

ABSTRAK

Grace Anastasya Claudia

Tesis

Penggunaan *Machine Learning* Dalam Manajemen Rantai Pasokan: Proyeksi Jumlah Muatan Kapal

Pandemi COVID-19 telah memberikan dampak besar bagi semua sektor industri, yang menyebabkan terjadinya gangguan pada rantai pasokan. Termasuk dalam industri pengiriman kontainer dan ekspedisi pengangkutan barang. Penelitian ini berfokus pada prediksi jumlah muatan kapal secara akurat dan *real time*, di mana saat ini metode yang digunakan perusahaan masih manual dan bergantung pada data yang tidak terkini, sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengambilan keputusan. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode statistik dan *Machine Learning* (ML). Dan *Machine Learning* (ML), yang digunakan adalah *Long Short-Term Memory (LSTM)*, *Random Forest (RF)*, *XGBoost*, dan *Ensemble Learning* yang dipilih karena kemampuannya dalam menangani data yang kompleks dan mempelajari pola jangka panjang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan variabel sangat mempengaruhi hasil prediksi. Dalam penelitian ini prediksi terbaik didapatkan dengan menggunakan variabel CFI, kondisi pasang surut, rute kapal, kapasitas, serta hari ke-9, -8, -7, -6, dan -5 dan menggunakan *rolling horizon*. *Rolling horizon* dilakukan dengan menggeser setiap bulan dan menggunakan data empat bulan untuk pelatihan dan satu bulan untuk pengujian yang ditunjukkan dengan MAPE 15,14% untuk model *Random Forest*, MAPE 14,83% untuk model 14,84%, MAPE 42,68% untuk model *XGBoost*, dan MAPE 14,13% untuk model *Ensemble Learning*. Hal ini menunjukkan bahwa model *Random Forest* (RF) dan *XGBoost* memberikan efektivitas prediksi akurat.

Kata Kunci:

Prediksi, Jumlah Muatan Kapal, *Machine Learning* (ML), *Random Forest* (RF), *XGBoost*, *Ensemble Learning*

ABSTRACT

Grace Anastasya Claudia

Thesis

The Use of Machine Learning in Supply Chain Management: Forecasting Vessel Load Capacity

COVID-19 pandemic has significantly impacted all industrial sectors, disrupting supply chains, including the container shipping and freight forwarding industries. This study focuses on accurately and real-time predicting vessel load capacity, addressing the current manual methods companies use, which rely on outdated data and result in decision-making errors. The approaches used in this research include statistical methods and Machine Learning (ML). Specifically, Long Short-Term Memory (LSTM), Random Forest (RF), XGBoost, and Ensemble Learning were chosen for their ability to handle complex data and learn long-term patterns. The study found that the selection of variables significantly influences the prediction outcomes. The best predictions were achieved using the variables CFI, tidal conditions, vessel route, capacity, and days -9, -8, -7, -6, and -5, along with a rolling horizon approach. The rolling horizon was implemented by shifting each month and using four months of data for training and one month for testing. The results showed a MAPE of 15.14% for the Random Forest model, 14.83% for the LSTM model, 42.68% for the XGBoost model, and 14.13% for the Ensemble Learning model. These findings demonstrate the effectiveness of the Random Forest (RF) and LSTM models in providing accurate predictions.

Keywords:

Prediction, Vessel Load, Machine Learning (ML), Random Forest (RF), XGBoost, Ensemble Learning

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Indeks Harga Angkutan Peti Kemas	4
2.2 Manajemen Rantai Pasokan	5
2.3 <i>Machine Learning</i> (ML)	5
2.3.1 Definisi <i>Machine Learning</i> (ML)	5
2.3.2 Penggunaan Model <i>Machine Learning</i> (ML) dalam Industri Pengiriman Kontainer dan Pengangkutan Barang	7
2.4 <i>Long Short Term Memory</i> (LSTM)	8
2.5 <i>Random Forest</i> (RF)	10
2.6 <i>Ensemble Learning</i>	12
2.7 <i>Extreme Gradient Boosting</i>	15
2.8 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	17
2.9 Perbandingan Literatur	18
3. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Rancangan Penelitian	20
3.2 Langkah Kerja	20

3.3	Kerangka Pikir	23
3.4	Variabel Independen & Variabel Dependen	24
4.	PEMBAHASAN	25
4.1	General Model	25
4.2	Analisa Tren	26
4.3	Analisa Skewness	28
4.4	Analisa Korelasi	32
4.5	Pelatihan dan Pengujian	32
4.5.1	Pelatihan dan Pengujian Menggunakan 2021-2022 Pelatihan, 2023 Pengujian dengan Menggunakan Fitur 1	33
4.5.2	Pelatihan dan Pengujian Menggunakan 2021-2022 Pelatihan, 2023 Pengujian dengan Menggunakan Fitur 2	33
4.5.3	Pelatihan dan Pengujian Menggunakan 4 Bulan Pelatihan, 2 Bulan Pengujian dengan Menggunakan Fitur 1	34
4.5.4	Pelatihan dan Pengujian Menggunakan 4 Bulan Pelatihan, 2 Bulan Pengujian dengan Menggunakan Fitur 2	38
4.5.5	Pelatihan dan Pengujian Menggunakan 80% dan 20% Data, Pengujian dengan Menggunakan Fitur 1	42
4.5.6	Pelatihan dan Pengujian Menggunakan 80% dan 20% Data, Pengujian dengan Menggunakan Fitur 2	43
5.	KESIMPULAN	47
	DAFTAR REFERENSI	48
	LAMPIRAN	50

Daftar Istilah

Istilah	Keterangan
Capacity	Kapasitas total yang dapat diangkut oleh kapal, biasanya diukur dalam TEU (<i>Twenty-foot Equivalent Units</i>).
Container Freight Indeks (CFI)	Indeks yang mengukur biaya pengiriman kontainer pada rute tertentu.
Downfall	Penurunan/ kehilangan muatan.
Ensemble Learning	Teknik yang menggabungkan beberapa model pembelajaran mesin untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan andal dibandingkan dengan model tunggal.
Extreme Gradient Boosting (XGBoost)	Algoritma pembelajaran mesin yang kuat untuk regresi dan klasifikasi, dikenal karena efisiensi dan kinerjanya.
Full to Load	Muatan yang sepenuhnya diisi ke dalam kontainer.
Long Short-Term Memory (LSTM)	Jenis jaringan saraf berulang yang digunakan untuk memodelkan urutan data dan menangani masalah <i>vanishing gradient</i> .
Machine Learning (ML)	Teknik AI yang memungkinkan komputer belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan tanpa diprogram secara eksplisit.
Pasang Surut	Perubahan periodik ketinggian permukaan laut yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi bulan dan matahari.
Random Forest (RF)	Metode <i>ensemble learning</i> yang membangun banyak pohon keputusan dan menggabungkannya untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi <i>overfitting</i> .
Sailing Route	Jalur atau rute pelayaran yang dilalui oleh kapal.
Voyage	Perjalanan kapal dari pelabuhan asal ke pelabuhan tujuan.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Indeks Harga Angkutan Peti Kemas.....	4
Gambar 2. 2 Jaringan Kata Kunci yang Sering Muncul	5
Gambar 2.3 Bagan Proses Machine Learning	6
Gambar 2. 4 Struktur LSTM	8
Gambar 2. 5 Ilustrasi Random	10
Gambar 2. 6 Ilustrasi Bagging	13
Gambar 2. 7 Ilustrasi Stacking	14
Gambar 2. 8 Struktur Dasar XGBoost	15
Gambar 3. 1 Flowchart Metode Penelitian.....	23
Gambar 4. 1 General model dengan fitur 1	25
Gambar 4. 2 General model dengan fitur 2	25
Gambar 4. 3 Tren Muatan FTL Hari Ke -9 sampai dengan Hari Ke 0.....	26
Gambar 4. 4 Tren Kapasitas Kapal	27
Gambar 4. 5 Frekuensi Kapasitas Kapal	27
Gambar 4. 6 Tren Indeks harga Angkutan Peti Kemas (CFI)	27
Gambar 4. 7 Frekuensi Rute Kapal.....	28
Gambar 4. 8 10 besar Frekuensi Rute Kapal	28
Gambar 4. 9 Gambar Data Sebelum Log Transformation	29
Gambar 4. 10 Gambar Data Setelah Log Transformation	30
Gambar 4. 11 Gambar Analisa Deskriptif	31
Gambar 4. 12 Hubungan korelasi antar data numerik.....	32
Gambar 4. 13 Hasil Aktual VS Prediksi dari 4 Model Machine Learning dengan Fitur 1.....	33
Gambar 4. 14 Hasil Aktual VS Prediksi dari 4 Model Machine Learning dengan Fitur 2.....	34
Gambar 4. 15 Hasil Aktual VS Prediksi Model Machine Learning Random Forest dengan Fitur 1	35
Gambar 4. 16 Hasil Aktual VS Prediksi Model Machine Learning XGBoost dengan Fitur 1	36
Gambar 4. 17 Hasil Aktual VS Prediksi Model Machine Learning LSTM dengan Fitur 1	36
Gambar 4. 18 Hasil Aktual VS Prediksi Model Machine Learning Ensemble Learning dengan Fitur 1	37
Gambar 4. 19 Hasil Aktual VS Prediksi Model Machine Learning Random Forest dengan Fitur 2	38
Gambar 4. 20 Hasil Aktual VS Prediksi Model Machine Learning XGBoost dengan Fitur 2	39
Gambar 4. 21 Hasil Aktual VS Prediksi Model Machine Learning LSTM dengan Fitur 2	40
Gambar 4. 22 Hasil Aktual VS Prediksi Model Machine Learning Ensemble Learning dengan Fitur 2	41
Gambar 4. 23 Hasil Plot Aktual VS Prediksi 4 Model <i>Machine Learning</i> dengan Fitur 1.....	42
Gambar 4. 24 Hasil Plot Aktual VS Prediksi 4 Model Machine dengan Fitur 2	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar Istilah	ix
Tabel 2.1 Perbandingan Literatur	18
Tabel 3.1 Variabel Independen & Variabel Dependen.....	24
Tabel 4. 1 Hasil Model Machine Learning dengan Mekanisme 4 Bulan Pelatihan, dan 1 Bulan Pengujian	41
Tabel 4. 2 Hasil Model Machine Learning.....	44
Tabel 4. 3 Interpretasi Nilai MAPE	45