

PENDEKATAN *HYBRID* TSR-NN UNTUK PERAMALAN *INFLOW OUTFLOW* UANG KARTAL REGIONAL JAWA TIMUR

Artanti Indrasetianingsih¹, Elvira Mustikawati Putri Hermanto², Mohamad Ilham³, Novi Rahmawati⁴, Intan Amelia Hariyanto⁵

Program Studi Statistika^{1, 2, 4, 5}, Program Studi Teknik Elektro³
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya^{1, 2, 3, 4, 5}
www.unipasby.ac.id^{1, 2, 3, 4, 5}

artanti.indra@unipasby.ac.id^{1*}, elvira@unipasby.ac.id², mohamadilham@unipasby.ac.id³, 202400012@student.unipasby.ac.id⁴, intanameliah@gmail.com⁵

(*) Corresponding Author



Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-NonKomersial 4.0 Internasional.

Abstract— *The availability of currency circulating in society can influence the economic conditions of a country. The need for money increases when religious holidays approach, such as Eid al-Fitr and Christmas, as well as school holidays and the end of the year. Therefore, it is necessary to plan the need for currency, one of which is by forecasting the circulation of currency, both inflow and outflow. Forecasting is done to predict a value in the future based on historical data. This research aim was to predict the inflow and outflow of regional currency in East Java using the hybrid Time Series Regression (TSR) – Neural Network (NN) method. The methods in time series analysis used to predict are increasingly developing, as are hybrid methods, namely methods that combine several models to produce more accurate forecasts. The analysis results obtained show that the prediction of incoming and outgoing cash flows is better using the hybrid TSR-NN method because it produces a smaller RMSE value, namely 1,656.62, with a MAPE of 0.28 compared to the TSR method. The results of this study are expected to contribute to a hybrid approach for forecasting the regional currency inflow and outflow of East Java.*

Keywords: *hybrid TSR-NN, MAPE, RMSE, TSR.*

Abstrak— Ketersediaan jumlah uang yang beredar di masyarakat dapat mempengaruhi kondisi ekonomi suatu negara. Peningkatan kebutuhan uang terjadi pada saat menjelang hari-hari besar keagamaan seperti Idul Fitri, Natal, serta saat liburan sekolah dan akhir tahun. Oleh karena itu diperlukan perencanaan kebutuhan uang kartal, salah satunya yaitu dengan memprediksi peredaran uang kartal baik inflow maupun outflow. Peramalan dilakukan untuk memprediksi suatu nilai di masa datang berdasarkan data historis. Tujuan penelitian ini adalah memprediksi nilai inflow dan outflow uang kartal Regional Jawa Timur menggunakan metode hybrid Time Series Regression (TSR)–Neural Network (NN). Metode dalam analisis deret waktu yang digunakan untuk memprediksi semakin berkembang, demikian juga metode yang bersifat hybrid, yaitu metode yang mengkombinasikan beberapa model untuk menghasilkan peramalan yang lebih akurat. Hasil analisis yang diperoleh menunjukkan bahwa prediksi aliran uang kartal yang masuk dan keluar lebih baik menggunakan metode hybrid TSR-NN karena menghasilkan nilai RMSE lebih kecil, yaitu 1.656,62, dengan MAPE sebesar 0,28 dibandingkan metode TSR. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada pendekatan hybrid untuk meramalkan aliran uang kartal yang masuk dan keluar di Regional Jawa Timur.

Kata kunci: *hybrid TSR-NN, MAPE, RMSE, TSR.*

PENDAHULUAN

Bank Indonesia memiliki wewenang untuk mengeluarkan uang kartal dalam bentuk kertas dan logam. Menurut Undang-Undang Nomor 7 Tahun

2011 tentang Mata Uang, Bank Indonesia diberi wewenang untuk mengelola uang rupiah mulai dari tahapan Perencanaan, Pencetakan, Pengeluaran, Penedaran, Pencabutan, Penarikan, dan Pemusnahan. Pengelolaan Uang Rupiah ini sangat

penting untuk mendukung stabilitas moneter, kestabilan sistem keuangan, dan kelancaran sistem pembayaran. Bank Indonesia mengelola uang rupiah untuk memastikan ketersediaan uang yang layak untuk beredar, dengan denominasi yang tepat dan disediakan tepat waktu sesuai kebutuhan masyarakat. Proses ini juga dimaksudkan untuk menjaga keamanan dari pemalsuan, sambil tetap memprioritaskan efisiensi dan kepentingan nasional. Aliran uang, baik yang masuk (*inflow*) maupun yang keluar (*outflow*), disesuaikan dengan kebutuhan jumlah uang yang beredar, yang dipengaruhi oleh suku bunga, pertumbuhan ekonomi, harga konsumen, dan tingkat inflasi (Indonesia, 2024).

Kebutuhan uang kartal sering kali terjadi peningkatan pada hari-hari tertentu. Peningkatan kebutuhan ini biasanya bervariasi terjadi, yaitu pada momen perayaan keagamaan seperti Idul Fitri, Natal, serta pada akhir tahun, dan pada masa liburan sekolah. Berdasarkan hal tersebut, Bank Indonesia perlu mengawasi pergerakan *inflow* dan *outflow* agar dapat mengatur kebijakan terkait pencetakan uang. Hal ini penting karena variasi permintaan uang tunai oleh masyarakat pada hari-hari tertentu dalam setahun dapat meningkatkan kebutuhan uang kartal. Keadaan ini dapat menimbulkan permasalahan bagi Bank Indonesia terkait jumlah uang yang harus dikeluarkan. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memastikan ketersediaan uang yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan adalah dengan memprediksi aliran peredaran uang kartal, baik yang masuk maupun yang keluar dengan metode peramalan yang tepat.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk peramalan yaitu *Regresi Time Series (Time Series Regression/TSR)*. Konsep dasar dari model regresi *time series* yaitu meramalkan deret waktu variabel dependen dengan asumsi mempunyai hubungan linier dengan satu atau lebih deret waktu variabel independen. Beberapa variabel independen berguna yang sering muncul saat menggunakan regresi untuk data *time series*, yaitu variabel tren, variabel *dummy*, variabel *dummy* musiman, variabel intervensi, *trading days*, *distributed lags*, *easter*, dan *fourier series*. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018).

Berikut ini adalah penelitian sebelumnya yang menggunakan metode Regresi *Time Series/TSR*. Penelitian yang dilakukan oleh Qadrini et al., (2020) mengenai prediksi *inflow* dan *outflow* uang kartal di Lampung dengan pendekatan TSR, ARIMAX, dan NN. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai RMSE metode ARIMAX adalah yang terendah. Penelitian mengenai peramalan langsung dan tidak langsung *market share* mobil dengan metode

ARIMAX dengan efek variasi kalender dilakukan oleh Astri et al. (2020). Penelitian tentang permintaan semen dengan pendekatan Regresi *Time Series* dan ARIMA dilakukan oleh (B.S. & Prastuti, 2022). Penelitian dengan pendekatan Regresi *Time Series* dilakukan oleh (M. Idhom et al., 2023) untuk memprediksi konsumsi listrik pelanggan PLN. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ramalan dengan model TSR mempunyai nilai akurasi tinggi. Penelitian lainnya yang menggunakan Regresi *Time Series* lainnya dilakukan oleh (Indrasetyaningih et al., 2023). Penelitian ini mengenai peramalan *inflow* dan *outflow* uang kartal di Regional Jawa Timur yang dilakukan menggunakan metode regresi *time series* dengan mempertimbangkan efek variasi kalender Idul Fitri serta dampak Covid-19. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan nilai MAPE besar. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Dani et al., 2023) tentang Peramalan data Google Trends pada pencarian kata kunci "Sarung Wadimor" Di Indonesia dengan menggunakan metode TSR *with Calendar Variation* dan *Arima Box-Jenkins*. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa model TSR dengan variasi kalender menghasilkan nilai MSE, RMSE, dan SMAPE yang lebih rendah dibandingkan dengan model ARIMA.

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network (ANN)* adalah beberapa teknik yang telah dikembangkan untuk pendugaan. Selain itu, pola kejadian di masa lampau dapat digunakan untuk meramalkan. Keuntungan utama dari *Artificial Neural Network (ANN)* adalah kemampuannya yang sangat fleksibel dalam memodelkan hubungan yang non-linier. Hal ini sangat penting karena model ARIMA hanya mampu mengasumsikan hubungan yang linier, sehingga tidak mampu menangkap pola-pola yang non-linier yang seringkali terjadi pada data *time series*. Keuntungan menggunakan ANN tidak diperlukan asumsi bahwa pola yang terdapat dalam data harus bersifat linier. Ini berarti ANN mampu membentuk model secara adaptif berdasarkan pola yang ditampilkan dari data. (Kamadewi & Achmad, 2021). Jadi, Gabungan metode ARIMA dan ANN ini akan mengoptimalkan hasil peramalan baik untuk aspek linier maupun non-linier. Dalam hal peramalan, tidak ada satu metode yang sangat unggul dalam memprediksi kondisi data di masa depan.

Perkembangan metode peramalan yang bersifat *hybrid* sudah berkembang luas untuk mendapatkan hasil peramalan yang lebih akurat. Kombinasi dari metode-metode peramalan dapat meningkatkan nilai akurasi peramalan (Maghfiroh et al., 2021).

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan menggunakan metode *hybrid* untuk peramalan. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh (B. Idhom et al., 2020), yaitu meramalkan *the daily global solar radiation* (DGSR) di tiga kota di Maroko dengan menggunakan ANN, ARIMA, dan *hybrid* ARIMA-ANN. Hasil yang diperoleh menunjukkan peramalan DGSR lebih akurat dengan model *Hybrid* ARIMA-ANN. Penelitian yang dilakukan oleh (Kamadewi & Achmad, 2021) mengkombinasikan komponen linier, yaitu ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dengan komponen non linier yaitu ANN (*Artificial Neural Network*) disebut dengan *hybrid* ARIMA-ANN. Hasil yang diperoleh dapat meningkatkan nilai akurasi dari peramalan. Penelitian tentang jumlah penumpang maskapai penerbangan Amerika Serikat dengan menggunakan metode TSR dan *Hybrid* TSR-ARIMA dilakukan oleh (Arumsari et al., 2021). Berdasarkan kriteria MAPE diperoleh hasil bahwa metode *Hybrid* TSR-ARIMA lebih baik dibandingkan metode TSR karena nilai MAPE yang lebih kecil. Penelitian lainnya dilakukan oleh (Maghfiroh et al., 2021) mengenai prediksi peredaran uang kartal baik *inflow* maupun *outflow* di Jawa Tengah menggunakan metode ARIMAX, RBFN, dan *hybrid* ARIMAX-RBFN. Berdasarkan kriteria RMSE dan sMAPE, secara umum diperoleh hasil bahwa model *hybrid* lebih akurat. Penelitian oleh Hadwan et al.(2022) menggunakan dua model *hybrid* yaitu *hybrid* ARIMA-ANN dan *hybrid* ARIMA-BPNN untuk meramalkan Indeks Harga Konsumen dan perkiraan jumlah pasien kanker di Provinsi Ibb di Yaman. Hasil yang diperoleh berdasarkan kriteria MAE, MSE, RMSE dan MAPE menunjukkan bahwa model *hybrid* ARIMA-ANN lebih baik karena nilainya lebih kecil. Penelitian menggunakan *Hybrid* TSR linier -ARIMA dan TSR linier juga dilakukan oleh (Ramadani et al., 2022) untuk meramalkan harga saham PT Telkom. Hasilnya menunjukkan model *Hybrid* TSR-ARIMA mempunyai nilai RMSE, MAPE, dan MAD yang lebih kecil dari model TSR linier. Penelitian tentang gabungan Regresi *Time Series* dan ARIMA untuk meramalkan harga saham dilakukan oleh (Desi et al., 2022). Penelitian dengan menggunakan metode NN untuk meramalkan harga cabai dilakukan oleh (Tri et al., 2023).

Dengan mempertimbangkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memprediksi nilai *inflow* dan *outflow* uang kartal di Regional Jawa Timur menggunakan pendekatan *hybrid* TSR-NN. Sebelumnya telah ada penelitian menggunakan metode Regresi *Time Series* untuk meramalkan nilai arus uang kartal yang masuk dan keluar di Regional Jawa Timur, tetapi kali ini metode

hybrid TSR-NN yang digunakan. Penggunaan pendekatan *hybrid* TSR-NN ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi nilai peramalannya.

BAHAN DAN METODE

Data bulanan mengenai arus masuk dan keluarnya uang kartal di Regional Jawa Timur yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Bank Indonesia. Data tersebut dibagi menjadi dua bagian: data training (dari Januari 2013 hingga Desember 2023) dan data testing (dari Januari hingga Mei 2024). Variabel-variabel yang digunakan dalam analisis dengan metode TSR adalah variabel *inflow* dan *outflow* untuk variabel dependen, sedangkan variabel independennya adalah variabel tren, bulan (M_1 sampai M_{12}), kejadian saat Idul Fitri ($V_{j,t}$), kejadian satu bulan sebelum Idul Fitri ($V_{j,t-1}$), kejadian satu bulan setelah Idul Fitri ($V_{j,t+1}$), dan variabel Covid 19 (C). Variabel yang digunakan untuk analisis menggunakan metode *Hybrid* TSR-NN adalah residual dari hasil analisis TSR dan variabel *inflow*, *outflow*.

Langkah-langkah analisis dari penelitian ini meliputi analisis deskriptif terhadap variabel *inflow* dan *outflow* uang kartal Regional Jawa Timur, yaitu dengan menggunakan plot *time series* dan deskriptif statistik. Tahap kedua yaitu melakukan analisis dengan metode TSR terhadap data *inflow* dan *outflow*. Tahap ketiga adalah melakukan analisis NN dengan menggunakan variabel residual *inflow* dan *outflow* yang diperoleh dari metode TSR. Hasil ramalan metode *Hybrid* TSR-NN diperoleh dari nilai ramalan metode TSR ditambah dengan nilai ramalan NN. Tahap selanjutnya membandingkan hasil ramalan antara metode TSR dan *Hybrid* TSR-NN dengan kriteria RMSE dan MAPE, baik untuk data *training* maupun data *testing*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

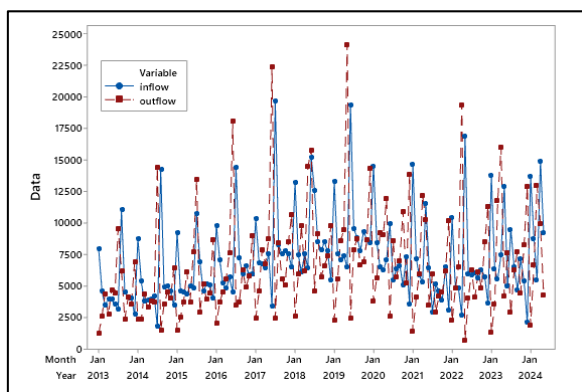
Deskriptif data tahunan peredaran uang kartal yang masuk dan keluar di Regional Jawa Timur tahun 2013 sampai dengan 2022 dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa *inflow* terendah terjadi pada tahun 2013, dengan nilai Rp 1.214 miliar, sementara *outflow* terendah terjadi pada tahun 2022, sebesar Rp 625 miliar. Adapun *inflow* tertinggi tercatat pada tahun 2017, mencapai Rp 19.703 miliar, sedangkan *outflow* tertinggi terjadi pada tahun 2019, dengan nilai Rp 24.191 miliar. Rata-rata *inflow* dan *outflow* tertinggi pada tahun 2019, yaitu sebesar Rp 9.471 milyar (*inflow*) dan Rp 8.804 milyar (*outflow*).

Tabel 1. Deskriptif *Inflow* Dan *Outflow* (Dalam Milyar Rupiah)

Tahun	Variabel	Mean	Std. Dev	Min	Max
2013	<i>Inflow</i>	4733	2379	2712	11045
	<i>Outflow</i>	4365	2277	1214	9528
2014	<i>Inflow</i>	5326	3261	1782	14295
	<i>Outflow</i>	4494	3379	1421	14441
2015	<i>Inflow</i>	5722	2136	3979	10719
	<i>Outflow</i>	5299	3310	1477	13457
2016	<i>Inflow</i>	6901	2744	4497	14404
	<i>Outflow</i>	6207	4206	2028	18112
2017	<i>Inflow</i>	8198	3960	3332	19703
	<i>Outflow</i>	7783	5275	2421	22447
2018	<i>Inflow</i>	8869	3084	5423	15186
	<i>Outflow</i>	8166	3892	2578	15810
2019	<i>Inflow</i>	9471	3578	6503	19381
	<i>Outflow</i>	8804	5809	2280	24191
2020	<i>Inflow</i>	7237	2791	3516	14489
	<i>Outflow</i>	7781	3410	2584	13900
2021	<i>Inflow</i>	6411	3468	2923	14674
	<i>Outflow</i>	5923	3313	1339	12153
2022	<i>Inflow</i>	6541	3759	2644	16903
	<i>Outflow</i>	6548	4907	625	19404
2023	<i>Inflow</i>	7176	3392	2083	13779
	<i>Outflow</i>	7232	4442	1246	15995

Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan plot time series pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa baik *inflow* maupun *outflow* menunjukkan polanya berfluktuasi dan menunjukkan adanya pola yang berulang (ada musiman) khususnya pada bulan-bulan adanya hari raya keagamaan seperti Idul Fitri, Natal dan tahun baru. Selain itu, *inflow* mengalami kenaikan pada awal tahun, yaitu bulan Januari, sedangkan *inflow* mengalami penurunan pada akhir tahun, yaitu bulan Desember. Sebaliknya, *outflow* mengalami penurunan pada awal tahun, yaitu bulan Januari, sedangkan *outflow* mengalami kenaikan pada akhir tahun, yaitu bulan Desember.



Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Gambar 1. Plot Time Series *Inflow* Dan *Outflow*

Hasil analisis *inflow* uang kartal dengan menggunakan TSR menunjukkan bahwa pada pengujian parameter regresi secara serentak diperoleh nilai $F_{hitung} = 158$ dan nilai $p_{value} = 0,000$, karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel(0,05;15;83)} = 1,79$ atau nilai $p_{value} < \alpha(5\%)$, maka keputusannya tolak H_0 , artinya minim ada satu variabel independen mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap *inflow*. Tabel 2 menjelaskan pengujian parameter regresi secara parsial. Berdasarkan Tabel 2, variabel-variabel independen yang berpengaruh signifikan terhadap *inflow*, karena semua nilai $p_{value} < \alpha(5\%)$, yaitu variabel tren, M_1, M_2, M_5, M_{11} (Variabel bulan Januari, Februari, Mei, dan November), $V_{1,t}$ (variabel terjadinya Idul Fitri di minggu ke-1), $V_{2,t}$ (variabel terjadinya Idul Fitri di minggu ke-2), $V_{4,t}$ (variabel terjadinya Idul Fitri di minggu ke-4), $V_{4,t+1}$ (variabel satu bulan setelah terjadinya Idul Fitri di minggu ke-4), C_t (Covid-19), $Y_{1,t-2}$ (variabel *inflow* 2 bulan sebelumnya), $Y_{1,t-24}$ (variabel *inflow* 24 bulan sebelumnya), $Y_{1,t-34}$ (variabel *inflow* 34 bulan sebelumnya), $Y_{1,t-12}$ (variabel *inflow* 12 bulan sebelumnya), dan $Y_{1,t-3}$ (variabel *inflow* 3 bulan sebelumnya)

Tabel 2. Uji Parameter Regresi Secara Parsial (*Inflow*)

Variabel	Koefisien	T_{hitung}	P_{value}
tren	20,9	3,150	0,002
M_1	4242,8	5,580	0,000
M_2	1444,5	2,330	0,023
M_5	1386,1	2,000	0,048
M_8	748,7	1,180	0,241
M_{11}	1918,5	2,750	0,007
$V_{1,t}$	5333,0	4,630	0,000
$V_{2,t}$	11455,0	7,040	0,000
$V_{4,t}$	4337,0	3,980	0,000
$V_{4,t+1}$	4824,0	3,880	0,000
C	-992,9	-2,180	0,032
$Y_{1,t-2}$	0,176	3,970	0,000
$Y_{1,t-24}$	-0,227	-2,400	0,019
$Y_{1,t-34}$	-0,167	-2,350	0,021
$Y_{1,t-12}$	0,692	9,100	0,000
$Y_{1,t-3}$	0,147	3,210	0,002

Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Pengujian asumsi residual yang bersifat *white noise* dan berdistribusi normal kemudian dilakukan. Uji *white noise* pada residual diterapkan menggunakan uji *Ljung-Box*, dengan hasil yang disajikan dalam Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, residual *inflow* telah memenuhi asumsi *white noise*, karena pada setiap lag diperoleh nilai p -value yang lebih besar dari $\alpha(5\%)$. Uji *Kolmogorov-Smirnov* digunakan untuk menguji asumsi bahwa residual berdistribusi normal. Hasil yang diperoleh adalah nilai $p_{value} = 1,02$, karena nilai $p_{value} > \alpha(5\%)$

maka asumsi residual berdistribusi normal terpenuhi.

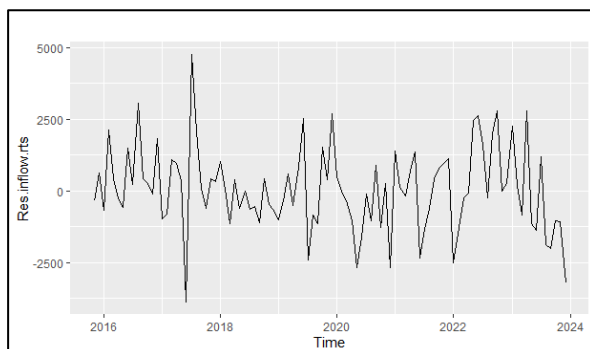
Tabel 3. Uji Ljung Box Residual *Inflow*

lag	6	12	18	24
χ^2	5,852	15,836	22,955	31,625
<i>p</i> -value	0,44	0,199	0,192	0,137

Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Residual ($N_{1,t}$) *inflow* yang diperoleh dari pemodelan TSR digunakan sebagai input dalam metode NN. Plot *time series* dari residual TSR *inflow* dapat dilihat pada Gambar 2. Residual tersebut dimodelkan dengan NNAR (*Neural Network Autoregression*). Hasil yang diperoleh adalah model NNAR(1,1,2)₁₂, yaitu model dengan input $N_{1,t-1}$ dan $N_{1,t-12}$ dengan dua neuron *hidden layer*. Hasil ramalan NNAR(1,1,2)₁₂ kemudian ditambahkan dengan nilai ramalan TSR untuk mendapatkan ramalan *Hybrid* TSR-NN. Hasil ramalan dengan TSR dan *Hybrid* TSR-NN dapat dilihat pada Tabel 4.

Menurut Tabel 4, hasil ramalan *inflow* dengan menggunakan TSR dan *Hybrid* TSR-NN menunjukkan *inflow* tertinggi pada bulan April 2024 dan *inflow* terendah terjadi pada bulan Maret 2024.



Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Gambar 2. Plot *Time Series* Residual TSR *Inflow*

Tabel 4. Nilai *Inflow* Aktual, Prediksi TSR Dan *Hybrid* TSR-NN (Dalam Milyar Rupiah)

bulan	aktual <i>inflow</i>	ramalan TSR	ramalan <i>hybrid</i> TSR-NN
Jan-24	13699,38	15210,08	14065,48
Feb-24	8734,04	7781,667	7871,76
Mar-24	5417,86	6322,672	6546,90
Apr-24	14904,49	21344,82	19899,00
May-24	9223,56	11112,87	11243,26

Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan hasil analisis *outflow* menggunakan TSR, maka dapat diketahui bahwa beberapa variabel independen yang berpengaruh

signifikan terhadap *outflow* dapat dilihat pada Tabel 5. Variabel-variabel independen yang signifikan adalah variabel $M_{3,t}$ (Variabel bulan Maret) s.d $M_{10,t}$ (variabel bulan 10), $M_{12,t}$ (variabel bulan Desember), $V_{1,t}$ (variabel terjadinya Idul Fitri di minggu ke-1), $V_{2,t}$ (variabel terjadinya Idul Fitri di minggu ke-2), $V_{4,t}$ (variabel terjadinya Idul Fitri di minggu ke-4), $V_{4,t-1}$ (variabel satu bulan sebelum kejadian Idul Fitri di minggu ke-4), C_t (Covid-19), $Y_{2,t-14}$ (variabel *outflow* 14 bulan sebelumnya), $Y_{2,t-23}$ (variabel *outflow* 23 bulan sebelumnya), $Y_{2,t-34}$ (variabel *outflow* 34 bulan sebelumnya), dan $Y_{2,t-35}$ (variabel *outflow* 35 bulan sebelumnya).

Tabel 5. Uji Parameter Regresi Secara Parsial (*Outflow*)

Variabel	Koefisien	Thitung	<i>p</i> -value
M_3	4995,3	5,93	0,000
M_4	3359,1	3,75	0,000
M_5	4712,9	5,10	0,000
M_6	2331,7	2,42	0,018
M_7	2101,2	2,61	0,011
M_8	2870,5	3,71	0,000
M_9	2718,9	3,65	0,000
M_{10}	3287,0	4,00	0,000
M_{11}	10463,2	15,24	0,000
$V_{1,t}$	-3537,0	2,68	0,009
$V_{2,t}$	6783,0	2,91	0,005
$V_{4,t}$	2379,0	1,68	0,097
$V_{1,t-1}$	4121,0	3,12	0,003
C	-2437,8	5,11	0,000
$Y_{2,t-14}$	0,085	1,77	0,081
$Y_{2,t-23}$	0,457	5,99	0,000
$Y_{2,t-34}$	-0,196	3,50	0,001
$Y_{2,t-35}$	0,380	4,81	0,000

Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Hasil analisis *outflow* uang kartal dengan menggunakan TSR menunjukkan bahwa pada pengujian parameter regresi secara serentak diperoleh nilai $F_{hitung} = 103,26$ dan nilai $p_{value} = 0,000$, karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel(0,05;18;79)} = 1,74$ atau nilai $p_{value} < \alpha(5\%)$, maka keputusannya tolak H_0 , artinya minimal ada satu variabel independen yang berpengaruh signifikan terhadap *outflow*.

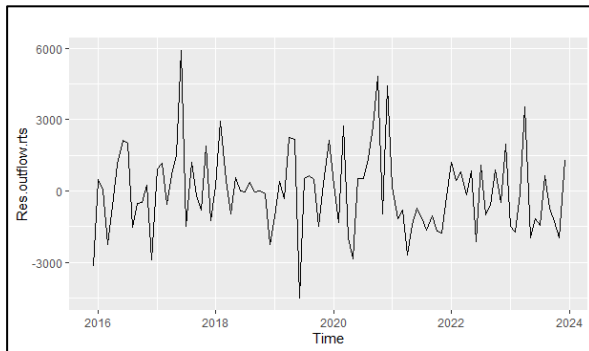
Tahap selanjutnya adalah menguji asumsi bahwa residual bersifat *white noise* menggunakan uji *Ljung-Box*, serta menguji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hasil pengujian *white noise* pada residual disajikan dalam Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6, setiap lag memiliki nilai *p*-value yang lebih besar dari $\alpha(5\%)$, yang menunjukkan bahwa residual telah memenuhi asumsi *white noise*. Hasil pengujian dengan *Kolmogorov Smirnov* menghasilkan nilai *p*-value sebesar 0,15, karena $p_{value} > \alpha(5\%)$ maka

keputusannya gagal tolak H_0 , artinya bahwa residual berdistribusi normal sudah terpenuhi.

Tabel 6. Uji Ljung Box Residual *Outflow*

lag	6	12	18	24
χ^2	4,147	6,007	10,738	12,659
<i>pvalue</i>	0,657	0,916	0,905	0,971

Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)



Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Gambar 3. Plot Time Series Residual TSR *Outflow*

Residual (N_{2t}) diperoleh dari pemodelan TSR untuk *outflow* uang kartal digunakan sebagai input dalam NN. Plot *time series* dari residual TSR *outflow* dapat dilihat pada Gambar 3. Residual tersebut digunakan sebagai input NNAR (*Neural Network Autoregression*). Hasil yang diperoleh adalah model NNAR(1,1,2)₁₂, yaitu model dengan input $N_{2,t-1}$ dan $N_{2,t-12}$ dengan dua neuron *hidden layer*. Hasil ramalan NNAR(1,1,2)₁₂ kemudian ditambahkan dengan nilai ramalan TSR untuk mendapatkan ramalan *Hybrid* TSR-NN. Hasil ramalan *outflow* uang kartal Regional Jawa Timur dengan TSR dan *Hybrid* TSR-NN dapat dilihat pada Tabel 7.

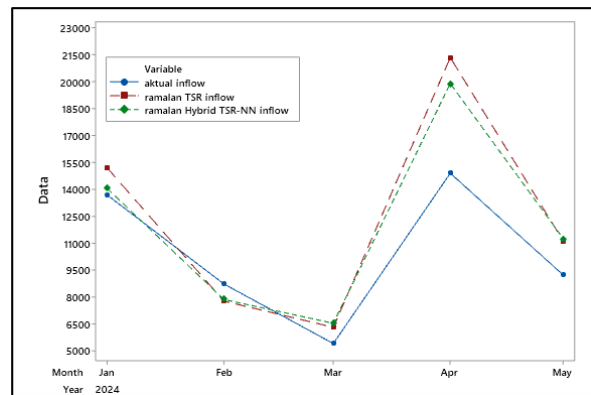
Tabel 7. Nilai *Outflow* Aktual, Ramalan TSR Dan *Hybrid* TSR-NN (Dalam Milyar Rupiah)

bulan	Aktual <i>outflow</i>	ramalan TSR	ramalan <i>Hybrid</i> TSR-NN
Jan-24	1810,40	2731,33	2628,10
Feb-24	6673,84	5283,35	5136,29
Mar-24	12995,87	11843,3	11995,35
Apr-24	9932,10	12478,3	12650,47
May-24	4230,96	6158,66	5747,07

Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

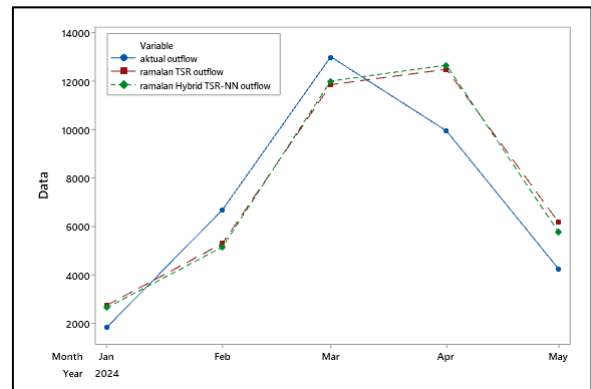
Tabel 7 menunjukkan hasil ramalan *outflow* dengan menggunakan metode TSR dan *Hybrid* TSR-NN. Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui nilai ramalan *outflow* terendah baik metode TSR maupun *Hybrid* TSR-NN pada bulan Januari 2024, sedangkan nilai ramalan *outflow* tertinggi baik metode TSR

maupun metode *Hybrid* TSR-NN pada bulan Maret 2024.



Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Gambar 4. Plot Time Series Aktual Dan Ramalan *Inflow* Dengan TSR Dan *Hybrid* TSR-NN



Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Gambar 5. Plot Time Series Aktual Dan Ramalan Time Series Regression Dengan TSR Dan *Hybrid* TSR-NN

Plot *time series* antara nilai aktual dan nilai ramalan dengan menggunakan metode *hybrid* TSR-NN dapat dilihat pada Gambar 4 untuk *inflow* dan Gambar 5 untuk *outflow*. Pada Gambar 4 menunjukkan pola dari nilai ramalan *inflow* kurang mendekati pola dari nilai aktualnya, sedangkan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa pola nilai ramalan *outflow* lebih mendekati pola nilai aktual *outflow*.

Berdasarkan kriteria RMSE dan MAPE, perbandingan hasil peramalan dengan metode TSR dan *Hybrid* TSR-NN dapat dilihat di Tabel 8 dari kedua kelompok data *training* dan *testing*. Tabel 8 menunjukkan bahwa untuk inflow uang kartal, metode *Hybrid* TSR-NN memiliki nilai RMSE sebesar 1.293,99 dan MAPE sebesar 0,15 pada data *training*, serta RMSE sebesar 2.497,06 dan MAPE sebesar 0,18 pada data *testing*. Nilai ini lebih kecil dibandingkan metode TSR, yang memiliki RMSE

sebesar 1.464,84 dan MAPE sebesar 0,18 pada data *training*, serta RMSE sebesar 3.132,26 dan MAPE sebesar 0,20 pada data *testing*.

Sementara itu, hasil peramalan untuk *outflow* uang kartal menunjukkan bahwa metode TSR memiliki nilai RMSE terkecil sebesar 1.769,20 dan MAPE sebesar 0,25 pada data *training*. Namun, untuk data *testing*, metode *Hybrid* TSR-NN menghasilkan nilai RMSE lebih kecil, yaitu 1.656,62, dengan MAPE sebesar 0,28, dibandingkan metode TSR yang memiliki RMSE sebesar 3.212,75 dan MAPE sebesar 0,55.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Hybrid* TSR-NN lebih efektif dalam meramalkan uang kartal Regional Jawa Timur, baik untuk *inflow* maupun *outflow*, terutama pada data *testing*.

Tabel 8. Nilai MAPE dan RMSE

Variabel	Kriteria	Training		Testing	
		TSR	Hybrid-TSR-NN	TSR	Hybrid-TSR-NN
Inflow	RME	1.464,84	1293,99	3132,26	2497,06
	MAPE	0,18	0,15	0,20	0,18
Outflow	RME	1.769,20	3208,70	3.212,75	1656,62
	MAPE	0,25	0,53	0,55	0,28

Sumber : (Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan Tabel 8, jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Indrasetyaningih et al., 2023) dapat diketahui bahwa pada hasil penelitian ini lebih baik menggunakan metode *Hybrid* TSR-NN baik untuk *inflow* maupun *outflow*, karena menghasilkan nilai MAPE dan RMSE yang lebih kecil pada data *testing*.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini untuk data *testing* metode *Hybrid* TSR-NN menghasilkan nilai RMSE lebih kecil, yaitu 1.656,62, dengan MAPE sebesar 0,28, sehingga metode *Hybrid* TSR-NN lebih cocok digunakan untuk memprediksi arus uang kartal yang masuk dan keluar di Regional Jawa Timur. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada pendekatan *hybrid* dalam memprediksi arus masuk dan keluarnya uang kartal di Regional Jawa Timur. Pada penelitian ini model NN yang digunakan adalah *Neural Network Autoregressive*. Saran untuk penelitian lanjutan adalah menggunakan metode *hybrid* dengan model *Artificial Neural Network* (ANN) lain.

REFERENSI

- Arumsari, M., Tri, A., & Dani, R. (2021). *Peramalan Data Runtun Waktu menggunakan Model Hybrid Time Series Regression – Autoregressive Integrated Moving Average*. 02(01), 1–12.
- Astri, D., Kuswanto, H., & Suhartono. (2020). PERAMALAN LANGSUNG DAN TIDAK LANGSUNG MARKET SHARE MOBIL MENGGUNAKAN ARIMAX DENGAN EFEK VARIASI KALENDER. *Media Statistika*, 13(1), 47–59.
<https://doi.org/10.14710/medstat.13.1.47-59>
- B.S., W., & Prastuti, M. (2022). Peramalan Permintaan Semen di PT. XYZ Menggunakan. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 11(1).
- Dani, A. T. ., Fauziyah, M., Sandariria, H., & A'yun, Q. . (2023). Forecasting The Search Trends of The Keyword “ Sarung Wadimor ” In Indonesia on Google Trends Data Using Time Series Regression with Calender Variation and Arima Box- Jenkins. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 19(3), 447–459.
<https://doi.org/10.20956/j.v19i3.24551>
- Desi, D., Rizki, S. W., & Yundari, Y. (2022). Combined Model Time Series Regression – ARIMA on Stocks Prices. *Tensor*, 3(2), 65–72.
- Hadwan, M., Al-maqaleh, B. M., Al-badani, F. N., Khan, R. U., & Al-hagery, M. A. (2022). A Hybrid Neural Network and Box-Jenkins Models for Time Series Forecasting. *Computer, Materials & Continua*, 70(3).
<https://doi.org/10.32604/cmc.2022.017824>
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting : Principles and Practice* (2nd ed.). Otexts. <https://otexts.com/fpp2/>
- Idhom, B., Louzazni, M., & Bouardi, A. El. (2020). A hybrid ARIMA – ANN method to forecast daily global solar radiation in three different cities in Morocco. *The European Physical Journal Plus*, 135(11), article id.925.
<https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-020-00920-9>
- Idhom, M., Fauzi, A., Trimono, T., & Riyantoko, P. (2023). Time Series Regression : Prediction of Electricity Consumption Based on Number of Consumers at National Electricity Supply Company. *TEM Journal*, 12(3), 1575–1581.
<https://doi.org/10.18421/TEM123>
- Indonesia, B. (2024). *Pengelolaan Uang Rupiah Perencanaan Pencetakan Pengeluaran*. <https://www.bi.go.id/id/fungsi-utama/sistem-pembayaran/pengelolaan-rupiah/default.aspx>
- Indrasetyaningih, A., Pramesti, W., Fitriani, F., Reihana, H., Sari, K., & Priyanto, H. D. (2023).

- Peramalan Peredaran Inflow dan Outflow Uang Kartal Regional Jawa Timur dengan Menggunakan Metode Regresi Time Series. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset Dan Pengabdian*, 1-13.
- Kamadewi, R., & Achmad, A. I. (2021). Pemodelan Hybrid ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) - ANN (Artificial Neural Network) pada Data Inflasi Indonesia Tahun 2009 - 2020. *Prosiding Statistika*, 33-41. <https://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/statistika/article/view/25503/0>
- Maghfiroh, Z. F., Suhartono, Prabowo, H., Salehah, N. A., Prastyo, D. D., & Setiawan. (2021). Forecasting Inflow and Outflow of Currency in Central Java using ARIMAX, RBFN and Hybrid ARIMAX-RBFN. *Journal of Physics: Conference Series*, 1863(1), 0-19. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1863/1/012066>
- Qadrini, L., Asrirawan, A., Mahmudah, N., Fahmuddin, M., & Amri, I. F. (2020). Forecasting Bank Indonesia Currency Inflow and Outflow Using ARIMA, Time Series Regression (TSR), ARIMAX, and NN Approaches in Lampung. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 17(2), 166-177. <https://doi.org/10.20956/jmsk.v17i2.11803>
- Ramadani, K., Wahyuningsih, S., & Hayati, M. N. (2022). Forecasting stock price PT. Telkom using hybrid time series regression linear-autoregressive integrated moving average. 18(2), 293-307. <https://doi.org/10.20956/j.v18i2.18837>
- Tri, A., Dani, R., Putra, F. B., & A, Q. Q. (2023). Red Chili Price Forecasting in Indonesia Based on Data from The Strategic Food Price Information Center using the Neural Network. 10(3), 14-20.