolf Optimizer (ELM-GWO) Model to Predict Compressive Strength of Concrete with Partial Replacements for Cement*. Engineering with Computers, 38(1), 757–779.
- Wanto, A. (2019). *Prediksi Produktivitas Jagung Di Indonesia Sebagai Upaya Antisipasi Impor Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation*. SINTECH (Science and Information Technology) Journal, 2(1), 53–62.
- Wicaksono, T. A., Nachrowie, N., dan Mujahidin, I. (2021). *Sistem Billboard Digital Cerdas Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan Orientasi Pendeteksi Jarak dan Usia*. PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 8(1), 7–12.