
IMPLEMENTASI GREY MODEL (1,N) UNTUK SISTEM PERAMALAN JUMLAH TANGKAPAN IKAN

Muhammad Shodiq^{*1}

¹Universitas Muhammadiyah Lamongan

¹shodiqmuhammad13@gmail.com

Ekatri Ayuningsih²

²Politeknik LP3I Medan

²Ekatri777@gmail.com

Febri Ramanda³

³Universitas Muhammadiyah Muara Bungo

³febriraman@gmail.com

ABSTRAK

The increasing need for fish causes problems related to number of fish catches in the fisheries sector. In fish catches amount, all information related to fishing ground is well known, but on the other hand it is not easy to predict the number of fish catches due to unclear information. This is also related to the number of ships that make trips, the length (time) of the trip, the type of fishing gear, weather conditions, the quality of human resources, natural environmental factors, and others. The purpose of this study is to apply grey forecasting model GM (1.N) to forecast the number of fish catches. Grey forecasting models are used to build forecast models with limited amounts of data with short-term forecasts that will produce accurate forecasts. This study employs the data on monthly number of fish catches and wave height in the year of 2016 to 2018 to analyze calculations using the GM (1.N) models. The study was conducted with 36 time series data. The result showed that the MAPE on the GM (1.N) model of 57% in the experiment with 36 data.

Kata kunci: *GM(1,N), Peramalan, Jumlah Tangkapan Ikan.*

1. PENDAHULUAN

Bidang perikanan memiliki potensi yang cukup besar dalam penyediaan ikan hasil tangkapan serta merupakan bagian dari bidang ketahanan pangan, yang dapat menggerakkan roda perekonomian dan menyediakan kebutuhan protein dunia sehingga dapat meningkatkan kesehatan (Shodiq and Saputra, 2022). Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya kebutuhan akan ikan,

menyebabkan kegiatan di sektor perikanan tangkap mengalami perkembangan. Misalnya, kegiatan di perikanan tangkap dapat memberikan lapangan kerja, seperti halnya dalam bidang usaha penangkapan ikan, perdagangan ikan, industri olahan ikan, dan dapat memberikan kontribusi terhadap pendapatan daerah.

Kegiatan yang terjadi pada perikanan berkaitan dengan jumlah tangkapan ikan yang tidak menentu

yang disebabkan oleh beberapa faktor sehingga perlu diketahui seberapa besar jumlah tangkapan ikan yang tersedia untuk digunakan dalam hal mencukupi permintaan kebutuhan, seperti kebutuhan pemasaran ikan dan kebutuhan industri olahan ikan. Besaran jumlah tangkapan ikan juga dapat digunakan sebagai bagian dari kinerja perikanan namun besaran jumlah tangkapan ikan ini masih sulit diprakirakan karena walaupun semua informasi yang berhubungan dengan area tangkap sudah dikenal dengan tepat, tapi tidak mudah untuk memprakirakan jumlah tangkapan karena informasi yang tidak jelas. Hal ini berkaitan pula dengan jumlah kapal yang melakukan trip, waktu trip, jenis alat tangkap yang digunakan (Boesono et al., 2016), kondisi cuaca seperti suhu permukaan atau dasar air laut, kondisi laut seperti tinggi gelombang dan kecepatan angin (Felthoven and Morrison Paul, 2004). Oleh karena itu, perlu adanya pendataan hasil tangkap ikan dan variabel-variabel terkait dengan jumlah tangkapan ikan. Kemudian data tersebut dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar jumlah tangkapan ikan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan masukan dan strategi dalam penyediaan ikan di periode berikutnya.

Peramalan dibuat untuk mengetahui kejadian di masa mendatang menggunakan data masa lalu dengan model matematis (Hyndman, 2014) sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam mengambil keputusan (Ou, 2012) dalam berbagai bidang (Diebold, 2016). *Grey forecasting* merupakan sebuah model yang dapat digunakan untuk membangun model peramalan dengan data terbatas yang bersifat jangka pendek, yang menghasilkan model peramalan yang akurat dan tanpa perlu mempertimbangkan distribusi statistik terhadap data yang diolah (Wang et al., 2011).

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan *grey forecasting* antara lain peramalan pasokan energi menggunakan *grey forecasting* (Chen and Wang, 2012), peramalan permintaan listrik tahunan menggunakan GM (1,N) (Li et al., 2012), peramalan untuk menguji/mengukur kekuatan tekanan bahan material baja menggunakan GM (1,N) (Tien, 2012), dan peramalan konsumsi listrik China dengan membandingkan *grey forecasting model* dan ARIMA (Yuan, Liu and Fang, 2016).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem peramalan perikanan untuk mengetahui informasi tentang jumlah tangkapan ikan, salah satu metode yang digunakan adalah *grey forecasting model* GM (1,N). Dalam penelitian ini, implementasi *grey forecasting* GM(1,N) yang digunakan untuk memprakirakan hasil tangkapan perikanan

menghasilkan sebuah informasi peramalan jumlah tangkapan ikan dengan melibatkan variabel eksternal tinggi gelombang terhadap hasil tangkapan ikan yang bertujuan dapat digunakan sebagai bahan masukan dan pengambilan keputusan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Peramalan

Peramalan merupakan suatu alat bantu yang digunakan untuk mengambil keputusan atas kejadian di masa yang akan datang dengan melibatkan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan suatu model matematis (Hyndman, 2014) sehingga hasil yang diperoleh dapat membantu dalam berbagai bidang (Cui et al., 2013) dalam menentukan kebijakan (Kim et al., 2015).

2.1 GM (1,N)

Model GM (1,N) merupakan salah satu dari tipe *grey forecasting model*. Model ini direpresentasikan dengan satu turunan diferensial dan beberapa variabel (variabel bebas dan tak bebas). Pemodelan GM (1,N) memperhitungkan efek dari faktor-faktor yang relevan pada perubahan sistem. Prosedur *grey forecasting* GM (1,N) dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Zeng et al., 2016) :

1. Membangun runtun data asli berdasarkan urutan waktu.

variabel tak bebas

$$x_{1(0)} =$$

$$(x_{1(0)}(1), x_{1(0)}(2), x_{1(0)}(3), \dots, x_{1(0)}(k)), k \geq 4 \text{ dan}$$

variabel bebas

$$x_{2(0)} =$$

$$(x_{2(0)}(1), x_{2(0)}(2), x_{2(0)}(3), \dots, x_{2(0)}(k)), k \geq$$

$$4 \tag{1}$$

2. Dengan mengambil orde pertama akumulasi menghasilkan operasi (1-sebelumnya) pada $x_{1(0)}$ dan $x_{2(0)}$, maka diperoleh serangkaian data baru 1-AGO (*Accumulated Generating Operation*), yaitu :

$$x_{1(1)} =$$

$$(x_{1(1)}(1), x_{1(1)}(2), x_{1(1)}(3), \dots, x_{1(1)}(k)), k \geq 4$$

$$\text{dengan } x_{1(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x_{1(0)}(i), k =$$

$$2, 3, \dots, n \text{ dan}$$

$$x_{2(1)} =$$

$$(x_{2(1)}(1), x_{2(1)}(2), x_{2(1)}(3), \dots, x_{2(1)}(k)), k \geq 4$$

dengan $x_2^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x_2^0(i), k = 2, 3, \dots, n$ (2)

3. Hitung nilai latar belakang $z_1^{(1)}$ dibangun dengan metode generasi berdasarkan pada nilai rata-rata dari dua data $x_1^{(1)}(k)$ yang berdekatan.
 $z_1^{(1)}(k) = 0.5(x_1^{(1)}(k-1) + x_1^{(1)}(k)), k = 2, 3, \dots, n$ (3)

4. Selanjutnya untuk setiap pasang nilai $x_1^{(0)}(k), z_1^{(1)}(k),$ dan $x_2^{(1)}(k)$ dibentuk untuk menerapkan persamaan *grey differential* dalam GM (1,N). Namun sebelum membentuk GM (1,N) perlu diketahui definisi persamaan *grey differential* GM (1,N) adalah :

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dx dk} + ax^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^N b_i x_i^{(1)}(k),$$

dan perbedaan yang ditampilkan sebagai *shadow equation* :

$$x_1^{(0)}(k) + az_1^{(1)}(k) = \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k) \quad (4)$$

dengan a adalah *development coefficient*, $b_i x_i(k)$ adalah *driving item*, dan b_i adalah *driving coefficient*.

5. Untuk mendapatkan nilai parameter a dan b , digunakan metode kuadrat terkecil (*least square estimate*) $\hat{a} = [a, b_1, b_2, \dots, b_N]^T$
 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y,$ (5)

dengan

$$B = \begin{bmatrix} -z_1^{(1)}(2) & x_{2(1)}(2) & \dots & x_{N(1)}(2) \\ -z_1^{(1)}(3) & x_{2(1)}(3) & \dots & x_{N(1)}(3) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -z_1^{(1)}(m) & x_{2(1)}(m) & \dots & x_{N(1)}(m) \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} x_1^{(0)}(2) \\ x_1^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x_1^{(0)}(m) \end{bmatrix} \quad (6)$$

6. Pada kondisi awal misal $x_1^{(0)}(1) = x_1^{(1)}(1),$ solusi dari persamaan *grey differential* GM (1,N) :

N

$$x^{(1)}(k) = \left(x_1^{(0)}(1) - \frac{1}{a} \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k) \right) e^{-a(k-1)} + \frac{1}{a} \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k),$$

dengan $k = 2, 3, \dots, n.$ (7)

7. Lakukan *Inverse Accumulated Generating Operation* untuk menghasilkan nilai prakiraan $\hat{x}_1^{(0)}(k)$

$$\hat{x}_1^{(0)}(k) = \hat{x}_1^{(1)}(k) - \hat{x}_1^{(1)}(k-1), k = 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

2.3 Akurasi

Dalam peramalan, perlu diukur seberapa akurat metode yang digunakan. Untuk mengetahui tingkat keakuratan suatu metode peramalan dapat menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang dapat dilihat dari besarnya nilai rata-rata persentase galat mutlak (Ding, Hipel and Dang, 2018).

$$\epsilon(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k) \quad (9)$$

$$APE(k) = \frac{|\epsilon(k)|}{x^{(0)}(k)} \times 100\% \quad (10)$$

$$MAPE_{k=2}^n = \frac{1}{n} \sum_{k=2}^n APE(k) \quad (11)$$

Keterangan :

$x^{(0)}(k)$ = nilai data asli

$\hat{x}^{(0)}(k)$ = nilai prakiraan

$|\epsilon(k)|$ = nilai sisaan mutlak

Berikut ukuran tingkat akurasi suatu model prakiraan dan performa variabel prakiraan seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran standar keakuratan prakiraan (Ding, Hipel and Dang, 2018)

MAPE	Daya Prakiraan
<10%	Sangat akurat
10-20%	Akurat

20-50% Cukup
 >50% Tidak akurat

2.4 Uji Korelasi

Kekuatan hubungan antar variabel dinyatakan dalam bentuk koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi positif terbesar = 1 dan nilai koefisien korelasi negatif terbesar = -1, sedangkan nilai yang terkecil = 0. Jika hubungan antara dua variabel atau lebih memiliki koefisien korelasi = 1 atau -1, maka hubungan tersebut dapat dikatakan sempurna (Grech, 2018). Koefisien korelasi > 0.5 menunjukkan korelasi yang kuat, sedangkan korelasi < 0.5 menunjukkan korelasi lemah sehingga dapat dijelaskan bahwa pada variabel yang satu dapat diprediksi dengan variabel lain tanpa adanya kesalahan (kesalahan prediksi kecil). Sebaliknya, jika nilai koefisien korelasi semakin kecil, maka kesalahan hasil prediksi semakin besar (Sugiyono, 2011).

Uji korelasi dapat dilakukan menggunakan uji korelasi pearson dengan persamaan berikut (Sugiyono, 2007) :

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (12)$$

dengan r_{xy} menyatakan koefisien korelasi, n menyatakan jumlah total dari data, $\sum x$ menyatakan jumlah total x , $\sum x^2$ menyatakan jumlah dari kuadrat x , $\sum y$ menyatakan jumlah total y , $\sum y^2$ menyatakan jumlah dari kuadrat y , dan $\sum xy$ menyatakan jumlah total perkalian x dan y . Selanjutnya nilai hubungan variabel tersebut dapat dikatakan signifikan apabila memenuhi ketentuan hasil koefisien korelasi $r_{xy} >$ distribusi nilai r table

5%. Kemudian untuk memberikan skala penilaian koefisien korelasi tersebut besar atau kecil, maka dapat digunakan tabel interpretasi koefisien korelasi, seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Interpretasi koefisien korelasi (Sugiyono, 2011)

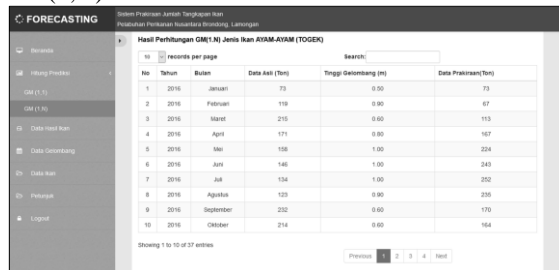
Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
(+) (-) 0,00 – 0,199	Sangat rendah
(+) (-) 0,20 – 0,399	Rendah
(+) (-) 0,40 – 0,599	Sedang
(+) (-) 0,60 – 0,799	Kuat
(+) (-) 0,80 – 1,000	Sangat Kuat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi

Hasil dari penelitian ini berupa sistem berbasis web yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman Php dan basisdata MySQL dan menyajikan informasi data jumlah tangkapan ikan dan hasil peramalan harga ikan menggunakan pendekatan

GM(1,N). Gambar 1 menunjukkan tampilan sistem peramalan jumlah tangkapan ikan menggunakan GM(1,N).



Gambar 1. Tampilan Sistem Peramalan

3.2 Pembahasan

Dalam penelitian ini, digunakan *grey forecasting model* GM (1,N) untuk melakukan peramalan jumlah tangkapan ikan. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu menentukan data awal (data aktual) yang digunakan untuk peramalan berupa jumlah tangkapan ikan (Ayam-ayam) karena memiliki nilai ekonomi cukup tinggi dan tinggi gelombang dari bulan Januari 2016 hingga Desember 2018. Data yang diambil berupa data bulanan jumlah tangkapan ikan dan rata-rata tinggi gelombang sehingga total data keseluruhan 36 periode yang diperoleh dari Kabupaten Lamongan seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Aktual Ikan Ayam-ayam

No	Tahun	Bulan	Rerata Tinggi Gelombang	Jumlah Tangkapan (Ton)
1	2016	Januari	0,5	73
2	2016	Februari	0,9	119
3	2016	Maret	0,6	215
4	2016	April	0,8	171
5	2016	Mei	1	158
6	2016	Juni	1	146
7	2016	Juli	1	134
8	2016	Agustus	0,9	123
9	2016	September	0,6	232
10	2016	Oktober	0,6	214
11	2016	November	0,6	245
12	2016	Desember	1	249
13	2017	Januari	1	84
14	2017	Februari	1,2	128
15	2017	Maret	0,7	202
16	2017	April	0,6	238
17	2017	Mei	1	163
18	2017	Juni	1,2	150
19	2017	Juli	1,5	96
20	2017	Agustus	0,9	237
21	2017	September	0,6	217
22	2017	Oktober	0,5	199
23	2017	November	0,6	241
24	2017	Desember	0,9	240
25	2018	Januari	1	224
26	2018	Februari	1,3	174

27	2018	Maret	0,7	234
28	2018	April	0,7	219
29	2018	Mei	1	194
30	2018	Juni	1,2	164
31	2018	Juli	1,5	108
32	2018	Agustus	1,4	227
33	2018	September	1	231
34	2018	Oktober	1	306
35	2018	November	0,7	295
36	2018	Desember	1	196

Dari Tabel 3, dilakukan contoh perhitungan menggunakan GM(1,N) pada ikan ayam-ayam. Langkah awal perhitungan dimulai dari :

1. Membentuk runtun data asli berdasarkan waktu

$$x_1^{(0)} = (73, 119, 215, 171, 158, 146, 134, 123, 232, \dots, 196)$$

$$x_2^{(0)} = (0,5, 0,9, 0,6, 0,8, 1, 1, 1, 0,9, 0,6, \dots, 1)$$

2. Gunakan AGO untuk $x_1^{(0)}$ dan $x_2^{(0)}$

$$x_1^{(1)} = (73, 192, 407, 578, 736, 882, 1016, 1139, 1371, \dots, 6846)$$

$$x_2^{(1)} = (0,5, 1,4, 2, 2,8, 3,8, 4,8, 5,8, 6,7, 7,3, \dots, 32,7)$$

3. Hitung $z_1^{(1)}$ dibangun dengan metode generasi berdasarkan pada nilai rata-rata dari dua data $x_1^{(1)}(k)$ yang berdekatan.

$$z_1^{(1)}(k) = (73, 133, 300, 493, 657, 809, 949, 1078, 1255, \dots, 6748)$$

4. Menghitung *least square estimate* dilakukan dengan menentukan matriks B dan Y kemudian mengalikannya.

a. Perkalian matriks $B^T \cdot B$

$$B^T B = \begin{bmatrix} 5.01E + 08 & -2485987 \\ -2485987 & 12359.36 \end{bmatrix}$$

b. Perkalian invers matriks $[B^T \cdot B]^{-1}$

$$[B^T \cdot B]^{-1} = \begin{bmatrix} 1.42513E - 06 & 0.000287 \\ 0.000287 & 0.057739 \end{bmatrix}$$

c. Perkalian matriks $B^T \cdot Y$

$$B^T Y = \begin{bmatrix} -23431193.5 \\ 117473.1 \end{bmatrix}$$

5. Menentukan parameter a dan b menggunakan perkalian matriks $([B^T \cdot B]^{-1} \cdot B^T \cdot Y)$ sehingga nilai :

$$\text{Parameter } a = 0.2815900047$$

$$\text{Parameter } b = 66.14439312$$

6. Gunakan persamaan diferensial grey forecasting sehingga diperoleh :

$$\hat{x}^{(1)} = (73, 136, 244, 406, 627, 870, 1124, 1365, 1542, \dots, 7681)$$

7. Gunakan IAGO

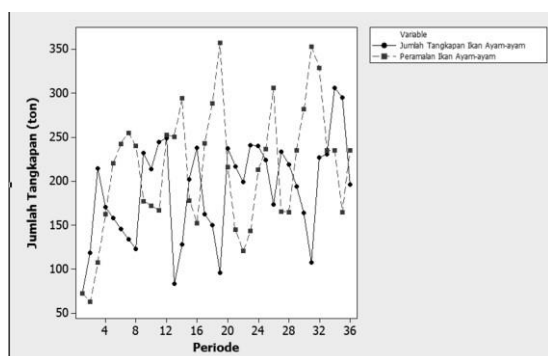
$$\hat{x}^{(0)} = (73, 63, 108, 163, 220, 243, 255, 240, 177, \dots, 235)$$

Setelah nilai peramalan didapat, maka langkah selanjutnya adalah mengukur kesalahan peramalan atau tingkat akurasi peramalan, seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Akurasi Peramalan

k	Harga Ikan Ayam- $(x^{(0)})$	Harga Peramalan $(\hat{x}^{(0)})$	Erro r (e)	Error absolute tage	Absolu te Error
1	73	73	0	0	
2	119	63	56	56	47
3	215	108	107	107	50
4	171	163	8	8	5
5	158	220	-62	62	40
6	146	243	-97	97	66
7	134	255	-121	121	90
8	123	240	-117	117	95
9	232	177	55	55	24
...
36	196	235	-39	39	20
				Σ APE	1982
				Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	57

Berdasarkan data pada Tabel 3, dapat dibandingkan antara nilai asli dan nilai perhitungan GM(1,N). Perbedaan antara nilai asli ($x^{(0)}$) dan nilai peramalan ($\hat{x}^{(0)}$) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 57%. Hal ini mengacu pada Tabel 1, dapat dikatakan bahwa metode GM(1,N) yang digunakan untuk meramalkan ikan ayam-ayam memiliki daya peramalan tidak akurat.

Untuk mengetahui penyebab hasil peramalan yang tidak akurat dapat digunakan dengan melakukan korelasi data antara data jumlah tangkapan dengan data tinggi gelombang. Penulis telah melakukan korelasi data. Hasil diperoleh korelasi data antara jumlah tangkapan dengan tinggi gelombang sebesar -0,2 sehingga pada GM (1,N) dengan 36 data, berdasarkan Tabel 2, nilai koefisien korelasinya masuk tingkat hubungan sangat rendah. Hal ini dapat dikatakan prakiraan tidak akurat (kesalahan prediksi besar).

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, metode GM(1,N) tidak hanya bisa diimplementasikan pada peramalan listrik tapi pada penelitian ini mengimplementasikan metode GM(1,N) pada kasus jumlah tangkapan ikan. Berdasarkan percobaan yang sudah dilakukan, hasil implementasi GM(1,N) terhadap peramalan jumlah tangkapan ikan bisa dikatakan memiliki tingkat akurasi yang kurang karena memiliki MAPE >50%. Hal ini disebabkan oleh korelasi antara variabel jumlah tangkapan ikan dengan variabel tinggi gelombang sangat rendah dengan nilai korelasi sebesar -0,2. Nilai koefisien korelasi ini berpengaruh terhadap hasil peramalan. Jika nilai koefisien korelasinya masuk tingkat hubungan sangat rendah maka kesalahan peramalan besar sehingga dapat dikatakan peramalan tidak akurat.

5. DAFTAR PUSTAKA

BOESONO, H., SETIAWAN, D.R., PRIHANTOKO, K.E., JAYANTO, B.B. AND

MALALA, A.R., 2016. Productivity Analysis of Mini Purse Seine in PPI Pulolampes Brebes, Central Java, Indonesia. *Aquatic Procedia*, [online] 7, pp.112–117.

CHEN, Z. AND WANG, X., 2012. Applying the Grey Forecasting Model to the Energy Supply Management Engineering. *Systems Engineering Procedia*, 5, pp.179–184.

CUI, J., LIU, S. FENG, ZENG, B. AND XIE, N. MING, 2013. A novel grey forecasting model and its optimization. *Applied Mathematical Modelling*, [online] 37(6), pp.4399–4406.

DIEBOLD, F., 2016. Forecasting in Economics , Business , Finance and Beyond. p.206.

DING, S., HIPEL, K.W. AND DANG, Y. GUO, 2018. Forecasting China’s electricity consumption using a new grey prediction model. *Energy*, [online] 149, pp.314–328..

FELTHOVEN, R.G. AND MORRISON PAUL, C.J., 2004. Directions for productivity measurement in fisheries. *Marine Policy*, 28(2), pp.161–169.

GRECH, V., 2018. WASP (Write a Scientific Paper) using Excel – 13: Correlation and Regression. *Early Human Development*, [online] 122(xxxx), pp.60–63.

HYNDMAN, L.R.J., 2014. Forecasting : Principles & Practice. (September).

KIM, J.Y., JEONG, H.C., KIM, H. AND KANG, S., 2015. Forecasting the monthly abundance of anchovies in the South Sea of Korea using a univariate approach. *Fisheries Research*, [online] 161, pp.293–302.

LI, D., CHANG, C., CHEN, C. AND CHEN, W., 2012. Forecasting short-term electricity consumption using the adaptive grey-based approach — An Asian case. *Omega*, [online] 40(6), pp.767–773.

OU, S., 2012. Forecasting agricultural output with an improved grey forecasting model based on the genetic algorithm. *COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE*, [online] 85, pp.33–39.

SHODIQ, M. AND SAPUTRA, B.D., 2022. Grey Forecasting Model Untuk Peramalan Harga Ikan Budidaya. 9(6), pp.1770–1778. SUGIYONO, 2011. *Statistika untuk penelitian / Sugiyono. Statistika untuk penelitian*

TIEN, T.L., 2012. A research on the grey prediction model GM(1,n). *Applied Mathematics and Computation*, [online] 218(9), pp.4903–4916.

WANG, S.J., WANG, W.L., HUANG, C.T. AND CHEN, S.C., 2011. Improving inventory effectiveness in RFID-enabled global supply chain with Grey forecasting model. *Journal of Strategic Information Systems*, [online] 20(3), pp.307–322.



YUAN, C., LIU, S. AND FANG, Z., 2016.

Comparison of China's primary energy consumption forecasting by using ARIMA (the autoregressive integrated moving average) model and GM(1,1) model. *Energy*, [online] 100, pp.384–390.

ZENG, B., LUO, C., LIU, S., BAI, Y. AND LI, C., 2016. Development of an optimization method for the GM(1,N) model. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, [online] 55, pp.353–362.