

**PERAMALAN *TRAFFIC* JARINGAN LTE MENGGUNAKAN METODE
HOLT-WINTER'S MULTIPLICATIVE SEASONAL DAN *ROLLING*
FORECAST UNTUK OPTIMALISASI INVESTASI PERUSAHAAN
TELEKOMUNIKASI DI INDONESIA**

Tesis

**untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai derajat S-2 Program Studi
Magister Sistem Informasi**



Endi Rizal F

30000320410014

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2024

HALAMAN PERSETUJUAN

Tesis dengan judul :

Peramalan *Traffic* Jaringan LTE Menggunakan Metode *Holt-Winter's Multiplicative Seasonal* Dan *Rolling Forecast* Untuk Optimalisasi Investasi Perusahaan Telekomunikasi Di Indonesia

Oleh :

Endi Rizal Ferdiansyah
30000320410014

Telah dilakukan ujian proposal tesis dan dinyatakan layak untuk dilanjutkan dalam penelitian tesis pada Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Semarang, 16 Januari 2023
Mengetahui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Dr. Adian Fatchur Rochim, S.T., M.T
NIP.197302261998021001



Dr. Eng. Wahyul Amien Syafei, S.T, M.T
NIP.197112181995121001

SEKOLAH PASCASARJANA

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

PERAMALAN TRAFFIC JARINGAN LTE MENGGUNAKAN
METODE *HOLT-WINTER'S MULTIPLICATIVE SEASONAL* DAN
ROLLING FORECAST UNTUK OPTIMALISASI INVESTASI
PERUSAHAAN TELEKOMUNIKASI DI INDONESIA

Oleh:
Endi Rizal Ferdiansyah
30000320410014

Telah diujikan dan dinyatakan lulus ujian tesis pada tanggal 5 Februari 2024
oleh tim penguji Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah
Pascasarjana Universitas Diponegoro

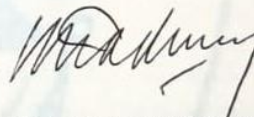
Semarang, Februari 2024
Mengetahui,

Penguji I



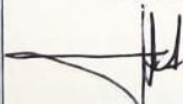
Dr. Oky Dwi Nurhayati, S.T., M.T.
NIP. 197910022009122001

Penguji II



Dr. Drs. Catur Edi Widodo, M.T.
NIP. 196405181992031002

Pembimbing I



Prof. Dr. Adian Fatchur Rochim, ST., MT
NIP. 197508241999031003


Pembimbing II



Dr. Eng. Wahyul Amien Syafei, ST, MT
NIP. 197108111997021004

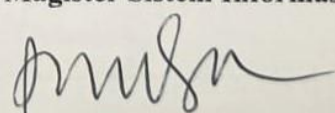
Mengetahui:

**Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro**



Dr. R.B. Sulanto, S.H., M.Hum.
NIP. 196701011991031005

**Ketua Program Studi
Magister Sistem Informasi**



Drs. Bayu Surarso, M.Sc., Ph.D
NIP. 196311051988031001

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Endi Rizal Ferdiansyah
NIM	:	30000320410014
Program Studi	:	Magister Sistem Informasi
Program	:	Sekolah Pascasarjana
Jenis Karya	:	Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Peramalan *Traffic* Jaringan LTE Menggunakan Metode *Holt-Winter's Multiplicative Seasonal* dan *Rolling Forecast* untuk Optimalisasi Investasi Perusahaan Telekomunikasi Di Indonesia

berserta perangkat yang ada. Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Dibuat di : Semarang
Pada tanggal : 16 Januari 2024

Yang menyatakan



METERAL
TEMPEL

C6E78AKX808224733

Endi Rizal Ferdiansyah
NIM. 30000320410014

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan disepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 16 Januari 2024



Endi Rizal Ferdiansyah

UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
SEKOLAH PASCASARJANA

KATA PENGANTAR

Allhamdulillah *Rabbil' Alamin* saya ucapkan sebagai tanda syukur yang dalam kepada Allah SWT atas segala karunia dan rahmat yang diberikan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini dengan judul “Peramalan Traffic Jaringan Lte Menggunakan Metode Holt-Winter’s Multiplicative Seasonal Dan Rolling Forecast Untuk Optimalisasi Investasi Perusahaan Telekomunikasi Di Indonesia”

Tesis ini guna melengkapi salah satu persyaratan untuk memperoleh Magister Komputer (M.Kom) pada Program Studi Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang. Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun penelitian tesis ini, baik berupa materi maupun moril. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Adian Fatchur Rochim, ST., MT selaku Pembimbing I yang penuh kesabaran memberikan pengarahan dan motivasi. Terima kasih atas waktu, ilmu, saran dan semangat yang Bapak berikan selama bimbingan.
2. Bapak Dr.Eng. Wahyul Amien Syafei, ST, MT sebagai Pembimbing II terima kasih atas waktu, ilmu, saran dan semangat yang selalu Bapak berikan selama bimbingan.
3. Bapak Dr. R. B. Sularto, S.H., M.Hum selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
4. Bapak Drs. Bayu Surarso, M.Sc. Ph.D. selaku Ketua Program Studi Sekolah Pascasarjana Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tesis ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari berbagai pihak untuk sempurnanya sebuah karya tulis.

Semarang, 16 Januari 2024


Endi Rizal Ferdiansyah

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK.....	14
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II.....	Error! Bookmark not defined.
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	Error! Bookmark not defined.
2.1 Tinjauan Pustaka	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Perkembangan Metode <i>Exponential Smoothing</i> dan <i>HWMS</i> ...	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Perkembangan Metode <i>ARIMA</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Perkembangan Metode <i>FbProphet</i> ..	Error! Bookmark not defined.
2.2 Dasar Teori	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 <i>Time Series Analysis (Forecasting)</i> ..	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 <i>Holt-Winter's Multiplicative Seasonal (HWMS)</i> ..	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 <i>Rolling Forecast</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 <i>ARIMA</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 <i>FbProphet</i>	Error! Bookmark not defined.

2.2.6	<i>RMSE dan MAPE</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.7	<i>Long Term Evolution (LTE)</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.8	<i>Korelasi Volume Traffic, Physical Resource Block dan Throuhgput LTE</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB III		Error! Bookmark not defined.
METODE PENELITIAN.....		Error! Bookmark not defined.
3.1.1	Bahan penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.1.2	Alat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Prosedur Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Analisa Kebutuhan.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1.1	Studi Pustaka	Error! Bookmark not defined.
3.2.1.2	Observasi	Error! Bookmark not defined.
3.2.1.3	Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	<i>Design</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.2.1	Eksplorasi Ide	Error! Bookmark not defined.
3.2.2.2	Perancangan Design Sistem.	Error! Bookmark not defined.
3.2.2.3	Membuat Model	Error! Bookmark not defined.
3.2.3	Pengujian dan Evaluasi.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.3.1	Matriks Pengujian	Error! Bookmark not defined.
3.2.4	Implementasi.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Kerangka sistem informasi.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV		Error! Bookmark not defined.
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Uji Coba Model.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.1	<i>Preprocessing</i>	Error! Bookmark not defined.

4.1.1.2	Model menggunakan <i>HWMS</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.3	<i>Rolling Forecast</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Uji Hasil	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.1	Komparasi RMSE	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.2	Komparasi MAPE	Error! Bookmark not defined.
4.1.4	Hasil <i>ARIMA</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.5	Hasil <i>FbProphet</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.6	Hasil <i>HWMS</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.7	Hasil <i>HWMS</i> dan <i>Rolling Forecast</i> ..	Error! Bookmark not defined.
4.1.8	Perbandingan Akurasi Antar Metode.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.9	Visualisasi	Error! Bookmark not defined.
4.1.10	Menentukan Jumlah Cell Baru.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V	Error! Bookmark not defined.
KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1.	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.

SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2. 1 Ilustrasi Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Test</i> (Hyndman dan Athanasopoulos, 2018)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 2 Alur Bagaimana Data <i>Test</i> menjadi data <i>Train</i> pada Iterasi Selanjutnya (Hyndman dan Athanasopoulos, 2018).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 3 Arsitektur LTE (Putra I.D.K., dan Widhi P.R., 2017)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Diagram Model.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 <i>Pseudocode</i> <i>HWMS</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4 <i>Pseudocode</i> <i>Rolling Forecast</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 5 <i>Load</i> Dataset <i>Traffic LTE</i> ke <i>Dataframe</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 6 <i>Splitting Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 7 <i>Create Model HWMS</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 8 <i>Create Rolling Forecast</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 9 Script <i>RMSE</i> dan <i>MAPE</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 10 Kerangka Sistem Informasi.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 <i>Load Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Hasil <i>Splitting Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Model <i>HWMS</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Proses Data Iterasi Pertama.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Proses Data Iterasi Pertama Setelah Update Variabel “history”	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Proses Data Hingga Iterasi Terakhir”	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Hasil Menghitung <i>RMSE</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Visualisasi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Grafik Komparasi Akurasi <i>RMSE</i> Antar Metode...	Error! Bookmark not defined.

- Gambar 4. 10 Akurasi *ARIMA***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 11 Akurasi *FbProphet*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 12 Akurasi *HWMS***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 13 Akurasi *HWMS & Rolling Forecast***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 14 Perbandingan Akurasi *HWMS & Rolling Forecast* dalam Persen
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 15 Grafik Porsi Uji Kelayakan Model Menggunakan *MAPE*..... **Error!
Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 16 Visualisasi *HWMS* dan *Rolling Forecast vs Test*.**Error! Bookmark
not defined.**
- Gambar 4. 17 Visualisasi *HWMS Only vs Test*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 18 Visualisasi *FB Prophet vs Test*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 19 Visualisasi *ARIMA vs Test***Error! Bookmark not defined.**



SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3. 1 *Range* Kriteria *MAPE* (Klimberg dkk., 2010) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 1 Tabel Komparasi RMSE **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 Tabel Hasil Perhitungan *MAPE*..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 3 Urutan Akurasi Berdasarkan Kesalahan Prediksi per Metode..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 4 Jumlah Cell Dalam Range Perhitungan *MAPE* .. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 5 Cell yang Membutuhkan Solusi..... **Error! Bookmark not defined.**



SEKOLAH PASCASARJANA



SEKOLAH PASCASARJANA

PERAMALAN *TRAFFIC* JARINGAN LTE MENGGUNAKAN METODE *HOLT-WINTER'S MULTIPLICATIVE SEASONAL* DAN *ROLLING FORECAST* UNTUK OPTIMALISASI INVESTASI PERUSAHAAN TELEKOMUNIKASI DI INDONESIA

ABSTRAK

Perkembangan pesat penggunaan internet seluler, terutama dalam jaringan LTE, menimbulkan tantangan bagi operator seluler dalam menjaga Kualitas Layanan (QoS) dan mengoptimalkan perencanaan desain jaringan. Peramalan volume lalu lintas yang akurat menjadi krusial untuk perencanaan jaringan dan alokasi sumber daya yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan peningkatan akurasi metode *Holt's Winter Multiplicative Seasonal (HWMS)* dengan menerapkan teknik *Rolling Forecast* untuk mencapai hasil peramalan yang lebih baik. Dengan menggunakan kumpulan data publik dari 56 *cell*, evaluasi berdasarkan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* mengungkapkan urutan kesalahan prediksi sebagai berikut: *HWMS & Rolling Forecast* (20,47%), *HWMS Saja* (30,06%), *FbProphet* (30,45%), dan *Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)* (31,52%). *Cell - cell* tersebut dikategorikan sebagai "Baik" (59%), "Wajar" (39%), dan "Kurang Baik" (2%). Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mencapai persentase *cell* yang jauh lebih tinggi dalam kategori "Baik," dengan perbedaan 45% dibandingkan dengan *HWMS* tanpa *Rolling Forecast*, yang hanya mencapai 14%. Selain itu, metode yang diusulkan melampaui *ARIMA* sebesar 50% dan *FbProphet* sebesar 37% dalam kategori yang sama. Lebih lanjut, saat diterapkan pada data nyata dari sebuah perusahaan telekomunikasi di Indonesia, metode yang diusulkan mengidentifikasi 11 *cell* yang memerlukan solusi dari total 100 *cell*. Sebagai perbandingan, metode *ARIMA* mengidentifikasi 3 *cell*, *FbProphet* mengidentifikasi 12 *cell*, dan *HWMS* tanpa *Rolling Forecast* mengidentifikasi 9 *cell*. Dengan demikian, perusahaan dapat memberikan solusi untuk 11 *cell* yang diidentifikasi tanpa perlu investasi berlebihan sambil tetap mempertahankan potensi pendapatan.

Kata kunci: *Traffic Forecasting*, *LTE Network*, *HWMS*, *Rolling Forecast*, *ARIMA*, *FbProphet*.



SEMARANG

SEKOLAH PASCASARJANA

FORECASTING LTE NETWORK TRAFFIC USING HOLT-WINTER'S MULTIPLICATIVE SEASONAL METHOD AND ROLLING FORECASTING FOR TELECOMMUNICATION COMPANY INVESTMENT OPTIMIZATION IN INDONESIA

ABSTRACT

The rapid growth of mobile internet usage, particularly in LTE networks, poses challenges for mobile operators in maintaining Quality of Service (QoS) and optimizing network design planning. Accurate traffic volume forecasting is crucial for network planning and effective resource allocation. This study aims to propose an enhancement to the accuracy of the Holt's Winter Multiplicative Seasonal (HWMS) method by applying the Rolling Forecast technique to achieve better forecasting results. Using a public dataset of 56 cells, the evaluation based on Mean Absolute Percentage Error (MAPE) reveals the following sequence of prediction errors: HWMS & Rolling Forecast (20.47%), HWMS Only (30.06%), FbProphet (30.45%), and Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) (31.52%). The cells are categorized as "Good" (59%), "Reasonable" (39%), and "Poor" (2%). The results indicate that the proposed method achieves a significantly higher percentage of cells in the "Good" category, with a 45% difference compared to HWMS without Rolling Forecast, which only achieved 14%. Moreover, the proposed method outperforms ARIMA by 50% and FbProphet by 37% in the same category. Furthermore, when applied to real data from a telecommunications company in Indonesia, the proposed method identified 11 cells that require solutions out of a total of 100 cells. In comparison, the ARIMA method identified 3 cells, FbProphet identified 12 cells, and HWMS without Rolling Forecast identified 9 cells. Thus, the company can provide solutions for the identified 11 cells without the need for excessive investment while still maintaining revenue potential.

Keyword : Traffic Forecasting, LTE Network, HWMS, Rolling Forecast, ARIMA, FbProphet.

SEKOLAH PASCASARJANA