

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Prakiraan jumlah tangkapan ikan dapat digunakan sebagai langkah awal untuk mengetahui hasil perikanan yang akan datang. Penggunaan *grey forecasting* akan membantu jika dihubungkan dengan sistem prakiraan. Prakiraan menggunakan *grey forecasting* dikembangkan menjadi suatu alat bantu yang tepat untuk sistem prakiraan yang memiliki fungsi penting dalam perencanaan dan pembuatan kebijakan (Ding dkk., 2018).

Grey forecasting merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk membangun model prakiraan dengan data terbatas dengan prakiraan bersifat jangka pendek. Berikut ini penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan *grey forecasting* antara lain prakiraan pasokan energi menggunakan *grey forecasting* (Chen dan Xiaojia, 2012), prakiraan permintaan listrik tahunan menggunakan GM (1,N) (Li dkk., 2015), prakiraan untuk menguji/mengukur kekuatan tekanan bahan material baja menggunakan GM (1,N) (Tien, 2012), dan prakiraan konsumsi listrik China dengan membandingkan *grey forecasting model* dan ARIMA (Yuan dkk., 2016).

Penelitian yang dilakukan menggunakan *grey forecasting* GM (1,N) untuk memprakirakan permintaan listrik tahunan di negara berkembang cenderung naik yang dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya populasi penduduk dan kelembaban dan suhu lingkungan sehingga tidak mudah mendapatkan hasil prakiraan yang akurat. Untuk memperoleh hasil prakiraan GM (1,N) yang akurat maka digunakan *optimization of background value by Lagrange mean value theorem* (LMVT). Untuk menguji keakuratan prakiraan *grey forecasting* GM (1,N), maka dibandingkan dengan model GM (1,1). Hasil penelitian menunjukkan *grey forecasting* GM (1,N) lebih baik daripada GM (1,1) (Li dkk., 2015).

Penelitian menggunakan GM (1,N) yang digunakan dalam mengukur kekuatan tekanan bahan material baja dengan melibatkan faktor suhu dan uji kekerasan brinell menghasilkan prakiraan kekuatan uji material yang kurang tepat.

Hal ini karena pada solusi model GM (1,N) memiliki persamaan yang kurang tepat untuk digunakan dalam model prakiraan sehingga ketepatan prediksi kurang baik (Tien, 2012).

Perusahaan listrik China membandingkan ARIMA dan *grey forecasting model* pada prakiraan konsumsi listrik, dengan pengambilan data jangka pendek. Hasil penelitian menunjukkan ARIMA kurang menanggapi fluktuasi karena terikat oleh tren jangka panjang. Sementara *grey model* merespons fluktuasi lebih baik karena penggunaan empat data terbaru, dengan demikian *grey model* lebih akurat (Yuan dkk., 2016).

Perkembangan pada bidang perikanan khususnya perikanan tangkap saat ini erat kaitannya dengan permasalahan *overfishing* (Felthoven dan Catherine, 2004). Kegiatan ini akan mengakibatkan menurunnya sumber daya perikanan seiring dengan pemenuhan kebutuhan produksi dan semakin cepat roda perekonomian. Meningkatnya kebutuhan hidup yang berkaitan dengan sumber daya perikanan membutuhkan perencanaan dan pengambilan keputusan untuk evaluasi kebijakan manajemen perikanan guna mendapatkan hasil yang optimal (Kaplan dan Jerry, 2012).

Hasil perikanan memiliki kontribusi yang penting dalam kegiatan produksi lain maupun dalam bidang ketahanan pangan serta dapat membuka lapangan pekerjaan, dengan demikian diperlukan kebijakan untuk manajemen keberlanjutan sosial-ekonomi dari sektor perikanan (Belhabib dkk., 2018). Dengan mengetahui jumlah tangkapan ikan yang akan datang, dapat dimanfaatkan sebagai bahan masukan untuk perencanaan dan pengambilan keputusan untuk dapat dimanfaatkan secara optimal.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Definisi prakiraan

Terdapat beberapa definisi mengenai prakiraan salah satunya dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) menyebutkan bahwa prakiraan merupakan melakukan peramalan suatu kejadian berdasarkan hasil perhitungan rasional. Sedangkan definisi lain mengenai prakiraan, yaitu :

- a. Prakiraan merupakan ilmu untuk memprakirakan kejadian di masa depan yang dilakukan dengan urutan penelitian yang berlanjut (Hyndman, 2014).
- b. Peramalan merupakan alat penting untuk perusahaan dalam perencanaan dan penentuan kebijakan dalam kegiatan operasionalnya (Kim dkk., 2015).
- c. Prakiraan merupakan alat bantu yang menangani masalah penting dalam berbagai bidang di antaranya ekonomi, fisika, dan teknik (Cui dkk., 2013).

Dari definisi tersebut maka prakiraan 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 sehingga hasil yang diperoleh dapat membantu dalam berbagai bidang dalam menentukan kebijakan.

2.2.2 Model prakiraan

Model prakiraan memberikan cara pengerjaan terarah karena menggunakan pendekatan matematis sehingga didapatkan analisis yang baik, yang diharapkan dapat memberikan tingkat keakuratan yang tinggi. Berdasarkan sifatnya, prakiraan dapat dibedakan menjadi dua yaitu (Rojas dkk., 2015) :

1. Prakiraan kualitatif

Prakiraan kualitatif merupakan prakiraan yang didasarkan atas asumsi atau pemikiran suatu pihak dan datanya tidak dapat direpresentasikan menjadi suatu nilai. Hasil prakiraan yang dibuat bergantung pada pihak yang membuatnya.

2. Prakiraan kuantitatif

Prakiraan kuantitatif merupakan prakiraan yang didasarkan atas data kuantitatif masa lalu (*time series*) dan dapat dimodelkan dalam bentuk angka atau nilai yang memiliki hubungan dengan satu atau lebih variabel yang mempengaruhinya.

Dalam melakukan prakiraan, penggunaan metode juga dipengaruhi oleh sifat atau pola data yang ada pada data *time series*, jika metode yang digunakan tidak cocok dengan pola data *time series*, maka hasil yang diperoleh pada prakiraan juga tidak maksimal. Berdasarkan pola data prakiraan dapat dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu (Rojas dkk., 2015) :

1. Stasioner
2. Tren tanpa musiman
3. Tren dan musiman
4. Musiman tanpa tren

Metode yang digunakan dalam prakiraan sangat berpengaruh terhadap hasil prakiraan yang didapatkan. Baik tidaknya metode yang digunakan ditentukan oleh nilai kesalahan antara data *time series* dengan hasil prakiraan. Jika nilai kesalahan semakin kecil antara data *time series* dengan hasil prakiraan maka semakin baik metode yang digunakan. Berdasarkan kategori pola data diatas maka metode yang dapat digunakan sesuai dengan pola data yaitu (Rojas dkk., 2015) :

1. Stasioner, metode yang dapat dipakai antara lain :
 - a. *Simple moving average (SMA)*
 - b. *Single exponential smoothing (SES)*
 - c. *ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)*
2. Tren tanpa musiman, metode yang dapat digunakan antara lain :
 - a. *Double moving average*
 - b. *Double exponential smoothing*
 - c. *Holt exponential smoothing*
 - d. *Simple linier regression*
3. Tren dan musiman, metode yang dapat dipakai antara lain :
 - a. *Winters exponential smoothing*
 - b. *Time series decomposition*
 - c. *Multiple regression*
4. Musiman tanpa trend, metode yang dapat dipakai antara lain :
 - a. *Holt winters multiplicative method without trend*
 - b. *Time series decomposition*

Dalam melakukan prakiraan harus menentukan jangka waktu prakiraan yang akan dilakukan, berdasarkan jangka waktu prakiraan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu (Kang dan Huijuan, 2012) :

1. Prakiraan jangka pendek

Prakiraan ini umumnya untuk rentang waktu kurang dari tiga bulan. Prakiraan ini biasanya digunakan untuk penjadwalan kerja, penjualan, merencanakan pembelian, penugasan kerja, jumlah tenaga kerja, dan tingkat produksi.

2. Prakiraan jangka menengah

Prakiraan yang dilakukan dalam kurun waktu antara tiga bulan sampai tiga tahun. Prakiraan jangka menengah berguna untuk perencanaan dan anggaran produksi, merencanakan penjualan, dan menganalisis bermacam-macam rencana operasi.

3. Prakiraan jangka panjang

Prakiraan yang dilakukan dalam waktu lebih dari tiga tahun. Prakiraan jangka panjang digunakan untuk pembelanjaan modal, pengembangan fasilitas, merencanakan produk baru, dan penelitian.

2.3 Teori *Grey System*

Teori *grey system* dikenalkan pertama kali oleh Profesor Deng Julong pada tahun 1982. Beberapa penelitian sebelumnya menerapkan teori *grey system* pada berbagai bidang, pada tahun 2013 teori *grey system* diterapkan untuk memprakirakan tren kejadian sifilis di China (Wu dkk., 2013). Model GM (1,1) dimanfaatkan untuk memprakirakan konsumsi listrik pada 21 negara di kawasan Asia-Pasifik (Li dkk., 2012).

Teori *grey system* merupakan sistem yang mempunyai sebagian parameter yang diketahui atau sistem dengan informasi yang kurang. Tujuan dari teori ini dan aplikasinya adalah untuk menghubungkan kesenjangan antara ilmu alam dan ilmu sosial. Oleh karena itu, teori *grey system* dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk memecahkan masalah (Sifeng dkk., 2011).

Nama *grey system* ini diambil berdasarkan warna dari subjek yang diteliti. Pada teori kontrol, tingkat kedalaman warna digunakan untuk menjelaskan tingkatan dari kejelasan informasi. Salah satu yang sudah dikenal adalah *black box*. Konsep ini biasanya digunakan jika karakteristik internal atau persamaan matematika yang menggambarkan dinamika sama sekali tidak diketahui (Kayacan

dkk., 2010). Kata *black* untuk menjelaskan informasi yang tidak diketahui, *white* untuk informasi yang sepenuhnya jelas atau dikenal, dan *grey* menunjukkan informasi yang sebagian jelas dan sebagian tidak jelas. Oleh karena itu, sistem dengan informasi yang sepenuhnya tidak diketahui disebut *black system*, sistem yang memiliki informasi yang diketahui dengan jelas disebut dengan *white system*, dan sistem dengan informasi yang kurang lengkap disebut *grey system* (Zhou, 2013).

Dalam kegiatan penelitian di berbagai bidang di antaranya bidang sosial, ekonomi, dan ilmiah sering kali terlihat situasi dengan informasi yang kurang lengkap. Misalnya, dalam jumlah tangkap perikanan, walaupun semua informasi yang berhubungan dengan area tangkap sudah dikenal dengan tepat, tapi tidak mudah untuk memprakirakan jumlah produksi karena informasi yang tidak jelas. Hal ini berkaitan pula dengan jumlah kapal yang melakukan trip, waktu trip, jenis alat tangkap yang digunakan (Boesono dkk., 2016).

2.3.1 Grey forecasting

Grey forecasting model merupakan metode yang digunakan untuk prakiraan jumlah data terbatas dan bersifat jangka pendek. Prakiraan ini dapat digunakan untuk prakiraan barisan, prakiraan bencana alam, prakiraan interval, prakiraan musim dan prakiraan pasar modal (Sifeng dkk., 2011). Model umum peralaman ini adalah GM (n,m) dimana n adalah orde dari persamaan diferensial dan m adalah jumlah variabel dalam persamaan (Kayacan dkk., 2010). Terdapat dua model dari *grey forecasting* yaitu *single-variable model* atau GM (1,1) dan *multi-variable model* atau GM (1,N) (Zeng dkk., 2016).

2.3.2 Grey generating

Pada tahapan proses estimasi parameter *grey model*, diperlukan suatu teknik mengubah data mentah yang *random* menjadi data yang teratur untuk membentuk model *grey* atau dikenal dengan istilah *grey generating*. Terdapat dua teknik *grey generating* yaitu (Kayacan dkk., 2010) :

a. AGO (*Accumulated Generating Operation*)

AGO merupakan fungsi pembangkit akumulasi barisan data histori untuk mendapatkan barisan data histori yang baru dalam persamaan diferensial. Misalnya data asli $x^{(0)}$ yang menunjukkan urutan waktu,

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(k)), k \geq 4 \quad (2.1)$$

dengan $x^{(0)}$ merupakan bilangan non-negatif dan k adalah ukuran sampel data yang harus lebih besar dari empat agar dapat membentuk model dari *grey*.

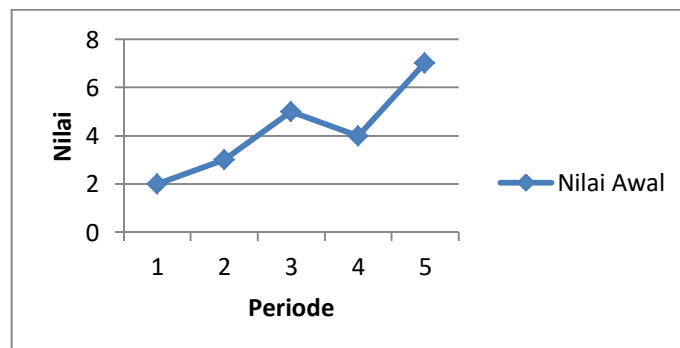
Selanjutnya barisan data tersebut diubah menjadi AGO (*Accumulated Generating Operation*), $x^{(1)}$.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(k)), k \geq 4 \quad (2.2)$$

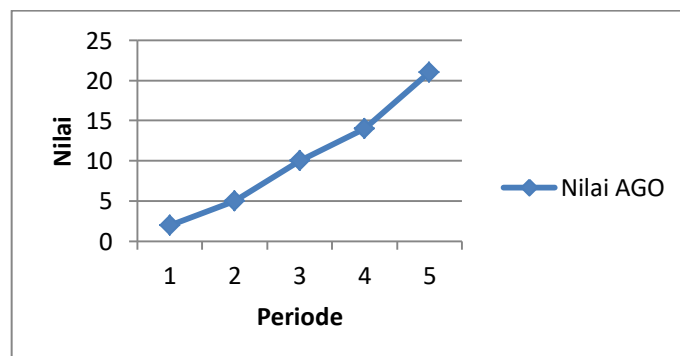
$$\text{dengan } x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 2, 3, \dots, n$$

Contoh penerapan ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.

$$x^{(0)} = (2,3,5,4,7) \text{ maka } x^{(1)} = (2,5,10,14,21)$$



Gambar 2.1 Grafik data asli $x^{(0)}$.



Gambar 2.2 Grafik data AGO $x^{(1)}$.

Pada Gambar 2.1 grafik data asli, terlihat pola datanya tidak monoton, sedangkan pada Gambar 2.2 grafik data setelah AGO terlihat pola datanya monoton naik.

- b. IAGO (*Inverse Accumulated Generating Operation*), digunakan untuk memperoleh nilai prakiraan dari data asli yang sebelumnya diubah menjadi AGO.

$$\begin{aligned}
 x^{(0)}(k) &= \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \\
 &= \sum_{i=1}^{k-1} x^{(0)}(i) + x^{(0)}(k) \\
 &= x^{(1)}(k-1) + x^{(0)}(k) \\
 x^{(0)}(k) &= x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

2.3.3 Single-variable model atau GM (1,1)

Model GM (1,1) merupakan salah satu dari tipe *grey forecasting model*. Model ini direpresentasikan dengan satu turunan diferensial dan satu variabel (Zeng dkk., 2016). Tipe GM (1,1) merupakan salah satu tipe dari teori *grey system* yang banyak digunakan dalam berbagai bidang karena efisiensi dalam hal perhitungan daripada teori *grey system* yang lain. Tipe GM (1,1) biasanya dikenal dengan nama *Grey Model First Order One Variable* yang dalam melakukan prakiraan menggunakan data runtun waktu (Kayacan dkk., 2010).

Grey forecasting didefinisikan dalam bentuk persamaan diferensial, dalam model tersebut terdapat nilai parameter a dan b yang harus dicari terlebih dahulu dengan menerapkan teknik *grey generating* untuk data asli.

Prosedur *grey forecasting model* GM (1,1) dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Ou, 2012) :

- a. Membangun runtun data asli berdasarkan urutan waktu

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(k)), k \geq 4 \tag{2.4}$$

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

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(k)), k \geq 4 \quad (2.5)$$

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

- c. Hitung nilai latar belakang $z^{(1)}$ dibangun dengan metode generasi berdasarkan pada nilai rata-rata dari dua data $x^{(1)}(k)$ yang berdekatan.

$$z^{(1)}(k) = 0.5(x^{(1)}(k-1) + x^{(1)}(k)), k = 2, 3, \dots, n \quad (2.6)$$

- d. Selanjutnya untuk setiap pasang nilai $x^{(0)}(k)$ dan $z^{(1)}(k)$ dibentuk untuk menerapkan persamaan *grey differential* dalam GM (1,1). Namun sebelum membentuk GM (1,1) perlu diketahui definisi persamaan *grey differential*

GM (1,1) adalah $\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} + ax^{(1)}(k) = b$. Jika diintegrasikan $\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} + ax^{(1)}(k) = b$ pada interval $[k-1, k]$, $\int_{k-1}^k \frac{dx^{(1)}}{dk} dk + a \int_{k-1}^k x^{(1)} dk = b$, maka diperoleh $x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1) + a \int_{k-1}^k x^{(1)} dk = b$, yaitu :

$$x^{(0)}(k) + a \int_{k-1}^k x^{(1)} dk = b$$

dan perbedaan yang ditampilkan sebagai *shadow equation* :

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b, \quad (2.7)$$

$$\text{dengan } z^{(1)}(k) = \int_{k-1}^k x^{(1)} dk, k = 2, 3, \dots, n.$$

dengan a adalah *development coefficient*, dan b adalah *grey control variable*.

- e. Untuk mendapatkan nilai parameter a dan b , digunakan metode kuadrat terkecil (*least square estimate*) $\hat{a} = [a, b]^T$

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y, \quad (2.8)$$

dengan

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

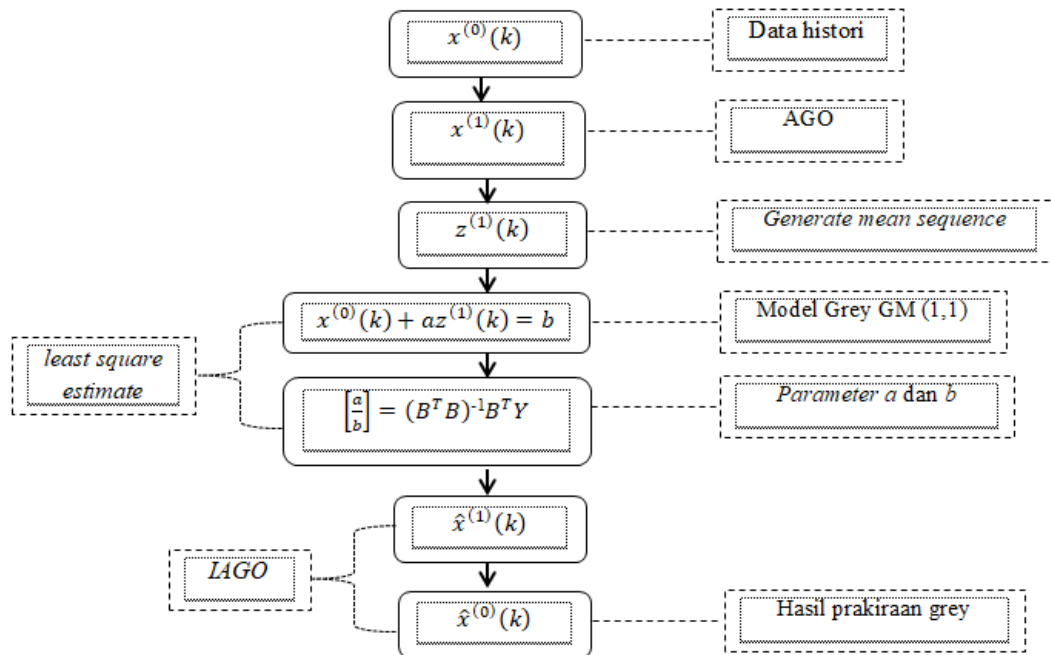
- f. Pada kondisi awal misal $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$, solusi dari persamaan *grey differential* GM (1,1) :

$$\hat{x}^{(1)}(k) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}, k = 2, 3, \dots, n \quad (2.10)$$

g. Gunakan IAGO (*Inverse Accumulated Generating Operation*) untuk menghasilkan nilai prakiraan $\hat{x}^{(0)}(k)$

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1), k = 2, 3, \dots, n \quad (2.11)$$

Langkah-langkah untuk melakukan perhitungan *grey forecasting* dapat memberikan informasi prakiraan. Tahapan dari perhitungan *grey forecasting* GM (1,1) dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tahapan *Grey Forecasting Model* GM (1,1).

2.3.4 *Multi-variable model* atau 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 dkk., 2016) :

1. Membangun runtun data asli berdasarkan urutan waktu.
variabel tak bebas

$$x_1^{(0)} = (x_1^{(0)}(1), x_1^{(0)}(2), x_1^{(0)}(3), \dots, x_1^{(0)}(k)), k \geq 4$$

dan

variabel bebas

$$x_2^{(0)} = \left(x_2^{(0)}(1), x_2^{(0)}(2), x_2^{(0)}(3), \dots, x_2^{(0)}(k) \right), k \geq 4 \quad (2.12)$$

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 :

$$x_1^{(1)} = \left(x_1^{(1)}(1), x_1^{(1)}(2), x_1^{(1)}(3), \dots, x_1^{(1)}(k) \right), k \geq 4$$

$$\text{dengan } x_1^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x_1^{(0)}(i), k = 2, 3, \dots, n$$

dan

$$x_2^{(1)} = \left(x_2^{(1)}(1), x_2^{(1)}(2), x_2^{(1)}(3), \dots, x_2^{(1)}(k) \right), k \geq 4$$

$$\text{dengan } x_2^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x_2^{(0)}(i), k = 2, 3, \dots, n \quad (2.13)$$

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.

$$z_1^{(1)}(k) = 0.5(x_1^{(1)}(k-1) + x_1^{(1)}(k)), k = 2, 3, \dots, n \quad (2.14)$$

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 :

$$\frac{dx_1^{(1)}(k)}{dk} + ax_1^{(1)}(k) = \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k),$$

dan perbedaan yang ditampilkan sebagai *shadow equation* :

$$x_1^{(0)}(k) + az_1^{(1)}(k) = \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k) \quad (2.15)$$

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*) $\hat{a} = [a, b_1, b_2, \dots, b_N]^T$

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y, \quad (2.16)$$

dengan

$$B = \begin{bmatrix} -z_1^{(1)}(2) & x_2^{(1)}(2) & \dots & x_N^{(1)}(2) \\ -z_1^{(1)}(3) & x_2^{(1)}(3) & \dots & x_N^{(1)}(3) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -z_1^{(1)}(m) & x_2^{(1)}(m) & \dots & x_N^{(1)}(m) \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} x_1^{(0)}(2) \\ x_1^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x_1^{(0)}(m) \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

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

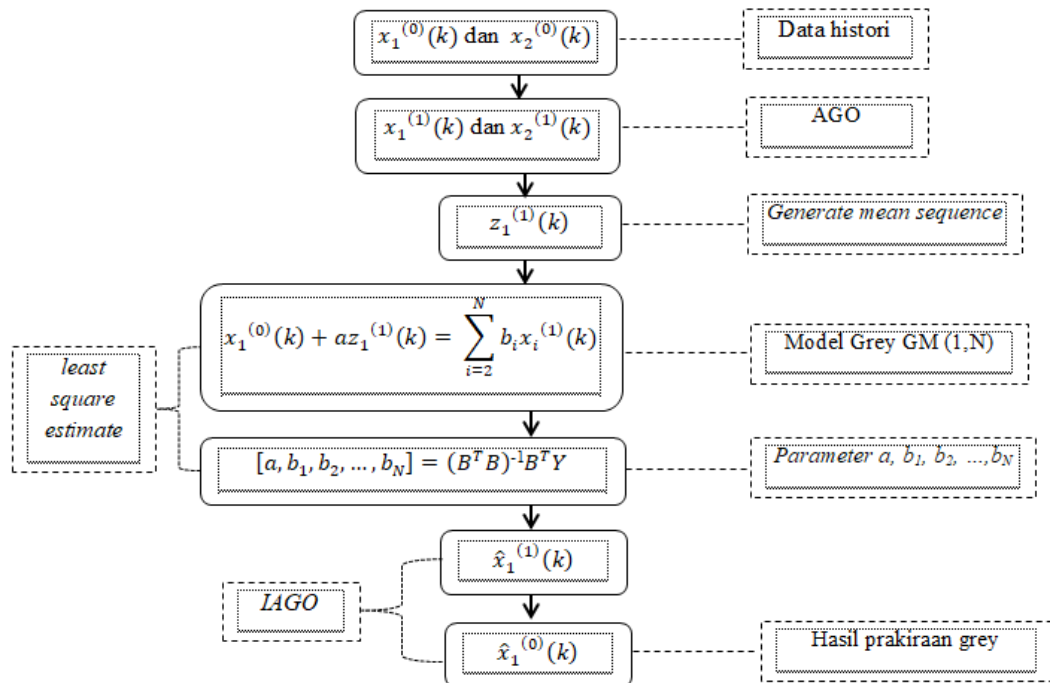
$$\hat{x}_1^{(1)}(k) = \left(x_1^{(0)}(1) - \frac{1}{a} \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k) \right) e^{-a(k-1)} + \frac{1}{a} \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k),$$

dengan $k = 2, 3, \dots, n$. (2.18)

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

$$\hat{x}_1^{(0)}(k) = \hat{x}_1^{(1)}(k) - \hat{x}_1^{(1)}(k-1), \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (2.19)$$

Langkah-langkah untuk melakukan perhitungan *grey forecasting* dapat memberikan informasi prakiraan. Tahapan dari perhitungan *grey forecasting* GM (1,N) dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Tahapan *Grey Forecasting Model* GM (1,N).

2.4 Akurasi Model Prakiraan

Dalam prakiraan, perlu diukur seberapa akurat metode yang digunakan. Untuk mengetahui tingkat keakuratan suatu metode prakiraan yang digunakan, maka dilakukan pengukuran menggunakan APE (*Absolute Percentage Error*) untuk menentukan nilai kesalahan prakiraan dengan menggunakan nilai asli kesalahan baik positif maupun negatif. Kemudian menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk menunjukkan tingkat keakuratan metode prakiraan dapat dilihat dari besarnya nilai rata-rata persentase galat mutlak (Ding dkk., 2018).

$$\epsilon(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k) \quad (2.20)$$

$$APE(k) = \frac{|\epsilon(k)|}{x^{(0)}(k)} \times 100\% \quad (2.21)$$

$$MAPE = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n APE(k) \quad (2.22)$$

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 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Ukuran standar keakuratan prakiraan (Ding dkk, 2018)

MAPE	Daya Prakiraan
<10%	Prakiraan Sangat akurat
10-20%	Prakiraan Akurat
20-50%	Prakiraan Cukup
>50%	Prakiraan Tidak akurat

Tabel 2.2 Skala performa variabel prakiraan (Razak dan Edwin, 2017)

Skala MAPE	Performa Variabel
0,1-5%	Tidak Mempengaruhi
5,1-10%	Kurang Mempengaruhi
10,1-20%	Cukup Mempengaruhi
20,1-50%	Mempengaruhi
>50%	Sangat Mempengaruhi

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat diketahui bahwa untuk nilai MAPE <10% dikategorikan sangat akurat dan mengindikasikan nilai prakiraan mendekati nilai aktual. Untuk nilai MAPE berkisar 10 - 20% maka dikategorikan akurat dan mengindikasikan nilai prakiraan agak jauh berbeda dengan nilai aktual. Untuk nilai MAPE 20 – 50% dikategorikan cukup sehingga memiliki kecenderungan nilai prakiraan agak jauh berbeda dengan nilai aktual sedangkan untuk nilai MAPE >50% maka dikategorikan tidak akurat dan jelas mengindikasikan nilai prakiraan sangat jauh berbeda dengan nilai aktual sedangkan berdasarkan Tabel 2.2 dapat diketahui suatu variabel tidak mempengaruhi hasil akhir prakiraan jika menghasilkan perbedaan MAPE antara 0.1%-5%, kurang mempengaruhi jika menghasilkan perbedaan MAPE sebesar 5.1%-10%, cukup mempengaruhi apabila menghasilkan perbedaan MAPE sebesar 10.1%-20%, dikatakan mempengaruhi apabila menghasilkan perbedaan MAPE sebesar 20.1%-50%, dan dikatakan sangat mempengaruhi apabila menghasilkan perbedaan MAPE >50%.

2.5 Uji Korelasi

Korelasi merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mengukur arah kedekatan hubungan antara dua variabel atau lebih. Arah kedekatan dinyatakan dalam bentuk hubungan positif atau negatif (Grech, 2018). Hubungan dua variabel atau lebih dikatakan hubungan positif, jika nilai satu variabel ditingkatkan, maka akan meningkatkan nilai variabel lain (nilai X naik maka nilai Y naik), dan sebaliknya jika nilai satu variabel diturunkan, maka nilai variabel yang lain akan turun (nilai X turun maka nilai Y turun). Hubungan dua variabel atau lebih dikatakan hubungan negatif, jika nilai satu variabel dinaikkan, maka akan menurunkan nilai variabel lain (nilai X naik maka nilai Y turun), dan sebaliknya jika nilai satu variabel diturunkan, maka nilai variabel lain akan naik (nilai X turun maka nilai Y naik) (Sugiyono, 2007).

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, 2007).

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

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (2.23)$$

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 2.3.

Tabel 2.3 Interpretasi koefisien korelasi (Sugiyono, 2007)

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

2.6 System Development Life Cycle

System Development Life Cycle merupakan tahapan yang digunakan dalam mengembangkan suatu sistem informasi (Ibrahim dan Siow, 2010). Salah satu model SDLC adalah model *waterfall*. *Waterfall* merupakan pendekatan sistematis dan berurutan untuk pengembangan perangkat lunak yang dimulai dengan

spesifikasi kebutuhan pelanggan dan berkembang melalui perencanaan, pemodelan, konstruksi, dan penyebaran, yang berpuncak pada dukungan berkelanjutan dari perangkat lunak yang telah selesai (Pressman, 2010). Berikut ini tahapan dari model *waterfall* (Datyal, 2015) :

1. Definisi dan analisis kebutuhan (*Requirement analysis and definition*)

Tahapan ini mendefinisikan persyaratan sistem yang akan dikembangkan dengan mendefinisikan layanan, kendala, dan tujuan sistem ditentukan melalui konsultasi dengan pengguna sistem. Persyaratan adalah fungsi dan kendala, yang diharapkan pengguna akhir dari sistem. Persyaratan ini dikumpulkan dari pengguna akhir, dianalisis, dan didokumentasikan dengan baik.

2. Desain sistem (*System Design*)

Sistem disiapkan dari persyaratan yang diterima di tahap analisis kebutuhan. Alokasi persyaratan untuk perangkat keras atau perangkat lunak sistem dilakukan dengan membangun arsitektur sistem secara keseluruhan.

3. Implementasi dan pengujian sistem (*Implementation and Testing*)

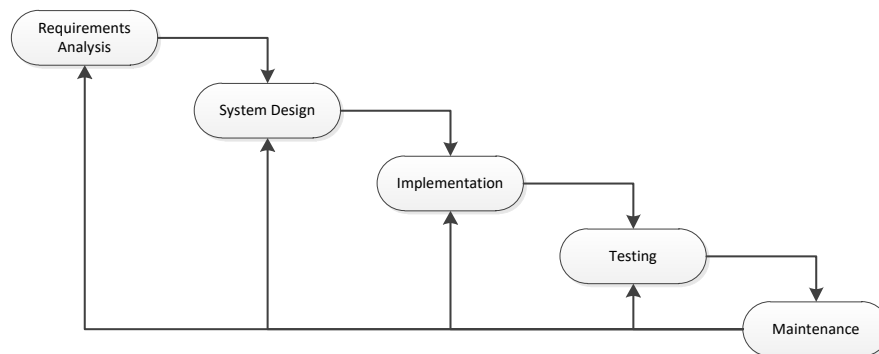
Tahapan ini dilakukan berdasarkan desain sistem yang telah dirancang pada tahapan sebelumnya. Desain sistem diimplementasikan sebagai satu set program yang dibagi menjadi beberapa unit. Pengkodean program dimulai pada fase ini. Pengujian unit dilakukan setelah setiap unit dikembangkan. Proses pengujian unit memverifikasi bahwa spesifikasi unit terpenuhi.

4. Integrasi dan pengujian sistem (*Integration and System Testing*)

Unit sistem yang diimplementasikan pada fase sebelumnya diintegrasikan untuk membentuk sistem lengkap dan diuji untuk memastikan persyaratan terpenuhi.

5. Pengoperasian dan pemeliharaan (*Operation and Maintenance*)

Perangkat lunak yang berfungsi penuh dikirimkan kepada pengguna. Masalah yang berkaitan dengan sistem setelah penggunaan operasional dimulai diselesaikan setelah penyebaran sistem. Fokus fase ini adalah modifikasi perangkat lunak, koreksi kesalahan, dan peningkatan kinerja.



Gambar 2.5 Tahapan *waterfall model* (Datyal, 2015).

2.7 Structured System Analysis and Design

Structured System Analysis and Design (SSAD) merupakan salah satu model dari metodologi pengembangan perangkat lunak. Pendekatan analisis terstruktur menggunakan alat untuk menggambarkan bentuk sistem secara struktural atau secara umum terlebih dahulu lalu turun ke *level* yang lebih spesifik (Wade, 1991). Pendekatan ini sering dilakukan menggunakan *data flow diagram* (DFD) (Pressman, 2010).

DFD mengambil tampilan masukan, proses, dan keluaran dari suatu sistem yaitu, objek data mengalir ke dalam perangkat lunak, ditransformasikan oleh elemen pemrosesan, dan objek data yang dihasilkan mengalir keluar dari perangkat lunak. Objek data diwakili oleh panah berlabel, dan transformasi diwakili oleh lingkaran. DFD disajikan secara hierarkis yaitu, model aliran data pertama (kadang-kadang disebut DFD level 0 atau diagram konteks) mewakili sistem secara keseluruhan. Diagram alir data selanjutnya menyempurnakan diagram konteks, memberikan peningkatan detail dengan setiap level berikutnya (Pressman, 2010). Terdapat 3 tingkat dari DFD yaitu (Ibrahim dan Siow, 2010) :

1. Diagram konteks atau DFD Level 0, diagram ini menggambarkan sistem secara utuh.
2. DFD Level 1, diagram ini menggambarkan tahapan proses yang lebih detail yang ada pada DFD Level 0.
3. DFD Level 2, diagram ini menggambarkan arus data yang lebih detail dari tahapan proses yang ada pada DFD Level 1.