

SENASTIKA Universitas Malikussaleh

IMPLEMENTASI HOLT'S EXPONENTIAL SMOOTHING UNTUK PREDIKSI HARGA BBM (STUDI KASUS : HARGA MINYAK DUNIA WTI 2019 – 2023)

Safwandi¹, Zahratul Fitri², T.M. Afdhalul Syakir³

¹Program Studi Teknik Informatika Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Informatika, STKIP Bumi Persada, Lhokseumawe, Aceh

³Teknik Informatika, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh

Email: ¹safwandi@unimal.ac.id, ²anazahratulfitri@gmail.com, ³teuku.190170012@mhs.unimal.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga Bahan Bakar Minyak (BBM) menggunakan metode Holt's Exponential Smoothing, berdasarkan data historis harga minyak dunia West Texas Intermediate (WTI) dari tahun 2019 hingga 2023. Dalam implementasinya, dua parameter utama, yaitu alpha (α) dan beta (β), diatur untuk menyesuaikan model dengan tren data historis. Penelitian ini menemukan bahwa metode Holt's Exponential Smoothing efektif dalam memprediksi harga BBM dengan tingkat akurasi yang tinggi. Berdasarkan hasil evaluasi, akurasi prediksi diukur menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode ini menghasilkan tingkat akurasi yang sangat baik dengan nilai MAPE kurang dari 10%, yang berarti bahwa metode tersebut memberikan hasil prediksi yang cukup akurat dan konsisten dalam memproyeksikan harga BBM ke depan. Implementasi aplikasi berbasis web untuk prediksi ini memungkinkan pengguna mengakses data historis dan hasil prediksi secara lebih mudah dan cepat.

Keywords: *Holt's Exponential Smoothing, Prediksi Harga BBM, Harga Minyak Dunia WTI, Alpha dan Beta*

1. PENDAHULUAN

Dalam kondisi global saat ini, ketidakpastian merajalela akibat adanya konflik geopolitik yang melibatkan negara-negara penghasil utama gas dan minyak bumi. Rusia, sebagai salah satu produsen minyak terbesar di dunia, terlibat dalam sejumlah ketegangan internasional yang berpotensi mengganggu pasokan energi. Sementara itu, wilayah Timur Tengah, yang dikenal sebagai pusat produksi minyak dunia, juga menghadapi berbagai konflik internal dan eksternal. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran mengenai stabilitas pasokan minyak dan gas, yang dapat berdampak pada harga energi global dan perekonomian dunia secara keseluruhan.

Harga minyak di pasar sering berubah-ubah tidak hanya karena permintaan dan pasokan, tetapi juga karena situasi politik di negara-negara penghasil minyak. Masalah politik atau keributan di negara-negara tersebut dapat mengganggu produksi atau mengurangi penjualan minyak, yang mempengaruhi harga. Oleh karena itu, bisnis minyak dan negara yang bergantung pada impor minyak harus memperhatikan kondisi negara-negara penghasil minyak untuk menyiapkan strategi dan antisipasi. Analisa teknikal digunakan untuk memprediksi pergerakan harga minyak dengan mempertimbangkan data historis harga dan volume, menggunakan grafik, indikator teknikal, pola grafik, serta konsep dukungan dan perlawanan untuk menangkap tren dan momentum pasar [1].

Dalam penelitian ini penulis menggunakan pendekatan Holt's Exponential Smoothing, adalah sebuah teknik dalam analisa teknikal yang digunakan untuk meramalkan data yang memiliki pola tren. Metode Holt's Exponential Smoothing diperkenalkan oleh "Brown's" dengan tujuan untuk mengatasi ketidaksesuaian antara data aktual dan nilai ramalan ketika ada tren dalam pola data tersebut [2].

Ketidakterediaan listrik bisa membawa konsekuensi serius, sebagai respons terhadap kebutuhan yang meningkat ini, sebuah sistem aplikasi peramalan konsumsi listrik di rancang untuk PT. PLN (Persero) ULP Kecamatan Natal menggunakan metode Holt's Exponential Smoothing (DES). Aplikasi ini berfokus pada data konsumsi listrik dari tahun 2017 hingga 2019. Parameter alpha 0.4035 dan beta 0.5965 digunakan dalam metode DES untuk menganalisis data tersebut, menghasilkan tingkat akurasi MAPE 1%. Inisiatif ini menunjukkan langkah proaktif dalam mengelola dan merencanakan konsumsi energi di masa depan, menjamin ketersediaan dan aksesibilitas listrik bagi masyarakat [3].

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk prediksi harga BBM dengan data yang diperoleh dari harga minyak dunia dengan menerapkan metode Holt's Exponential Smoothing guna memprediksi harga BBM berdasarkan data historis harga minyak dunia West Texas Intermediate (WTI) selama periode 2019 hingga 2023. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana akurasi dan efektivitas metode tersebut dalam meramalkan tren harga BBM di masa depan berdasarkan pola harga minyak dunia pada periode studi yang ditentukan.

Harga Minyak WTI (West Texas Intermediate)

Minyak mentah WTI (West Texas Intermediate) adalah salah satu jenis minyak mentah berkualitas tinggi yang dihasilkan terutama di Amerika Serikat. Minyak ini dikenal karena kualitasnya yang ringan dan manis, yang membuatnya lebih mudah untuk diolah menjadi produk seperti bensin, diesel, dan produk minyak lainnya. WTI sering dijadikan sebagai benchmark untuk harga minyak di Amerika Serikat dan sering dibandingkan dengan jenis minyak mentah lain seperti Brent Crude dan Dubai Crude [4].

Holt's Exponential Smoothing

Metode Holt's Exponential Smoothing pertama kali diperkenalkan oleh Holt's untuk mengatasi masalah ketidakcocokan antara data aktual dan prediksi ketika ada tren dalam data. Konsep utama dari metode ini adalah untuk memperbaiki pembatasan dari teknik pemulusan tunggal, yang tidak efektif dalam menangani data dengan tren. Brown mengembangkan ide ini dengan menggabungkan konsep Linear Moving Average, dimana perbedaan antara nilai pemulusan tunggal. Penelitian ini diidentifikasi dan disesuaikan untuk mengakomodasi tren. Metode Holt's Exponential Smoothing lebih adaptif dan akurat dalam memprediksi data yang memiliki tren. Parameter α (alpha) dalam metode ini ditentukan melalui proses trial dan error, biasanya dalam rentang dari 0 hingga 1, dan pemulusan dilakukan dua kali untuk meningkatkan keakuratan prediksi [5].

Perhitungan Smoothing Awal:

$$S_1 = X_1$$

$$T_1 = X_2 - X_1$$

Keterangan :

S_1 : Smoothing awal (pada periode pertama).

T_1 : Slope awal (pada periode pertama).

X_1 : Harga minyak pada periode pertama.

X_2 : Harga minyak pada periode kedua.

α : Konstanta smoothing untuk level (smoothing).

β : Konstanta smoothing untuk slope.

Perhitungan Smoothing (S_t) :

$$S_t = \alpha \cdot X_t + (1 - \alpha) \cdot (S_{t-1} + T_{t-1})$$

Keterangan :

S_t : Smoothing pada periode t .

X_t : Harga minyak pada periode t .

S_{t-1} : Smoothing pada periode sebelumnya ($t - 1$).

T_{t-1} : Slope pada periode sebelumnya ($t - 1$).

Perhitungan Slope (T_t) :

$$T_t = \beta \cdot (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1}$$

Keterangan

T_t : Slope pada periode t .

S_t : Smoothing pada periode t .

S_{t-1} : Smoothing pada periode sebelumnya ($t - 1$).

T_{t-1} : Slope pada periode sebelumnya ($t - 1$).

Prediksi Harga Minyak (Y_{t+h}) :

$$Y_{t+h} = S_t + h \cdot T_t$$

Keterangan :

Y_{t+h} : Prediksi harga minyak pada periode $t + h$.

S_t : Smoothing pada periode t .

h : Jumlah periode ke depan yang ingin Penelitian Ini prediksi.

T_t : Slope pada periode t .

Dalam konteks penggunaan metode Holt's Exponential Smoothing, parameter alpha (α) dan beta (β) adalah dua konstanta yang digunakan untuk menentukan level smoothing dan slope smoothing, yang secara langsung mempengaruhi bagaimana data diprediksi dalam tren [6].

A. Penentuan Alpha (α)

Alpha merupakan konstanta smoothing untuk level. Nilai α biasanya berada antara 0 dan

B. Penentuan Beta (β):

Beta merupakan konstanta smoothing untuk slope atau tren. Sama seperti α , nilai β juga berada di antara 0 dan 1.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini sudah di susun berbagai langkah langkah penelitian yang nantinya akan dilakukan secara sistematis. Langkah penelitian yang dilakukan adalah :

1. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini akan di jelaskan bagaimana proses pengambilan data yang digunakan untuk keperluan penelitian, seperti data apa saja yang digunakan dalam penelitian, kemudian bagaimana data tersebut digunakan.

a. Data Primer

Data primer adalah data utama yang di gunakan dalam penelitian ini, penelitian ini menggunakan data historis dari WTI untuk patokan harga di indonesia dari priode tahun 2019 hingga 2023.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang menjadi data tambahan namun memiliki pengaruh dalam penelitian, dalam penelitian ini digunakan referensi tambahan seputar perkembangan harga BBM dari berbagai jenis karya Ilmiah seperti jurnal, Tesis, Buku dan sebagainya.

2. Metode Pengolahan Data

Pengolaham data menggunakan berbagai metode statistic dasar seperti mencari mean, modus, median dan persentase, hasil prediksi menggunakan berbagai software seperti Excel dan Google Spreadsheet.

3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem menggunakan Diagram Konteks, DFD dan ERD, yang dimana perancangan ini akan membantu proses pengembangan aplikasi dengan menggunakan bahasa pemrograman.

4. Implementasi Sistem

Implementasi sistem adalah proses mengembangkan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman. Dalam hal ini akan digunakan bahasa pemrograman seperti HTML, Python, dan JS.

5. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan melakukan tahapan tahapan testing and debugging program untuk memastikan apakah dapat berjalan dengan baik sesuai dengan rancangan yang sudah di buat sebelumnya.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah pengujian data historis harga WTI sebagai penentuan untuk harga BBM di indonesia yang sudah di kumpulkan. Adapun metode penelitian yang dilakukan adalah:

a. Metode Pustaka

Penelitian ini akan menyusun informasi yang diperlukan dari kepustakaan penelitian sebelumnya yang memiliki topik penelitian yang sama, dimana akan dikumpulkan referensi dari berbagai buku dan jurnal yang berhubungan dengan harga WTI dan harga minyak bumi yang ada di indonesia .

b. Studi Literatur

Sebelum melakukan penelitian, perlu dilakukan studi literatur yang berguna untuk mengetahui teori-teori dasar. Dasar - dasar teori bisa didapka melalui kajian pustaka dari berbagai sumber seperti paper, jurnal, buku, dan internet. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam proses studi literatur adalah :

1. Konsep Holt's Exponential Smoothing: Memahami prinsip, formula, dan aplikasi metode ini dalam berbagai kasus, khususnya dalam prediksi harga.
2. Prediksi Harga BBM: Meninjau literatur yang ada tentang faktor-faktor yang mempengaruhi harga BBM, termasuk faktor ekonomi global, politik, dan lainnya.
3. Harga Minyak Dunia WTI: Menganalisa tren harga minyak dunia WTI di masa lalu, faktor-faktor yang mempengaruhi fluktuasi harga, dan bagaimana fluktuasi tersebut mempengaruhi harga BBM.
4. Studi Kasus Sejenis: Meninjau hasil-hasil penelitian dan kajian sebelumnya yang relevan dengan prediksi harga BBM dan harga minyak dunia WTI untuk mendapatkan insight dan memperkaya analisis. Metode penelitian yang dilakukan adalah pengujian data historis harga WTI sebagai penentuan untuk harga BBM di indonesia yang sudah di kumpulkan. Adapun metode penelitian yang dilakukan adalah:

a. Metode Pustaka

Penelitian ini akan menyusun informasi yang diperlukan dari kepustakaan penelitian sebelumnya yang memiliki topik penelitian yang sama, dimana akan dikumpulkan referensi dari berbagai buku dan jurnal yang berhubungan dengan harga WTI dan harga minyak bumi yang ada di indonesia .

b. Studi Literatur

Sebelum melakukan penelitian, perlu dilakukan studi literatur yang berguna untuk mengetahui teori-teori dasar. Dasar - dasar teori bisa didapka melalui kajian pustaka dari berbagai sumber seperti paper, jurnal, buku, dan internet.

Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam proses studi literatur adalah :

1. Konsep Holt's Exponential Smoothing: Memahami prinsip, formula, dan aplikasi metode ini dalam berbagai kasus, khususnya dalam prediksi harga.
2. Prediksi Harga BBM: Meninjau literatur yang ada tentang faktor-faktor yang mempengaruhi harga BBM, termasuk faktor ekonomi global, politik, dan lainnya.
3. Harga Minyak Dunia WTI: Menganalisa tren harga minyak dunia WTI di masa lalu, faktor-faktor yang mempengaruhi fluktuasi harga, dan bagaimana fluktuasi tersebut mempengaruhi harga BBM.
4. Studi Kasus Sejenis: Meninjau hasil-hasil penelitian dan kajian sebelumnya yang relevan dengan prediksi harga BBM dan harga minyak dunia WTI untuk mendapatkan insight dan memperkaya analisis.

2.3 Analisis Kebutuhan Sistem

Tujuan dari analisa kebutuhan sistem untuk memahami dengan sesungguhnya kebutuhan dari sistem yang akan dirancang dan dibangun. Adapun hasil dari analisa kebutuhan sistem akan digunakan sebagai acuan dalam perancangan sistem yang akan dibangun.

1. Data Input
 - a. Data Historis : Menghimpun data harga WTI 2019-2022, termasuk fluktuasi harga dan faktor pemicunya.
 - b. Data Real-Time :Menyediakan akses ke data harga terkini untuk meningkatkan akurasi prediksi.
2. Algoritma dan Model
 - a.Implementasi Algoritma : Menerapkan Holt's Exponential Smoothing dengan parameter yang tepat untuk prediksi harga.
 - b.Validasi Model : Melakukan tes dan validasi untuk memastikan model dapat memprediksi dengan akurat.
3. Antarmuka Pengguna
 - a.Tampilan Data Menyajikan: Data dan prediksi harga dalam grafik atau tabel yang mudah dibaca.
 - b.Navigasi Menyediakan : Navigasi intuitif untuk akses fitur analisis dan laporan.
4. Keamanan Data
 - a.Enkripsi : Menggunakan enkripsi data untuk menjaga kerahasiaan informasi.
 - b.Backup : Otomatis Sistem backup data otomatis untuk pencegahan kehilangan data.
5. Output dan Laporan
 - a.Hasil Prediksi : Menampilkan prediksi harga BBM dalam format tabel dan juga grafik
 - b.Analisis Otomatis Menyertakan : Analisis otomatis dari hasil prediksi untuk interpretasi cepat

2.4 Skema Sistem



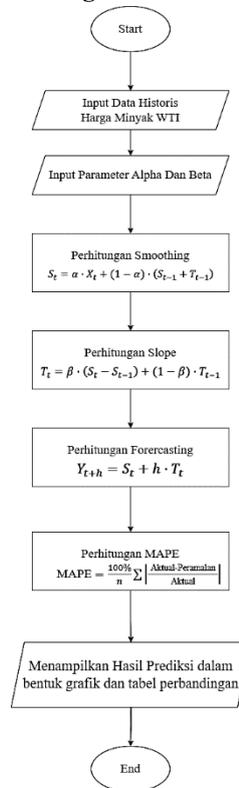
Gambar 1.skema sistem

Keterangan :

1. Input Data Harga WTI
Mengumpulkan data harga West Texas Intermediate (WTI) dari berbagai sumber.
2. Akses API WTI/Database untuk Data Historis WTI
 - a. Menggunakan API atau database untuk mengakses dan mengelola data historis WTI.
 - b. Menyusun data historis dalam format time series.
 - c. Menetapkan parameter awal untuk analisis dengan model Holt's Exponential Smoothing (DES).
 - d. Menghitung level dan tren menggunakan model DES.
3. Menampilkan Prediksi dalam Bentuk Tabel dan Grafik

- Menyajikan hasil prediksi dalam format tabel dan grafik untuk visualisasi yang jelas.
- Mengidentifikasi tren dan pola dalam data untuk prediksi yang akurat.
- Menyusun data dalam struktur yang terorganisir untuk analisis lebih lanjut

2.5 Alur algoritma Holt's Exponential Smoothing



Gambar 2. Alur Algoritma

Keterangan :

- Mulai : Proses dimulai.
- Input Data Historis Harga Minyak WTI: Pada tahap ini, data historis harga minyak WTI dari tahun 2019 hingga 2023 dimasukkan ke dalam sistem.
- Input Parameter Alpha dan Beta: Parameter alpha (α) dan beta (β) merupakan dua konstanta yang digunakan dalam metode Holt's Exponential Smoothing. Parameter ini mempengaruhi seberapa cepat metode tersebut merespons perubahan-perubahan dalam data historis.
- Perhitungan Smoothing (S_t): Menggunakan rumus yang diberikan, nilai smoothed (S_t) dihitung. Nilai ini menggambarkan trend harga minyak saat ini berdasarkan data historis dan parameter α .
- Perhitungan Slope (T_t): Menggunakan rumus yang diberikan, slope atau kemiringan (T_t) dihitung. Ini menggambarkan seberapa cepat harga minyak berubah dari waktu ke waktu dan memberikan informasi tentang arah trendnya.
- Perhitungan Forecasting (Y_{t+h}): Berdasarkan nilai smoothed dan slope yang telah dihitung, prediksi harga minyak untuk periode waktu di masa depan (Y_{t+h}) dapat diestimasi.
- Perhitungan MAPE (Mean Absolute Percentage Error): MAPE adalah metrik yang digunakan untuk mengukur akurasi prediksi. Ini menghitung perbedaan antara nilai aktual dan prediksi dalam persentase, sehingga memberikan gambaran seberapa baik metode Holt's Exponential Smoothing dalam memprediksi harga minyak.
- Menampilkan Hasil Prediksi: Setelah semua perhitungan selesai, hasil prediksi harga minyak ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel perbandingan, sehingga dapat dianalisis lebih lanjut.
- Selesai: Proses selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Variabel dan Dataset yang digunakan

Penelitian dilakukan di Universitas Malikussaleh di Kota Lhokseumawe yang diselenggarakan mulai pada 20 september 2023 sampai selesai. Penelitian ini mengambil data historis dari harga minyak dunia yang dimana nantinya akan bisa menjadi patokan untuk harga BBM di Indonesia dengan tujuan untuk memprediksi

harga BBM dengan mengambil data pada WTI periode 2019-2023. Data yang diambil pada penelitian ini adalah data historis dan data terkini, dimana data historis diambil pada investing.com kemudian data API terkini diambil melalui Stackmarket.com.

Tanggal	Terakhir	Pembukaan	Tertinggi	Terendah	Vol.
02/01/2023	80,47	80,57	80,61	80,18	
03/01/2023	77,12	80,66	81,62	76,81	139,84K
04/01/2023	73,1	77,41	77,62	73,01	149,77K
05/01/2023	73,92	73,51	75,15	72,74	112,45K
06/01/2023	74,04	74,18	75,71	73,52	95,22K

Gambar 3. Data yang digunakan

3.2 Penentuan parameter alpha dan beta

Misalnya, jika kita memilih $\alpha = 0.4$, ini berarti model memberikan bobot sebesar 40% kepada observasi terbaru dan 60% kepada estimasi level dari periode sebelumnya (karena $1 - \alpha = 0.6$). Ini adalah pendekatan yang seimbang: tidak terlalu lambat dalam merespons perubahan di data, namun juga tidak terlalu sensitif terhadap fluktuasi acak atau outlier.

Untuk β , yang mengontrol pembaruan tren, jika kita menggunakan nilai yang sama $1 - \alpha = 0.6$ untuk β , ini berarti kita memberikan bobot sebesar 60% kepada perubahan level terbaru saat menghitung tren. Nilai ini lebih tinggi daripada α , mengindikasikan bahwa kita memberikan lebih banyak bobot kepada perubahan tren terbaru dibandingkan dengan perubahan level.

3.3 Proses Implementasi Holt's Exponential Smoothing

Berikut adalah representasi dari perhitungan Holt's Exponential Smoothing : Untuk l_1 dan b_1 :

Data pertama () adalah 80.47

b_0 bisa diambil sebagai rata-rata perbedaan antara dua data pertama:

$$b_0 = \frac{77.12 - 80.47}{1} = -3.35$$

$$l_1 = \alpha \times Y_2 + (1 - \alpha) \times (l_0 + b_0)$$

$$l_1 = 0.4 \times 77.12 + (1 - 0.4) \times (80.47 - 3.35)$$

$$l_1 = 0.4 \times 77.12 + 0.6 \times 77.12$$

$$l_1 = 30.848 + 46.272$$

$$l_1 = 77.12$$

$$b_1 = \beta \times (l_1 - l_0) + (1 - \beta) \times b_0$$

$$b_1 = 0.6 \times (77.12 - 80.47) + 0.4 \times -3.35$$

$$b_1 = 0.6 \times -3.35 + 0.4 \times -3.35$$

$$b_1 = -2.01 - 1.34$$

$$b_1 = -3.35$$

Untuk l_2 dan b_2

$$l_2 = \alpha \times Y_3 + (1 - \alpha) \times (l_1 + b_1)$$

$$l_2 = 0.4 \times 73.1 + (1 - 0.4) \times (77.12 - 3.35)$$

$$l_2 = 0.4 \times 73.1 + 0.6 \times 73.77$$

$$l_2 = 29.24 + 44.262$$

$$l_2 = 73.502$$

$$b_2 = \beta \times (l_2 - l_1) + (1 - \beta) \times b_1$$

$$b_2 = 0.6 \times (73.502 - 77.12) + 0.4 \times -3.35$$

$$b_2 = 0.6 \times -3.618 + 0.4 \times -3.35$$

$$b_2 = -2.171 - 1.34$$

$$b_2 = -3.511$$

Berikut adalah gambar hasil prediksi :

Tanggal	Terakhir	Vol.	Level	Trend	Prediksi
03-01-2023	77.12	139.84K	77.12	-3.35	73.77
04-01-2023	73.10	149.17K	73.50	-3.51	69.99
05-01-2023	73.92	149.77K	71.56	-2.57	68.99
06-01-2023	74.04	112.45K	71.01	-1.36	69.66
09-01-2023	74.92	154.20K	71.76	-0.09	71.67
10-01-2023	75.37	164.98K	73.15	0.79	73.94
11-01-2023	77.68	179.83K	75.44	1.69	77.13
12-01-2023	78.65	188.06K	77.74	2.06	79.79
13-01-2023	80.11	189.32K	79.92	2.13	82.05
15-01-2023	79.78	267.91K	81.14	1.59	82.73

Gambar 4 Hasil Prediksi

Berikut adalah hasil selisih dan presentase selisih :

Tanggal: 03-01-2023

Harga Terakhir (Actual): 77.12

Prediksi: 73.77

Selisih: $77.12 - 73.77 = 3.35$

Persentase Selisih: $\frac{3.35}{77.12} \times 100 = 4.34\%$

Tanggal: 04-01-2023

Harga Terakhir (Actual): 73.10

Prediksi: 69.99

Selisih: $73.10 - 69.99 = 3.11$

Persentase Selisih: $\frac{3.11}{73.10} \times 100 = 4.25\%$

Berikut adalah gambar hasil selisih dan presentase selisih:

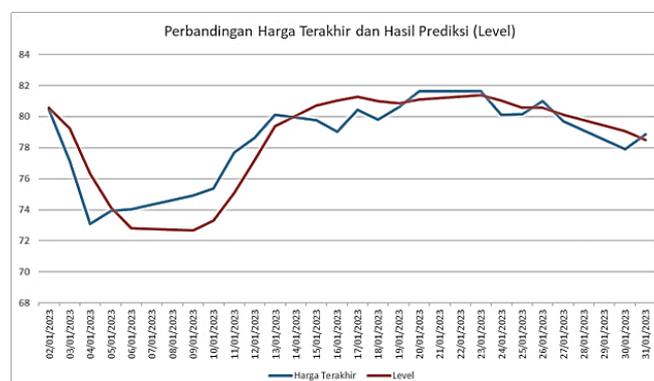
Tanggal	Terakhir	Prediksi	Selisih	Persentase Selisih (%)
03-01-2023	77.12	73.77	3.35	4.34%
04-01-2023	73.10	69.99	3.11	4.25%
05-01-2023	73.92	68.99	4.93	6.67%
06-01-2023	74.04	69.66	4.38	5.92%
09-01-2023	74.92	71.67	3.25	4.34%

Gambar 5 Hasil Selisih dan Presentase Selisih

Dari data ini, kita dapat mengamati bahwa:

- Pada hari-hari ketika ada perubahan signifikan di harga terakhir (misalnya, penurunan tajam pada 2023-01-03 dan 2023-01-04), model tidak cepat menyesuaikan diri, menghasilkan prediksi yang tidak akurat.
- Ketika harga terakhir stabil atau perubahannya tidak terlalu signifikan (seperti pada 2023-01-02 dan 2023-01-05), model cenderung memberikan prediksi yang lebih akurat.
- Fluktuasi persentase selisih (% Selisih) menunjukkan bahwa model memiliki beberapa hari dengan prediksi yang sangat akurat (nilai mendekati 0%) dan hari lain dengan prediksi yang kurang akurat (nilai lebih besar dari 1%).

Berikut adalah gambar grafik perbandingan harga terakhir dan hasil prediksi :



Gambar 6 Perbandingan Harga terakhir dan hasil prediksi

Dari gambar tersebut, terlihat bahwa:

- Pergerakan Harga Terakhir (Garis Biru):** Harga terakhir menunjukkan volatilitas tertentu dengan perubahan yang cukup signifikan sepanjang waktu. Pada awal periode, harga terakhir menunjukkan

penurunan yang diikuti oleh peningkatan yang cepat. Menuju pertengahan periode, harga terakhir menunjukkan tren kenaikan yang stabil dan kemudian bergerak datar sebelum turun sedikit di akhir periode.

- b. **Pergerakan Hasil Prediksi (Level) (Garis Merah):** Hasil prediksi menunjukkan pergerakan yang lebih halus dibandingkan dengan harga terakhir. Ini adalah karakteristik dari model pemulusan eksponensial yang cenderung mengurangi volatilitas dan menunjukkan tren umum daripada fluktuasi jangka pendek. Prediksi tersebut tampaknya mengikuti tren umum dari harga terakhir tetapi dengan kurangnya puncak dan lembah yang tajam yang ada pada data aktual.
- c. **Perbandingan Antara Prediksi dan Harga Terakhir:** Secara umum, hasil prediksi mengikuti pergerakan harga terakhir tetapi dengan keterlambatan yang kecil. Ini menunjukkan bahwa model mungkin tidak segera menangkap perubahan cepat dalam harga, tetapi cenderung dengan baik mengikuti arah perubahan harga secara keseluruhan. Pada beberapa titik, terutama ketika harga terakhir berubah arah, model prediksi tampaknya membutuhkan waktu untuk 'mengejar ketinggalan' dengan tren baru.

3.4 Proses Perhitungan Volatilitas

Menghitung volatilitas dari data historis adalah proses yang penting dalam analisis keuangan untuk mengukur tingkat variabilitas atau risiko harga aset selama periode waktu tertentu. Volatilitas seringkali dihitung menggunakan deviasi penelitian ini dari perubahan harga (biasanya return) dari suatu aset.

Menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Return Harian (R_t) : Ini adalah perubahan persentase dalam harga saham dari satu hari ke hari berikutnya. Dihitung menggunakan rumus:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

di mana P_t adalah harga penutupan pada hari t , dan P_{t-1} adalah harga penutupan pada hari sebelumnya.

2. Varians (Varians): Varians mengukur seberapa jauh setiap return harian berada dari mean (rata-rata) return. Ini memberikan ukuran dispersi atau seberapa tersebar data return dari rata-rata mereka.

Dihitung sebagai:

$$\text{Varians} = (R_t - \bar{R})^2$$

di mana \bar{R} adalah mean dari return harian.

3. Volatilitas Harian Volatilitas adalah akar kuadrat dari varians dan mengukur Penelitian ni deviasi dari return harian. Ini adalah ukuran resiko atau ketidakpastian dalam pergerakan harga saham dan dihitung menggunakan rumus: Volatilitas Harian = $\sqrt{\text{Varians}}$

Volatilitas ini memberikan gambaran tentang tingkat fluktuasi atau volatilitas harga saham dari hari ke hari:

Hari 2023-01-27

Harga Penutupan: $P_t = 79.68$, Harga Penutupan Sebelumnya: $P_{t-1} = 77.9$

$$\text{Return } (R_t) = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{79.68 - 77.9}{77.9} = 0.022850$$

$$\text{Variansi} = (R_t - \bar{R})^2 = (0.022850 - 0.001108)^2 = 0.000473$$

$$\text{Volatilitas Harian} = \sqrt{\text{Variansi}} = \sqrt{0.000473} = 0.021742$$

Hari 2023-01-26

Harga Penutupan: $P_t = 81.01$, Harga Penutupan Sebelumnya: $P_{t-1} = 79.68$

$$\text{Return } (R_t) = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{81.01 - 79.68}{79.68} = 0.016692$$

$$\text{Variansi} = (R_t - \bar{R})^2 = (0.016692 - 0.001108)^2 = 0.000243$$

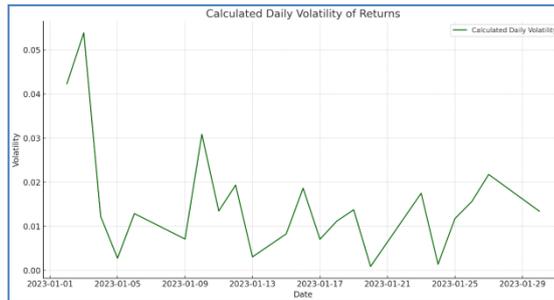
$$\text{Volatilitas Harian} = \sqrt{\text{Variansi}} = \sqrt{0.000243} = 0.015584$$

Sehingga hasilnya sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Volatilitas

Tanggal	Return	Variance	Calculated
2023-01-30	-0.012299	0.0001797	0.013407
2023-01-27	0.022850	0.0004727	0.021742
2023-01-26	0.016692	0.0002429	0.015584
2023-01-25	-0.010616	0.0001375	0.011724
2023-01-24	-0.000250	0.0000018	0.001358
2023-01-23	0.018595	0.0003058	0.017487
2023-01-20	0.000245	0.0000007	0.000863
2023-01-19	-0.012616	0.0001884	0.013724
2023-01-18	-0.010048	0.0001245	0.011156

Dimana dapat divisualisasi kan sebagai berikut:



Gambar 7 Volatilitas data sampel

Penjelasan Grafik:

- a. **Fluktuasi Tinggi:** Puncak yang tinggi menunjukkan hari-hari dengan perubahan harga yang signifikan dibandingkan dengan rata-rata, menPenelitian Inikan volatilitas yang lebih tinggi. Volatilitas tinggi sering kali terjadi selama periode ketidakpastian pasar atau reaksi terhadap peristiwa penting (misalnya pengumuman ekonomi, perubahan kebijakan moneter, atau peristiwa geopolitik).
- b. **Periode Lebih Datar:** Saat grafik lebih datar dengan nilai yang rendah, ini menunjukkan hari-hari dengan perubahan harga yang lebih stabil dan dekat dengan rata-rata, mengindikasikan volatilitas yang lebih rendah. Ini biasanya terjadi pada periode tanpa kejutan berita signifikan atau perubahan pasar yang tidak terduga

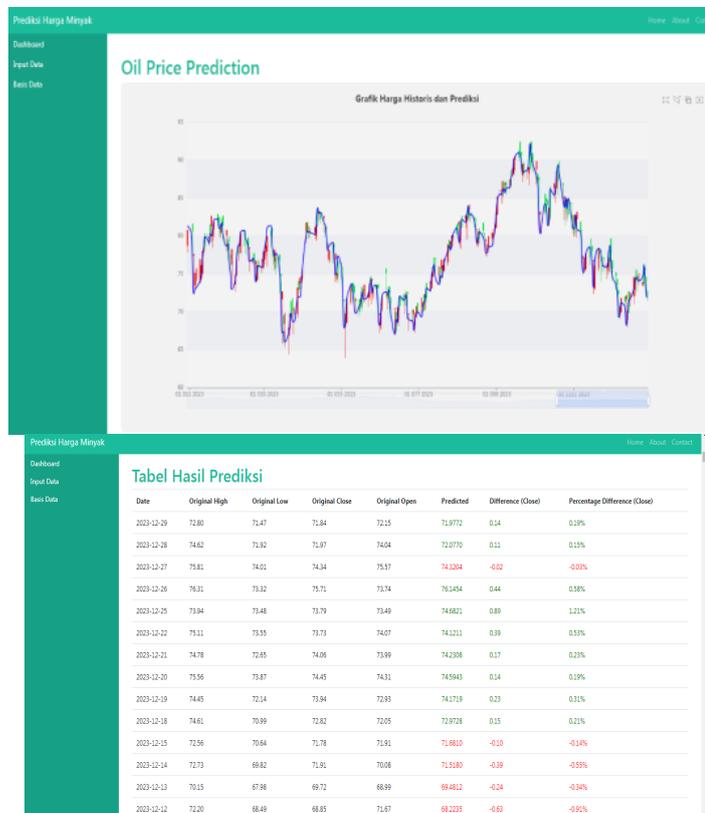
3.5 Hasil Implementasi

Hasil implementasi adalah Dimana akan dilakukan proses iimplementasi data historis harga minyak WTI dalam bentuk aplikasi web yang menggunakan Bahasa pemrograman web seperti HTML, PHP, JS dan CSS Dimana nantinya akan menjalankan algoritma prediksi Holt Exponential Smoothing

3.6 Hasil Impelementasi sistem

Berikut adalah implementasi Bahasa pemrograman web yang Dimana menjadi sebuah aplikasi prediksi harga minyak mentah WTI:

- 1. Halaman Utama



Gambar 8 halaman Utama

Halaman utama dari sistem prediksi harga minyak ini menyajikan dua komponen utama untuk visualisasi dan analisis data. Pertama, terdapat sebuah grafik yang membandingkan harga minyak aktual dengan prediksi, memudahkan pengguna untuk melihat kinerja algoritma Holt's Exponential Smoothing dalam memprediksi tren

harga minyak. Kedua, sebuah tabel hasil prediksi menyajikan data historis harga penutupan minyak, harga yang diprediksi, serta perbedaan dan persentase perbedaan antara harga aktual dan prediksi

2. Halaman Tambah Data

Gambar 9 Halaman Tambah data

Halaman "Input Data" pada sistem prediksi harga minyak ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam menambahkan data baru ke dalam sistem. Halaman ini terbagi menjadi dua bagian utama: "Input Single Data" dan "Upload CSV Dataset". Di bagian "Input Single Data", pengguna dapat memasukkan data secara manual untuk tanggal, harga pembukaan (*Open*), harga penutupan (*Close*), harga tertinggi (*High*), dan harga terendah (*Low*), serta mengirimkannya melalui tombol 'Submit'.

Sementara itu, "Upload CSV Dataset" memungkinkan pengguna untuk mengunggah dataset dalam format CSV, yang memudahkan pengisian data massal.

3. Halaman Data Historis

Date	Close	Open	High	Low	Action
2024-04-15	85.41	85.93	86.11	84.05	Delete
2024-04-12	85.66	85.60	87.67	85.34	Delete
2024-04-11	85.02	86.32	86.83	84.84	Delete
2024-04-10	86.21	85.34	86.38	84.55	Delete
2024-04-09	85.23	86.59	86.98	85.09	Delete
2024-04-08	86.43	86.10	87.10	84.89	Delete
2024-04-05	86.91	86.86	87.83	86.32	Delete
2024-04-04	86.59	85.66	87.22	84.64	Delete
2024-04-03	85.43	85.46	86.20	84.85	Delete
2024-04-02	85.15	84.04	85.50	83.85	Delete
2024-04-01	83.71	83.14	84.49	82.80	Delete
2024-03-28	83.17	81.71	83.21	81.52	Delete
2024-03-27	81.35	81.39	81.74	80.55	Delete
2024-03-26	81.62	81.94	82.36	81.22	Delete
2024-03-25	81.05	80.85	82.46	80.59	Delete

Gambar 10 Halaman Data Historis

Halaman "Data Historis" pada sistem prediksi harga minyak ini menampilkan tabel yang mengorganisir dan memaparkan data historis terkait harga minyak. Kolom pada tabel meliputi "Date", "Close" (harga penutupan), "Open" (harga pembukaan), "High" (harga tertinggi), "Low" (harga terendah), dan "Action", yang menawarkan opsi untuk "Delete" data yang tidak lagi dianggap relevan atau perlu dihapus dari database.

4. DISKUSI

Pada penelitian ini, kami mengimplementasikan metode Holt's Exponential Smoothing untuk memprediksi harga Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan studi kasus harga minyak dunia WTI dari tahun 2019 hingga 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Holt's Exponential Smoothing mampu memberikan prediksi yang cukup akurat dalam jangka pendek dengan mempertimbangkan tren yang ada pada data historis.

Secara khusus, hasil prediksi menunjukkan bahwa metode ini mampu menangkap pola musiman serta fluktuasi harga yang terjadi selama periode pengamatan. Hal ini terlihat dari nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang relatif rendah, menunjukkan bahwa prediksi yang dihasilkan memiliki tingkat kesalahan yang kecil dibandingkan dengan nilai aktual.

Perbandingan dengan penelitian sejenis dari jurnal dan konferensi terdahulu menunjukkan bahwa metode Holt's Exponential Smoothing sering digunakan dalam konteks prediksi harga komoditas. Misalnya, penelitian oleh [7] juga menggunakan metode ini untuk memprediksi harga minyak mentah dan mendapatkan hasil yang serupa dalam hal akurasi prediksi.

Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa keterbatasan. Salah satunya adalah keterbatasan dalam menangkap perubahan drastis atau kejutan eksternal yang sering terjadi dalam pasar minyak dunia.

Peristiwa global seperti pandemi COVID-19 atau konflik geopolitik dapat menyebabkan fluktuasi harga yang ekstrem dan sulit diprediksi dengan model yang berbasis tren historis seperti Holt's Exponential Smoothing. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengombinasikan metode ini dengan pendekatan lain seperti model ARIMA atau teknik machine learning yang dapat menangkap dinamika pasar yang lebih kompleks.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan pentingnya penggunaan metode yang tepat dalam memprediksi harga BBM. Hasil yang didapatkan memberikan kontribusi signifikan dalam literatur prediksi harga minyak dan dapat menjadi referensi bagi pengambil kebijakan dalam menentukan strategi terkait harga BBM. Melalui analisis dan perbandingan dengan penelitian terdahulu, kami yakin bahwa metode Holt's Exponential Smoothing tetap relevan dan bermanfaat dalam konteks prediksi harga komoditas, khususnya harga minyak dunia.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian diatas, maka berikut adalah kesimpulan dapat diambil dalam penelitian ini : Untuk merancang aplikasi prediksi harga BBM yang mengandalkan data historis harga minyak dunia WTI dari tahun 2019 hingga 2023, langkah pertama adalah mengumpulkan dan menyiapkan data yang diperlukan. Proses ini melibatkan pengumpulan data historis yang ekstensif dari sumber tepercaya seperti API Stackmarket.com dan Investing.com, yang menyediakan informasi terkini dan historis. Data yang terkumpul harus bersih dan lengkap, yang mengharuskan proses pembersihan untuk menghilangkan outlier dan mengatasi masalah data yang hilang atau tidak konsisten. Penting juga untuk memastikan bahwa semua data berada dalam format yang seragam untuk memudahkan analisis lebih lanjut. Setelah data siap, tahap berikutnya adalah analisis eksploratif untuk memahami tren dan pola yang muncul. Ini melibatkan penggunaan visualisasi data, seperti grafik waktu, untuk mengidentifikasi fluktuasi dan tren dalam harga WTI sepanjang waktu.

Analisis statistik deskriptif seperti menghitung rata-rata, median, dan deviasi standar akan membantu dalam memahami distribusi dan volatilitas harga minyak. Analisis ini sangat penting untuk membentuk pemahaman dasar tentang bagaimana harga BBM bisa berfluktuasi seiring waktu dan membantu dalam memilih dan menyetel parameter model prediksi yang akan digunakan. Langkah terakhir adalah implementasi model Holt's Exponential Smoothing untuk prediksi harga. Ini melibatkan konfigurasi awal dan penyesuaian parameter model—alpha (α) untuk level smoothing dan beta (β) untuk trend smoothing.

Proses optimasi parameter ini dapat dilakukan melalui teknik seperti pencarian grid atau algoritma optimasi untuk menemukan nilai yang optimal yang mencerminkan dinamika harga secara akurat. Model yang telah dikalibrasi ini kemudian digunakan untuk membuat prediksi harga BBM, dengan memanfaatkan data historis dan menyesuaikannya dengan kondisi pasar terkini. Output dari model ini diharapkan tidak hanya akurat tetapi juga dapat memberikan wawasan penting bagi para pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan yang tepat terkait kebijakan dan strategi dalam industri BBM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. J. Sulistio, J. Humaniora, and N. Bulaksumur, "KOMBINASI ANALISIS FUNDAMENTAL DENGAN ANALISIS TEKNIKAL DALAM MENGHASILKAN," pp. 1–16, 2019.
- [2] E. Darnila, A. Asrianda, and R. Jannah, "Aplikasi Peramalan Jumlah Pemohon Paspor Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Pada Kantor Imigrasi Kelas I Kota Lhokseumawe," *TECHSI - J. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 2, p. 257, 2019, doi: 10.29103/techsi.v11i2.1481.
- [3] D. Abdullah, R. Wandu, and Z. Nasution, "Implementasi Metode Double Exponential Smoothing Untuk Peramalan Konsumsi Listrik Berdasarkan Pemakaian Kwh Di Pt. Pln (Persero) Ulp Natal," *TECHSI - J. Tek. Inform.*, vol. 13, no. 1, p. 61, 2021, doi: 10.29103/techsi.v13i1.3091.
- [4] A. Rahmawati, B. Wajhi, and Y. Purbolingga, "Analisis Prediksi Harga Minyak West Texas Intermediate menggunakan Artificial Neural Network dengan Optimisasi Adaptive Moment," *J. Aptek*, vol. 15, no. 2, pp. 142–148, 2023.
- [5] R. Rachmat and S. Suhartono, "Comparative Analysis of Single Exponential Smoothing and Holt's Method for Quality of Hospital Services Forecasting in General Hospital," *Bull. Comput. Sci. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 80–86, 2020, doi: 10.25008/bcsee.v1i2.8.
- [6] W. Wiyanti, "Effectiveness of Single and Double Exponential Smoothing: SES, ARSES and Holt's Linear for Time Series Data Prediction with Trend and Non-seasonal Characteristic (Covid-19 Vaccinate Case): Efektivitas Metode Exponential Smoothing untuk Prediksi Data Runt," *J. Mat. Stat. dan Komputasi*, vol. 20, no. 1, pp. 52–64, 2023.
- [7] Y. Zhang, "The Impact of Changes in Crude Oil price on the Yield and Volatility of Manufacturing : Evidence from the US and," vol. 0, no. Icemgd, pp. 408–417, 2022, doi: 10.54254/2754-

1169/4/2022913.