

Peramalan Uang Kartal Provinsi Jawa Barat Menggunakan Hybrid ARIMAX-QR DAN QRNN

West Java Province Currency Forecasting Using Hybrid ARIMAX-QR AND QRNN

Pelangi Langit Biru¹, Tiani Wahyu Utami¹, Rochdi Wasono¹

¹Universitas Muhammadiyah Semarang, Kota Semarang

Corresponding author: tianiutami@unimus.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas peramalan aliran uang kartal (*inflow* dan *outflow*) di Provinsi Jawa Barat menggunakan dua model *hybrid*, yaitu ARIMAX-QR dan Quantile Regression Neural Network (QRNN). Aliran uang kartal yang diatur oleh Bank Indonesia memiliki peran penting dalam perekonomian, sehingga diperlukan model yang akurat untuk memprediksi pergerakannya. Penelitian ini menggunakan data *inflow* dan *outflow* uang kartal dari Kantor Perwakilan Bank Indonesia Provinsi Jawa Barat untuk periode Januari 2011 hingga Desember 2023.

Model *hybrid* ARIMAX-QR digunakan untuk memprediksi komponen linear, sedangkan QRNN digunakan untuk menangkap pola non-linear dalam data. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan akurasi dari kedua model *hybrid* tersebut dalam memprediksi aliran uang kartal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *hybrid* memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan model individu, dengan QRNN menunjukkan performa terbaik dalam memodelkan fluktuasi non-linear. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan model peramalan yang lebih presisi dan akurat, yang dapat membantu Bank Indonesia dalam merencanakan dan membuat kebijakan terkait pengelolaan uang kartal.

Manfaat dari penelitian ini tidak hanya untuk memberikan metode peramalan yang lebih akurat tetapi juga sebagai rujukan kebijakan bagi Bank Indonesia dalam pengelolaan aliran uang kartal di Jawa Barat. Model yang dikembangkan juga dapat diterapkan pada berbagai konteks peramalan keuangan lainnya yang membutuhkan akurasi tinggi dalam kondisi yang dinamis dan tidak pasti.

Kata Kunci : Uang Kartal, Hibrid, QRNN, ARIMAX-QR, Jawa Barat

Abstract

This research discusses forecasting currency circulation (inflow and outflow) in West Java Province using two hybrid models, namely ARIMAX-QR and Quantile Regression Neural Network (QRNN). Currency circulation, regulated by Bank Indonesia, plays a crucial role in the economy, necessitating accurate models to predict its movement. This study uses inflow and outflow data from the Bank Indonesia Representative Office in West Java Province for the period from January 2011 to December 2023.

The hybrid ARIMAX-QR model is used to predict linear components, while QRNN is employed to capture non-linear patterns in the data. Additionally, this study compares the accuracy of these two hybrid models in forecasting currency circulation. The results show that hybrid models provide higher accuracy compared to individual models, with QRNN demonstrating the best performance in modeling non-linear fluctuations. This research contributes to the development of more precise and accurate forecasting models, which can assist Bank Indonesia in planning and formulating policies related to currency circulation management.

The benefits of this research extend beyond providing a more accurate forecasting method but also serve as a policy reference for Bank Indonesia in managing currency circulation in West Java. The developed models can also be applied to various other financial forecasting contexts that require high accuracy in dynamic and uncertain conditions.

Keywords : Forecasting currency circulation, Hybrid, QRNN, ARIMAX-QR, West Java

PENDAHULUAN

Uang kartal, sebagai bentuk uang fisik yang terdiri dari kertas dan logam, memiliki peranan yang sangat penting dalam perekonomian suatu negara (Liang, 1986).. Peredaran uang kartal tidak hanya berkaitan dengan aktivitas transaksi sehari-hari, tetapi juga mencerminkan stabilitas ekonomi dan tingkat likuiditas dalam perekonomian. Sebagai otoritas moneter, Bank Indonesia memiliki tugas penting dalam menjaga stabilitas sistem keuangan, salah satunya dengan memastikan ketersediaan uang kartal yang cukup dan sesuai kebutuhan di masyarakat (Wulan Sari, 2016).

Di Provinsi Jawa Barat, salah satu provinsi dengan jumlah penduduk terbesar di Indonesia, volume *inflow* (masuknya uang kartal ke Bank Indonesia) dan *outflow* (keluarnya uang kartal dari Bank Indonesia) menunjukkan tren yang meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data Bank Indonesia, selama periode 2011-2020, terjadi peningkatan yang signifikan dalam jumlah uang kartal yang beredar. Peningkatan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor ekonomi seperti tingkat inflasi, pertumbuhan ekonomi, dan kebijakan moneter (Bank Indonesia, 2009).

Namun, peramalan *inflow* dan *outflow* uang kartal tidaklah mudah. Fluktuasi dalam jumlah uang yang beredar dipengaruhi oleh berbagai variabel ekonomi yang kompleks, sehingga memerlukan model peramalan yang mampu menangkap pola-pola non-linear dan volatilitas yang tinggi. Pendekatan tradisional seperti ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) sering digunakan dalam peramalan *time series*, namun model ini memiliki keterbatasan dalam menangkap pola *non-linear* yang mungkin ada dalam data (Zhang, 2003).

Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian ini mengusulkan penggunaan model *hybrid* ARIMAX-QR (*Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables-Quantile Regression*) dan QRNN (*Quantile Regression Neural Network*) (Badrul, 2013). Model *hybrid* ini diharapkan dapat menggabungkan keunggulan model *linier* seperti ARIMAX dengan kemampuan model *non-linier* seperti QRNN (Saputri, 2017), sehingga dapat meningkatkan akurasi peramalan *inflow* dan *outflow* uang kartal di Jawa Barat.

Dengan mengembangkan model peramalan yang lebih akurat, Bank Indonesia diharapkan dapat membuat keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan uang kartal. Keberhasilan model ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian-penelitian di bidang peramalan ekonomi lainnya, terutama dalam konteks penggunaan model *hybrid* yang menggabungkan pendekatan linier dan non-linier. Penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi pada literatur akademis, tetapi juga memiliki implikasi praktis yang signifikan bagi pengelolaan kebijakan moneter di Indonesia.

Analisis *Time Series*

Analisis deret waktu atau *time series* merupakan analisis yang dilakukan terhadap data yang diambil dalam urutan waktu tertentu. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memahami pola data historis serta melakukan peramalan di masa depan. Data deret waktu dipengaruhi oleh faktor musiman, tren, dan variasi lain yang mungkin bersifat acak.

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

ARIMA adalah model dasar dalam analisis *time series* yang digunakan untuk memprediksi nilai masa depan dari suatu seri data. Model ini terdiri dari tiga bagian utama: *autoregressive* (AR), *integrated* (I), dan *moving average* (MA). Penulis menjelaskan langkah-langkah untuk identifikasi model ARIMA, estimasi parameter, dan uji diagnostik untuk memastikan bahwa model tersebut sesuai dengan data yang

digunakan. Peramalan dengan ARIMA dilakukan setelah model yang sesuai dipilih dan diuji.

Model ARIMAX

Model ARIMAX adalah pengembangan dari model ARIMA dengan menambahkan variabel eksternal sebagai prediktor. Dalam penelitian ini, model ARIMAX digunakan untuk menangkap variasi yang disebabkan oleh variabel eksternal seperti variasi kalender dan tren deterministik. Rumus umum untuk model ARIMAX adalah sebagai berikut:

$$Y_t = ARIMA(p, d, q) + X_t\beta + \epsilon_t$$

Dimana Y_t adalah variable dependen dan X_t adalah variable independent eksternal, β adalah koefisien regresi dan ϵ_t adalah *error term*

Quantile Regression Neural Network (QRNN)

Quantile Regression Neural Network (QRNN) adalah pendekatan yang menggabungkan regresi kuantil dengan model *neural network*. QRNN digunakan untuk memperkirakan distribusi kuantil dari variabel respons yang dapat menangkap dinamika yang lebih kompleks dari hubungan *non-linier* antar variabel. Model QRNN dibangun dengan menggunakan *neural network* untuk memodelkan setiap kuantil dari variabel target, dengan rumus:

$$Q_T(Y|X) = X\beta_T + f(X; \theta) + \epsilon$$

Dimana $Q_T(Y|X)$ adalah kuantil ke-T dan Y yang bersyarat pada X, $f(X; \theta)$ adalah fungsi non-linier yang dipelajari oleh *neural network* dan ϵ adalah *error term*.

Model Hybrid QRNN dan ARIMAX

Penelitian ini mengembangkan model hybrid yang menggabungkan ARIMAX dengan QRNN untuk meningkatkan akurasi peramalan *inflow* dan *outflow* uang kartal. Model *hybrid* ini memanfaatkan keunggulan dari kedua model, dimana ARIMAX digunakan untuk menangkap pola *linier* sementara QRNN digunakan untuk menangkap pola *non-linier* yang lebih kompleks. Formulasi matematis model hybrid ini adalah:

$$Y_t = ARIMAX(X_t) + QRNN(X_t; \theta) + \epsilon_t$$

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengembangkan model peramalan *inflow* dan *outflow* uang kartal di Provinsi Jawa Barat dengan menggunakan model *hybrid* ARIMAX-QR dan QRNN. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel independen yang merupakan data *inflow* dan *outflow* serta variabel dependen yang merupakan periode waktu ke-t untuk data *inflow* dan *outflow* ke-i serta efek variasi kalender dari Idul Fitri

Tabel 1:
Variabel Penelitian

Variabel	Nama Variabel	Definisi Operasional
Y_{1t}	<i>Inflow</i> Jawa Barat untuk periode ke-t	Kegiatan Bank melakukan penyetoran yang ke BI
Y_{2t}	<i>Outflow</i> Jawa Barat untuk periode ke-t	Kegiatan Bank melakukan penarikan uang yang masih layak edar (ULE)
M_{it}	<i>Dummy</i> bulan ke- $i=1,2,\dots,12$	<i>Dummy</i> bulan Januari sampai Desember
t	Waktu	<i>Dummy</i> waktu untuk bulan

Variabel	Nama Variabel	Definisi Operasional
$V_{j,t-1}$	Satu Bulan Sebelum Hari Raya Idul Fitri	<i>Dummy</i> minggu sebelum terjadinya hari raya Idul Fitri $j=1,2,3,4$
$V_{j,t}$	Bulan Terjadinya Hari Raya Idul Fitri	<i>Dummy</i> minggu terjadinya hari raya Idul Fitri dimana $j=1,2,3,4$
$V_{j,t+1}$	Satu Bulan Setelah Hari Raya Idul Fitri	<i>Dummy</i> minggu setelah terjadinya hari raya Idul Fitri $j=1,2,3,4$

Meramalkan Data Inflow dan Outflow Uang Kartal Bank Indonesia dengan Menggunakan Model Hybrid ARIMAX-QR

Melakukan pemodelan *time series regression* dengan respon Y_t dan predictor \hat{Y}_t serta variable *dummy* menggunakan QR dimana:

$$Y_t = \beta_1(\tau)\hat{Y}_t + \beta_2(\tau)t + \gamma_1(\tau)M_{1,t} + \dots + a_4(\tau)V_{4,t+1} + a_t$$

Mendapatkan estimator $\hat{\beta}(r)$ untuk kuantil 2,5%; 50%; dan 97,5% serta melakukan peramalan titik dan interval dengan menggunakan model terbaik.

Meramalkan Data Inflow dan Outflow Uang Kartal Bank Indonesia dengan Menggunakan Model Hybrid ARIMAX-QR

Peramalan data *inflow* dan *outflow* uang kartal pada Bank Indonesia menggunakan model *hybrid QRNN* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Peramalan model linear yakni pemodelan ARIMAX.
2. Pembentukan arsitektur model nonlinear.

Arsitektur yang digunakan dalam model NN adalah *single hidden layer feedforward network* yang terdiri dari n input, m unit pada *hidden layer* dan satu *output*. Dalam regresi *input* dikenal sebagai variable predictor x_{it} dan *output* dikenal sebagai variable dependek y_t . Model yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$f(x_t, v, w) = g_2 \left(\sum_{j=0}^m v_j g_1 \left(\sum_{i=0}^n w_{ji} x_{it} \right) \right)$$

dimana $g_1(\cdot)$ adalah fungsi aktivasi tangen hiperbolik dari *input* ke *hidden layer* dan $g_2(\cdot)$ adalah fungsi aktivasi linier dari *hidden layer* ke *output*, w_{ij} dan v_j adalah bobot atau parameter yang diestimasi. Penentuan n input dalam arsitektur model nonlinier ini menggunakan nilai prediksi model ARIMAX, sedangkan penentuan m unit pada *hidden layer* menggunakan *cross validation*.

3. Mengestimasi parameter model QRNN $f(x_t, v, w)$ dengan meminimumkan dengan nilai $\lambda_1 \lambda_2$ yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, sedangkan ε untuk setiap iterasi adalah $2^{-8}, 2^{-9}, 2^{-10}, \dots, 2^{-32}$ menggunakan *package QRNN*.
4. Mendapatkan estimator $\{\hat{v}(\tau)\hat{w}(\tau)\}$ untuk kuantil 2,5%; 50%; 97,5%.
5. Melakukan peramalan titik dan interval dengan menggunakan model terbaik.

Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik menggunakan kriteria sebagai berikut:

1. *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk data *outsample* dinyatakan dalam persamaan.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (Y_{n+1} - \hat{Y}_n(l))^2}$$

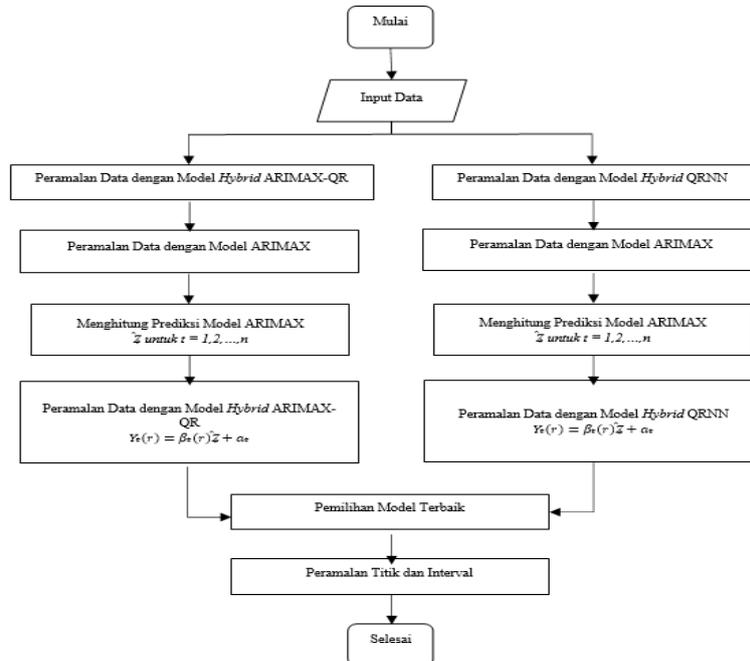
Dimana M merupakan banyaknya ramalan Y_{n+1} merupakan deret *output* pada waktu ke $(n + 1)$ dan $\hat{Y}_n(l)$ merupakan nilai ramalan deret *output* l tahap kedepan, sedangkan RMSE untuk data *insample* dinyatakan dalam

persamaan:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M - P} \sum_{i=1}^M (Y_{n+1} - \hat{Y}_n(l))^2}$$

2. *Media Absolut Error* (MdAE) yang dinyatakan dalam persamaan
 $MdAE = median(|e_t|)$

Gambar 1:
Diagram Analisis



HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *Inflow* dan *Outflow* Bank BI Provinsi Jawa Barat

Tabel 2:

Karakteristik Data *Inflow* dan *Outflow* Bank BI Provinsi Jawa Barat

Variabel	Rata-rata	St.dev	Maks	Min
<i>Inflow</i>	6.444,671	2.734,167	17.164,001	1.725,648
<i>Outflow</i>	3.945,448	3.209,020	19.573,162	165,969

Pada tabel 2 tersebut diketahui bahwa rata-rata *inflow* uang kartal BI Provinsi Jawa Barat selama periode pengamatan yaitu januari 2011 hingga desember 2023 sebesar 6.444,671 sedangkan rata-rata *outflow* uang kartal BI Provinsi Jawa Barat dari Januari 2011 hingga Desember 2023 sebesar 3.945,448.

Nilai standar deviasi untuk *inflow* uang kartal di BI Jawa Barat pada januari 2011 hingga desember 2023 sebesar 2.734,167 sedangkan nilai standar deviasi untuk *outflow* pada Januari 2011 hingga desember 2023 sebesar 3.209,020.

Model *Hybrid ARIMAX-QR* Untuk *Inflow* dan *Outflow* Uang Kartal Provinsi Jawa Barat

1. Model *Hybrid ARIMAX-QR* Untuk *Inflow* Uang Kartal provinsi Jawa Barat

Berdasarkan hasil estimasi parameter yang dilakukan, model ARIMAX dengan efek variasi kalender yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Y_{1t} = 3,130t + 1,337M_1 + 1,140M_2 + 1,196M_3 + 1,128M_4 + 1,138M_5 + 1,325M_6 + 1,131M_7 + 1,254M_8 + 1,337M_9 + 1,258M_{10} + 1,180M_{11} + 1,020M_{12} + 3,140V_{1,t} + 8,276V_{2,t} + 9,695V_{3,t} + 9,762V_{4,t} + 10,876V_{1,t+1} + 15,130V_{2,t+1} + 17,654V_{3,t+1} + 23,657V_{4,t+1} + a_t$$

Tabel 3:
Hasil Estimasi Parameter Model *Hybrid* ARIMAX-QR *Inflow* Uang Kartal BI Jawa Barat

Kuantil	Estimasi	Standar Error	T-Value	P-Value
2,5%	0,625	0,031	13,926	0,000
50%	0,756	0,036	39,675	0,000
97,5%	1,852	0,021	45,329	0,000

ARIMAX-QR menghasilkan nilai estimasi parameter yang berbeda-beda sesuai dengan nilai kuantil dari Y dimana semakin besar kuantil semakin besar pula nilai estimasinya. Hasil uji signifikansi menunjukkan bahwa nilai estimasi parameter pada setiap kuantil telah signifikan sehingga nilai Y diduga berdasarkan nilai kuantilnya.

Tabel 4:
Peramalan Menggunakan Model ARIMAX-QR Untuk *Inflow* Uang Kartal BI Jawa Barat

Bulan	Kuantil		
	2,5%	50%	97,5%
Januari	526,956	975,906	1675,396
Februari	251,063	609,732	801,270
Maret	197,780	416,481	673,650
April	125,364	309,548	511,668
Mei	113,650	301,511	479,772
Juni	110,975	299,836	432,933
Juli	201,978	597,650	708,001
Agustus	162,563	401,086	591,684
September	109,165	325,121	528,836
Oktober	99,982	201,684	390,204
November	105,933	275,917	426,305
Desember	102,732	261,204	413,668

Hasil akurasi peramalan *inflow* uang kartal BI Provinsi Jawa Barat menggunakan model ARIMAX-QR pada setiap kuantil dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5:
Akurasi Peramalan Menggunakan Model ARIMAX-QR

Kriteria	In-Sample	Out-Sample
RMSE	2093,568	2080,583
MdAE	1862,795	1868,931

Berdasarkan Tabel 5 model ARIMAX-QR menghasilkan nilai ramalan yang baik menggunakan kriteria RMSE.

2. Model Hybrid ARIMAX-QR Untuk *Outflow* Uang Kartal provinsi Jawa Barat

Berdasarkan hasil estimasi parameter yang dilakukan, model ARIMAX dengan efek variasi kalender yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Y_{1t} = 2,382 + 1,735M_1 + 1,230M_2 + 1,691M_3 + 1,284M_4 + 1,165M_5 + 1,243M_6 + 1,115M_7 + 1,242M_8 + 1,372M_9 + 1,281M_{10} + 1,105M_{11} + 1,031M_{12} + 3,135V_{1,t} + 9,751V_{2,t} + 11,594V_{3,t} + 10,237V_{4,t} + 13,964V_{1,t+1} + 19,603V_{2,t+1} + 21,379V_{3,t+1} + 19,43V_{4,t+1} + a_t$$

Tabel 6
Hasil Estimasi Parameter Model *Hybrid* ARIMAX-QR *Outflow* Uang Kartal BI Jawa Barat

Kuantil	Estimasi	Standar Error	T-Value	P-Value
2,5%	0,527	0,027	43,199	0,000
50%	0,998	0,039	81,191	0,000
97,5%	1,954	0,019	83,251	0,000

Berdasarkan Tabel 6 estimasi parameter dengan menggunakan metode ARIMAX-QR menghasilkan nilai estimasi parameter yang berbeda-beda sesuai dengan nilai kuantil dari Y dimana semakin besar kuantil semakin besar pula nilai estimasinya. Hasil uji signifikansi menunjukkan bahwa nilai estimasi parameter pada setiap kuantil telah signifikan sehingga nilai Y diduga berdasarkan nilai kuantilnya. ARIMAX-QR pada setiap kuantil ini selanjutnya akan diperoleh peramalan pada setiap kuantil yang akan di sajikan pada tabel 7.

Tabel 7
Peramalan Menggunakan Model ARIMAX-QR Untuk *Outflow* Uang Kartal BI Jawa Barat

Bulan	Kuantil		
	2,5%	50%	97,5%
Januari	479,050	887,187	952,308
Februari	228,239	554,301	728,427
Maret	179,800	378,619	612,409
April	113,967	281,407	465,152
Mei	103,318	274,100	436,156
Juni	100,886	272,578	393,575
Juli	183,616	543,318	643,637
Agustus	147,784	364,623	537,794
September	99,240	295,564	480,760
Oktober	90,892	183,349	354,730
November	96,302	250,833	387,550
Desember	93,392	237,458	376,061

Hasil akurasi peramalan *outflow* uang kartal BI Provinsi Jawa Barat menggunakan model ARIMAX-QR pada setiap kuantil dapat dilihat pada tabel 8

Tabel 8:
Akurasi Peramalan Menggunakan Model ARIMAX-QR untuk *Outflow* Uang Kartal BI Jawa Barat

Kriteria	<i>In-Sample</i>	<i>Out-Sample</i>
RMSE	2065,102	2003,598
MdAE	2198,845	2135,137

Berdasarkan Tabel 8 model ARIMAX-QR menghasilkan nilai ramalan yang baik menggunakan kriteria RMSE.

Model *Hybrid* QRNN Untuk *Inflow* dan *Outflow* Uang Kartal Provinsi Jawa Barat

1. Model *Hybrid* QRNN Untuk *Inflow* Uang Kartal Provinsi Jawa Barat

Model *hybrid* QRNN dengan 1 input dan 1 *hidden neuron* pada kuantil 2,5%, 50%, dan 97,5% seperti yang terlihat pada persamaan sebagai berikut:

$$Y_{3t}(2,5\%) = 15,289 + 0,472 \tanh\left(0,5x(-6,437 - 7,013\hat{Z}_{3t})\right) + a_t$$

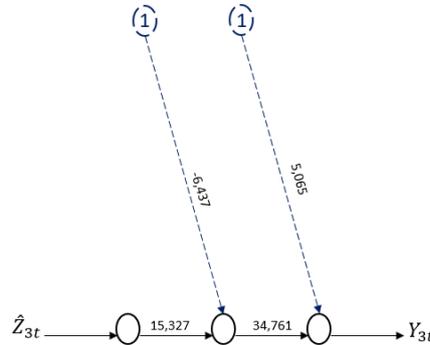
$$Y_{3t}(50\%) = 5,065 + 34,761 \tanh\left(0,5x(-6,437 + 15,327\hat{Z}_{3t})\right) + a_t$$

$$Y_{3t}(97,5\%) = 0,897 - 0,873 \tanh\left(0,5x(-8,433 + 13,955\hat{Z}_{3t})\right) + a_t$$

Bentuk *architecture* model *hybrid* QRNN dengan 1 input dan 1 *hidden neuron* dapat dilihat melalui gambar 2.

Gambar 2:

Architecture Model *Hybrid* QRNN untuk *Inflow* Jawa Barat



Dari model *hybrid* QRNN pada setiap kuantil ini selanjutnya akan diperoleh peramalan pada setiap kuantil yang akan di sajikan pada tabel 9.

Tabel 9:

Peramalan Menggunakan Model *Hybrid* QRNN untuk *Inflow* Uang Kartal BI Provinsi Jawa Barat

Bulan	Kuantil		
	2,5%	50%	97,5%
Januari	547,625	993,311	1690,588
Februari	308,697	744,352	817,622
Maret	410,352	663,129	678,398
April	182,865	329,916	522,110
Mei	262,074	367,744	489,563
Juni	234,764	417,179	441,768
Juli	423,837	649,851	722,450
Agustus	261,045	578,085	603,759
September	299,277	460,670	539,628
Oktober	170,323	360,316	398,167
November	157,321	373,697	435,005
Desember	108,827	291,791	422,110

Hasil akurasi peramalan *inflow* uang kartal BI Provinsi Jawa Barat menggunakan model *hybrid* QRNN pada setiap kuantil dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10:

Akurasi Peramalan Menggunakan Model QRNN untuk *Inflow* Uang Kartal BI Jawa Barat

Kriteria	<i>In-Sample</i>	<i>Out-Sample</i>
RMSE	1817,323	1778,167
MdAE	1560,045	1537,759

Berdasarkan tabel 10 menunjukkan bahwa model *hybrid* QRNN menghasilkan nilai ramalan yang lebih baik menggunakan kriteria MdAE.

2. Model *Hybrid* QRNN Untuk *Outflow* Uang Kartal Provinsi Jawa Barat

Model *hybrid* QRNN dengan 1 input dan 1 *hidden neuron* pada kuantil 2,5%, 50%, dan 97,5% seperti yang terlihat pada persamaan berikut:

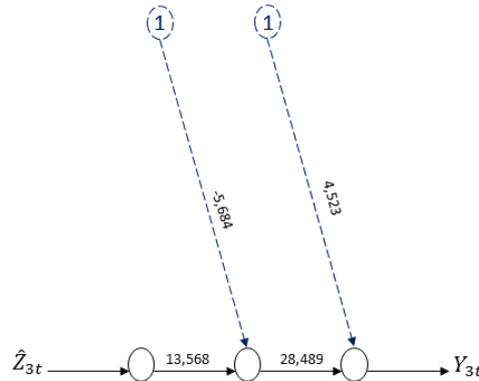
$$Y_{3t}(2,5\%) = 12,487 + 0,356 \tanh\left(0,5x(-4,637 - 4,482\hat{Z}_{3t})\right) + a_t$$

$$Y_{3t}(50\%) = 4,523 + 28,489 \tanh\left(0,5x(-5,684 + 13,568\hat{Z}_{3t})\right) + a_t$$

$$Y_{3t}(97,5\%) = 1,532 - 0,779 \tanh\left(0,5x(-7,641 + 10,237\hat{Z}_{3t})\right) + a_t$$

Bentuk *architecture* model *hybrid* QRNN dengan 1 input dan 1 *hidden neuron* dapat dilihat melalui gambar 3.

Gambar 3:
Architecture Model *Hybrid* QRNN untuk *Outflow* Jawa Barat



Dari model *hybrid* QRNN pada setiap kuantil ini selanjutnya akan diperoleh peramalan pada setiap kuantil yang akan di sajikan pada Tabel 11

Tabel 11:
Peramalan Menggunakan Model *Hybrid* QRNN untuk *Outflow* Uang Kartal BI Provinsi Jawa Barat

Bulan	Kuantil		
	2,5%	50%	97,5%
Januari	457,803	874,403	938,615
Februari	218,724	417,284	447,420
Maret	178,904	341,664	365,320
April	102,151	197,108	201,955
Mei	105,651	200,341	216,844
Juni	102,755	196,205	210,475
Juli	197,736	374,576	401,880
Agustus	147,497	281,927	303,885
September	97,067	187,979	194,735
Oktober	92,235	175,885	185,175
November	95,315	186,165	196,575
Desember	94,268	179,188	192,840

Hasil akurasi peramalan *inflow* uang kartal BI Provinsi Jawa Barat menggunakan model *hybrid* QRNN pada setiap kuantil dapat dilihat pada Tabel 12

Tabel 12:
Akurasi Peramalan Menggunakan Model QRNN untuk *Outflow* Uang Kartal BI Jawa Barat

Kriteria	<i>In-Sample</i>	<i>Out-Sample</i>
RMSE	1982,932	1881,803
MdAE	2078,178	1976,724

Berdasarkan tabel 12 menunjukkan bahwa model *hybrid* QRNN menghasilkan nilai ramalan yang lebih baik menggunakan kriteria MdAE.

Pemilihan Tingkat Akurasi Terbaik Untuk *Inflow* dan *Outflow* Uang Kartal BI Jawa Barat

Setelah melakukan pemodelan *inflow* dan *outflow* uang kartal oleh Bank Indonesia di tingkat provinsi jawa Barat menggunakan beberapa metode, selanjutnya untuk memilih metode terbaik. Pemilihan ini didasarkan pada perbandingan nilai kriteria RMSE dan

MdAE, baik *in-sample* maupun *out-sample*, dari beberapa model *time series* yang telah dihasilkan. Tabel 4.34 menampilkan hasil kriteria RMSE dan MdAE *in-sample* beserta nilai deviasi standar dari data *in-sample* tersebut.

Tabel 13:

Perbandingan RMSE dan MdAE In-sample Tiap Metode

Kriteria RMSE				
Data <i>In-Sample</i>	Standar Deviasi	Metode		
		ARIMAX	ARIMAX-QR	QRNN
<i>Inflow</i> Jawa Barat	2.734,167	1876,156	2093,568	1817,323
<i>Outflow</i> Jawa Barat	3.209,020	2110,136	2065,102	1982,932
Kriteria MdAE				
<i>Inflow</i> Jawa Barat	2.734,167	1577,327	1862,795	1560,045
<i>Outflow</i> Jawa Barat	3.209,020	2297,354	2198,845	2078,178

Berdasarkan kriteria RMSE dan MdAE *in-sample* pada tabel diatas, model QRNN memperoleh nilai ramalan terbaik untuk data *inflow* dan *outflow* Jawa Barat berdasarkan kriteria RMSE sedangkan model QRNN memperoleh nilai terbaik untuk data *inflow* dan *outflow* uang kartal Jawa Barat berdasarkan pada kriteria MdAE. Secara umum semua metode memperoleh nilai *in-sample* yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai standar deviasi *in-sample*, hal ini menunjukkan bahwa model yang dibangun dengan berbagai metode layak digunakan untuk peramalan.

Berdasarkan kriteria *out-sample* pada tabel 13 model terbaik untuk *inflow* dan *outflow* uang kartal BI di tingkat Provinsi Jawa Barat masing-masing adalah QRNN. Karena kesimpulan model terbaik untuk *inflow* dan *outflow* uang kartal hampir sama antara *in-sample* dan *outsample*, yaitu model QRNN untuk *in-sample* data *inflow* dan *outflow* uang kartal BI Jawa Barat maka dalam penelitian ini digunakan model terbaik adalah QRNN. Hal ini sejalan dengan hasil studi simulasi dan eksplorasi data *Inflow* dan *outflow* untuk data yang bersifat homogen linear dan heterogen nonlinear.

Tabel 14:

Perbandingan RMSE dan MdAE Out-Sample Tiap Metode

Kriteria RMSE				
Data <i>In-Sample</i>	Standar Deviasi	Metode		
		ARIMAX	ARIMAX-QR	QRNN
<i>Inflow</i> Jawa Barat	2.734,167	1883,979	2080,583	1778,167
<i>Outflow</i> Jawa Barat	3.209,020	2104,652	2003,598	1881,803
Kriteria MdAE				
<i>Inflow</i> Jawa Barat	2.734,167	1596,324	1868,931	1537,759
<i>Outflow</i> Jawa Barat	3.209,020	2191,324	2135,137	1976,724

Untuk mengetahui kemampuan metode terbaik dalam melakukan peramalan maka dicari RMSE aditif dari model terbaik pada masing-masing data. Berdasarkan pemodelan yang dilakukan menggunakan metode ARIMAX, hybrid ARIMAX-QR dan QRNN, model QRNN terpilih sebagai model terbaik. Perbandingan hasil RMSE aditif setiap bulan untuk k langkah kedepan dilihat pada tabel 14. Berdasarkan tabel terlihat bahwa ramalan untuk data *inflow* uang kartal BI Jawa Barat dengan metode QRNN bagus 4 tahap kedepan, ramalan untuk data *outflow* uang kartal BI Jawa Barat dengan metode QRNN bagus untuk 4 tahap kedepan juga.

KESIMPULAN

Peramalan interval dengan menggunakan model *hybrid* QRNN untuk data *inflow* dan *outflow* di Bank Indonesia Provinsi Jawa Barat menunjukkan bahwa mendekati

dengan nilai aktual untuk peredaran uang kartal baik *inflow* maupun *outflow*. Adapun terjadi perbedaan berada di luar nilai aktual dikarenakan adanya *outlier* yang tidak bisa diatasi dengan model QRNN.

Tingkat akurasi ramalan model *hybrid* pada data *in sample* dan *out sample* yang berkaitan dengan data *inflow* dan *outflow* uang kartal di Bank Indonesia Provinsi Jawa Barat berdasarkan nilai RMSE dan MdAE terkecil pada masing-masing metode.

DAFTAR PUSTAKA

- Arunraj, N. S., & Ahrens, D. (2015). A Hybrid Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average and Quantile Regression for Daily Food Sales Forecasting. *International Journal of Production Economics*, 170, 321–335. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.039>
- Bank Indonesia. (2017). Kebijakan Sistem Pembayaran dan Pengelolaan Uang Rupiah. In *Laporan Perekonomian Indonesia*.
- Chiu, L. Y., Arcega Rustia, D. J., Lu, C. Y., & Lin, T. Te. (2019). Modelling and Forecasting of Greenhouse Whitefly Incidence Using Time-Series and ARIMAX Analysis. *IFAC-PapersOnLine*, 52(30), 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.521>
- Liang, M. Y. (1986). Bank Lloat, Mail Float and The Definition of Money. *Journal of Banking and Finance*, 10(4), 533–548. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(86\)80004-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(86)80004-8)
- Roger Koenker and Gilbert Bassett, J. . (1982). Robust Tests for Heteroscedasticity Based on Regression Quantiles Author (s). *The Econometric Society*, 50(1), 43–61.
- Saputri, P. D. (2017). *Aplikasi Model Hybrid Quantile Regression Neural Network pada Peramalan Pecahan Inflow dan Outflow Uang Kartal di Indonesia*. <http://repository.its.ac.id/48490/>
- Wulan Sari, S. (2016). *Perkembangan dan Pemikiran Uang dari Masa ke Masa*.
- Zhang, P. G. (2003). Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model. *Neurocomputing*, 50, 159–175. [https://doi.org/10.1016/S0925-2312\(01\)00702-0](https://doi.org/10.1016/S0925-2312(01)00702-0)