

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Dalam era globalisasi dan dinamika bisnis yang terus berubah, peran rantai pasok di sektor ritel, khususnya pada tingkat bisnis skala kecil dan menengah (UKM) semakin krusial. UKM ritel memegang peran sentral dalam ekonomi, menciptakan peluang kerja, dan memberikan kontribusi substansial pada pertumbuhan ekonomi. Meski demikian, UKM ritel dihadapkan pada berbagai tantangan yang signifikan, terutama dalam hal manajemen persediaan produk. Studi oleh Carazas dkk (2019) mencatat bahwa sekitar 70% hingga 80% UKM di sektor ritel mengalami kegagalan dalam tiga hingga empat tahun pertama karena manajemen persediaan yang buruk. Tingginya tingkat kegagalan ini membuat penelitian tentang manajemen persediaan pada UKM ritel menjadi sangat penting. Melalui manajemen persediaan yang efisien organisasi dapat meminimalkan biaya persediaan, menghindari kehabisan stok, dan meningkatkan layanan pelanggan, sehingga organisasi dapat bertahan dan bersaing dengan kondisi pasar yang terus berubah-ubah (Tadayonrad dan Ndiaye, 2023).

Pentingnya peran rantai pasok dalam perusahaan retail UKM menjadikan peramalan penjualan produk sebagai aspek vital. Peramalan penjualan produk memungkinkan organisasi membuat estimasi atau prediksi jumlah produk yang akan dibeli oleh pelanggan, membantu memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan biaya yang timbul akibat penjualan yang hilang, sambil menjaga stok efisien (Fildes, dkk, 2022). Namun, pembuatan estimasi atau prediksi jumlah produk pada organisasi retail bukan tugas yang mudah. Meningkatnya jumlah barang dalam sistem persediaan ritel, membuat peramalan yang akurat menjadi semakin kompleks. Hal ini disebabkan oleh beragamnya pola permintaan yang ditunjukkan oleh ratusan atau bahkan ribuan unit SKU (*Stock Keeping Units*). Masalah lainnya muncul akibat setiap SKU biasanya terdiri dari struktur hierarki tertentu (Pennings dan van Dalen, 2017). Runtun waktu pada berbagai tingkatan

struktur hierarki ini memiliki skala yang berbeda dan dapat menunjukkan pola yang sangat beragam. Runtun waktu pada tingkat paling terperinci (struktur hierarki paling bawah) cenderung fluktuatif dan intermittent, sehingga lebih sulit untuk dimodelkan dan diramalkan. Sedangkan runtun waktu yang diagregasi pada tingkat yang lebih tinggi biasanya jauh lebih halus sehingga lebih mudah diramalkan. Selain itu, untuk memastikan konsistensi pengambilan keputusan pada berbagai tingkatan hierarki, penting bahwa ramalan di tingkat agregasi harus sama dengan jumlah ramalan pada tingkat terperinci. Akan tetapi, syarat agregasi ini sulit terpenuhi jika setiap runtun waktu diramalkan secara independen (Oliveira dan Ramos, 2019).

Pendekatan paling tradisional yang diusulkan untuk menyelesaikan masalah di atas adalah pendekatan *bottom-up* dan *top-down*. Metode *bottom-up* melibatkan peramalan untuk setiap runtun waktu pada tingkat terendah, kemudian hasil peramalan dijumlahkan untuk mendapatkan prediksi pada tingkat hierarki yang lebih tinggi (Dunn, dkk, 1976; Orcutt, dkk, 1968; Shlifer dan Wolff, 1979). Keuntungan utama dari pendekatan ini yaitu, karena peramalan dilakukan pada tingkat terendah, tidak ada informasi yang hilang akibat agregasi. Akan tetapi, pendekatan ini mengabaikan hubungan antara runtun waktu dan biasanya kurang baik ketika data diagregasi pada level yang lebih tinggi. Metode *top-down* dilakukan pada agregasi runtun waktu paling atas, kemudian dilakukan disagregasi menggunakan proporsi historis (Gross dan Sohl, 1990) atau proporsi yang diperkirakan (Athanasopoulos, dkk, 2009) untuk memperoleh peramalan pada tingkat terendah. Adapun kendala dari pendekatan *top-down* yang menggunakan proporsi historis cenderung menghasilkan peramalan yang kurang akurat pada tingkat hierarki yang lebih rendah. Metode *middle-out* mengintegrasikan prinsip-prinsip dari metode *bottom-up* dan *top-down*. Pada tahap awal, dilakukan peramalan untuk masing-masing runtun waktu pada tingkat menengah hierarki yang telah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya, peramalan untuk runtun waktu di atas tingkat menengah dihasilkan dengan metode *bottom-up*, sementara peramalan untuk runtun waktu di bawah tingkat menengah dihasilkan dengan metode *top-down*. Studi empiris yang membandingkan kinerja metode *bottom-up* dan *top-down*

memberikan hasil yang bervariasi mengenai pilihan antara *bottom-up* atau *top-down* (Dangerfield dan Morris, 1992; Orcutt, dkk, 1968; Shlifer dan Wolff, 1979; Syntetos, dkk, 2016; Widiarta, dkk, 2009).

Penelitian terbaru di bidang ini mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan dua tahap pendekatan. Pada tahap awal, dilakukan peramalan untuk semua runtun waktu di seluruh tingkat hierarki. Selanjutnya, model regresi digunakan untuk menggabungkan peramalan tersebut guna menghasilkan peramalan yang konsisten (pendekatan ini disebut sebagai rekonsiliasi hierarkis). Athanasopoulos dkk (2009), dan Hyndman dkk (2011) menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) estimator dan menunjukkan keberhasilan pendekatan mereka dibandingkan dengan metode tradisional. Wickramasuriya dkk (2019), mengusulkan pendekatan *Generalized Least Squares* (GLS) untuk meningkatkan akurasi peramalan dengan mempertimbangkan sebanyak mungkin variasi dan keterkaitan antar kesalahan pada peramalan dasar. Meskipun demikian, pendekatan ini tidak dapat menjamin bahwa peramalan yang dihasilkan bersifat *non-negatif*. Kelemahan ini menjadi masalah serius dalam konteks aplikasi yang secara inheren bersifat *non-negatif*, seperti data penjualan. Masalah ini kemudian dijawab oleh penelitian Wickramasuriya dkk (2020) melalui pendekatan optimal *non negative* MinT dengan *quadratic programming*. Akan tetapi, metode-metode di atas bersifat *univariate* dan tidak memperhitungkan relasi yang kompleks antara runtun waktu, seperti *complementarity* dan *substitution*, yang sering ditemui dalam konteks ritel UKM.

Salah satu pendekatan yang dapat menangkap korelasi non-linear dan rumit antar runtun waktu adalah *Deep Neural Network* (DNN) (Efat, dkk, 2022). DNN telah menjadi populer sebagai model parametrik adaptif yang mampu menyesuaikan pola data yang kompleks (Chen dan Lin, 2014). Keberhasilan DNN dipengaruhi oleh kemampuan model ini untuk melakukan pembelajaran lintas (*Cross-Learning*) dari berbagai runtun waktu yang berbeda secara bersamaan (Makridakis, dkk, 2020; Semenoglou, dkk, 2021). Salah satu model *Deep learning* yang populer adalah *Neural Basis Expansion Analysis for interpretable Time Series forecasting* (N-BEATS) yang diusulkan oleh Oreshkin dkk (2019). Model ini

berhasil unggul sebesar 3% dalam hal akurasi dibandingkan dengan model pemenang kompetisi M4, yang menggunakan kombinasi *recurrent neural network* (RNN) dan *Holt-Winters exponential smoothing* (Makridakis, dkk, 2020). Keunggulan N-BEATS telah dibuktikan dalam beberapa penelitian. Oreshkin dkk (2021) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa N-BEATS unggul dari sepuluh model dasar, termasuk metode statistika klasik, *machine learning*, dan model *hybrid*, dalam hal akurasi dan bias prediksi pada peramalan permintaan listrik bulanan di Eropa. Studi lain oleh Shaikh dkk (2022) mendapatkan hasil serupa, di mana N-BEATS melampaui model lain seperti *Long Short Term Memory* (LSTM), *Blocked LSTM*, *Gated Recurrent Units* (GRU), *Blocked GRU*, dan *Temporal Convolutional Network* (TCN) dalam peramalan konsumsi energi. Studi ini diperkuat melalui penelitian Habib dkk (2023) yang mengungkapkan dalam penelitiannya bahwa N-BEATS lebih unggul dari model lain seperti LSTM, *Temporal Fusion Transformer* dalam tugas peramalan temperatur.

Funan Mart adalah sebuah usaha kecil dan menengah (UKM) yang bergerak di sektor retail sembako berlokasi di Kabupaten Belu, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Saat ini, Funan Mart menghadapi kendala dalam proses pengadaan stok barang, yang masih dilakukan secara manual bergantung pada intuisi pemilik usaha tanpa dukungan sistem yang terintegrasi. Pendekatan ini tidak efektif karena mengabaikan data permintaan aktual produk sehingga kurang responsif terhadap dinamika permintaan pasar dan cenderung menghasilkan keputusan pemesanan stok yang tidak akurat, yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya kelebihan maupun kekurangan stok. Akurasi hasil peramalan merupakan aspek yang krusial bagi Funan Mart, karena informasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam pengelolaan stok. Keputusan pembelian produk yang tepat, tidak hanya meminimalkan risiko ketidakseimbangan persediaan, tetapi juga berkontribusi langsung pada keberhasilan operasional dan keberlanjutan bisnis Funan Mart. Model N-BEATS memiliki kemampuan mempelajari pola runtun waktu secara holistik serta adanya *residual connection* antar *block* dan antar *stack* pada struktur internal N-BEATS yang memungkinkan model dapat mempelajari pola lain yang tidak dapat ditangkap oleh *block* maupun *stack* sebelumnya dapat diterapkan pada

retail UKM secara khusus Funan Mart, dimana data runtun waktu penjualan produk yang dimiliki cenderung fluktuatif dan intermittent. Penggunaan model N-BEATS membuat model dapat mempelajari hubungan antar seri pada setiap struktur hierarki secara holistik, sehingga model tidak hanya mampu menangkap relasi antar runtun waktu, tetapi juga mampu memahami relasi hierarkis yang melekat dalam struktur hierarki data runtun waktu penjualan produk. Kombinasi peramalan dasar dari model NBEATS dengan *hierarchical reconciliation* menggunakan *non negative* MinT membuat model dapat menghasilkan peramalan yang akurat untuk semua tingkatan hierarki produk sambil menjaga hasil peramalan tetap positif. Melalui pendekatan ini, informasi mengenai peramalan setiap produk, setiap kategori dan penjualan keseluruhan produk dalam organisasi retail Funan Mart dapat diketahui. Selain itu pendekatan ini juga memiliki kemampuan skalabilitas; misalnya jika dikemudian hari bisnis Funan Mart berkembang dan memiliki lebih dari satu toko, maka peramalan dapat dilakukan secara simultan pada semua toko.

Berdasarkan temuan-temuan penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya, penelitian ini menggunakan model *deep learning* N-BEATS untuk menghasilkan peramalan dasar. Peramalan dasar dari model N-BEATS kemudian dikombinasikan dengan *hierarchical reconciliation non negative* MinT agar model dapat menghasilkan peramalan yang akurat untuk semua tingkatan hierarki produk sambil menjaga hasil peramalan tetap positif pada data penjualan pada Funan Mart, sebuah UKM di Indonesia. Untuk mendemonstrasikan efektivitas model yang diusulkan, dilakukan perbandingan dengan *baseline model* ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) yang merupakan model fleksibel pada berbagai jenis runtun waktu melalui kombinasi *autoregressive* (AR), *integration* (I), dan *moving average* (MA) dan *Exponential Smoothing*. Model *Exponential Smoothing* dalam kompetisi M5 berhasil mengalahkan lima puluh model *benchmark* lainnya dan hanya 415 dari 5507 tim (7,5%) yang berhasil mengalahkan model *benchmark* ini. Oleh karena itu, metode *Exponential Smoothing* akan berfungsi sebagai tolak ukur (*benchmark*) yang kompetitif dalam penelitian ini.

1.2 Tujuan Penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi performa akurasi model dasar NBEATS dibandingkan dengan model dasar ETS dan ARIMA pada data penjualan produk Funan Mart.
2. Mengkaji efektivitas penerapan metode rekonsiliasi untuk masing-masing model dasar yaitu NBEATS, ETS, dan ARIMA untuk meningkatkan akurasi hasil peramalan pada data penjualan produk Funan Mart.
3. Menentukan kombinasi terbaik antara model dasar dan metode rekonsiliasi yang menghasilkan peramalan paling akurat pada data penjualan Funan Mart, sebagai representasi usaha kecil dan menengah (UKM) di Indonesia.
4. Mengembangkan sistem peramalan penjualan produk berdasarkan kombinasi model dasar dan metode rekonsiliasi terbaik yang diperoleh, menggantikan pendekatan manual yang selama ini bergantung pada intuisi pemilik usaha, agar proses perencanaan persediaan produk Funan Mart lebih efisien.

1.3 Manfaat Penelitian.

Penelitian ini mengembangkan model peramalan global yang mempertimbangkan hubungan antar *series* dan antar tingkat hierarki, sehingga model yang dikembangkan tidak hanya relevan untuk tingkat lokal, seperti di Funan Mart, tetapi juga dapat diadopsi oleh berbagai UKM ritel melalui penerapan pendekatan *deep learning* N-BEATS dan rekonsiliasi hierarkis *non-negatif MinT*. Dengan demikian penelitian ini dapat membantu UKM ritel, termasuk Funan Mart, dalam mengoptimalkan pengelolaan stok, meminimalkan biaya persediaan, serta meningkatkan kualitas pelayanan pelanggan.