

**PERAMALAN NILAI EKSPOR ARANG KAYU MENGGUNAKAN
METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING* DENGAN
OPTIMASI *GRID SEARCH***

SKRIPSI

Oleh:

MUCHAMMAD HARIS ALFIAN ADISTYA RIFKY
NIM. 220605110008



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**PERAMALAN NILAI EKSPOR ARANG KAYU MENGGUNAKAN
METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING* DENGAN
OPTIMASI *GRID SEARCH***

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh:
MUCHAMMAD HARIS ALFIAN ADISTYA RIFKY
NIM. 220605110008

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

PERAMALAN NILAI EKSPOR ARANG KAYU MENGGUNAKAN METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING* DENGAN OPTIMASI *GRID SEARCH*


SKRIPSI

Oleh:


MUCHAMMAD HARIS ALFIAN ADISTYA RIFKY
NIM. 220605110008

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 10 Desember 2025

Pembimbing I,



Dr. Totok Charnidy, M.Kom
NIP. 19691222/200604 1 001

Pembimbing II,


Ashri Shabrina Afrah, M.T
NIP. 19900430 202012 2 003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Supriyono, M.Kom
NIP. 19841010 201903 1 012

HALAMAN PENGESAHAN

PERAMALAN NILAI EKSPOR ARANG KAYU MENGGUNAKAN METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING* DENGAN OPTIMASI *GRID SEARCH*

SKRIPSI

Oleh:

MUCHAMMAD HARIS ALFIAN ADISTYA RIFKY
NIM. 220605110008

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 12 Desember 2025

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Dr. Agung Teguh Wibowo Almais, M.T
NIP. 19860301 202321 1 016

Anggota Penguji I : Supriyono, M.Kom
NIP. 19841010 201903 1 012

Anggota Penguji II : Dr. Totok Chamidy, M.Kom
NIP. 19691222 200604 1 001

Anggota Penguji III : Ashri Shabrina Afrah, M.T
NIP. 19900430 202012 2 003

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muchammad Haris Alfian Adistya Rifky
NIM : 220605110008
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Peramalan Nilai Ekspor Arang Kayu
Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* Dengan Optimasi *Grid Search*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 17 Desember 2025
Yang membuat pernyataan,



Muchammad Haris Alfian Adistya Rifky
NIM.220605110008

MOTTO

... *“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”* ...

(QS. Al-Inssyirah Ayat 6)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat segala limpahan nikmatnya yang senantiasa mengiringi setiap langkah dan usaha penulis, hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa sampai kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini penulis persembahkan kepada orang-orang terdekat yang selalu menjadi sumber semangat dan kekuatan dalam setiap perjalanan hidup penulis. Kepada keluarga kecil penulis, khususnya ayah, ibu dan adik tercinta, Bapak Harsono, Ibu Susiati, dan Asraf Zahirul Azzam, terima kasih tidak pernah lelah memberikan dukungan serta doa yang tulus di setiap langkah yang penulis lewati. Merekalah yang menjadi alasan utama penulis untuk bisa menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, terima kasih yang mendalam kepada diri sendiri. Terima kasih telah mampu bertahan berjuang sampai sejauh ini. Terima kasih telah percaya bahwa diri ini akan bisa menyelesaikan apa yang telah dimulai. Semoga karya ini menjadi awal dari langkah-langkah besar berikutnya dalam kehidupan penulis ke depan.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan Menyebut Nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, segala puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Peramalan Nilai Ekspor Arang Kayu Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* Dengan Optimasi *Grid Search*”. Sholawat serta salam semoga selalu terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya dari zaman jahiliyah menuju zaman islamiyah yakni addinul islam, semoga kita mendapatkan syafaatnya di hari kiamat nanti, Aamiin.

Dalam penulisan skripsi ini, tak lepas dari peran dan dukungan kepada banyak pihak yang tak ternilai. Oleh karena itu, penulia ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Agus Mulyono, M.Kes, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Supriyono, M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Totok Chamidy, M.Kom, selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa membimbing dan memberi masukan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi ini.

5. Ashri Shabrina Afrah, M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa mengarahkan dan memberikan masukan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi ini.
6. Dr. Agung Teguh Wibowo Almais M.T selaku Penguji I dan Supriyono, M.Kom selaku Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam pengujian skripsi ini.
7. Segenap dosen, laboran, dan staff Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, dukungan, dan bantuan selama proses studi hingga selesainya skripsi ini.
8. Keluarga penulis, khususnya Ayah dan Ibu tercinta, Bapak Harsono dan Ibu Susiati yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan kasih sayang yang tak pernah berhenti kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan, Wafiy, Afif, Yusni, Rozaq. Terima kasih selalu menjadi teman diskusi dan memberikan solusi, masukan, dan dukungan selama masa studi hingga skripsi ini selesai.
10. Kos Rakjat Plat W, Arsyi, Roy, Alpin. Terima kasih selalu memberikan motivasi, dukungan serta kebersamaan selama ini.
11. Teman-teman pondok, Zulfi, Azka, Diaz, Addib, Rifki, terima kasih senantiasa memberikan dukungan dan kebersamaan penulis selama menempuh masa studi di Malang.
12. Teman-teman rumah, Aan, Ryan, Fiyan, terima kasih selalu menyempatkan berkunjung ke Malang kebersamaan penulis selama menempuh masa studi di Malang.

13. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu tanpa mengurangi rasa hormat, terima kasih telah membantu berkontribusi dalam proses penulisan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun. Harapannya, skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak dan memberikan dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang terkait.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Malang, 07 Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
الملخص	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II STUDI PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terkait.....	9
2.2 Arang	12
2.2.1 Arang Murni.....	12
2.2.2 Arang Briket.....	14
2.3 Ekspor Arang	15
2.4 Peramalan (<i>Forecasting</i>)	17
2.5 <i>Data Time Series</i>	18
2.6 Metode <i>Double Exponential Smoothing</i>	20
2.7 Algoritma <i>Grid Search</i>	22
2.8 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	23
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI	25
3.1 Desain Penelitian	25
3.2 Pengumpulan Data.....	27
3.3 Perancangan Sistem	28
3.4 Optimasi Algoritma <i>Grid Search</i>	30
3.5 Implementasi Metode <i>Double Exponential Smoothing</i> (DES).....	31
3.5.1 Menghitung Nilai Pemulusan Pertama (<i>Smoothing 1</i>).....	32
3.5.2 Menghitung Nilai Pemulusan Kedua (<i>Smoothing 2</i>)	33
3.5.3 Menghitung Nilai Konstanta	33
3.5.4 Menghitung Nilai <i>Slope</i>	34
3.5.5 Menghitung Nilai Peramalan	35
3.6 Pengujian dengan MAPE	36
3.7 Skenario Pengujian	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil.....	40
4.1.1 Pencarian Nilai <i>Alpha</i> Optimal	40
4.1.2 Hasil Peramalan Data Uji.....	41
4.2 Implementasi <i>Graphical User Interface</i> (GUI)	50
4.3 Pembahasan	55
4.4 Integrasi Islam	58
4.3.1 Muamalah Ma'a Allah	58
4.3.2 Muamalah Ma'a al-Alam	59
4.3.3 Muamalah Ma'a an-Nas	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arang Murni.....	13
Gambar 2.2 Arang Briket.....	14
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Desain Sistem.....	29
Gambar 4.1 Perbandingan Data Sebelum dan Sesudah di <i>Smoothing</i> 1	43
Gambar 4.2 Perbandingan Data Sebelum dan Sesudah di <i>Smoothing</i> 2.....	45
Gambar 4.3 Halaman <i>Upload</i> Data.....	51
Gambar 4.4 Halaman Konfigurasi <i>Splitting Data</i>	52
Gambar 4.5 Halaman Hasil Analisis dan Peramalan	53
Gambar 4.6 Visualisasi Grafik Hasil Peramalan.....	53
Gambar 4.7 Tabel Detail Prediksi.....	54
Gambar 4.8 Hubungan Nilai Alpha dengan MAPE pada Skenario 5	55
Gambar 4.9 Perbandingan Nilai Aktual dan Prediksi pada Data Uji.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terkait	9
Tabel 2.2 Klasifikasi penilaian MAPE.....	24
Tabel 3.1 Skenario Pengujian	38
Tabel 4.1 Alpha Optimal dan MAPE pada Setiap Skenario	41
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Nilai <i>Smoothing</i> 1	42
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai <i>Smoothing</i> 2.....	44
Tabel 4.4 Nilai Konstanta dari Data Uji.....	46
Tabel 4.5 Nilai <i>slope</i> dari setiap data uji.....	47
Tabel 4.6 Hasil Peramalan pada Data Uji	48
Tabel 4.7 MAPE Uji pada Setiap Skenario.....	49

ABSTRAK

Rifky, Muchammad Haris Alfian Adistya. 2025. **Peramalan Nilai Ekspor Arang Kayu Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* Dengan Optimasi *Grid Search***. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Totok Chamidy, M.Kom (II) Ashri Shabrina Afrah, M.T.

Kata kunci: Peramalan, *Double Exponential Smoothing*, Ekspor Arang.

Fluktuasi nilai ekspor arang di Indonesia yang cenderung tinggi dan memiliki komponen tren menyulitkan pelaku usaha dan pemerintah dalam perencanaan strategis, sehingga dibutuhkan sistem peramalan yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan meramalkan nilai ekspor arang di Indonesia, serta mengoptimalkan akurasi peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) *Brown* yang divalidasi dengan algoritma *Grid Search*. Proses penelitian meliputi pengumpulan data, inisialisasi parameter *smoothing*, pengujian model pada lima variasi rasio *split* data, dan evaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, konfigurasi terbaik dicapai pada rasio 80% data latih : 20% data uji (115 bulan data latih). Melalui optimasi *Grid Search*, nilai parameter *alpha* optimal yang ditemukan adalah 0.053. Hasil evaluasi menunjukkan model DES *Brown* berhasil menghasilkan tingkat akurasi peramalan MAPE sebesar 11.919%. Hasil ini membuktikan bahwa DES *Brown* yang dioptimasi dengan *Grid Search* mampu memberikan peramalan yang akurat dan dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan strategis oleh pelaku usaha dan pemerintah terkait kebijakan alokasi sumber daya dan strategi perdagangan ekspor arang.

ABSTRACT

Rifky, Muchammad Haris Alfian Adistya. 2025. **Forecasting the Value of Wood Charcoal Exports Using the Double Exponential Smoothing Method with Grid Search Optimization.** Thesis. Informatics Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisor: (I) Dr. Totok Chamidy, M.Kom (II) Ashri Shabrina Afrah, M.T.

The high fluctuations in the value of charcoal exports in Indonesia and their trend components make strategic planning difficult for businesses and the government, necessitating an accurate forecasting system. This study aims to analyze and forecast the value of charcoal exports in Indonesia, as well as optimize forecasting accuracy using the Double Exponential Smoothing (DES) Brown method validated with the Grid Search algorithm. The research process includes data collection, smoothing parameter initialization, model testing on five variations of data split ratios, and evaluation using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Based on the test results, the best configuration was achieved at a ratio of 80% training data: 20% test data (115 months of training data). Through Grid Search optimization, the optimal alpha parameter value found was 0.053. The evaluation results showed that the DES Brown model successfully produced a MAPE forecasting accuracy level of 11.919%. These results prove that DES Brown optimized with Grid Search is able to provide accurate forecasting and can be used as a basis for strategic decision-making by businesses and the government regarding resource allocation policies and charcoal export trade strategies.

Keywords: *Forecasting, Double Exponential Smoothing, Charcoal Exports.*

الملخص

رفقي، محمد حارس ألفتيا، أديتيا. ٢٠٢٥. التنبؤ بقيمة تصدير الفحم الخشبي باستخدام طريقة التنعيم الأسّي المزدوج مع تحسين البحث الشبكي. أطروحة. قسم هندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (أ) د. توتوك جاميدي، م. كوم (ب) أشري شيرينا أفراح، م. ت

الكلمات المفتاحية: التنبؤ، التنعيم الأسّي المزدوج، تصدير الفحم

تؤدي التقلبات في قيمة صادرات الفحم النباتي في إندونيسيا، التي تميل إلى أن تكون عالية وتحتوي على عنصر اتجاهي إلى صعوبة قيام الشركات والحكومة بالتخطيط الاستراتيجي، مما يتطلب وجود نظام تنبؤ دقيق. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتوقع قيمة صادرات الفحم النباتي في إندونيسيا، بالإضافة إلى تحسين دقة التوقعات باستخدام طريقة التسوية المزدوجة الأسية التي تم التحقق من صحتها باستخدام خوارزمية البحث الشبكي. تضمنت عملية البحث جمع البيانات، وتهيئة معلمات (DES) التسوية، واختبار النموذج على خمسة اختلافات في نسب تقسيم البيانات، والتقييم باستخدام متوسط الخطأ المطلق النسبي بناءً على نتائج الاختبار، تم تحقيق أفضل تكوين بنسبة 80٪ من بيانات التدريب إلى 20٪ من بيانات الاختبار. (MAPE) من خلال تحسين البحث الشبكي، تم العثور على القيمة المثلى لمعلمة ألفا وهي 0.053. (شهرًا من بيانات التدريب 115) بنسبة 11.919٪. تثبت هذه النتائج أن MAPE براون نجح في تحقيق معدل دقة تنبؤ DES أظهرت نتائج التقييم أن نموذج قادر على توفير تنبؤات دقيقة ويمكن استخدامه كأساس لاتخاذ *Grid Search* الذي تم تحسينه باستخدام *DES Brown* القرارات الاستراتيجية من قبل الشركات والحكومة فيما يتعلق بسياسات تخصيص الموارد واستراتيجيات تجارة تصدير الفحم النباتي.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perdagangan internasional merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi suatu negara. Jika suatu negara lebih banyak melakukan ekspor daripada impor maka pendapatan nasional negara tersebut akan naik sehingga nantinya berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi (Yuni & Hutabarat, 2021). Indonesia sebagai negara berkembang beriklim tropis memiliki kekayaan sumber daya alam yang berlimpah (Marwanza et al., 2021), yang sebagian dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan pasar global.

Salah satu produk yang memiliki nilai komoditas tinggi di pasar global adalah arang kayu, yang dihasilkan dari pengolahan limbah kayu atau biomassa lainnya (Bazenet et al., 2021). Arang kayu memiliki beragam fungsi, mulai dari bahan bakar rumah tangga, kebutuhan industri makanan, hingga sebagai bahan baku kimia. Karena arang kayu dapat digunakan sebagai media penyerap untuk memurnikan biogas (Samlawi & Sajali, 2021). Permintaan global terhadap arang kayu terus meningkat seiring dengan adanya kesadaran dunia akan penggunaan energi alternatif (Haryati & Amir, 2021). Kondisi ini seharusnya menjadi peluang besar bagi Indonesia sebagai salah satu negara tropis dengan hasil hutan yang melimpah.

Indonesia dikenal sebagai salah satu produsen sekaligus eksportir arang kayu terbesar di dunia. Berdasarkan data Trade Statistic for International Business Development, dari total nilai ekspor arang kayu global yang mencapai US\$990 juta,

Indonesia berkontribusi sekitar US\$157 juta pada tahun 2014. Tujuan utama ekspor arang kayu Indonesia adalah Korea Selatan dengan nilai mencapai US\$30 juta, diikuti oleh Jepang sebesar US\$20 juta. Selain itu, Arab Saudi dan China juga menjadi negara tujuan ekspor dengan nilai masing-masing US\$13 juta dan US\$12 juta. (ITPC Osaka, 2016).

Namun, potensi besar ini terhambat oleh realitas di lapangan yang menunjukkan bahwa nilai ekspor arang kayu Indonesia masih mengalami fluktuasi yang signifikan dari tahun ke tahun (Putri & Hidayat, 2023). Ketidakstabilan permintaan internasional, perbedaan regulasi perdagangan, hingga persaingan dengan negara lain menjadikan nilai ekspor arang kayu sulit diprediksi secara konsisten. Kondisi ini menunjukkan adanya gap antara idealitas (stabilitas dan pertumbuhan ekspor) dengan realitas (fluktuasi dan ketidakpastian pasar).

Fluktuasi ini berdampak langsung pada daya saing Indonesia. Selain faktor pasar, nilai ekspor juga dipengaruhi oleh faktor internal seperti inflasi, di mana kecenderungan harga untuk naik dapat menyebabkan harga ekspor menjadi mahal dan berpotensi menurunkan nilai ekspor secara keseluruhan (Putri & Amaliah, 2021). Pemerintah perlu menetapkan kebijakan yang tepat dalam pengelolaan ekspor arang agar tidak mengganggu kestabilan harga maupun berdampak pada inflasi. Di samping itu, negara-negara penghasil arang juga dituntut untuk menjaga ketersediaan bahan baku dan produk secara berkelanjutan sehingga mampu memenuhi kebutuhan pasar internasional.

Dalam konteks inilah, penting untuk melakukan analisis dan peramalan nilai ekspor arang kayu. Peramalan tidak hanya berfungsi untuk melihat tren di masa

depan, tetapi juga sebagai dasar dalam merencanakan kebijakan dan strategi yang lebih terukur. Dengan adanya hasil peramalan, pemerintah dapat mengantisipasi risiko penurunan ekspor, sementara pelaku usaha dapat menyesuaikan kapasitas produksi sesuai dengan proyeksi permintaan pasar. Al-Qur'an juga membahas pentingnya perencanaan dan pengendalian. Allah SWT berfirman pada Surat *Al-Hasyr* Ayat 18 yang berbunyi sebagai berikut:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ

“Wahai orang-orang yang beriman, bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat). Bertakwalah kepada Allah. Sesungguhnya Allah Maha teliti terhadap apa yang kamu kerjakan.” (QS: Al-Hasyr: 18)

Dalam Tafsir Ibnu Katsir dikatakan bahwa “Wahai orang-orang yang beriman, bertaqwalah kepada Allah”, merupakan perintah untuk senantiasa bertakwa kepada-Nya, dan itu mencakup pelaksanaan semua perintah-Nya dan peninggalan semua larangan-Nya. “Dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok.”, maksudnya adalah hisablah diri kalian sebelum dihisab oleh Allah, dan lihatlah apa yang telah kalian tabung untuk diri kalian sendiri berupa amal shalih untuk hari kemudian dan pada saat bertemu dengan rabb kalian. “Dan bertaqwalah kepada Allah”, merupakan penegasan kedua. “Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan”, maksudnya adalah ketahuilah bahwa sesungguhnya Allah mengetahui seluruh perbuatan dan keadaan kalian. Tidak ada sedikitpun yang tersembunyi dari-Nya, baik perkara kecil maupun besar (Ramadhan & Hidayat, 2024).

Rasulullah SAW juga bersabda yang diriwayatkan oleh Tirmidzi (Hadits no. 2383) sebagai berikut:

حَاسِبْ نَفْسَهُ فِي الدُّنْيَا قَبْلَ أَنْ يُحَاسَبَ يَوْمَ الْقِيَامَةِ

“Orang yang cerdas adalah orang yang mampu menghitung-hitung amal perbuatannya dan mempersiapkan amalan untuk hari esok (HR. Tirmidzi).”

Hadits ini adalah hadits Riwayat Sufyan Bin Waqi’ yang telah ditakhrij oleh Imam At-Tirmidzi, dalam komentarnya. Ketika membahas sanad hadits ini, beliau berkata: “Hadits ini kualitasnya hasan karena ditemukan ada 2 orang yang dhoif” (Aspar & Sudirmansyah, 2023). Dalam tafsîr qur’ani ‘adzim karya Imam Jalil al-Hafis ‘Imaduddin Abi FadaI Ismail Ibnu Kasir, dikutip oleh Darussalam Tanjung dan Zulfikar dalam jurnalnya, dijelaskan bahwa “hendaklah pada setiap diri, untuk memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk bekal hari esok”. Maksudnya ialah, hisablah diri kalian sebelum nanti dihisab oleh Allah, dan lihatlah apa yang kalian telah tabung untuk diri sendiri berupa amal saleh untuk hari kemudian dan pada saat bertemu dengan Allah SWT (Kuswanto & Mahmud, 2023).

Dalam konteks ekspor arang, pesan dari Surat *Al-Hasyr* Ayat 18 dan Hadits Rasulullah diatas yakni keharusan untuk merencanakan dan memperhatikan dengan teliti segala yang dipersiapkan untuk hari esok yang menjadi landasan filosofis bagi pentingnya peramalan. Bagi para produsen dan perusahaan yang bergerak di bidang ekspor arang kayu, perintah untuk "menghisab diri sebelum dihisab" dapat diartikan sebagai kewajiban untuk menggunakan data historis sebagai bahan evaluasi dan perencanaan ke depan. Penerapan *forecasting* menjadi kunci untuk memprediksi permintaan pasar global, perusahaan dapat mengatur volume produksi secara

optimal. Perencanaan ini dapat mencegah dua risiko besar yaitu kelebihan produksi yang bisa menekan harga di pasar internasional, atau kekurangan produksi yang mengakibatkan hilangnya peluang ekspor dan kepercayaan pelanggan.

Allah SWT telah menyediakan bumi sebagai tempat yang mudah bagi manusia untuk menjalani kehidupan dan memanfaatkan segala potensi yang ada di dalamnya. Hal ini sejalan dengan firman Allah dalam QS. *Al-Mulk* ayat 15 yang berbunyi:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ ذُلُولًا فَامْشُوا فِي مَنَاكِبِهَا وَكُلُوا مِن رِّزْقِهِ ۚ وَإِلَيْهِ النُّشُورُ

“Dialah yang menjadikan bumi untuk kamu dalam keadaan mudah dimanfaatkan. Maka, jelajahilah segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezeki-Nya. Hanya kepada-Nya kamu (kembali setelah) dibangkitkan” (QS. Al-Mulk 15).

Ayat ini menegaskan bahwa rezeki yang disediakan Allah tersebar luas di seluruh penjuru bumi dalam berbagai bentuk hasil alam. Dalam konteks penelitian ini, kayu merupakan salah satu anugerah hasil bumi yang sangat melimpah. Kayu tidak hanya berfungsi sebagai paru-paru dunia, tetapi juga memiliki nilai ekonomis tinggi ketika diolah menjadi produk turunan, salah satunya adalah arang. Proses pengolahan kayu menjadi arang mencerminkan upaya manusia dalam menuruti perintah Allah untuk 'menjelajahi' dan mengelola potensi bumi secara bijak. Dengan melakukan peramalan terhadap nilai ekspor arang, penelitian ini pada hakikatnya merupakan upaya ilmiah untuk mengatur strategi pemanfaatan rezeki Allah tersebut agar dapat memberikan manfaat ekonomi yang berkelanjutan bagi kemaslahatan masyarakat.

Dalam bidang ilmu Teknik Informatika, salah satu cara untuk mengatasi permasalahan ketidakpastian dan fluktuasi pada data ekspor adalah melalui metode

peramalan deret waktu (*time series forecasting*). Metode ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis pola historis dan memproyeksikan tren di masa depan dengan pendekatan matematis dan komputasional yang terstruktur. Salah satu metode peramalan yang banyak digunakan pada data dengan pola tren adalah *Double Exponential Smoothing* (DES). *Double Exponential Smoothing* merupakan metode yang digunakan ketika data menunjukkan adanya trend (Fitriyani et al., 2022). Metode ini mampu memberikan hasil prediksi yang cukup baik ketika terdapat kecenderungan peningkatan atau penurunan dalam data. Akan tetapi, keakuratan metode ini sangat dipengaruhi oleh pemilihan parameter *smoothing* yang tepat (Farida et al., 2021). Jika parameter tidak dipilih dengan optimal, maka hasil peramalan akan meleset dari kondisi sebenarnya.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan *Grid Search* untuk melakukan optimasi parameter pada metode DES. *Grid Search* merupakan sebuah metode untuk menemukan optimasi nilai yang dalam penggunaannya dikombinasikan dengan *cross validation* (Kusuma & Sasongko, 2023). Dengan teknik optimasi ini, pencarian parameter dilakukan secara sistematis sehingga dapat menghasilkan kombinasi parameter terbaik. Hasilnya diharapkan mampu meningkatkan akurasi peramalan nilai ekspor arang kayu di Indonesia.

Urgensi penelitian ini tidak hanya terletak pada kontribusinya terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang *data science* dan *forecasting*, tetapi juga pada manfaat praktisnya. Pemerintah dapat menggunakan hasil penelitian sebagai salah satu dasar dalam penyusunan kebijakan perdagangan,

sementara pelaku usaha dapat menjadikannya acuan dalam menyusun strategi ekspor yang lebih adaptif terhadap dinamika pasar global.

Dengan demikian, penelitian ini dilakukan sebagai bentuk kontribusi akademik sekaligus dalam menghadapi dinamika ekonomi internasional, terutama dalam industri arang. *Forecasting* menjadi alat yang sangat berharga dalam perencanaan dan pengambilan keputusan. Dengan penelitian ini dapat diketahui sejauh mana metode ini dapat melakukan peramalan pada nilai ekspor arang di Indonesia

1.2 Rumusan Masalah

Seberapa baik performa metode *Double Exponential Smoothing* dalam meramalkan data ekspor arang kayu berdasarkan data historis yang memiliki tren, serta metode *Grid Search* dalam menemukan *alpha* optimal yang mampu meningkatkan akurasi peramalan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan dataset penelitian ini adalah nilai aktual nilai ekspor arang di Indonesia dari Januari 2013 hingga Desember 2024 yang diambil dari situs UN Comtrade Database (<https://comtradeplus.un.org/>) yang diambil pada tanggal 26 November 2025.
2. Pemanfaatan informasi serta data historis yang tersedia pada prediksi nilai ekspor arang tanpa mempertimbangkan faktor eksternal.

3. Pengujian tingkat persentase error menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur performa metode *Double Exponential Smoothing* dan *Grid Search* dalam meramalkan nilai ekspor arang kayu.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat dari penelitian ini:

1. Dengan menerapkan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) dan algoritma optimasi *Grid Search*, penelitian ini dapat menambah literatur ilmiah dalam penggunaan metode prediksi dan optimasi parameter.
2. Hasil penelitian ini akan memberikan informasi yang dapat digunakan untuk pertimbangan rancangan dalam neraca komoditas arang di Indonesia.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Sebelum mendalami penelitian ini, penting untuk memahami penelitian terdahulu terkait penggunaan metode *Double Exponential Smoothing* dan *Grid Search*. Beberapa penelitian yang menggunakan kedua metode tersebut dimuat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terkait

No	Sitasi	Objek	Metode	Hasil	Perbandingan Penelitian Ini
1	(Fitriyani et al., 2022)	Jumlah klaim di BPJS Kesehatan	<i>Double Exponential Smoothing</i>	MAPE Parameter <i>Holt</i> lebih baik yakni 19.51%	<ul style="list-style-type: none"> Objek ekspor arang. Optimasi parameter <i>Grid Search</i>
2	(Saragih & Sembiring, 2022)	Inflasi di Indonesia	ARIMA dan <i>Double Exponential Smoothing</i>	DES dari <i>Brown</i> lebih baik dibanding ARIMA dengan MAPE sebesar 5.06%	<ul style="list-style-type: none"> Metode DES saja Objek ekspor arang. Optimasi parameter <i>Grid Search</i>
3	(Khoiriyah & Cahyani, 2022)	Jumlah pasien rawat jalan	<i>Brown's Double Exponential Smoothing</i>	Diperoleh model terbaik dengan MAPE 18%	<ul style="list-style-type: none"> Objek ekspor arang periode bulanan
4	(Asmaradana & Widodo, 2023)	Indeks harga konsumen Kota Yogyakarta	<i>Double Exponential Smoothing</i>	Diperoleh model dengan MAPE 0.76%	<ul style="list-style-type: none"> Objek ekspor arang periode bulanan
5	(Medyanti, 2024)	Nilai ekspor migas	<i>Single Exponential Smoothing</i> dan <i>Grid Search</i>	<i>Alpha</i> optimal 0.749 dengan MAPE 10.124%	<ul style="list-style-type: none"> Objek arang kayu Metode DES

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Sitasi	Objek	Metode	Hasil	Perbandingan Penelitian Ini
6	(Abidin et al., 2022)	Data ekspor Kalimantan Barat	ARIMA	Diperoleh model terbaik ARIMA (1, 1, 0)	<ul style="list-style-type: none"> • Metode DES • Objek arang kayu

Pada penelitian Fitriyani et al. (2022) meneliti peramalan jumlah klaim di BPJS Kesehatan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Penelitian ini menggunakan data jumlah kasus pasien rawat inap Rumah Sakit Islam Metro yang mengajukan klaim di BPJS Kesehatan cabang Metro periode Januari 2019 – November 2021. Hasil penelitian menunjukkan metode *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari *Brown* didapatkan *alpha* 0.11 dengan nilai MAPE sebesar 19.89%, kemudian pada metode *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari *Holt* didapatkan parameter *alpha* 0.5 dan *gamma* 0.1 dengan nilai MAPE sebesar 19.51%.

Penelitian oleh Saragih & Sembiring (2022) membandingkan metode ARIMA dan *Double Exponential Smoothing* dari *Brown* pada peramalan inflasi di Indonesia. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari BPS Sumatera Utara yang berbentuk *time series* yaitu data inflasi di Indonesia mulai dari Januari 2014 – Desember 2021 (96 bulan). Hasil dari penelitian ini adalah metode *Double Exponential Smoothing* dari *Brown* lebih baik dibandingkan metode ARIMA karena menghasilkan nilai MAPE yang lebih kecil.

Penelitian yang dilakukan oleh Khoiriyah & Cahyani (2022) meneliti peramalan banyaknya pasien rawat jalan dengan menggunakan metode *Brown's Double Exponential Smoothing*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah

data kunjungan rawat jalan RSUD dr. R. Sosodoro Djatikoesoemo. Hasil penelitian menunjukkan nilai MAPE terkecil sebesar 18 untuk model *Brown's Double Exponential Smoothing* dengan parameter tunggal sebesar 0.2.

Penelitian oleh Asmaradana & Widodo (2023) meneliti peramalan indeks harga konsumen Kota Yogyakarta menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data indeks harga konsumen Kota Yogyakarta periode bulanan dari Januari 2014 hingga Februari 2022. Hasil penelitian menunjukkan MAPE terkecil sebesar 0.76% dihasilkan dari nilai $\alpha = 0.8974154$ dan $\beta = 0$.

Penelitian oleh Medyanti (2024) meneliti nilai ekspor migas menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* dan algoritma *Grid Search*. Data yang digunakan berupa data ekspor migas di Indonesia dari Januari 1993 hingga Desember 2023. Pengujian nilai *alpha* menggunakan 3 model yang berbeda. Hasil penelitian didapatkan nilai *alpha* terbaik yaitu 0.749 dengan MAPE sebesar 10.124111%.

Penelitian oleh Abidin (2022) meneliti peramalan data ekspor Kalimantan Barat dengan metode ARIMA. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data ekspor di Kalimantan Barat yang diperoleh dari *website* resmi Badan Pusat Statistik (BPS) periode Januari 2014 sampai Desember 2019. Hasil penelitian diperoleh model terbaik ARIMA (1, 1, 0) karena telah memenuhi uji signifikansi parameter, normalitas residual, dan *white noise*.

2.2 Arang

Arang (*charcoal*) merupakan salah satu produk turunan hasil pengolahan bahan organik yang banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif atau bahan bakar ramah lingkungan. Produk ini dapat berasal dari berbagai bahan baku seperti kayu, tempurung kelapa, serbuk gergaji, maupun limbah biomassa lainnya. Arang memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena proses produksinya relatif sederhana, namun memiliki manfaat yang luas baik untuk kebutuhan rumah tangga, industri makanan, hingga sektor metalurgi. Secara umum, permintaan pasar internasional terhadap arang terbagi menjadi dua bentuk utama, yaitu arang murni (*lump charcoal*) dan arang briket (*briquette charcoal*) yang dicampur dengan tepung atau bahan perekat lainnya untuk meningkatkan densitas dan kemudahan penggunaan. Melihat tren global menuju energi berkelanjutan, potensi ekspor arang terus mengalami peningkatan karena banyak negara mulai beralih ke sumber energi yang lebih ramah lingkungan.

2.2.1 Arang Murni

Arang murni merupakan hasil pembakaran tidak sempurna dari bahan organik seperti kayu, tempurung kelapa, serbuk gergaji, atau bambu tanpa tambahan bahan perekat atau campuran lainnya. Proses pembuatannya dikenal sebagai pirolisis, yaitu pembakaran pada suhu tinggi dengan oksigen yang terbatas, sehingga menghasilkan bahan berpori hitam pekat dengan kandungan karbon yang tinggi. Arang murni memiliki karakteristik ringan, mudah menyala, menghasilkan panas tinggi, serta meninggalkan sedikit abu setelah digunakan.



Gambar 2.1 Arang Murni

Dalam konteks industri dan perdagangan, arang murni sering dimanfaatkan sebagai bahan bakar alami untuk keperluan rumah tangga, restoran, hingga industri logam dan peleburan. Kualitas arang murni sangat dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan suhu pembakaran yang digunakan. Arang dari tempurung kelapa, misalnya, dikenal memiliki nilai kalor tinggi dan durasi pembakaran yang lebih lama dibandingkan arang dari kayu lunak.

Selain sebagai bahan bakar, arang murni juga banyak dimanfaatkan dalam sektor non-energi, seperti bahan baku pembuatan arang aktif (*activated charcoal*) untuk filtrasi air dan udara, bahan kosmetik, serta obat-obatan. Dalam perdagangan internasional, arang murni Indonesia memiliki daya saing tinggi karena kualitasnya yang stabil dan bahan baku yang melimpah. Oleh karena itu, pengembangan produksi dan ekspor arang murni berpotensi besar untuk mendukung perekonomian nasional sekaligus memperluas pasar ekspor produk energi ramah lingkungan.

2.2.2 Arang Briket

Arang briket merupakan produk olahan hasil campuran antara arang murni yang telah dihaluskan dengan bahan perekat alami, seperti tepung tapioka, pati jagung, atau molase, yang kemudian dicetak menjadi bentuk tertentu seperti silinder, kubus, atau bantalan. Proses pembuatannya meliputi tahap penghancuran arang, pencampuran dengan perekat, pencetakan, dan pengeringan. Berbeda dengan arang murni, arang briket memiliki bentuk yang seragam, lebih padat, serta menghasilkan panas yang lebih stabil saat digunakan.



Gambar 2.2 Arang Briket

Keunggulan utama arang briket adalah efisiensi energi dan ramah lingkungan. Briket mampu menghasilkan panas yang tinggi dengan waktu pembakaran yang lebih lama dan asap yang lebih sedikit, sehingga cocok untuk kebutuhan rumah tangga, industri makanan, hingga ekspor. Selain itu, briket arang sering dijadikan alternatif pengganti bahan bakar fosil karena berasal dari limbah biomassa yang dapat diperbarui, seperti serbuk gergaji atau tempurung kelapa, sehingga turut berkontribusi dalam pengurangan emisi karbon.

Dalam perdagangan internasional, arang briket Indonesia memiliki permintaan yang tinggi, terutama dari kawasan Timur Tengah, Eropa, dan Asia Timur. Hal ini disebabkan oleh kualitas bahan baku yang melimpah dan ramah lingkungan. Arang briket dari Indonesia umumnya memiliki kadar air rendah, abu sedikit, dan nilai kalor tinggi, yang menjadikannya kompetitif di pasar global. Dengan pengelolaan produksi yang baik dan inovasi pada teknologi pembuatannya, arang briket dapat menjadi salah satu komoditas ekspor unggulan yang mendukung pertumbuhan ekonomi berkelanjutan.

2.3 Ekspor Arang

Berdasarkan data perdagangan internasional, potensi ekspor arang dunia masih sangat besar mengingat tingginya kebutuhan pasar yang belum sepenuhnya terpenuhi. Pada tahun 2021, nilai impor arang dunia tercatat mencapai USD 1.582.254 ribu, sedangkan nilai ekspornya hanya sebesar USD 1.437.699 ribu, sehingga menimbulkan defisit neraca perdagangan global sebesar USD 144.555 ribu. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa permintaan terhadap arang di pasar dunia masih melampaui pasokan yang ada, membuka peluang besar bagi negara-negara produsen untuk memperluas ekspor. Kondisi tersebut menjadi sinyal positif bagi Indonesia sebagai salah satu produsen utama arang di dunia untuk memperkuat daya saing dan kapasitas ekspornya melalui peningkatan produktivitas dan diversifikasi produk berbasis bahan baku lokal.

Menurut data dari *Trademap*, Indonesia menempati posisi pertama sebagai negara pengeksport arang terbesar di dunia, dengan kontribusi sebesar 20.3% dari total ekspor global atau senilai USD 292.058 ribu pada tahun 2021. Di bawah

Indonesia, posisi berikutnya ditempati oleh Tiongkok dan Polandia yang juga menjadi pemain penting dalam perdagangan arang internasional. Jika ditinjau berdasarkan kawasan tujuan ekspor, Asia Timur menjadi pasar utama dengan potensi senilai USD 154 juta. Namun, realisasi ekspor Indonesia baru mencapai USD 66 juta atau sekitar 42.8% dari potensi pasar yang tersedia. Artinya, masih terdapat peluang sebesar 57.2% yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selain Asia Timur, peluang ekspor arang Indonesia juga terbuka luas di kawasan Timur Tengah, Eropa Timur, Eropa Barat, serta Asia Tenggara, yang memiliki permintaan tinggi terhadap energi alternatif berbasis biomassa (Rizaqi, 2022).

Penelitian oleh Sinaga et al. (2023) turut memperkuat pandangan mengenai besarnya kontribusi sektor ekspor arang terhadap perekonomian Indonesia. Dalam studi yang menganalisis periode 2017–2021, ditemukan bahwa ekspor arang memiliki hubungan positif terhadap peningkatan Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Data menunjukkan adanya peningkatan PDB dari tahun 2018 hingga 2019, penurunan pada 2019–2020 akibat dampak pandemi, dan kembali meningkat pada tahun 2020–2021. Berdasarkan hasil estimasi, setiap ekspor briket arang senilai 1 USD dapat meningkatkan PDB Indonesia sebesar 0.0001817%. Artinya, apabila nilai ekspor briket mencapai 1 juta USD, maka PDB Indonesia akan naik sekitar 1.8%. Temuan ini menunjukkan bahwa sektor ekspor arang, khususnya dalam bentuk briket, memiliki potensi ekonomi yang sangat besar serta dapat menjadi salah satu pendorong penting dalam pertumbuhan ekonomi nasional apabila dikelola secara berkelanjutan dan berorientasi ekspor.

2.4 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan adalah suatu keadaan yang dilakukan untuk memproyeksikan keadaan dimasa mendatang dengan melakukan pengujian pada keadaan dimasa lalu (Hariri & Mashuri, 2022). *Forecasting* banyak digunakan dalam memprediksi suatu keadaan pada masa sekarang maupun masa mendatang dengan menggunakan beberapa algoritma (Vimala & Nugroho, 2022). Tujuan utama dari kegiatan peramalan (*forecasting*) adalah untuk meminimalkan ketidakpastian terhadap kondisi atau data di masa mendatang melalui analisis yang didasarkan pada pola dan tren dari data historis. Dengan memahami bagaimana data berperilaku di masa lalu, peramalan memungkinkan peneliti maupun pengambil keputusan untuk membuat estimasi yang lebih akurat mengenai apa yang mungkin terjadi di masa depan. Proses ini tidak hanya berfokus pada prediksi angka semata, tetapi juga pada pemahaman terhadap dinamika perubahan yang memengaruhi variabel yang diamati, seperti tren, fluktuasi musiman, maupun kejadian tidak terduga.

Peramalan memiliki peran yang sangat penting dalam perencanaan strategis, karena hasilnya dapat digunakan sebagai dasar dalam menyusun kebijakan, menetapkan target, serta mengantisipasi risiko yang mungkin timbul. Dalam konteks ekonomi dan perdagangan, misalnya, hasil peramalan dapat membantu pemerintah maupun pelaku industri untuk menentukan arah kebijakan ekspor, perencanaan produksi, serta pengelolaan sumber daya secara efisien. Selain itu, peramalan juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dengan menyediakan informasi berbasis data dan analisis statistik, bukan hanya berdasarkan intuisi atau perkiraan subjektif. Dengan demikian, kegiatan peramalan

menjadi salah satu alat penting untuk meningkatkan ketepatan dan efektivitas dalam proses pengambilan keputusan di berbagai bidang, termasuk ekonomi, bisnis, dan kebijakan publik.

Peramalan (*forecasting*) adalah salah satu metode statistik yang berperan penting dalam pengambilan keputusan. Peramalan berfungsi untuk memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa depan berdasarkan data masa lalu (Abidin et al., 2022). Proses ini menggunakan analisis terhadap data *time series* yang terjadi dalam kurun waktu tertentu untuk memprediksi masa depan (Selasakmida et al., 2021). Metode peramalan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif melibatkan wawasan dan penilaian para ahli dalam proses pengambilan keputusan untuk memprediksi hasil yang diharapkan. Sebaliknya, metode kuantitatif memanfaatkan informasi masa lalu yang diubah menjadi data numerik dan dapat diukur secara objektif.

2.5 Data *Time Series*

Data *time series* merupakan data yang dikumpulkan, dicatat atau diobservasi sepanjang waktu secara berurutan. Periode waktu observasi dapat berbentuk tahun, kuartal, bulan, minggu dan di beberapa kasus dapat juga hari atau jam. Dalam peramalan, analisis pola data dilakukan untuk mengungkap kecenderungan yang akan terjadi di masa mendatang (Taufik et al., 2020). Tujuan lain dari analisis data ini adalah untuk mengidentifikasi pola historis yang dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan prediksi. Melalui peramalan, estimasi nilai di masa depan dapat dibuat, memberikan wawasan penting yang dapat mendukung pengembangan kebijakan atau perencanaan strategis (Maysofa et al., 2023).

Dalam menentukan metode peramalan yang tepat untuk data deret waktu (*time series*), langkah awal yang sangat penting adalah melakukan analisis terhadap pola data historis. Analisis pola ini bertujuan untuk memastikan bahwa metode peramalan yang digunakan selaras dengan karakteristik dan perilaku data yang sebenarnya. Setiap data deret waktu memiliki ciri khas tersendiri ada yang bersifat stabil, ada yang menunjukkan tren meningkat atau menurun, dan ada pula yang dipengaruhi oleh pola musiman atau fluktuasi. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam terhadap pola tersebut menjadi kunci agar model peramalan mampu menghasilkan estimasi yang akurat.

Melalui analisis pola, peneliti dapat mengidentifikasi hubungan antara nilai masa lalu dan nilai saat ini, serta mengenali komponen-komponen penting seperti tren jangka panjang, variasi musiman, dan perubahan acak (*noise*) yang mungkin muncul dalam data. Misalnya, jika data menunjukkan adanya tren meningkat secara konsisten dari waktu ke waktu, maka metode peramalan yang mempertimbangkan unsur tren, seperti *Double Exponential Smoothing* (DES), akan lebih sesuai digunakan. Begitu pula jika data memperlihatkan fluktuasi, maka model yang mampu menangkap pola musiman akan lebih efektif. Dengan demikian, analisis pola dalam data time series tidak hanya membantu dalam pemilihan metode yang paling relevan, tetapi juga meningkatkan keandalan dan ketepatan hasil peramalan yang diperoleh.

2.6 Metode *Double Exponential Smoothing*

Metode *Double Exponential Smoothing* adalah metode yang digunakan untuk meramalkan dengan cara memberi nilai pembobot pada periode sebelumnya yang digunakan untuk meramalkan nilai pada periode selanjutnya atau akan datang. Ada dua macam dari metode *Double Exponential Smoothing*, yakni dari *Brown* dan *Holt*. Metode *Double Exponential Smoothing Brown* adalah pemulusan eksponensial yang menggunakan satu parameter (α), sedangkan *Double Exponential Smoothing Holt* menggunakan dua parameter (α dan β) yang memuluskan nilai trend dengan parameter berbeda dari para parameter deret asli (Hilmy et al., 2021). Dalam penelitian ini, metode *Double Exponential Smoothing* yang digunakan adalah dari *Brown* yakni dengan menggunakan satu parameter.

Metode *Double Exponential Smoothing Brown* merupakan model linear yang diperkenalkan oleh Robert G Brown, metode ini lebih tepat untuk digunakan meramalkan data yang mengalami *trend* kenaikan. Adapun *trend* sendiri adalah perkiraan rata-rata yang telah dilakukan pemulusan estimasi pada akhir masing masing periode (Asmaradana & Widodo, 2023). Salah satu keunggulan metode *Double Exponential Smoothing Brown* adalah dapat memodelkan trend dengan data yang relatif sedikit (Farida et al., 2021). Dasar pemikiran metode ini mirip dengan peramalan *linier moving average*. Adapun rumus yang digunakan dalam metode *Double Exponential Smoothing Brown* adalah sebagai berikut:

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (2.1)$$

Keterangan:

S'_t	= Nilai pemulusan eksponensial pertama
α	= Parameter pemulusan eksponensial
X_t	= Nilai rill periode t
S'_{t-1}	= nilai pemulusan eksponensial sebelumnya

Persamaan 2.1 adalah proses dalam pemulusan eksponensial tunggal atau *Single Exponential Smoothing*. Dimana S'_t adalah hasil dari pemulusan eksponensial pertama, α merupakan parameter dalam *smoothing*, nilai α yang dapat digunakan yaitu antara 0 sampai 1 atau $0 < \alpha < 1$. X_t adalah nilai aktual atau rill periode ke-t. S'_{t-1} adalah nilai *smoothing* tunggal pada periode ke-(t-1).

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (2.2)$$

Keterangan:

S''_t	= Nilai pemulusan eksponensial kedua
S'_t	= Nilai pemulusan eksponensial pertama
α	= Parameter pemulusan eksponensial

Persamaan 2.2 adalah proses pemulusan eksponensial ganda. Dimana S''_t adalah hasil dari proses pemulusan kedua dengan menggunakan data dari proses pemulusan pertama. S'_t adalah nilai dari proses pemulusan pertama, dan S''_{t-1} adalah nilai pemulusan eksponensial ganda pada periode ke-(t-1).

$$a_t = 2S'_t - S''_t \quad (2.3)$$

Keterangan:

a_t	= Nilai konstanta periode t
S''_t	= Nilai pemulusan eksponensial kedua
S'_t	= Nilai pemulusan eksponensial pertama

Persamaan 2.3 adalah proses untuk mendapatkan nilai a_t . Dimana a_t adalah konstanta pemulusan pada periode ke-t.

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t) \quad (2.4)$$

Keterangan:

b_t	= <i>Slope</i> atau nilai <i>trend</i> dari data yang sesuai
α	= Parameter pemulusan eksponensial
S''_t	= Nilai pemulusan eksponensial kedua
S'_t	= Nilai pemulusan eksponensial pertama

Persamaan 2.4 adalah proses untuk mendapatkan nilai b_t . Dimana b_t adalah nilai *slope* pemulusan pada periode ke- t .

$$F_{t+m} = a_t + b_t \quad (2.5)$$

Keterangan:

F_t	= Nilai peramalan
b_t	= <i>Slope</i> atau nilai <i>trend</i>
a_t	= Nilai konstanta
m	= Jangka peramalan

Persamaan 2.5 adalah proses akhir dalam pemulusan eksponensial ganda. Dimana F_t yaitu hasil peramalan untuk periode yang diramalkan, dengan m adalah jumlah periode kedepan yang diprediksi.

Pada umumnya, dilakukan *trial* dan *error* untuk menentukan nilai kesalahan yang terendah guna untuk mendapatkan nilai α yang tepat. Penentuan nilai *alpha* dilakukan dengan cara membandingkan menggunakan interval pemulusan antar $0 < \alpha < 1$. Catatan yang perlu diperhatikan adalah untuk bisa menggunakan rumus, maka nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} harus tersedia. Akan tetapi pada saat $t = 1$, nilai-nilai tersebut tidak tersedia, dikarenakan nilai ini harus ditentukan pada awal periode, maka dari itu solusinya adalah dengan menetapkan S'_t dan S''_t dengan nilai $x1$ atau data aktual.

2.7 Algoritma *Grid Search*

Grid Search adalah salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk menemukan hyperparameter yang optimal bagi suatu model. *Hyperparameter* adalah parameter yang menentukan bagaimana sebuah model di latih. Algoritma ini akan melakukan uji coba kombinasi dan validasi satu persatu kemudian memilih kombinasi yang menghasilkan performa model terbaik untuk prediksi (Nugraha &

Sasongko, 2022). Dengan melakukan evaluasi model menggunakan metrik yang telah ditentukan sebelumnya, seperti MAPE, *Grid Search* akan menentukan nilai parameter yang memberikan performa model terbaik.

Pada penelitian ini *Grid Search* digunakan untuk mencari parameter optimal dari metode *Double Exponential Smoothing*. Pada metode *Double Exponential Smoothing* contoh langkah-langkah *grid* untuk mencari *alpha* optimal:

1. Menentukan rentang nilai α . Tentukan *range* nilai *smoothing parameter* yang akan dieksplorasi.
2. Menentukan *increment* atau jarak antar nilai α yang diuji.
3. Membuat *grid* nilai α yang akan diuji.
4. Implementasikan perhitungan DES dengan semua nilai *alpha* pada data latih
5. Hitung MAPE untuk tiap nilai α .
6. Menentukan α terbaik yang menghasilkan MAPE terendah .
7. Mengimplementasikan model final dengan menggunakan nilai α terbaik untuk memprediksi pada data uji.

2.8 Mean Absolute Persentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error merupakan rata-rata perbedaan mutlak antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual serta dinyatakan sebagai persentase dari nilai yang direalisasikan. Nilai MAPE digunakan sebagai pertimbangan dari hasil peramalan sehingga didapatkan tingkat ketepatan antara hasil peramalan dengan data aktual (Asmaradana & Widodo, 2023). Hal tersebut dapat menghindari permasalahan dalam interpretasi pengukuran akurasi relatif terhadap besarnya nilai aktual dan nilai prediksi (Utama & Kurniawan, 2023). Penggunaan MAPE dalam

evaluasi hasil prediksi membantu menghindari fokus hanya pada perbedaan besar antara nilai aktual dan nilai prediksi. Evaluasi MAPE digunakan untuk menilai kualitas prediksi, di mana prediksi dianggap sangat baik jika MAPE-nya kurang dari 10%. Prediksi dianggap baik jika MAPE berada dalam kisaran 10% hingga 20%, pada MAPE 20% hingga 50% prediksi dianggap cukup baik, dan prediksi dianggap buruk ketika lebih dari 50% nilai MAPE-nya (Utami et al., 2022). Tabel 2.2 memuat kriteria MAPE yang menjelaskan tingkat akurasi berdasarkan rentang persen MAPE.

Tabel 2.2 Klasifikasi penilaian MAPE

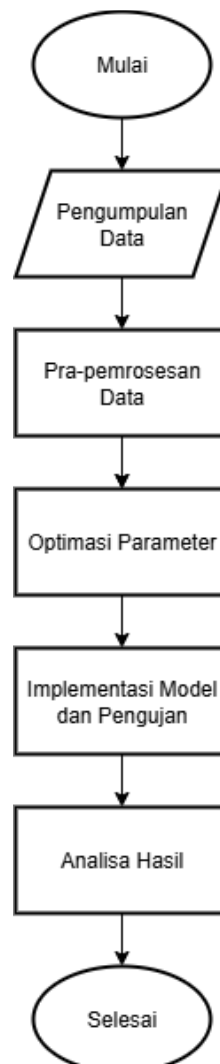
No	Nilai MAPE	Keterangan
1	< 10%	Sangat baik
2	10-20%	Baik
3	20-50%	Cukup Baik
4	>50%	Kurang baik

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian adalah serangkaian proses atau tahapan yang disusun sebagai panduan dalam melaksanakan penelitian. Rangkaian ini berfungsi memberi struktur yang sistematis agar proses penelitian dapat dilaksanakan secara terarah. Gambar 3.1 menunjukkan desain penelitian tersebut sebagai berikut.



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian ini diawali dengan tahapan pengumpulan data, yang menjadi fondasi utama dalam proses peramalan. Data yang digunakan berupa nilai ekspor arang kayu bulanan dari periode 2013 hingga 2024, yang diperoleh dari sumber resmi dan relevan agar hasil analisis memiliki tingkat validitas yang tinggi. Data tersebut menggambarkan fluktuasi dan tren ekspor arang selama lebih dari satu dekade, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh terhadap dinamika perdagangan arang di Indonesia.

Setelah data terkumpul, tahap berikutnya adalah pra-pemrosesan data (*data preprocessing*). Pada tahap ini, dilakukan pembersihan dan penyesuaian terhadap data agar siap digunakan untuk analisis lebih lanjut. Data kemudian dibagi menjadi data latih (*training data*) dan data uji (*testing data*) dalam beberapa skenario, dengan tujuan agar model dapat belajar dari pola historis pada data latih, dan kemudian diuji kemampuannya dalam memprediksi nilai baru menggunakan data uji. Pembagian ini sangat penting untuk mengukur performa model secara objektif.

Tahap inti dari penelitian ini adalah optimasi parameter, di mana algoritma *Grid Search* digunakan untuk mencari nilai parameter *alpha* terbaik. Proses ini dilakukan secara sistematis dengan menguji berbagai nilai *alpha* dalam rentang tertentu, guna menemukan *alpha* yang menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) terkecil. Nilai *alpha* optimal yang diperoleh kemudian diterapkan pada model *Double Exponential Smoothing* (DES) untuk menghasilkan peramalan yang paling akurat.

Pada tahap akhir, dilakukan analisis hasil dan evaluasi model. Hasil peramalan dibandingkan dengan data aktual untuk mengukur sejauh mana model

mampu merepresentasikan pola historis secara tepat. Nilai MAPE digunakan sebagai ukuran utama akurasi prediksi, yang menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata dalam bentuk persentase. Melalui tahapan ini, efektivitas metode *Double Exponential Smoothing* yang dioptimasi dengan *Grid Search* dapat dievaluasi secara menyeluruh, sekaligus membuktikan sejauh mana metode ini mampu memberikan hasil yang andal dalam meramalkan nilai ekspor arang di Indonesia.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, dataset yang digunakan diperoleh dari website resmi UN Comtrade Database yang dapat diakses pada tanggal 26 November 2025 melalui tautan <https://comtradeplus.un.org/>. Sumber ini dipilih karena menyediakan data perdagangan internasional yang bersifat terbuka, valid, dan diakui secara global, sehingga menjamin keakuratan serta kredibilitas data yang digunakan dalam proses analisis. Data yang diambil merupakan data ekspor arang asal Indonesia dengan frekuensi bulanan, mencakup periode Januari 2013 hingga Desember 2024.

Rentang waktu tersebut dipilih untuk memperoleh cakupan data yang cukup panjang sehingga pola tren dan fluktuasi nilai ekspor dapat teridentifikasi dengan baik. Dengan periode 12 tahun, model peramalan dapat mempelajari dinamika pasar arang Indonesia dalam berbagai kondisi ekonomi global maupun domestik. Total terdapat 144 sampel data yang mewakili nilai ekspor arang bulanan selama periode tersebut, yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses pelatihan dan pengujian model peramalan.

Data ini disajikan dalam bentuk deret waktu (*time series*), di mana setiap titik data menunjukkan nilai ekspor arang Indonesia dalam KG untuk setiap bulan.

Pola perubahan dari data tersebut menjadi acuan utama dalam membangun model *Double Exponential Smoothing* (DES) yang dioptimasi dengan algoritma *Grid Search*. Dengan demikian, dataset ini memiliki peran penting dalam mendukung keakuratan hasil peramalan dan memastikan bahwa model yang dihasilkan benar-benar mencerminkan kondisi riil ekspor arang Indonesia. Data aktual nilai ekspor arang di Indonesia dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran 1.

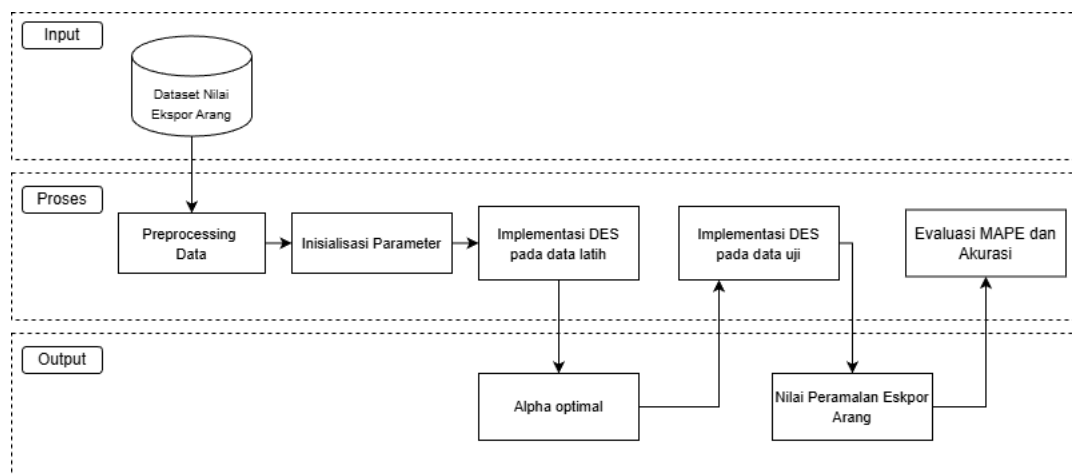
3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahapan penting yang bertujuan untuk menggambarkan alur logika dan proses kerja dari sistem yang akan dibangun. Pada tahap ini, struktur sistem dirancang agar setiap komponen yang terlibat dapat saling terhubung secara efisien sehingga sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Perancangan sistem juga membantu memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai bagaimana data diproses hingga menghasilkan keluaran berupa hasil peramalan.

Dalam konteks penelitian ini, perancangan sistem berperan sebagai kerangka dasar dalam pengembangan sistem peramalan nilai ekspor arang kayu di Indonesia. Melalui desain ini, hubungan antara proses *input*, pengolahan data, dan *output* dapat divisualisasikan dengan baik sehingga mempermudah proses implementasi dan analisis.

Selain itu, tahap perancangan ini juga menjadi acuan dalam memastikan bahwa sistem yang dikembangkan bersifat terarah, terukur, serta dapat diterapkan secara konsisten untuk menghasilkan prediksi yang akurat. Dengan demikian, rancangan sistem tidak hanya berfungsi sebagai panduan teknis, tetapi juga sebagai

representasi konseptual dari keseluruhan mekanisme penelitian. Desain sistem peramalan nilai ekspor arang kayu di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Desain Sistem

Gambar diatas mengilustrasikan langkah-langkah yang digunakan dalam peramalan nilai ekspor arang menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) yang dioptimasi oleh *Grid Search*. Proses dimulai pada tahap input dengan mengumpulkan dataset nilai ekspor arang. Tahap Proses diawali dengan *pre-processing* data (*splitting data*) dan inisialisasi parameter (*alpha*). Setelah itu, dilakukan implementasi DES pada data latih. Pada tahap ini, model menguji semua nilai *alpha* dalam rentang 0.001 hingga 0.999 untuk menemukan *alpha* yang memberikan MAPE terendah. Hasil dari tahap ini adalah *alpha* optimal yang kemudian menjadi input kunci untuk langkah berikutnya. Langkah tersebut dilakukan pada lima skenario yang ada pada Tabel 3.1.

Alpha optimal yang telah ditemukan selanjutnya digunakan dalam implementasi DES pada data uji untuk menghasilkan nilai peramalan ekspor arang.

Tahap terakhir dari proses adalah evaluasi MAPE dan akurasi pada setiap skenario, di mana MAPE dan akurasi dihitung untuk memvalidasi kinerja model dan menentukan rasio *split* data terbaik. Hasil dari seluruh proses ini membuktikan bahwa *alpha* optimal mampu memberikan akurasi yang tinggi.

3.4 Optimasi Algoritma *Grid Search*

Dalam penelitian ini, algoritma *Grid Search* digunakan sebagai metode untuk mengoptimalkan parameter *smoothing α (alpha)* pada model *Double Exponential Smoothing* (DES). Proses optimasi ini dilakukan dengan cara mengevaluasi kombinasi nilai parameter secara sistematis dalam rentang tertentu untuk menentukan nilai yang memberikan hasil terbaik. Tujuan utama dari penerapan *Grid Search* adalah untuk menemukan parameter yang menghasilkan kinerja model peramalan paling optimal, yang dalam konteks penelitian ini diukur berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai MAPE digunakan sebagai ukuran tingkat kesalahan relatif antara nilai hasil peramalan dan data aktual, sehingga semakin kecil nilai MAPE, semakin baik akurasi model tersebut.

Penggunaan *Grid Search* menjadi sangat penting karena performa model DES sangat bergantung pada pemilihan parameter *smoothing* yang tepat. Nilai α yang terlalu kecil dapat menyebabkan model menjadi terlalu lambat dalam merespons perubahan tren data, sedangkan nilai yang terlalu besar dapat membuat hasil peramalan menjadi terlalu fluktuatif. Oleh karena itu, metode pencarian sistematis seperti *Grid Search* membantu menghindari pemilihan parameter secara subjektif atau berdasarkan intuisi semata. Melalui penerapan metode ini, proses

penentuan nilai parameter dilakukan secara objektif, terukur, dan berbasis data, sehingga model peramalan yang dihasilkan tidak hanya akurat tetapi juga memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik terhadap pola data di masa depan.

3.5 Implementasi Metode *Double Exponential Smoothing* (DES)

Implementasi metode *Double Exponential Smoothing* (DES) dalam penelitian ini digunakan untuk melakukan peramalan nilai ekspor arang di Indonesia. Metode ini diterapkan pada setiap iterasi proses *Grid Search*, di mana setiap kombinasi nilai parameter *smoothing* dievaluasi untuk menemukan hasil peramalan paling akurat. Model DES dipilih karena kemampuannya dalam menangkap pola data yang memiliki komponen tren, sehingga lebih sesuai untuk data ekspor yang cenderung mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu.

Dalam penerapannya, metode DES memiliki lima tahap perhitungan utama yang saling berkaitan hingga diperoleh nilai prediksi akhir. Tahap pertama adalah menentukan nilai *smoothing* pertama, yang berfungsi untuk memuluskan data aktual agar dapat mengurangi efek fluktuasi jangka pendek. Tahap kedua adalah menentukan nilai *smoothing* kedua, yang bertujuan memperhalus hasil *smoothing* pertama untuk menangkap arah tren yang lebih stabil. Tahap ketiga adalah menghitung nilai konstanta, yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan perubahan rata-rata antarperiode. Selanjutnya, tahap keempat yaitu menghitung nilai *slope*, yang menggambarkan arah dan besaran tren pada data ekspor. Terakhir, tahap kelima adalah menghitung nilai prediksi untuk periode berikutnya berdasarkan hasil *smoothing* dan *slope* yang telah diperoleh.

Dengan mengikuti kelima tahap tersebut pada setiap iterasi *Grid Search*, diperoleh hasil peramalan yang lebih akurat dan objektif, karena setiap nilai parameter diuji secara sistematis untuk menemukan kombinasi terbaik yang meminimalkan tingkat kesalahan peramalan.

3.5.1 Menghitung Nilai Pemulusan Pertama (*Smoothing 1*)

Proses peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) diawali dengan tahap perhitungan pemulusan eksponensial pertama, atau yang disebut juga dengan *smoothing 1*. Pada tahap ini, dilakukan penghalusan terhadap data aktual menggunakan Rumus 2.1, yang mengkombinasikan antara nilai aktual pada periode berjalan dan nilai hasil pemulusan dari periode sebelumnya dengan mempertimbangkan faktor *smoothing α* (*alpha*). Nilai α berperan penting dalam menentukan seberapa besar pengaruh data terbaru terhadap hasil pemulusan semakin besar nilai α , maka semakin besar pula bobot data terbaru dalam membentuk nilai hasil pemulusan.

Fungsi utama dari tahap *smoothing 1* ini adalah untuk mengurangi fluktuasi acak (*noise*) yang sering muncul pada data deret waktu, sehingga pola utama dalam data, seperti arah tren dan level rata-rata, dapat terlihat lebih jelas. Dengan kata lain, *smoothing 1* berfungsi untuk menentukan titik level (*level component*), yaitu dasar yang akan digunakan untuk membangun komponen tren pada tahap berikutnya. Hasil dari perhitungan *smoothing 1* tidak hanya berperan sebagai bentuk data yang lebih stabil, tetapi juga menjadi *input* penting bagi tahap *smoothing 2*, di mana nilai tren mulai diidentifikasi dan dimodelkan secara lebih mendalam. Tahapan ini

menjadi fondasi penting untuk memastikan akurasi hasil peramalan pada langkah-langkah selanjutnya.

3.5.2 Menghitung Nilai Pemulusan Kedua (*Smoothing 2*)

Setelah diperoleh nilai *smoothing 1*, langkah berikutnya adalah menghitung nilai *smoothing 2*, yang ditentukan berdasarkan Rumus 2.2. Proses pemulusan tahap kedua ini memiliki tujuan penting, yaitu untuk mengidentifikasi dan mengukur kecenderungan atau tren yang muncul dari data hasil pemulusan pertama. Dengan kata lain, *smoothing 2* berperan dalam menyaring fluktuasi yang masih tersisa pada hasil pemulusan awal, sehingga pola perubahan data dari waktu ke waktu dapat terlihat lebih jelas dan stabil. Melalui tahapan ini, analisis tren menjadi lebih akurat karena nilai-nilai yang dihasilkan telah mewakili pergerakan umum data tanpa terlalu terpengaruh oleh variasi acak jangka pendek.

3.5.3 Menghitung Nilai Konstanta

Setelah diperoleh nilai *smoothing 1*, langkah selanjutnya dalam metode *Double Exponential Smoothing* (DES) adalah menghitung nilai *smoothing 2*, yang ditentukan berdasarkan Rumus 2.2. Tahap ini berfungsi sebagai proses pemulusan lanjutan terhadap hasil *smoothing* pertama. Jika *smoothing 1* berfokus pada penghilangan fluktuasi acak dari data aktual, maka *smoothing 2* memiliki tujuan utama untuk menangkap arah tren dan mengidentifikasi pola perubahan data yang bersifat jangka panjang. Dengan melakukan pemulusan kembali terhadap hasil *smoothing 1*, nilai *smoothing 2* membantu memperjelas struktur tren yang mungkin masih tertutup oleh variasi data pada tahap sebelumnya.

Proses *smoothing* 2 ini dapat diibaratkan sebagai penyempurnaan dari tahap pemulusan awal, karena nilai yang dihasilkan menjadi gambaran yang lebih halus dan stabil dari keseluruhan pergerakan data. Hasil *smoothing* 2 kemudian digunakan dalam perhitungan nilai konstanta dan *slope* pada tahap berikutnya, yang akan membentuk dasar model peramalan jangka pendek maupun jangka panjang. Dengan demikian, keberadaan *smoothing* 2 sangat penting untuk memastikan bahwa model DES tidak hanya sekadar mengikuti perubahan data secara instan, tetapi juga mampu menangkap pola tren yang konsisten dan realistis. Melalui tahap ini, hasil analisis tren menjadi lebih akurat, sehingga model peramalan dapat menggambarkan dinamika data ekspor secara lebih representatif dan dapat diandalkan.

3.5.4 Menghitung Nilai *Slope*

Setelah diperoleh nilai konstanta, tahap berikutnya dalam metode *Double Exponential Smoothing* (DES) adalah menghitung nilai *slope*, yang perhitungannya mengacu pada Rumus 2.4. Nilai *slope* ini memiliki peran yang sangat penting karena berfungsi untuk mengestimasi komponen tren dari deret waktu yang sebelumnya telah melalui dua tahap pemulusan, yaitu *smoothing* 1 dan *smoothing* 2. Dalam konteks ini, *slope* menggambarkan arah dan laju perubahan data dari waktu ke waktu, sehingga dapat diketahui apakah data tersebut mengalami peningkatan, penurunan, atau berada pada kondisi yang relatif stabil.

Fungsi utama dari *slope* adalah untuk menangkap dinamika tren yang sesungguhnya terjadi dalam data historis, namun tanpa terpengaruh oleh fluktuasi acak jangka pendek. Dengan mengetahui nilai *slope*, model DES mampu

menyesuaikan hasil peramalan terhadap arah perkembangan data, baik secara linear maupun mendekati pola pertumbuhan yang lebih kompleks. Nilai *slope* yang positif menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan, sedangkan nilai negatif menandakan tren penurunan.

Selain itu, *slope* juga berperan penting dalam memprediksi nilai pada periode mendatang, karena nilai inilah yang digunakan untuk memperkirakan perubahan dari satu periode ke periode berikutnya. Dengan demikian, perhitungan *slope* menjadi tahapan krusial dalam menghasilkan peramalan yang akurat, sebab nilai ini merefleksikan kecenderungan umum data yang telah disaring dari gangguan acak, sehingga model yang terbentuk mampu mencerminkan tren aktual dengan lebih realistis.

3.5.5 Menghitung Nilai Peramalan

Setelah seluruh komponen yang diperlukan mulai dari hasil *smoothing* pertama dan kedua, nilai konstanta, hingga nilai *slope* berhasil dihitung, maka langkah terakhir dalam metode *Double Exponential Smoothing* (DES) adalah melakukan proses peramalan nilai ekspor untuk periode selanjutnya, yang didasarkan pada Rumus 2.5. Tahapan ini merupakan inti dari keseluruhan proses DES, karena seluruh komponen yang telah diperoleh sebelumnya digabungkan secara matematis untuk menghasilkan estimasi nilai masa depan yang mencerminkan kecenderungan dan pola historis data ekspor.

Pada tahap ini, model tidak hanya memanfaatkan nilai pemulusan untuk mengurangi fluktuasi acak, tetapi juga mempertimbangkan nilai *slope* yang merepresentasikan arah serta laju perubahan data dari waktu ke waktu. Dengan

demikian, hasil peramalan yang dihasilkan menjadi lebih adaptif terhadap perubahan tren, baik berupa peningkatan maupun penurunan nilai ekspor.

Proses peramalan ini memberikan perkiraan yang lebih akurat dan stabil, karena model DES menggabungkan elemen level dan tren dalam satu kesatuan formula. Hasil estimasi tersebut tidak hanya berguna untuk menggambarkan arah perubahan ekspor di masa mendatang, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan, seperti perencanaan volume produksi, penyusunan kebijakan perdagangan, maupun evaluasi kinerja ekonomi. Dengan kata lain, tahap akhir ini berperan penting dalam menerjemahkan hasil analisis historis menjadi informasi prediktif yang bernilai praktis bagi perencanaan dan pengambilan keputusan berbasis data.

3.6 Pengujian dengan MAPE

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan dengan menghitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai ukuran utama untuk mengevaluasi tingkat akurasi hasil peramalan. MAPE digunakan untuk mengukur ketepatan relatif model dengan membandingkan antara hasil prediksi dan data aktual dalam bentuk persentase kesalahan. Nilai ini memberikan gambaran seberapa besar penyimpangan hasil peramalan terhadap nilai sebenarnya pada setiap periode, sehingga semakin kecil nilai MAPE yang diperoleh, semakin tinggi pula tingkat akurasi model tersebut.

Perhitungan MAPE dilakukan dengan mengambil nilai absolut dari selisih antara data aktual dan hasil prediksi, kemudian membaginya dengan nilai aktual pada masing-masing periode. Hasil pembagian tersebut menunjukkan besarnya

kesalahan relatif untuk setiap periode, yang selanjutnya dirata-ratakan untuk memperoleh nilai MAPE keseluruhan. Pendekatan ini menjadikan MAPE sebagai ukuran evaluasi yang mudah dipahami karena dinyatakan dalam bentuk persentase, sehingga dapat langsung menunjukkan seberapa besar kesalahan peramalan yang terjadi dalam konteks proporsi terhadap nilai sebenarnya.

Dengan menggunakan MAPE sebagai indikator evaluasi, peneliti dapat secara objektif menilai kinerja model *Double Exponential Smoothing* (DES) yang telah dioptimalkan melalui *Grid Search*. Nilai MAPE yang rendah menunjukkan bahwa model mampu menghasilkan peramalan yang stabil, akurat, dan representatif terhadap pola historis data ekspor arang di Indonesia. Berikut adalah rumus dari MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^N |PE| \quad (3.1)$$

Keterangan:

$$PE = \left(\frac{\bar{X}t - Ft}{\bar{X}t} \right) * 100$$

$\bar{X}t$ = Nilai data aktual pada periode ke-t

Ft = Nilai prediksi periode ke-t

N = Banyaknya data

Jika nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sudah ketemu maka nilai MAPE digunakan untuk menghitung nilai *accuracy* dengan rumus (Almais et al., 2022):

$$Accuracy = 100\% - MAPE \quad (3.2)$$

3.7 Skenario Pengujian

Skenario pengujian dalam penelitian ini merupakan serangkaian prosedur yang secara sistematis dirancang untuk menguji dan mengevaluasi kinerja serta efektivitas metode peramalan nilai ekspor arang di Indonesia menggunakan pendekatan *Double Exponential Smoothing* (DES) yang dioptimalkan dengan algoritma *Grid Search*. Tahapan ini berfungsi sebagai langkah penting untuk memastikan bahwa model yang digunakan mampu menghasilkan hasil peramalan dengan tingkat akurasi terbaik berdasarkan parameter yang paling optimal.

Dalam pelaksanaannya, *Grid Search* diterapkan secara sistematis dengan rentang nilai *alpha* antara 0.001 hingga 0.999. Setiap nilai *alpha* dalam rentang tersebut diuji secara berurutan untuk menemukan performa terbaik, yang diukur dari nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) paling rendah pada data latih. Proses optimasi ini tidak hanya dilakukan pada satu skenario, namun juga dilakukan pada beberapa skenario pengujian pembagian data latih dan uji untuk mengidentifikasi *alpha* yang paling stabil dan memiliki kemampuan generalisasi terbaik. Skenario pembagian data latih dan uji yang diujikan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Skenario Pengujian

No	Rasio <i>Split</i> Data	Jumlah Data Latih	Jumlah Data Uji
1	75% : 25%	108	36
2	80% : 20%	115	29
3	85% : 15%	122	22
4	90% : 10%	130	14
5	95% : 5%	137	7

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *time series* atau data yang memiliki rentang waktu perekaman yang konsisten. Beberapa *rule of thumb* atau referensi dalam membagi data pertama berdasarkan profesor Andrew Ng

mengatakan *rule of thumb* dalam pembagian data split yaitu 70:30 menjadi mungkin pada data 100, 1000 atau 10000, namun pada jumlah data 1000000 menjadi tidak sesuai dengan rasio 70:30 maka dipakailah split data 99:1. Selain itu terdapat *rule of thumb* lain dalam pembagian data yaitu 80:20 atau dikenal dengan Pareto Principle yang sering dipakai dalam matematika, ekonomi dan komputer (Adinugroho, 2022). Sedangkan penambahan 5% pada setiap skenario dipilih untuk menemukan rasio *split* terbaik dalam perbedaan skala rasio yang lebih kecil.

Tujuan utama dari skenario pengujian ini adalah untuk menemukan parameter *smoothing* dan rasio *splitting data* yang paling baik dengan karakteristik data ekspor arang di Indonesia, yang cenderung memiliki pola fluktuatif namun tetap menunjukkan tren tertentu. Dengan menguji secara sistematis berbagai variasi nilai *alpha* melalui *Grid Search* pada beberapa skenario, penelitian ini memastikan bahwa parameter optimal diperoleh melalui proses objektif, bukan melalui pemilihan subjektif. Hasil akhir dari skenario pengujian ini diharapkan mampu menghasilkan model DES yang stabil, akurat, dan dapat diandalkan dalam memprediksi nilai ekspor pada periode mendatang.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengujian penelitian dalam penerapan metode *Double Exponential Smoothing* yang menggunakan menggunakan algoritma *Grid Search* sebagai optimasi parameter *alpha* untuk meramalkan nilai ekspor arang di Indonesia.

4.1 Hasil

Uji coba penelitian dilaksanakan untuk mengidentifikasi tingkat kesalahan dari metode *Double Exponential Smoothing* dengan *Grid Search* dalam memprediksi nilai ekspor arang di Indonesia. Pengukuran tingkat kesalahan pada prediksi nilai ekspor arang dengan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Proses pengujian nilai *alpha* sebagai berikut.

4.1.1 Pencarian Nilai *Alpha* Optimal

Rentang nilai *alpha* yang diterapkan dalam optimasi metode *Double Exponential Smoothing* (DES *Brown*) ini adalah antara 0.001 hingga 0.999 dengan penambahan 0.001 pada setiap pengujiannya. Proses pencarian *alpha* optimal dilakukan melalui algoritma *Grid Search*, di mana setiap nilai *alpha* diuji pada berbagai skenario pembagian data latih dan uji yang tertera pada Tabel 3.1.

Tahap awal dalam pengujian sistem adalah mencari seluruh nilai prediksi dari rentang nilai *alpha* pada data latih berdasarkan rumus DES *Brown*. Kemudian, dihitung MAPE untuk setiap nilai *alpha*. Nilai *alpha* yang optimal untuk setiap rasio *split* akan didapatkan dari MAPE minimum pada data latih tersebut.

Selanjutnya, tiap *alpha* optimal ini digunakan untuk memprediksi data uji, dan rasio *split* data dengan MAPE minimum akan dipilih sebagai model terbaik untuk digunakan dalam prediksi nilai ekspor final.

Tabel 4.1 Alpha Optimal dan MAPE pada Setiap Skenario

No	Rasio <i>Split</i> Data	Jumlah Data Latih	Jumlah Data Uji	Alpha Optimal	MAPE
1	75% : 25%	108	36	0.053	14.4502%
2	80% : 20%	115	29	0.053	14.6023%
3	85% : 15%	122	22	0.053	14.2961%
4	90% : 10%	130	14	0.052	13.9838%
5	95% : 5%	137	7	0.051	14.1258%

Dari Tabel 4.1 diatas menunjukkan stabilitas parameter *alpha* optimal untuk metode *Double Exponential Smoothing* (DES *Brown*) di berbagai rasio pembagian data, dengan nilai *alpha* berkisar antara 0.051 hingga 0.053. Dalam skenario pengujian 75%:25% hingga 85%:15%, *alpha* optimal konsisten pada 0.053, menghasilkan MAPE antara 14.2961% dan 14.6023%. Namun, model menunjukkan kinerja terbaik pada rasio 90%:10% (data latih 130 bulan) dengan MAPE terendah sebesar 13.9838% dan *alpha* = 0.052. Meskipun MAPE sedikit meningkat menjadi 14.1258% pada rasio 95%:5% (Data Latih 137 bulan), *alpha* optimal berubah menjadi 0.051. Stabilitas nilai *alpha* yang kecil ini mengindikasikan bahwa DES *Brown* telah mencapai batas maksimal akurasi.

4.1.2 Hasil Peramalan Data Uji

Proses peramalan pada data uji dimulai dari menghitung nilai pemulusan eksponensial pertama atau *smoothing* pertama berdasarkan Rumus 2.1. Fungsi dari tahap ini adalah untuk menghilangkan fluktuasi dan menentukan titik level Dimana komponen tren akan dibangun. Selain itu nilai yang dihasilkan dari proses ini

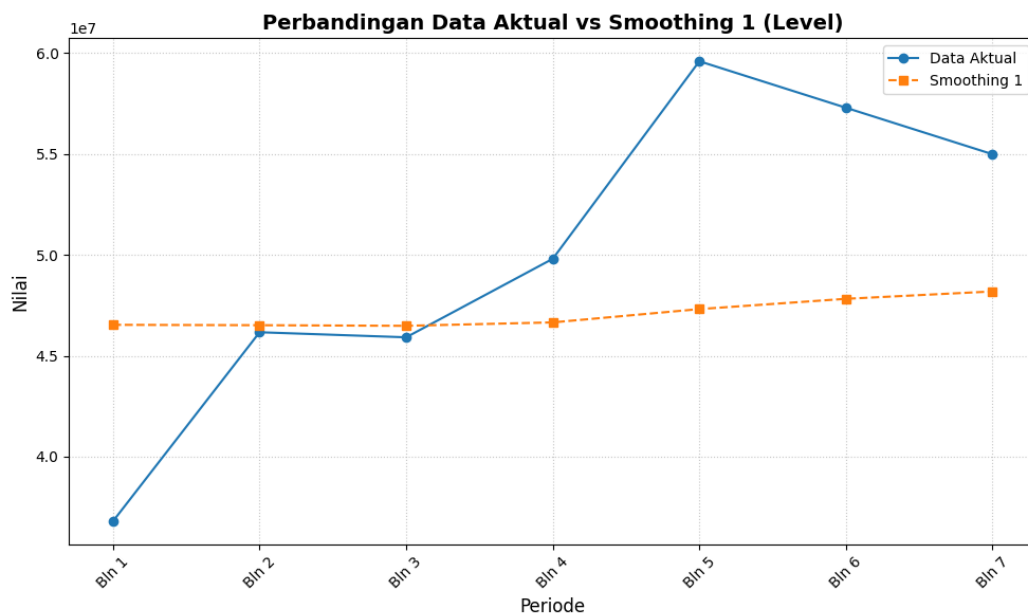
nantinya akan digunakan sebagai input untuk proses selanjutnya. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai *smoothing* 1 yang didasarkan pada Rumus 2.1 pada data uji skenario 5 dengan 7 data uji:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Nilai *Smoothing* 1

No	Periode	Data Aktual	Nilai <i>Smoothing</i> 1
1	Juni 2024	36.801.825	46.531.230
2	Juli 2024	46.163.611	46.512.481
3	Agustus 2024	45.912.818	46.481.898
4	September 2024	49.801.611	46.651.204
5	Oktober 2024	59.589.027	47.311.033
6	November 2024	57.286.243	47.819.768
7	Desember 2024	54.983.459	48.185.116

Berdasarkan Tabel 4.2 yang membandingkan nilai aktual dengan hasil *smoothing* tahap pertama dalam metode *Double Exponential Smoothing* (DES) Brown, dapat dianalisis bahwa proses pemulusan awal ini telah menjalankan fungsinya secara optimal. Keberhasilan ini terlihat dari kemampuan model dalam mengestimasi level dasar (*basic level*) data sekaligus memfilter elemen fluktuasi acak yang bersifat tidak teratur. Jika diamati lebih dalam, data aktual memiliki karakteristik volatilitas yang cukup tinggi, di mana perubahan angka antar periode sering kali menunjukkan lonjakan atau penurunan tajam yang merepresentasikan adanya noise bulanan yang signifikan. Sebaliknya, nilai pada kolom *smoothing* 1 merepresentasikan pola yang jauh lebih konsisten dan stabil. Hasil pemulusan ini bergerak dalam rentang nilai yang sangat moderat, yakni di kisaran 46 juta hingga 48 juta, tanpa merespons secara reaktif atau ekstrem terhadap *outlier* berupa puncak tertinggi maupun dasar terendah yang dicapai oleh data aktual. Hal ini menegaskan bahwa *smoothing* 1 berhasil mengisolasi tren dasar dari gangguan-gangguan sesaat.

Visualisasi transisi dari data aktual yang fluktuatif menuju data hasil *smoothing* 1 yang stabil dapat dicermati pada grafik berikut:



Gambar 4.1 Perbandingan Data Sebelum dan Sesudah di *Smoothing* 1

Gambar 4.1 menyajikan perbandingan antara data aktual (garis biru) dan nilai *smoothing* pertama (garis oranye putus-putus). Grafik ini mengilustrasikan fungsi utama dari *smoothing* 1, yaitu menghilangkan fluktuasi ekstrem pada data, yang sangat dibutuhkan mengingat data aktual menunjukkan lonjakan signifikan (misalnya, periode 4) yang merupakan karakteristik dari volatilitas data ekspor. Sebaliknya, nilai *smoothing* 1 bergerak jauh lebih stabil, membentuk garis dasar level rata-rata data dan meminimalisir lonjakan tajam pada data aktual.

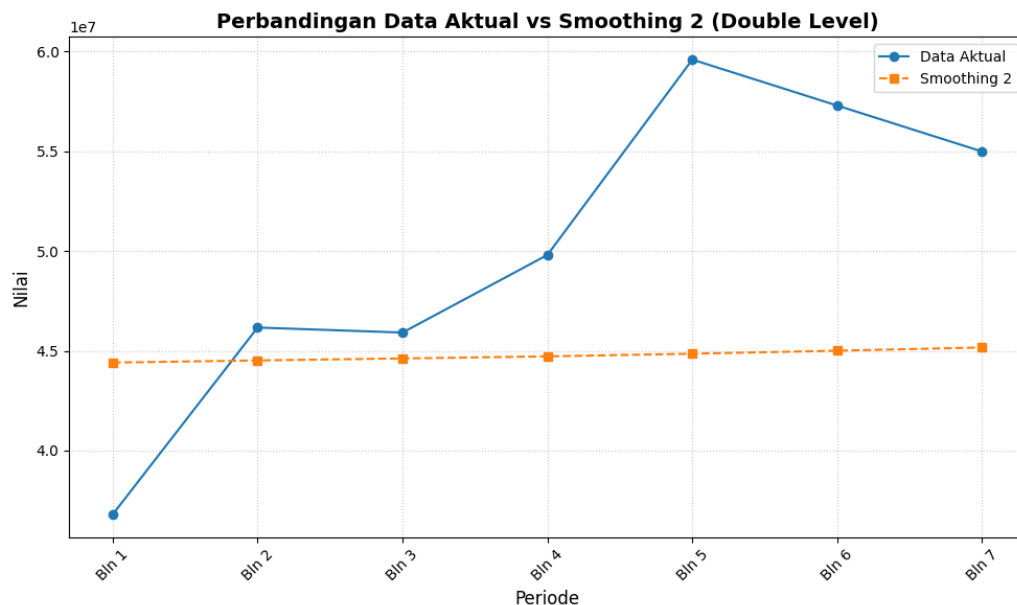
Setelah mendapatkan nilai *smoothing* 1, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *smoothing* 2 yang dihitung berdasarkan Rumus 2.2. Fungsi dari tahap ini adalah mengidentifikasi dan mengukur kecenderungan atau tren yang muncul dari data hasil *smoothing* 1. Lebih singkatnya *smoothing* 2 berperan dalam menyaring fluktuasi yang masih tersisa pada hasil *smoothing* 1, sehingga pola

perubahan data dari waktu ke waktu dapat terlihat lebih jelas dan stabil. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai *smoothing* 2 yang diterapkan pada skenario 5 dengan 7 data uji:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai *Smoothing* 2

No	Periode	Data Aktual	Nilai <i>Smoothing</i> 2
1	Juni 2024	36.801.825	44.409.063
2	Juli 2024	46.163.611	44.516.337
3	Agustus 2024	45.912.818	44.616.581
4	September 2024	49.801.611	44.720.347
5	Oktober 2024	59.589.027	44.852.472
6	November 2024	57.286.243	45.003.804
7	Desember 2024	54.983.459	45.166.051

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas yang menampilkan nilai *smoothing* 1 dan nilai *smoothing* 2, terlihat bahwa *smoothing* 2 telah berhasil mengestimasi dan memuluskan komponen tren dari nilai yang dihasilkan *smoothing* 1. Nilai *smoothing* 1 menunjukkan estimasi nilai yang relatif stabil, sedangkan kolom nilai *smoothing* 2 menampilkan serangkaian angka yang secara umum menunjukkan kenaikan bertahap (misalnya, dari 44.648.285 ke 45.290.302). Kenaikan pada *smoothing* 2 mengindikasikan bahwa model telah berhasil mengidentifikasi tren positif dalam data ekspor, yang kemudian akan digunakan sebagai *input* tahap peramalan selanjutnya. Meskipun keduanya menunjukkan angka yang mulus, pergerakan *smoothing* 2 yang jauh lebih lambat dan terkendali dibandingkan *smoothing* 1, ini adalah bukti bahwa *smoothing* 2 berhasil menstabilkan laju perubahan nilai dari periode ke periode, sehingga menghasilkan data yang konsisten dan siap digunakan untuk memproyeksikan peramalan secara linier ke masa depan. Berikut merupakan grafik yang memvisualisasikan perbandingan data aktual dan data yang sudah dilakukan proses *smoothing* 2.



Gambar 4.2 Perbandingan Data Sebelum dan Sesudah di *Smoothing 2*

Grafik perbandingan antara dua komponen (data aktual dan *smoothing 2*) menunjukkan fungsi penting dari nilai *smoothing 2* (garis oranye putus-putus) yaitu mengidentifikasi komponen tren yang ada pada data. Pergerakan garis oranye yang miring secara perlahan naik (dari sekitar 44 juta ke 45 juta) menandakan bahwa setelah fluktuasi acak dipertimbangkan, komponen tren positif jangka panjang dalam data ekspor adalah faktor yang dominan. Kestabilan yang ada pada garis *smoothing 2* adalah bukti bahwa proses *smoothing* kedua berhasil mengidentifikasi tren pada data, yang kemudian akan digunakan sebagai bahan perhitungan dalam rumus peramalan selanjutnya.

Setelah mendapatkan nilai dari dua proses *smoothing* tahap berikutnya adalah menghitung nilai konstanta yang didasarkan pada Rumus 2.3. Dalam konteks *Double Exponential Smoothing* ini, fungsi dari nilai konstanta adalah sebagai titik awal atau level dasar yang diproyeksikan dari deret waktu pada periode

terakhir data latih. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai konstanta yang diterapkan pada 7 data uji di skenario 5:

Tabel 4.4 Nilai Konstanta dari Data Uji

No	Periode	Data Aktual	Nilai Konstanta
1	Juni 2024	36.801.825	48.653.396
2	Juli 2024	46.163.611	48.508.625
3	Agustus 2024	45.912.818	48.347.215
4	September 2024	49.801.611	48.582.060
5	Oktober 2024	59.589.027	49.769.593
6	November 2024	57.286.243	50.635.733
7	Desember 2024	54.983.459	51.204.182

Berdasarkan Tabel 4.4 yang menyajikan nilai konstanta dari setiap data aktual, terlihat bahwa kolom nilai konstanta berfungsi sebagai estimasi level dasar deret waktu pada setiap periode. Sama seperti *smoothing* 1, nilai konstanta ini menunjukkan stabilitas yang tinggi dan berhasil memuluskan fluktuasi ekstrem yang terdapat pada data aktual (seperti puncak 59.589.027 dan dasar 45.912.818). Nilai konstanta ini berperan penting sebagai titik awal peramalan, di mana ia bergerak perlahan dari kisaran 48 jutaan di awal periode data uji ke kisaran 51 jutaan di akhir periode. Gerakan level dasar yang lambat dan mulus ini konsisten dengan penggunaan *alpha* yang optimal.

Setelah mendapatkan nilai konstanta, tahap berikutnya adalah menghitung nilai *slope* yang didasarkan pada Rumus 2.4. Penghitungan nilai *slope* ini sangat penting karena berfungsi untuk mengestimasi komponen tren pada data *time series* agar tetap stabil. Dengan nilai *slope* yang akurat, kita dapat menangkap kecenderungan arah data untuk kemudian diproyeksikan ke masa depan dengan lebih tepat.

Nilai *slope* ini menjadi penentu seberapa besar kenaikan atau penurunan yang akan terjadi pada hasil ramalan nantinya. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai *slope* yang diterapkan pada skenario 5, di mana proses pengujian ini menggunakan data uji sebanyak 7 data untuk melihat performa tren yang dihasilkan:

Tabel 4.5 Nilai *slope* dari setiap data uji

No	Periode	Data Aktual	Slope/Trend
1	Juni 2024	36.801.825	114.047
2	Juli 2024	46.163.611	107.274
3	Agustus 2024	45.912.818	100.244
4	September 2024	49.801.611	103.766
5	Oktober 2024	59.589.027	132.125
6	November 2024	57.286.243	151.332
7	Desember 2024	54.983.459	162.247

Berdasarkan Tabel 4.5 yang menyajikan nilai *slope* dari tiap data uji, terlihat jelas bahwa *slope* berfungsi sebagai penentu laju perubahan tren yang dimuluskan dari data awal periode. Dalam perhitungan ini, *slope* berperan penting untuk menangkap seberapa cepat atau lambat pergerakan data dari satu bulan ke bulan berikutnya. Terlihat bahwa nilai *slope* pada tabel tersebut secara konsisten menunjukkan angka positif dalam jumlah yang cukup besar.

Angka positif yang besar ini mengindikasikan bahwa pada periode tersebut, level data memiliki kecenderungan yang kuat untuk terus meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini menunjukkan bahwa model mendeteksi adanya pola pertumbuhan yang konsisten pada nilai ekspor tersebut. Karena nilai *slope* tetap positif dan stabil, model secara otomatis mengantisipasi adanya tren kenaikan yang signifikan untuk periode-periode mendatang, sehingga hasil proyeksi peramalan akan mengikuti arah perkembangan data yang sedang naik.

Setelah mendapatkan semua nilai diatas, tahap terakhir adalah peramalan nilai ekspor untuk periode selanjutnya. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai peramalan yang diterapkan pada skenario 5, di mana proses pengujian ini menggunakan data uji sebanyak 7 data.

Tabel 4.6 Hasil Peramalan pada Data Uji

No	Periode	Data Aktual	Nilai Peramalan	PE(%)
1	Juni 2024	36.801.825	49.961.450	35.758%
2	Juli 2024	46.163.611	48.767.443	5.640%
3	Agustus 2024	45.912.818	48.615.899	5.887%
4	September 2024	49.801.611	48.447.459	2.719%
5	Oktober 2024	59.589.027	48.685.826	18.297%
6	November 2024	57.286.243	49.901.718	12.891%
7	Desember 2024	54.983.459	50.787.065	7.632%
8	Januari 2025	-	51.366.429	-

Berdasarkan Tabel 4.6, diperoleh hasil prediksi nilai ekspor arang di Indonesia pada data uji yang mencakup periode Juni 2024 hingga Desember 2024, serta nilai peramalan pada periode mendatang yakni pada bulan Januari 2025. Pada tabel tersebut, setiap baris menampilkan informasi penting yang terdiri dari nilai aktual ekspor arang, nilai hasil prediksi dari model, serta *Percentage Error* (PE) yang menunjukkan selisih persentase antara nilai aktual dan nilai prediksi. Komponen PE ini berfungsi sebagai indikator tingkat akurasi model, karena dapat menunjukkan seberapa besar penyimpangan hasil peramalan terhadap data sebenarnya.

Dari hasil yang disajikan dalam tabel, dapat diamati bahwa nilai PE bervariasi pada setiap periode, menandakan adanya perbedaan tingkat ketepatan model dalam memprediksi nilai ekspor di tiap bulan. Namun secara umum, nilai kesalahan yang dihasilkan relatif kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa model

Double Exponential Smoothing (DES) yang digunakan telah bekerja dengan cukup baik dalam menggambarkan pola pergerakan nilai ekspor arang di Indonesia. Semakin kecil nilai PE, semakin baik pula kinerja model karena menunjukkan bahwa hasil prediksi semakin mendekati nilai aktual. Dengan demikian, tabel tersebut tidak hanya memberikan gambaran kuantitatif mengenai hasil peramalan, tetapi juga berperan sebagai alat evaluasi visual untuk menilai keakuratan dan konsistensi model dalam melakukan prediksi dari waktu ke waktu. Hasil lengkap nilai MAPE uji pada setiap skenario dapat diamati pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.7 MAPE Uji pada Setiap Skenario

No	Rasio Split Data	MAPE Latih	MAPE Uji
1	75% : 25%	14.450%	12.893%
2	80% : 20%	14.602%	11.919%
3	85% : 15%	14.296%	12.749%
4	90% : 10%	13.984%	14.714%
5	95% : 5%	14.125%	12.689%

Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian pada lima skenario rasio pembagian data latih dan data uji. Hasil ini menyoroti hubungan antara *error* model atau MAPE pada data latih dengan MAPE pada data uji.

Secara umum, MAPE latih model cenderung berada di rentang 13.984% hingga 14.602%, menunjukkan bahwa tingkat kesalahan *in-sample* model cukup stabil. Rasio 90% : 10% menghasilkan MAPE latih paling rendah sebesar 13.984%, menunjukkan *fitting* data latih yang sangat baik. Namun, model dengan MAPE latih terendah ini ternyata tidak selalu menghasilkan kinerja prediksi terbaik karena MAPE uji untuk rasio 90% : 10% justru melonjak tajam menjadi 14.714%, yang mengindikasikan bahwa model tersebut mengalami *overfitting*. Untuk rasio 95% :

5% yang menghasilkan MAPE latih sebesar 14.125% ketika diterapkan ke data uji menghasilkan MAPE uji sebesar 12.689%.

Sebaliknya, rasio 80% : 20% yang menggunakan 115 bulan data latih dan 29 bulan data uji menunjukkan hubungan kinerja yang paling optimal dan diinginkan. Meskipun MAPE latih berada di angka 14.602% (sedikit lebih tinggi dari skenario 90%:10%), rasio ini berhasil menghasilkan MAPE uji yang sedikit rendah hingga 11.919%. Penurunan signifikan ini membuktikan bahwa, untuk data Nilai Ekspor Arang, model DES *Brown* bekerja paling efektif ketika dilatih dengan jumlah data historis sebanyak 115 dan diuji pada periode prediksi jangka sedikit panjang. Dengan menghasilkan MAPE uji sedikit diatas 10% yakni 11.919%. Dengan ini rasio 80% : 20% (skenario 2) dipilih sebagai rasio pembagian data terbaik karena memiliki MAPE uji terendah. Untuk hasil peramalan data uji pada skenario 1 – 4 dapat dilihat pada lampiran 2 – 5.

Setelah nilai MAPE uji terbaik diketahui, maka nilai tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai *accuracy* dengan Rumus 3.2:

$$Accuracy = 100\% - MAPE$$

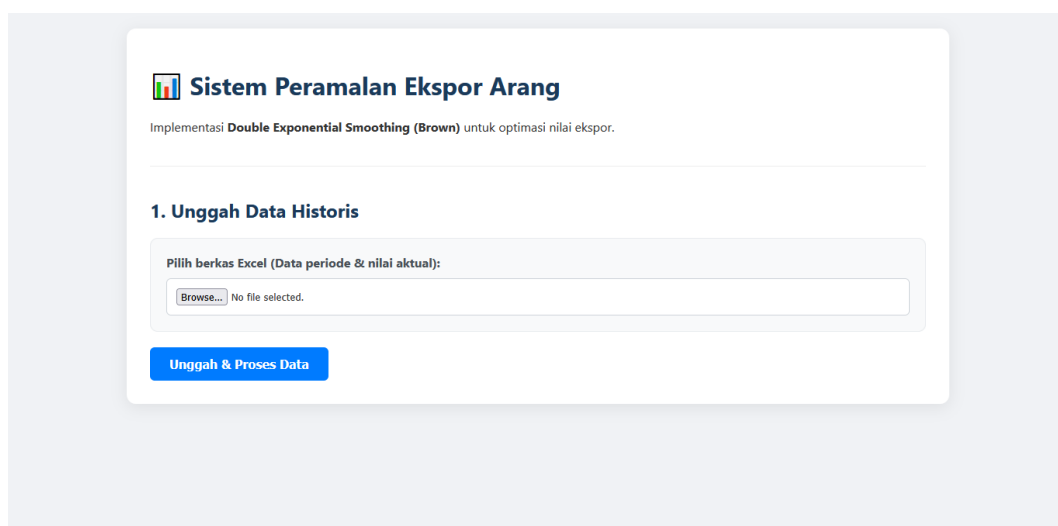
$$Accuracy = 100\% - 11.919\%$$

$$Accuracy = 88.081\%$$

4.2 Implementasi *Graphical User Interface* (GUI)

Implementasi GUI ini menyajikan penjelasan mendalam mengenai tampilan serta fungsi dari sistem peramalan yang telah dibangun. Antarmuka sistem ini dirancang dan dibangun menggunakan Flask, yaitu sebuah *framework* berbasis Python yang memungkinkan sistem peramalan ini diakses secara fleksibel melalui

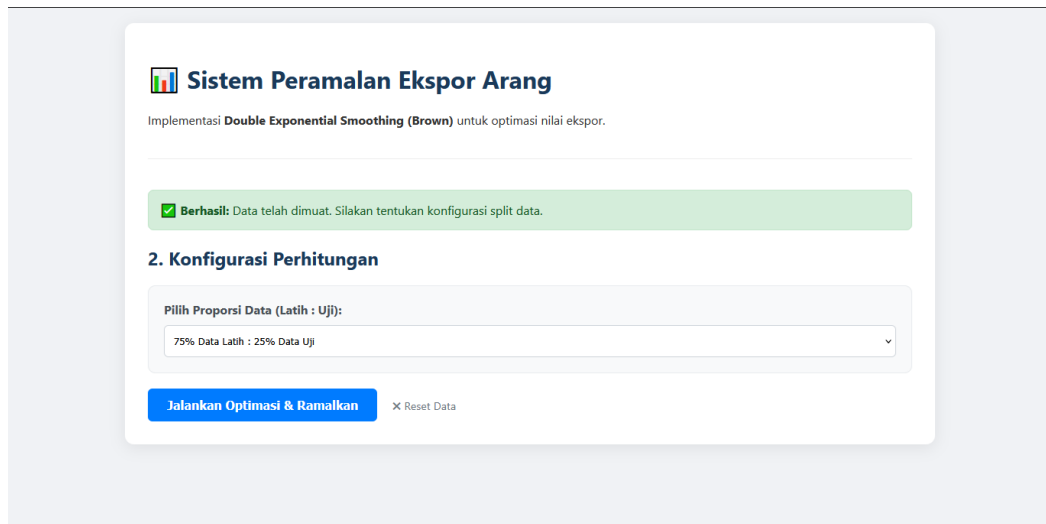
web. Tujuan utama dari pengembangan antarmuka ini adalah untuk menjembatani perhitungan rumit metode *Double Exponential Smoothing* (DES) *Brown* dan optimasi parameter *Grid Search* ke dalam bentuk visual yang lebih interaktif. Dengan adanya *interface* ini, proses memprediksi nilai ekspor arang di Indonesia menjadi lebih efisien karena pengguna dapat mengoperasikan seluruh fitur sistem mulai dari proses input data historis, pengaturan konfigurasi rasio *splittig* data, hingga penyajian hasil prediksi dalam bentuk grafik dan tabel secara sistematis.



Gambar 4.3 Halaman *Upload* Data

Gambar di atas merupakan tampilan halaman *upload* data, yang menjadi langkah awal bagi pengguna untuk memulai proses peramalan dalam sistem ini. Tampilan ini dirancang dengan tata letak yang sederhana untuk memudahkan operasional, di mana terdapat instruksi yang jelas bagi pengguna untuk mengunggah berkas data historis dalam format tertentu. Pada bagian ini, pengguna dapat memilih berkas yang berisi data periode dan nilai aktual ekspor. Setelah berkas dipilih, tombol "Unggah & Proses Data" berfungsi untuk mengirimkan data

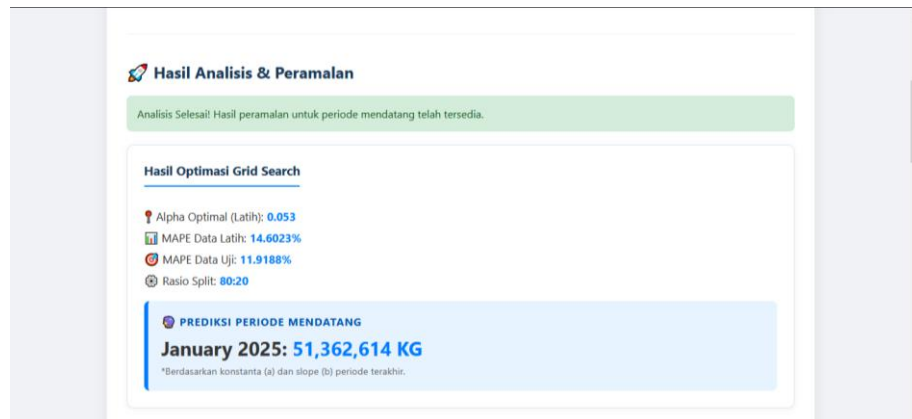
ke server berbasis Flask untuk diproses lebih lanjut, yang kemudian akan memicu sistem untuk beralih ke tahap selanjutnya.



The screenshot displays a web application titled "Sistem Peramalan Ekspor Arang". Below the title, it states "Implementasi Double Exponential Smoothing (Brown) untuk optimasi nilai ekspor." A green success message indicates "Berhasil: Data telah dimuat. Silakan tentukan konfigurasi split data." The section "2. Konfigurasi Perhitungan" contains a dropdown menu for "Pilih Proporsi Data (Latih : Uji)" with the selected option "75% Data Latih : 25% Data Uji". At the bottom, there is a blue button labeled "Jalankan Optimasi & Ramalkan" and a link "X Reset Data".

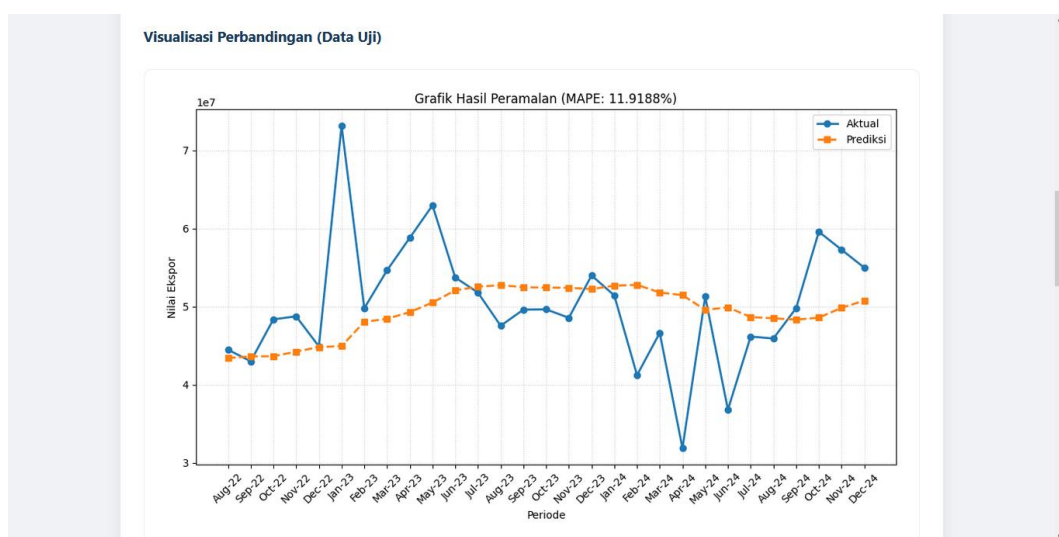
Gambar 4.4 Halaman Konfigurasi *Splitting Data*

Gambar di atas menampilkan halaman konfigurasi *splitting data* yang muncul setelah berkas berhasil diunggah. Pada tahap ini, pengguna diminta untuk memilih pembagian data antara data latih (*training*) dan data uji (*testing*) melalui. Penentuan rasio ini sangat penting karena data latih akan digunakan oleh algoritma *Grid Search* untuk menemukan nilai parameter *alpha* optimal, sedangkan data uji berfungsi untuk mengukur akurasi peramalan. Setelah memilih rasio yang diinginkan, pengguna dapat menekan tombol "Jalankan Optimasi & Ramalkan" untuk mengeksekusi perhitungan metode *Double Exponential Smoothing Brown* secara otomatis dan menampilkan hasil analisis pada bagian bawah halaman.



Gambar 4.5 Halaman Hasil Analisis dan Peramalan

Gambar di atas merupakan tampilan halaman hasil analisis pada rasio *splitting data* 80%:20% dan peramalan yang menyajikan output menyeluruh setelah proses komputasi selesai dilakukan. Halaman ini menampilkan ringkasan performa model yang mencakup nilai *alpha* optimal hasil *Grid Search*, serta persentase kesalahan berupa MAPE untuk data latih dan data uji sebagai indikator akurasi sistem. Selain itu, terdapat fitur utama berupa kartu prediksi periode mendatang yang menampilkan estimasi nilai ekspor untuk bulan Januari 2025.



Gambar 4.6 Visualisasi Grafik Hasil Peramalan

Gambar 4.6 di atas menyajikan visualisasi grafik hasil peramalan yang membandingkan antara data aktual dengan hasil prediksi pada periode data uji. Grafik garis ini memberikan gambaran visual yang jelas mengenai sejauh mana model *Double Exponential Smoothing Brown* kurang mampu mengikuti pola fluktuasi data ekspor asli. Garis berwarna biru merepresentasikan nilai aktual yang memiliki volatilitas cukup tinggi, sementara garis oranye menunjukkan nilai prediksi yang cenderung lebih stabil namun tetap mengikuti arah tren data. Melalui visualisasi ini, pengguna dapat dengan mudah melakukan pengamatan pada performa model.

Tabel Detail Perhitungan

Periode	Aktual	Prediksi	PE
2022-08-01	44483820	43,413,836.3435	2.4053
2022-09-01	42995648	43,616,501.4999	1.4440
2022-10-01	48369380	43,642,943.5019	9.7715
2022-11-01	48751237	44,234,454.2661	9.2650
2022-12-01	44910381	44,817,018.2915	0.2079
2023-01-01	73176899	44,943,387.4368	38.5825
2023-02-01	49794758	48,052,874.6167	3.4981
2023-03-01	54644211	48,433,557.1434	11.3656
2023-04-01	58807554	49,292,822.2907	16.1794
2023-05-01	62970898	50,519,765.4171	19.7728
2023-06-01	53736447	52,084,693.9174	3.0738
2023-07-01	51798192	52,539,863.4222	1.4318

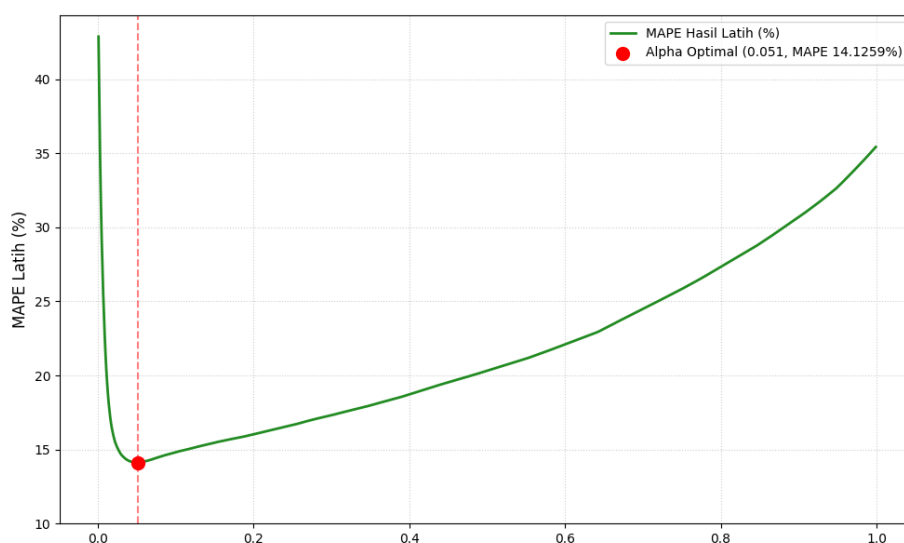
Gambar 4.7 Tabel Detail Prediksi

Gambar 4.7 di atas merupakan bagian tabel detail perhitungan yang menyajikan data dalam bentuk tabel pada setiap periode pengujian. Tabel ini memuat kolom periode, nilai aktual ekspor, hasil prediksi model, serta nilai *Percentage Error* (PE) untuk setiap baris data. Dengan adanya tabel detail ini, pengguna dapat menganalisis kesalahan pada tiap-tiap bulan, sehingga hasil

perhitungan metode *Double Exponential Smoothing* Brown dapat dipertanggungjawabkan. Selain berfungsi sebagai dasar untuk menghitung nilai MAPE keseluruhan, penyajian tabel ini juga memudahkan proses identifikasi terhadap akurasi peramalan yang dihasilkan oleh sistem.

4.3 Pembahasan

Pembahasan dengan menganalisis pengujian sub bab 4.1 yang menghasikan tingkat kesalahan metode DES dengan optimasi parameter *Grid Search* pada sistem prediksi nilai ekspor arang di Indonesia. Dari hasil pengujian sub bab 4.1 didapatkan grafik untuk nilai MAPE yang dihasilkan setiap nilai *alpha* serta grafik hasil prediksi nilai ekspor arang di Indonesia menggunakan DES dan *alpha* terbaik.

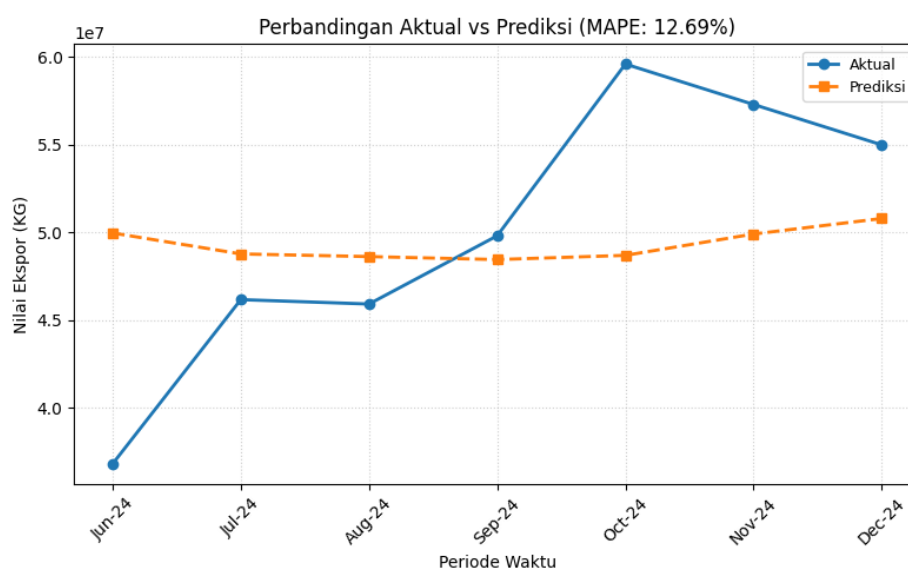


Gambar 4.8 Hubungan Nilai Alpha dengan MAPE pada Skenario 5

Gambar 4.8 menampilkan grafik nilai MAPE pada setiap *alpha* menggunakan metode DES dengan algoritma *Grid Search*. Dengan melakukan *Grid Search*, secara sistematis model akan mencoba berbagai nilai *alpha* dalam

rentang yang ditentukan, yaitu dari 0.001 hingga 0.999 pada skenario 5 untuk melihat bagaimana nilai MAPE bereaksi terhadap perubahan α . Grafik nilai MAPE pada masing-masing α akan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana performa model berubah seiring perubahan α . Dari proses *Grid Search*, terlihat bahwa prediksi menggunakan α 0.051 menghasilkan nilai MAPE sebesar 14.1259 %. Hal ini menunjukkan bahwa α ini memberikan bobot yang optimal sehingga menghasilkan prediksi dengan kesalahan relative terkecil dibandingkan dengan nilai α lainnya.

Pada grafik juga terlihat semakin jauh selisih nilai α dengan 0.051 maka MAPE juga semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa ketika kita menggunakan nilai α yang berbeda secara signifikan dari nilai α optimal, prediksi menjadi kurang akurat dan kesalahan prediksi meningkat. Oleh karena itu, dalam perhitungan prediksi nilai ekspor arang di Indonesia menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*, nilai α optimal yang akan digunakan adalah 0.051 untuk meminimalkan nilai MAPE pada model ini.



Gambar 4.9 Perbandingan Nilai Aktual dan Prediksi pada Data Uji

Gambar 4.9 menyajikan perbandingan antara data aktual (garis biru) dan nilai prediksi (garis oranye putus-putus) pada data uji 7 periode terakhir (95%:5%) dengan α optimal 0.051. Terlihat jelas bahwa data aktual menunjukkan fluktuasi yang sangat tajam, dicirikan oleh kenaikan dari bulan 1 ke bulan 2, diikuti lonjakan signifikan ke puncak di bulan 4, dan kemudian penurunan tajam di bulan 5 dan bulan 6. Sebaliknya, garis prediksi bergerak dengan kelembaman yang tinggi, menunjukkan sedikit perubahan nilai di awal periode dan baru bereaksi secara perlahan mengikuti tren kenaikan setelah bulan 4. Penggunaan nilai α yang sangat kecil 0.051 menandakan bahwa model lambat bereaksi terhadap perubahan nilai aktual terbaru, memberikan bobot yang jauh lebih besar pada Level *smoothing* masa lalu. Hal ini menyebabkan garis prediksi selalu berada jauh di bawah puncak ekstrem data aktual, terutama pada bulan 5, menunjukkan model tidak dapat menangkap lonjakan jangka pendek.

Analisis menunjukkan bahwa meskipun prediksi gagal melacak data aktual secara baik (seperti terlihat jelas pada selisih antara bulan 5 dan prediksinya), tingkat kesalahan prediksi tetap terjaga. Sebagai contoh, fluktuasi signifikan pada bulan 4 dan bulan 5 dapat meningkatkan persentase kesalahan model, namun karena data uji hanya terdiri dari 6 periode dan *error* pada bulan 1 dan bulan 2 cukup kecil, kesalahan total mampu dipertahankan. Pola ini menunjukkan bahwa model DES *Brown* yang dioptimasi dengan $\alpha = 0.051$ cenderung memprediksi nilai rata-rata tren level jangka panjang.

Dengan demikian, metode *Double Exponential Smoothing* dengan algoritma *Grid Search* berhasil diimplementasikan pada peramalan nilai ekspor

arang di Indonesia. *Grid Search* berhasil mendapatkan nilai *alpha* optimal sebesar 0.053 pada rasio 80%:20%, yang menghasilkan MAPE uji sebesar 11.919% (berdasarkan hasil skenario 2). Karena nilai MAPE berada sedikit diatas 10%, hasil prediksi nilai ekspor arang ini dapat dikategorikan sangat baik dan cukup akurat. Dengan peramalan yang akurat ini, pemerintah ataupun pelaku usaha dapat membuat keputusan yang terinformasi mengenai alokasi sumber daya dan strategi perdagangan, mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

4.4 Integrasi Islam

Terdapat tiga muamalah yang diterapkan. Muamalah adalah suatu interaksi manusia. Tiga konsep yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

4.3.1 Muamalah Ma'a Allah

Pentingnya perencanaan yang baik dalam hal perdagangan arang, juga dikarenakan salah satu bahan baku pembuatan arang adalah kayu yang didapatkan dari sebuah pohon, dan pohon merupakan penghasil oksigen yang perlu dijaga dan dikelola dengan bijak untuk kesejahteraan jangka panjang bangsa dan generasi mendatang. Allah SWT menciptakan sumber daya alam untuk dimanfaatkan oleh manusia guna mendukung kelangsungan hidup dan menikmati kehidupan dunia, termasuk di antaranya pohon. Hal ini sesuai dengan firman-Nya dalam QS. An-Nahl ayat 13 yang berbunyi:

وَمَا ذَرَأَا لَكُمْ فِي الْأَرْضِ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَذْكُرُونَ

“(Dia juga mengendalikan) apa yang Dia ciptakan untukmu di bumi ini dengan berbagai jenis dan macam warnanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengambil pelajaran.” (QS. An-Nahl:13)

Dalam Tafsir Ibnu Kasir dijelaskan bahwa Allah SWT mengingatkan hambanya akan tanda-tanda kekuasaan dan karunianya yang sangat besar. Allah SWT telah menundukkan malam dan siang hari silih berganti, matahari dan bulan yang terus berputar, serta bintang-bintang yang tetap dan bintang-bintang yang beredar diseluruh cakrawala langit, semuanya sebagai cahaya dan penerangan untuk dijadikan petunjuk didalam kegelapan malam hari (Ad-Dimasyqī, n.d.)

Melalui perbedaan warna, bentuk, dan fungsi dari setiap ciptaan, manusia diajak untuk merenungi kebesaran dan kekuasaan Allah dalam mengatur alam semesta. Hal ini menjadi pelajaran berharga bagi orang-orang yang mau berpikir dan mengambil hikmah, bahwa segala sesuatu di bumi tidak terjadi secara kebetulan, melainkan merupakan bukti nyata atas keesaan Allah yang layak untuk disembah dan diibadahi dengan sepenuh hati.

4.3.2 Muamalah Ma'a al-Alam

Penggunaan sumber daya alam tersebut juga seharusnya sesuai dengan tujuan penciptaannya dan tidak digunakan secara berlebihan yang menimbulkan kerusakan sejalan pada firman-Nya dalam QS. Ar-Rum ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” (QS. Ar-Rum:41)

Beberapa penafsiran kontemporer kerusakan lingkungan yang terjadi diseluruh muka bumi mencakup daratan dan lautan dikarenakan hilangnya keseimbangan yang disebabkan oleh ulah manusia. Kata fasad dalam ayat tersebut menunjukkan arti sebuah kondisi yang kacau dan rusak. Banyaknya kekeringan, paceklik, hilangnya rasa aman di lingkungan tempat tinggal dan terjadinya ocean emergency disebabkan tangan manusia yang durhaka. Kemudian Allah menunjukkan sedikit akibat dari perbuatan mereka agar mereka kembali ke jalan yang benar (Rifzikka, 2024). Tindakan-tindakan tersebut tidaklah dibenarkan, karena orang yang beriman mengetahui bahwa segala perbuatan akan dimintai pertanggungjawaban di hadapan Allah SWT.

4.3.3 Muamalah Ma'a an-Nas

Menurut ajaran Islam, memberikan manfaat kepada sesama dan saling membantu merupakan perbuatan yang mulia, sebagaimana yang disampaikan dalam hadits yang menyatakan:

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia.” (HR. Ath-Thabari).

Dari hadits tersebut, itulah karakter yang harus dimiliki oleh orang muslim. Apabila kita bisa bermanfaat bagi orang lain, maka kebaikan juga akan kembali kepada diri kita sendiri (Rafli, 2020). Berdasarkan prinsip tersebut, peneliti telah melaksanakan penelitian ini dan menyajikan hasil mengenai tingkat kesalahan (*error*) dalam penerapan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) dengan

optimasi parameter menggunakan *Grid Search* untuk melakukan peramalan nilai ekspor arang di Indonesia. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah yang bermanfaat bagi pembaca serta mendorong penelitian lanjutan di masa mendatang, sehingga memberikan kontribusi yang lebih luas bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik dalam bidang peramalan ekonomi, khususnya pada sektor ekspor arang di Indonesia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan utama terkait penerapan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) yang dioptimalkan dengan algoritma *Grid Search* dalam peramalan nilai ekspor arang di Indonesia, yaitu sebagai berikut:

Penerapan metode *Double Exponential Smoothing* (DES *Brown*) menunjukkan performa yang baik dan efektif dalam meramalkan data ekspor arang yang memiliki komponen tren dan fluktuasi, yang merupakan karakteristik data historis yang diuji. Algoritma *Grid Search* terbukti berhasil dalam mengoptimalkan performa model dengan menemukan nilai *alpha* optimal sebesar 0.053, yang mampu meningkatkan akurasi peramalan. Melalui pengujian berbagai rasio *split* data, performa terbaik dicapai pada rasio 80%:20% dengan tingkat akurasi peramalan sebesar 88.081%. Perolehan MAPE uji sedikit diatas 10% ini mengindikasikan bahwa model DES yang dioptimalkan akurat dan dapat diandalkan untuk digunakan sebagai alat prediksi nilai ekspor arang di Indonesia pada periode mendatang.

Berdasarkan Gambar 4.4 yang memvisualisasikan perbandingan antara nilai aktual dan nilai prediksi pada data, hasil menunjukkan bahwa metode DES *Brown* kurang mampu mengikuti pola data yang mengalami fluktuasi tajam. Model seringkali gagal mencapai puncak dan dasar data yang menyebabkan nilai *error* nya

tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa metode DES *Brown* kurang cocok digunakan pada data yang memiliki fluktuasi tajam meskipun data tersebut memiliki tren.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dijelaskan, terdapat beberapa saran yang dapat diambil untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam meramalkan nilai ekspor arang di Indonesia yaitu sebagai berikut :

- a. Mengevaluasi keterbatasan metode dan mengaplikasikan model peramalan yang lebih kompleks. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* (DES) *Brown* memiliki kekurangan dalam menangkap fluktuasi data yang sangat tajam. Karakteristik metode ini yang cenderung menghasilkan pola tren linear membuatnya kurang cocok jika diimplementasikan pada data ekspor yang memiliki volatilitas tinggi dan perubahan mendadak. Hal ini terlihat pada Gambar 4.4, di mana prediksi model kurang berhasil mengikuti lonjakan atau penurunan drastis pada data aktual. Oleh karena itu, disarankan untuk menggunakan model *Triple Exponential Smoothing* (TES) atau *Holt-Winters* (*Additive* atau *Multiplicative*) yang mampu mendeteksi pola musiman (*seasonality*) serta fluktuasi yang lebih dinamis.
- b. Dalam konteks prediksi nilai ekspor arang di Indonesia, dapat menambahkan faktor-faktor eksternal seperti fluktuasi harga arang serta faktor lain yang dapat memengaruhi nilai ekspor arang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. A., Buiney, P. F., & Nohe, D. A. (2022). Peramalan Data Ekspor Kalimantan Barat Dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (Arima). ... *Nasional Matematika Dan ...*, 96–107. <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/SNMSA/article/view/900%0Ahttp://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/SNMSA/article/download/900/380>
- Ad-Dimasyqī, I. ibn ‘Umar ibn K. (n.d.). *Tafsir Ibnu Kasir – Juz 14 (Al-Hijr 2 – An-Nahl 128)*.
- Adinugroho, R. (2022). *PERBANDINGAN RASIO SPLIT DATA TRAINING DAN DATA TESTING MENGGUNAKAN METODE LSTM DALAM MEMPREDIKSI HARGA INDEKS SAHAM ASIA*.
- Almais, A. T. W., Crysdian, C., Holle, K. F. H., & Roihan, A. (2022). Smart Assessment Menggunakan Backpropagation Neural Network Smart Assessment using Backpropagation Neural Network. *Matrik: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika, Dan Rekayasa Komputer*, 21(3). <https://doi.org/10.30812/matrik.v21i3.1382>
- Amita Utama, Y., & Kurniawan, F. (2023). Prediksi Penjualan Mobil dalam Negeri sebagai Penentu Kebijakan Pengelolaan Kompetensi Keahlian Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). *Jurnal Pendidikan Dan Kewirausahaan*, 11(2), 424–433. <https://doi.org/10.47668/pkwu.v11i2.752>
- Asmaradana, A. A., & Widodo, E. (2023). Penerapan Metode Peramalan Double Exponential Smoothing Pada Indeks Harga Konsumen Kota Yogyakarta. *Emerging Statistics and Data Science Journal*, 1(1), 30–36. <https://doi.org/10.20885/esds.vol1.iss.1.art4>
- Aspar, A., & Sudirmansyah. (2023). KRITERIA ORANG CERDAS MENURUT RASULULLAH. SAW: STUDI HADITS DAN APLIKASINYA DALAM PENDIDIKAN ISLAM. *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan*, 7(2), 259–271.
- Bazenet, R. A., Hidayat, W., Ridjayanti, S. M., & Riniarti, M. (2021). Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Karet (Hevea brasiliensis Muell . Arg) The Effect of Adhesive Content on The Characteristics of Rubber Wood (Hevea brasiliensis Muell . Arg) Charcoal Briquettes. *Teknik Pertanian Lampung*, 10(3), 283–295.
- Farida, Y., Sulistiani, D. A., & Ulinnuha, N. (2021). Peramalan Indeks Pembangunan Manusia (Ipm) Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Brown. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 6(2), 173–183. <https://doi.org/10.25157/teorema.v6i2.5521>
- Fitriyani, A., Usman, M., Taufiq Sofrizal, M., Kurniasari, D., Matematika, J., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Lampung Jl Soemantri

- Brojonegoro No, U., & Lampung, B. (2022). Peramalan Jumlah Klaim Di BPJS Kesehatan Cabang Metro Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *Jurnal Siger Matematika*, 03(01), 17-22.
- Hariri, F. R., & Mashuri, C. (2022). Sistem Informasi Peramalan Penjualan dengan Menerapkan Metode Double Exponential Smoothing Berbasis Web. *Generation Journal*, 6(1), 68–77. <https://doi.org/10.29407/gj.v6i1.16204>
- Haryati, T., & Amir, I. (2021). Identifikasi Karakteristik Briket Arang Kelapa Yang Diminati Pasar Arab Saudi Dan Prosedur Ekspornya. *Ilmiah Ekonomi Dan Bisnis*, 11(1), 39–45.
- Hilmy, M., Badie'ah, & Munawar, H. (2021). Implementasi Metode Double Exponential Smoothing untuk Memprediksi Kebutuhan Produksi pada CV. Pusaka Indah Furniture Jepara. *Prosiding Seminar Nasional Konstelasi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA 5 (KIMU 5)*, 5(Kimu 5), 86–96.
- ITPC Osaka. (2016). *Market Brief: Wood Charcoal Hs 4402*.
- Khoiriyah, N., & Cahyani, N. (2022). Peramalan Banyaknya Pasien Rawat Jalan dengan Menggunakan Metode Brown's Double Exponential Smoothing. *Jurnal Statistika Dan Komputasi*, 1(1), 23–30. <https://doi.org/10.32665/statkom.v1i1.451>
- Kusuma, S. T., & Sasongko, T. B. (2023). Optimasi K-Nearest Neighbor dengan Grid Search CV pada Prediksi Kanker Paru-Paru. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 12(4), 2162–2171. <https://doi.org/10.33022/ijcs.v12i4.3267>
- Kuswanto, H. H., & Mahmud, H. (2023). Etika Perencanaan Dalam Perspektif Al-Qur'an. *Al Furqan: Jurnal Ilmu Al Quran Dan Tafsir*, 6(2), 208–221. <https://doi.org/10.58518/alfurqon.v6i2.2085>
- Marwanza, I., Azizi, M. A., Nas, C., Patian, S., Dahani, W., & Kurniawati, R. (2021). Pemanfaatan Briket Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Di Desa Banjar Wangi, Pandeglang, Provinsi Banten. *Jurnal AKAL : Abdimas Dan Kearifan Lokal*, 2(1), 82–88. <https://doi.org/10.25105/akal.v2i1.9040>
- Maysofa, L., Syaliman, K. U., & Sapriadi, S. (2023). Implementasi Forecasting Pada Penjualan Inaura Hair Care Dengan Metode Single Exponential Smoothing. *Jurnal Testing Dan Implementasi Sistem Informasi*, 1(2), 82–91. <https://doi.org/10.55583/jtisi.v1i2.504>
- Medyanti, W. A. (2024). *SISTEM PREDIKSI NILAI EKSPOR MIGAS MENGGUNAKAN METODE SINGLE EXPONENTIAL SMOOTHING DENGAN OPTIMASI PARAMETER GRID SEARCH* (Vol. 4, Issue 02).
- Nugraha, W., & Sasongko, A. (2022). Hyperparameter Tuning pada Algoritma Klasifikasi dengan Grid Search Hyperparameter Tuning on Classification Algorithm with Grid Search. *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, 11(2),

2540–9719. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v11i2.1750>

- Putri, L. A., & Hidayat, N. K. (2023). Analisis Komparasi Daya Saing Ekspor Arang Tempurung Kelapa ASEAN di Pasar Jepang. *Indonesian Journal of Agriculture Resource and Environmental Economics*, 2(1), 25–36. <https://doi.org/10.29244/ijaree.v2i1.50008>
- Putri, N. Y., & Amaliah, I. (2021). Pengaruh Inflasi, Suku Bunga, PDB, Nilai Tukar dan Krisis Ekonomi terhadap Neraca Perdagangan Indonesia Periode 1995–2017. *Bandung Conference Series : Economic Studies*, 1(1), 9–11.
- Rafli. (2020). *Konsep Akidah Menurut Buya Hamka*.
- Ramadhan, F. S., & Hidayat, A. S. (2024). TAFSIR AYAT-AYAT AL-QUR'AN TENTANG FUNGSI MANAJEMEN PENDIDIKAN (Studi Tafsir Maudhu'i dalam QS. Al-Hasyr : 18, QS. Ali-Imran : 103, QS. Al-Kahfi : 2, dan QS. Al-Infhithar : 10-12). *INOVATIF: Jurnal Penelitian Pendidikan, Agama, Dan Kebudayaan*, 10(1), 86–107. <https://doi.org/10.55148/inovatif.v10i1.788>
- Rifzikka, S. A. (2024). STUDI ANALISIS TAFSIR SURAH AR-RUM AYAT 41 TENTANG KERUSAKAN LINGKUNGAN. *Journal of Islamic Studies and Humaities*, 9(2), 254–298.
- Rizaqi, adimas ali. (2022). *Pengembangan Bisnis Ekspor Arang PT Paragon and Innovation* (Issue 2021910004). https://cdn.repository.uisi.ac.id/221552-LHjD/KERJA_PRAKTIK-%28ADIMAS_ALI_RIZAQI%2C2021910004%29.pdf
- Samlawi, A. K., & Sajali, H. (2021). Efektivitas Penggunaan Arang Tempurung Kelapa, Arang Amerika, Arang Kayu Laban Dan Arang Kayu Galam Terhadap Pemurnian Biogas. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 6(2), 162–173. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v6i2.200>
- Saragih, S. M., & Sembiring, P. (2022). Analisis Perbandingan Metode Arima Dan Double Exponential Smoothing Dari Brown Pada Peramalan Inflasi Di Indonesia. *Journal of Fundamental Mathematics and Applications (JFMA)*, 5(2), 176–191. <https://doi.org/10.14710/jfma.v5i2.15312>
- Selasakmida, A. D., Tarno, T., & Wuryandari, T. (2021). Perbandingan Metode Double Exponential Smoothing Holt Dan Fuzzy Time Series Chen Untuk Peramalan Harga Paladium. *Jurnal Gaussian*, 10(3), 325–336. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v10i3.32782>
- Sinaga, G. Y. G., Katherine, J. A., Akhsya, M. D., Rahmadina, P., & Baidhowi, S. I. (2023). POTENSI EKSPOR BRIKET TERHADAP PEREKONOMIAN INDONESIA. *Juremi : Jurnal Riset Ekonomi*, 2(8), 153–164. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Taufik, M., Afrah, A. S., Sintiya, E. S., & Hariyanto, D. (2020). A comparative study of time-series models for forecasting the indonesian gold price. *ACM*

International Conference Proceeding Series, November 2020, 79–83.
<https://doi.org/10.1145/3427423.3427438>

Utami, R., Pratama, K. D., & Atmojo, S. (2022). Comparison of Exponential Moving Average and Brown's Double Exponential Smoothing Method for Forecasting Glass Craft Sales. *Procedia of Engineering and Life Science*, 2(2).
<https://doi.org/10.21070/pels.v2i2.1229>

Vimala, J., & Nugroho, A. (2022). FORECASTING PENJUALAN OBAT MENGGUNAKAN METODE SINGLE, DOUBLE, DAN TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING (STUDI KASUS : APOTEK MANDIRI MEDIKA). *Jurnal Penerapan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 01, 90–99.

Yuni, R., & Hutabarat, D. L. (2021). DAMPAK PERDAGANGAN INTERNASIONAL TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI INDONESIA PADA TAHUN 2009-2019. *NIAGAWAN*, 10(1), 62–69.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Aktual Nilai Ekspor Arang Indonesia 2013-2024

Periode	Nilai Ekspor
Jan-13	18.826.584
Feb-13	24.303.282
Mar-13	21.314.745
Apr-13	19.531.107
May-13	21.190.260
Jun-13	29.499.088
Jul-13	19.132.428
Aug-13	14.023.143
Sep-13	15.978.991
Oct-13	17.934.839
Nov-13	100.594.001
Dec-13	21.205.462
Jan-14	26.267.132
Feb-14	23.776.396
Mar-14	28.401.753
Apr-14	30.800.284
May-14	28.398.839
Jun-14	25.170.045
Jul-14	26.429.453
Aug-14	22.599.793
Sep-14	29.345.847
Oct-14	27.214.890
Nov-14	28.309.597
Dec-14	29.404.304
Jan-15	30.499.012
Feb-15	30.543.815
Mar-15	32.942.921
Apr-15	36.090.423
May-15	30.981.676
Jun-15	36.450.449
Jul-15	26.020.421
Aug-15	26.899.102
Sep-15	30.087.071
Oct-15	32.915.032
Nov-15	29.443.507
Dec-15	28.708.536
Jan-16	32.866.084
Feb-16	30.630.119
Mar-16	39.069.954
Apr-16	32.580.938
May-16	31.351.263
Jun-16	39.516.444

Periode	Nilai Ekspor
Jul-16	16.673.487
Aug-16	32.221.982
Sep-16	33.691.889
Oct-16	30.158.717
Nov-16	32.459.947
Dec-16	33.062.115
Jan-17	29.145.533
Feb-17	39.852.572
Mar-17	41.053.089
Apr-17	35.589.361
May-17	40.756.393
Jun-17	28.186.181
Jul-17	34.074.012
Aug-17	35.831.610
Sep-17	40.279.506
Oct-17	36.515.831
Nov-17	43.697.060
Dec-17	38.722.691
Jan-18	46.002.855
Feb-18	39.379.196
Mar-18	46.805.727
Apr-18	43.672.057
May-18	46.900.510
Jun-18	30.485.848
Jul-18	53.852.646
Aug-18	46.236.004
Sep-18	47.357.984
Oct-18	47.641.630
Nov-18	50.019.286
Dec-18	45.792.676
Jan-19	45.724.690
Feb-19	41.047.256
Mar-19	50.671.572
Apr-19	42.354.998
May-19	51.053.031
Jun-19	24.974.131
Jul-19	45.551.331
Aug-19	42.178.549
Sep-19	40.721.823
Oct-19	46.773.022
Nov-19	52.466.893
Dec-19	43.642.564

Periode	Nilai Ekspor
Jan-20	41.404.550
Feb-20	45.567.822
Mar-20	50.150.408
Apr-20	38.982.254
May-20	30.021.578
Jun-20	36.667.036
Jul-20	40.450.719
Aug-20	40.492.571
Sep-20	40.005.025
Oct-20	42.728.086
Nov-20	38.769.445
Dec-20	37.885.292
Jan-21	42.090.301
Feb-21	43.073.402
Mar-21	44.056.504
Apr-21	46.198.440
May-21	27.844.860
Jun-21	29.731.000
Jul-21	28.346.600
Aug-21	31.543.496
Sep-21	43.919.595
Oct-21	33.283.087
Nov-21	44.906.154
Dec-21	54.661.989
Jan-22	53.103.223
Feb-22	51.544.458
Mar-22	49.985.693
Apr-22	48.426.928
May-22	32.120.289
Jun-22	45.468.680

Periode	Nilai Ekspor
Jul-22	39.187.193
Aug-22	44.483.820
Sep-22	42.995.648
Oct-22	48.369.380
Nov-22	48.751.237
Dec-22	44.910.381
Jan-23	73.176.899
Feb-23	49.794.758
Mar-23	54.644.211
Apr-23	58.807.554
May-23	62.970.898
Jun-23	53.736.447
Jul-23	51.798.192
Aug-23	47.546.205
Sep-23	49.610.863
Oct-23	49.648.688
Nov-23	48.564.129
Dec-23	53.991.315
Jan-24	51.427.987
Feb-24	41.214.537
Mar-24	46.639.695
Apr-24	31.860.430
May-24	51.275.953
Jun-24	36.801.825
Jul-24	46.163.611
Aug-24	45.912.818
Sep-24	49.801.611
Oct-24	59.589.027
Nov-24	57.286.243
Dec-24	54.983.459

Lampiran 2 Nilai Peramalan Data Uji Skenario 1

No	Periode	Data Aktual	Prediksi	PE
1	2022-01	53.103.223	40.917.943	22.946%
2	2022-02	51.544.458	42.250.383	18.031%
3	2022-03	49.985.693	43.310.583	13.354%
4	2022-04	48.426.928	44.119.280	8.895%
5	2022-05	32.120.289	44.695.776	39.151%
6	2022-06	45.468.680	43.494.761	4.341%
7	2022-07	39.187.193	43.800.657	11.773%
8	2022-08	44.483.820	43.413.836	2.405%
9	2022-09	42.995.648	43.616.501	1.444%
10	2022-10	48.369.380	43.642.944	9.772%

No	Periode	Data Aktual	Prediksi	PE
11	2022-11	48.751.237	44.234.454	9.265%
12	2022-12	44.910.381	44.817.018	0.208%
13	2023-01	73.176.899	44.943.387	38.583%
14	2023-02	49.794.758	48.052.875	3.498%
15	2023-03	54.644.211	48.433.557	11.366%
16	2023-04	58.807.554	49.292.822	16.179%
17	2023-05	62.970.898	50.519.765	19.773%
18	2023-06	53.736.447	52.084.694	3.074%
19	2023-07	51.798.192	52.539.863	1.432%
20	2023-08	47.546.205	52.745.970	10.936%
21	2023-09	49.610.863	52.477.435	5.778%
22	2023-10	49.648.688	52.441.612	5.625%
23	2023-11	48.564.129	52.405.544	7.910%
24	2023-12	53.991.315	52.250.490	3.224%
25	2024-01	51.427.987	52.676.364	2.427%
26	2024-02	41.214.537	52.790.272	28.087%
27	2024-03	46.639.695	51.805.973	11.077%
28	2024-04	31.860.430	51.468.560	61.544%
29	2024-05	51.275.953	49.585.799	3.296%
30	2024-06	36.801.825	49.905.577	35.606%
31	2024-07	46.163.611	48.661.949	5.412%
32	2024-08	45.912.818	48.505.686	5.647%
33	2024-09	49.801.611	48.332.385	2.950%
34	2024-10	59.589.027	48.582.383	18.471%
35	2024-11	57.286.243	49.847.474	12.985%
36	2024-12	54.983.459	50.765.287	7.672%

Lampiran 3 Nilai Peramalan Data Uji Skenario 2

No	Periode	Data Aktual	Prediksi	PE
1	2022-08	44.483.820	43.413.836	2.405%
2	2022-09	42.995.648	43.616.501	1.444%
3	2022-10	48.369.380	43.642.944	9.772%
4	2022-11	48.751.237	44.234.454	9.265%
5	2022-12	44.910.381	44.817.018	0.208%
6	2023-01	73.176.899	44.943.387	38.583%
7	2023-02	49.794.758	48.052.875	3.498%
8	2023-03	54.644.211	48.433.557	11.366%
9	2023-04	58.807.554	49.292.822	16.179%
10	2023-05	62.970.898	50.519.765	19.773%
11	2023-06	53.736.447	52.084.694	3.074%
12	2023-07	51.798.192	52.539.863	1.432%
13	2023-08	47.546.205	52.477.435	10.936%
14	2023-09	49.610.863	52.441.612	5.778%

No	Periode	Data Aktual	Prediksi	PE
15	2023-10	49.648.688	52.405.544	5.625%
16	2023-11	48.564.129	52.250.490	7.910%
17	2023-12	53.991.315	52.676.364	3.224%
18	2024-01	51.427.987	52.790.272	2.427%
19	2024-02	41.214.537	51.805.973	28.087%
20	2024-03	46.639.695	51.468.560	11.077%
21	2024-04	31.860.430	49.585.799	61.544%
22	2024-05	51.275.953	49.905.577	3.296%
23	2024-06	36.801.825	48.661.949	35.606%
24	2024-07	46.163.611	48.505.686	5.412%
25	2024-08	45.912.818	48.332.385	5.647%
26	2024-09	49.801.611	48.582.383	2.950%
27	2024-10	59.589.027	49.847.474	18.471%
28	2024-11	57.286.243	50.765.287	12.985%
29	2024-12	54.983.459	52.477.435	7.672%

Lampiran 4 Nilai Peramalan Data Uji Skenario 3

No	Periode	Data Aktual	Prediksi	PE
1	2023-03	54.644.211	48.433.557	11.366%
2	2023-04	58.807.554	49.292.822	16.179%
3	2023-05	62.970.898	50.519.765	19.773%
4	2023-06	53.736.447	52.084.694	3.074%
5	2023-07	51.798.192	52.539.863	1.432%
6	2023-08	47.546.205	52.745.970	10.936%
7	2023-09	49.610.863	52.477.435	5.778%
8	2023-10	49.648.688	52.441.612	5.625%
9	2023-11	48.564.129	52.405.544	7.910%
10	2023-12	53.991.315	52.250.490	3.224%
11	2024-01	51.427.987	52.676.364	2.427%
12	2024-02	41.214.537	52.790.272	28.087%
13	2024-03	46.639.695	51.805.973	11.077%
14	2024-04	31.860.430	51.468.560	61.544%
15	2024-05	51.275.953	49.585.799	3.296%
16	2024-06	36.801.825	49.905.577	35.606%
17	2024-07	46.163.611	48.661.949	5.412%
18	2024-08	45.912.818	48.505.686	5.647%
19	2024-09	49.801.611	48.332.385	2.950%
20	2024-10	59.589.027	48.582.383	18.471%
21	2024-11	57.286.243	49.847.474	12.985%
22	2024-12	54.983.459	50.765.287	7.672%

Lampiran 5 Nilai Peramalan Data Uji Skenario 4

No	Periode	Data Aktual	Prediksi	PE
1	2023-11	48.564.129	52.348.284	7,792%
2	2023-12	53.991.315	52.203.862	3,311%
3	2024-01	51.427.987	52.628.656	2,335%
4	2024-02	41.214.537	52.747.517	27,983%
5	2024-03	46.639.695	51.788.572	11,040%
6	2024-04	31.860.430	51.462.388	61,524%
7	2024-05	51.275.953	49.619.161	3,231%
8	2024-06	36.801.825	49.933.841	35,683%
9	2024-07	46.163.611	48.714.964	5,527%
10	2024-08	45.912.818	48.560.968	5,768%
11	2024-09	49.801.611	48.390.006	2,834%
12	2024-10	59.589.027	48.634.097	18,384%
13	2024-11	57.286.243	49.874.512	12,938%
14	2024-12	54.983.459	50.776.056	7,652%