

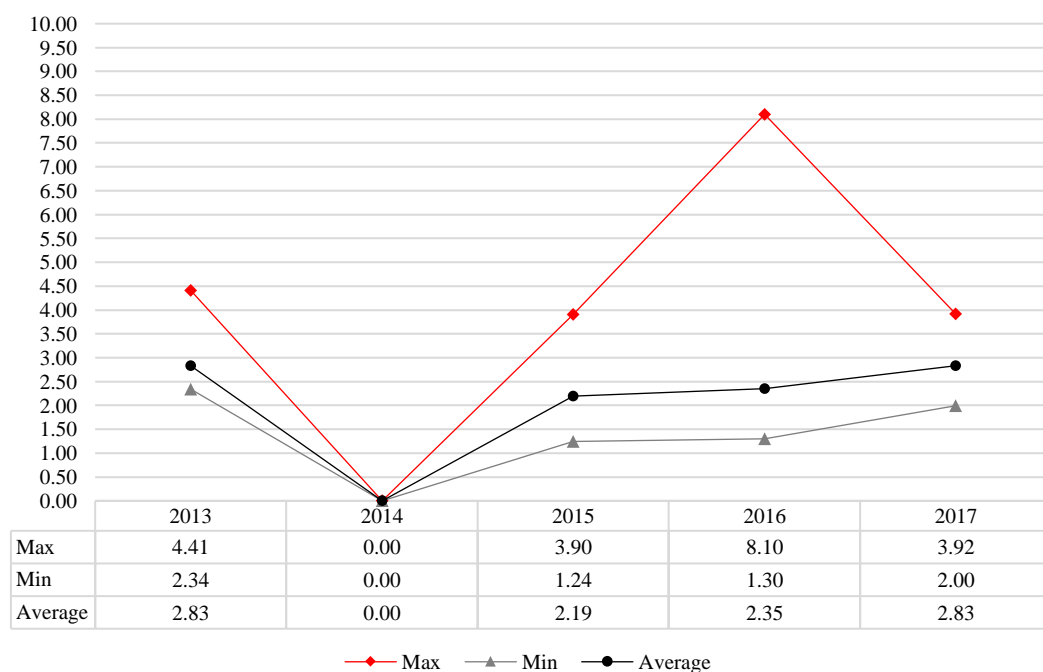
BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

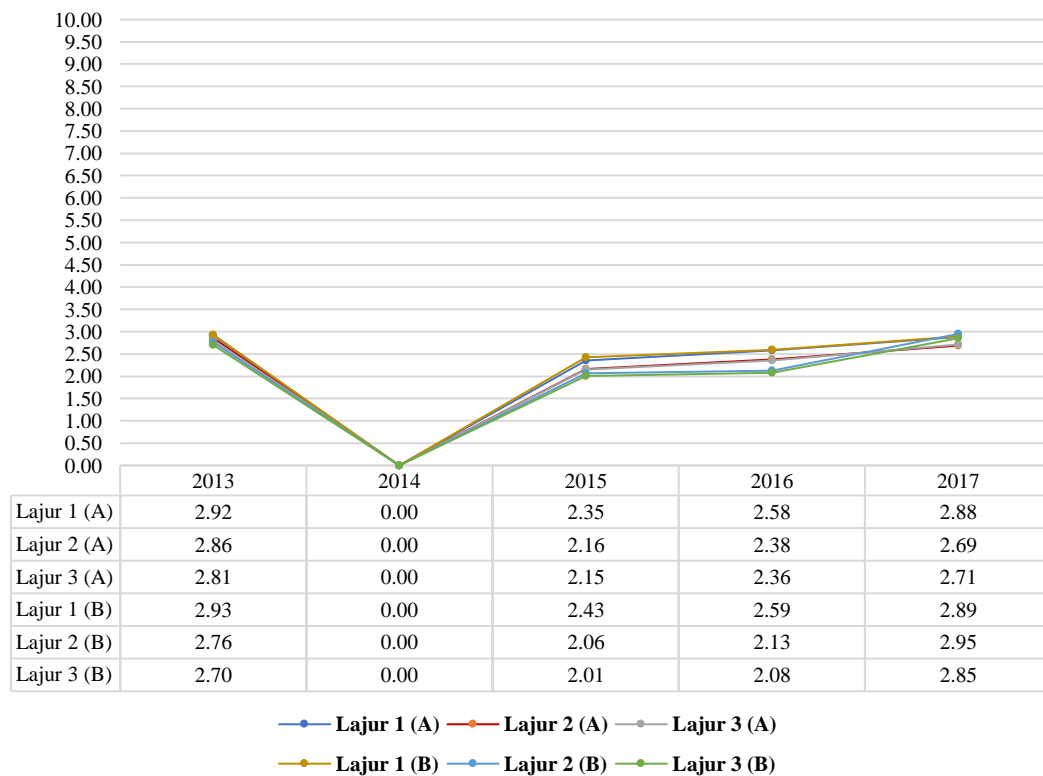
4.1.1. Data Utama

Data utama yang digunakan dalam kegiatan Penelitian ini adalah data aktual hasil pengujian indeks ketidakrataan pada jalan tol Pondok Aren - Serpong periode 2013, 2015, 2016 dan 2017. Data tersebut tersaji dalam bentuk hasil pengujian dengan instrument pengukuran per-100 meter, per-lajur dan per-arrah.

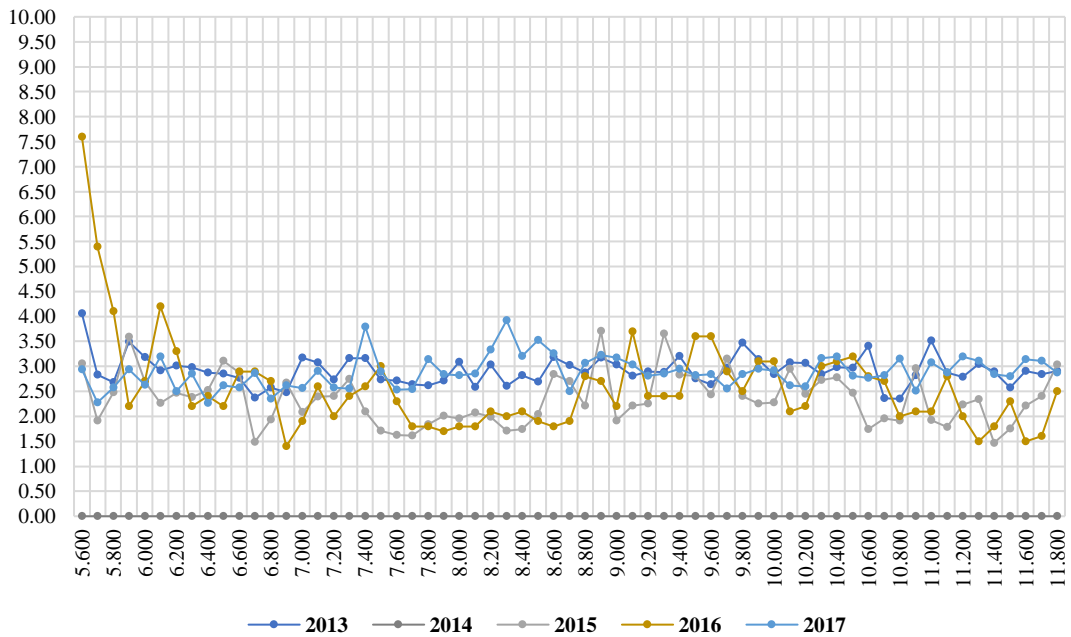


Gambar 4.1 Rekapitulasi hasil rata - rata keseluruhan pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong tahun 2013 - 2017

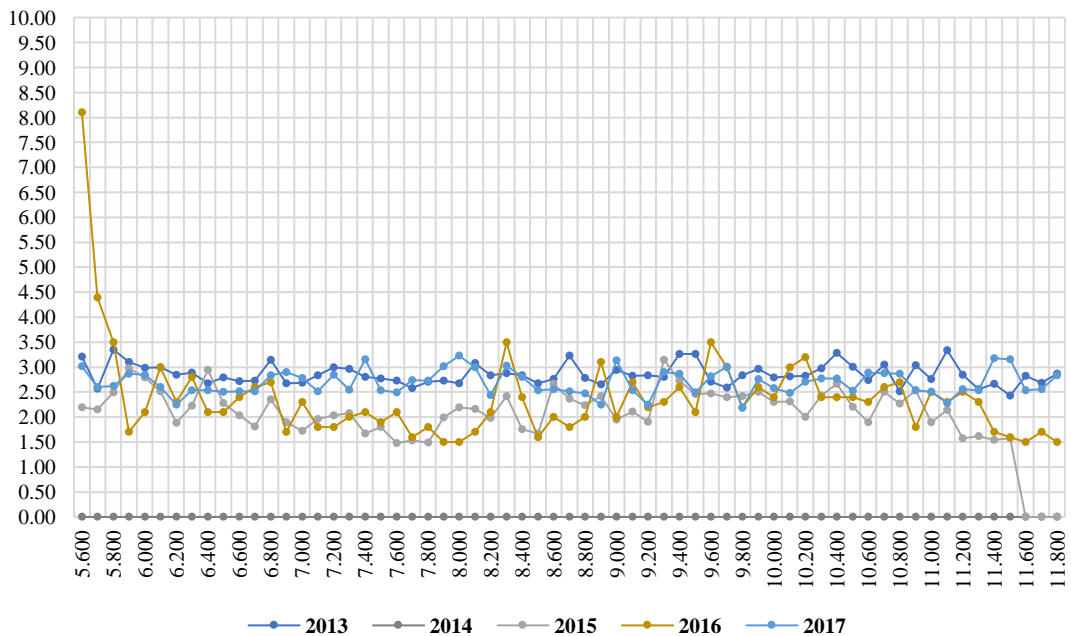
Gambar 4.1 diatas menunjukkan rekapitulasi hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong secara rata - rata keseluruhan. Dalam Penelitian ini, *forecasting* nilai rata - rata indeks ketidakrataan tersebut akan dikomparasikan dengan hasil *forecasting* per-lajur dan per-arrah, dimana rekapitulasi hasil pengujiannya dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Sedangkan rekapitulasi dari detail hasil pengujian tersaji pada **Gambar 4.3** sampai dengan **Gambar 4.8**.



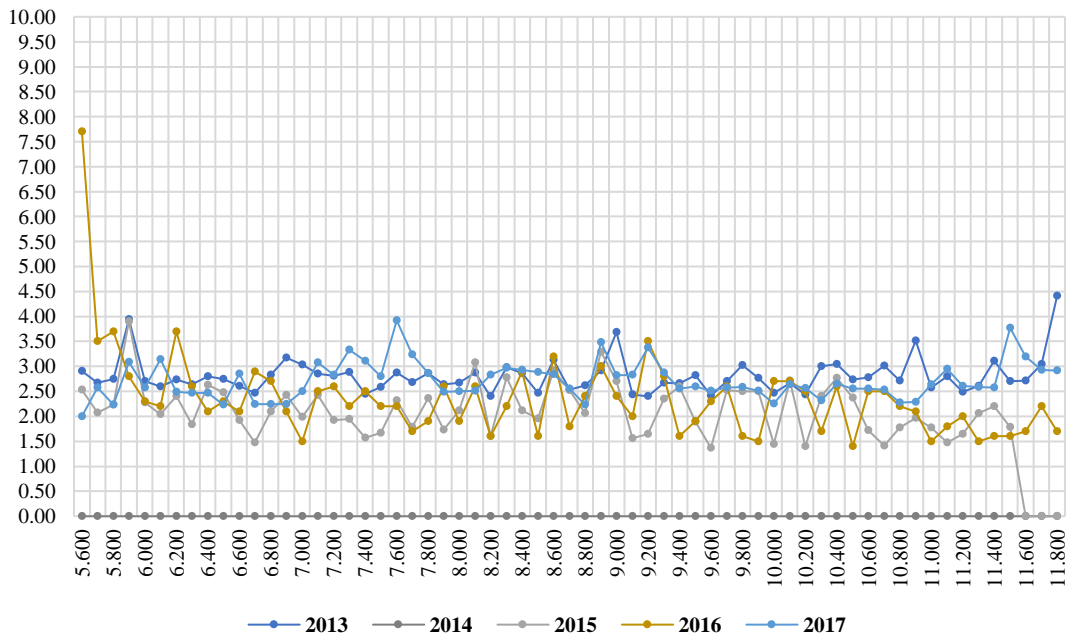
Gambar 4.2 Rekapitulasi hasil rata - rata pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong tahun 2013 - 2017 per-lajur per-jalur



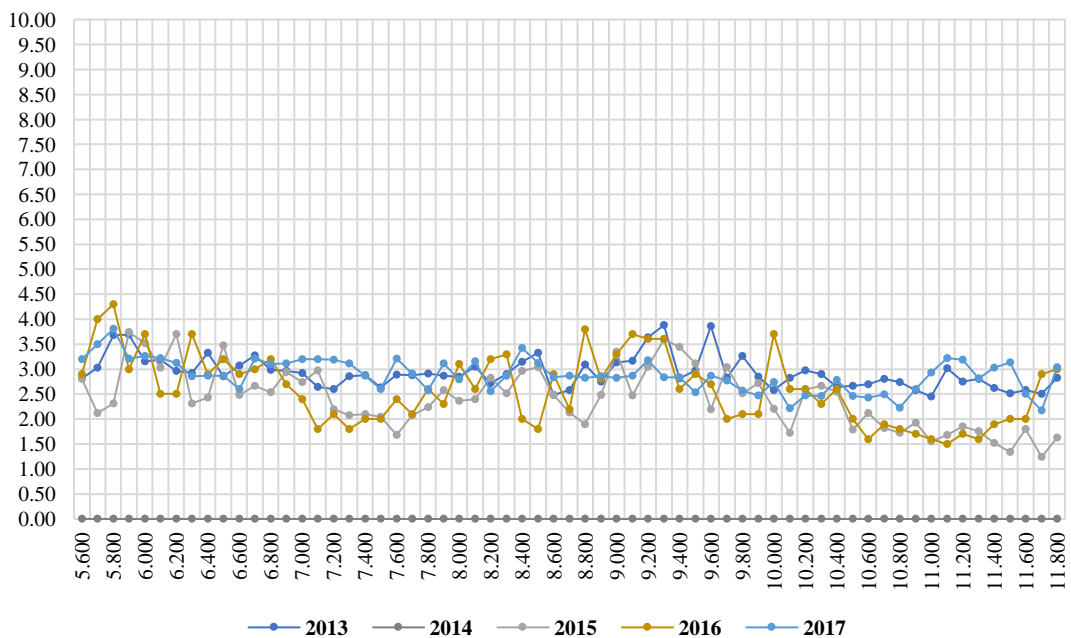
Gambar 4.3 Hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Lajur 1 Arah Serpong (Jalur A) tahun 2013 - 2017



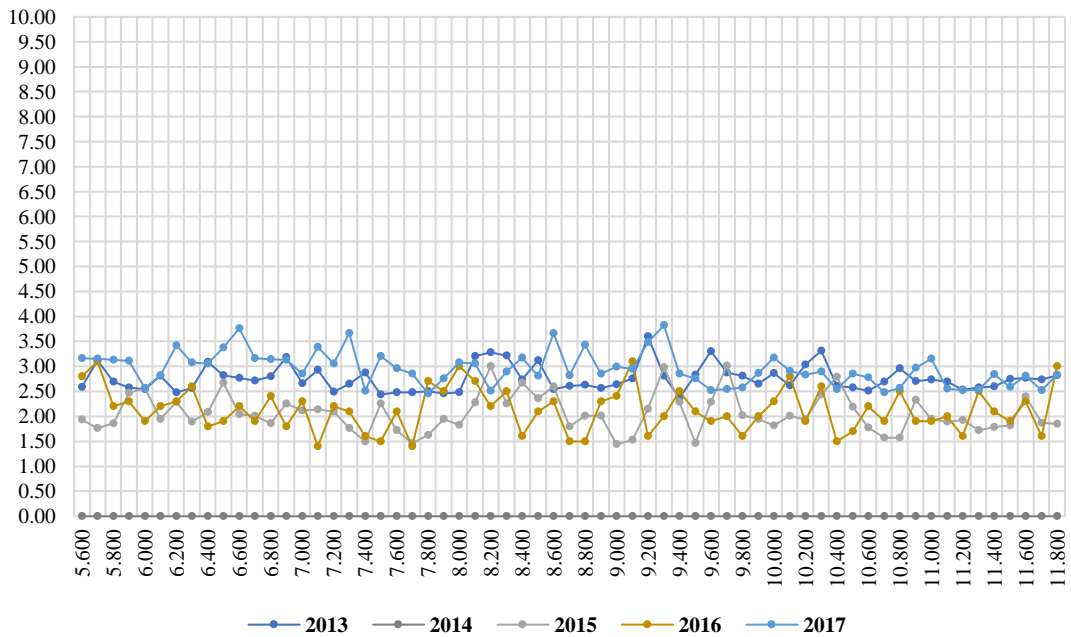
Gambar 4.4 Hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Lajur 2 Arah Serpong (Jalur A) tahun 2013 - 2017



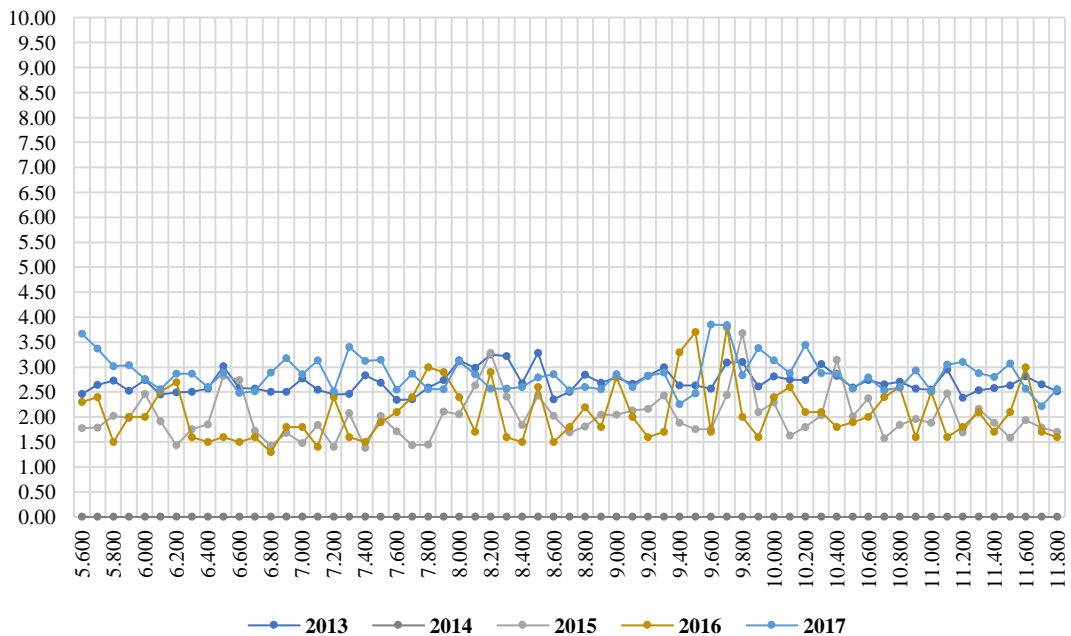
Gambar 4.5 Hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Lajur 3 Arah Serpong (Jalur A) tahun 2013 - 2017



Gambar 4.6 Hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Lajur 1 Arah Jakarta (Jalur B) tahun 2013 - 2017



Gambar 4.7 Hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Lajur 2 Arah Jakarta (Jalur B) tahun 2013 - 2017



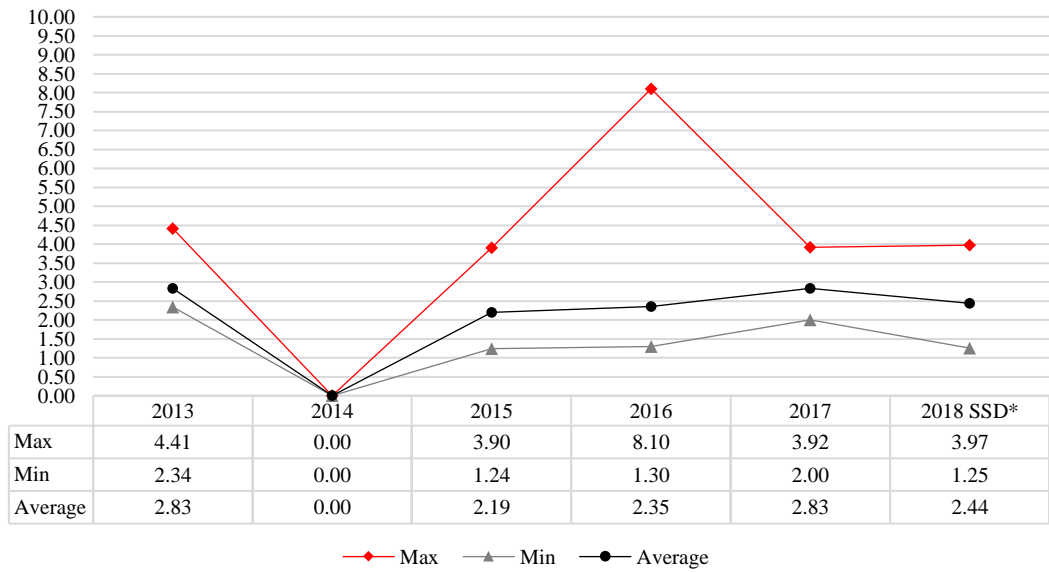
Gambar 4.8 Hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Lajur 3 Arah Jakarta (Jalur B) tahun 2013 - 2017

Data - data aktual diatas merupakan data utama yang akan digunakan dalam perhitungan peramalan. Penamaan arah tujuan yang umum digunakan pada setiap ruas jalan tol (Jalur A atau Jalur B) dimaksudkan guna kemudahan dalam proses identifikasi pencarian, dimana Jalur A menunjukkan arah dengan patok STA (kilometer) yang terus bertambah. Sebaliknya Jalur B menunjukkan arah dengan patok STA yang terus menurun.

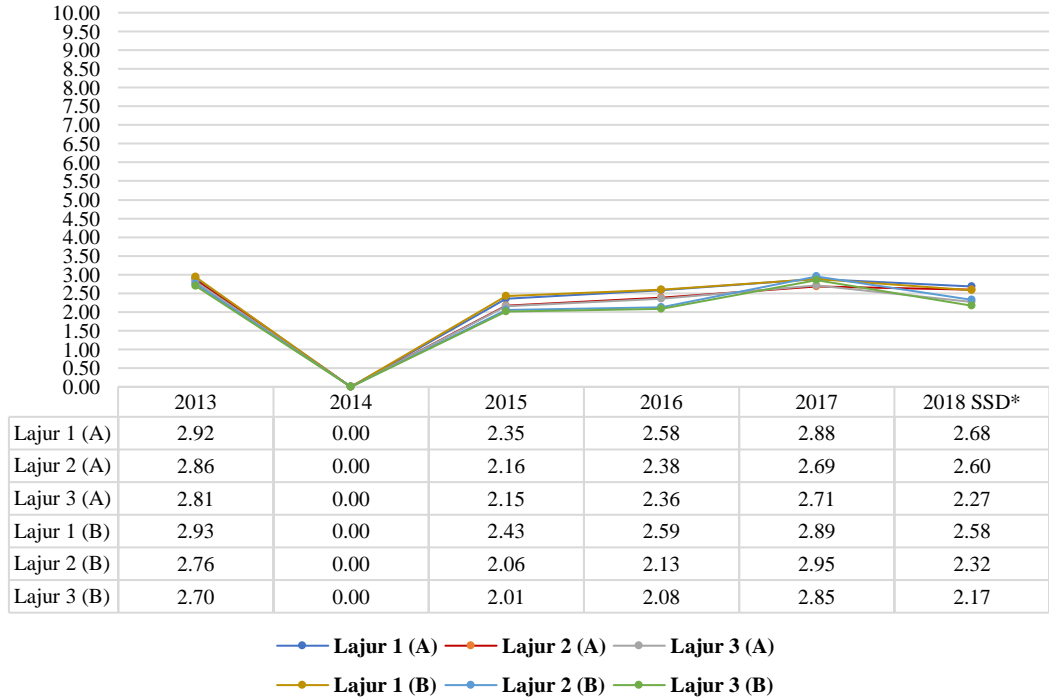
4.1.2. *Similarity Spatial Data*

Ketidaksinambungan data utama yang disebabkan karena tidak tersedianya hasil pengujian indeks ketidakrataan pada jalan tol Pondok Aren - Serpong pada tahun 2014 menjadi permasalahan utama yang menjadi dasar kegiatan Penelitian ini. Oleh karenanya dilakukan pemanfaatan *Similarity Spatial Data* (SSD) yang berupa hasil pengujian indeks ketidakrataan pada jalan tol Pondok Aren - Ulujami pada tahun 2018 yang memiliki kesamaan karakteristik dan terintegrasi langsung dengan jalan tol Pondok Aren - Serpong. Adapun pemanfaatan SSD ini dimaksudkan untuk mendapatkan minimum data yang disyaratkan oleh *Grey Forecasting Model* (GM), yakni empat periode data. Kesiambungan data pada akhirnya diharapkan dapat meningkatkan hasil akurasi peramalan.

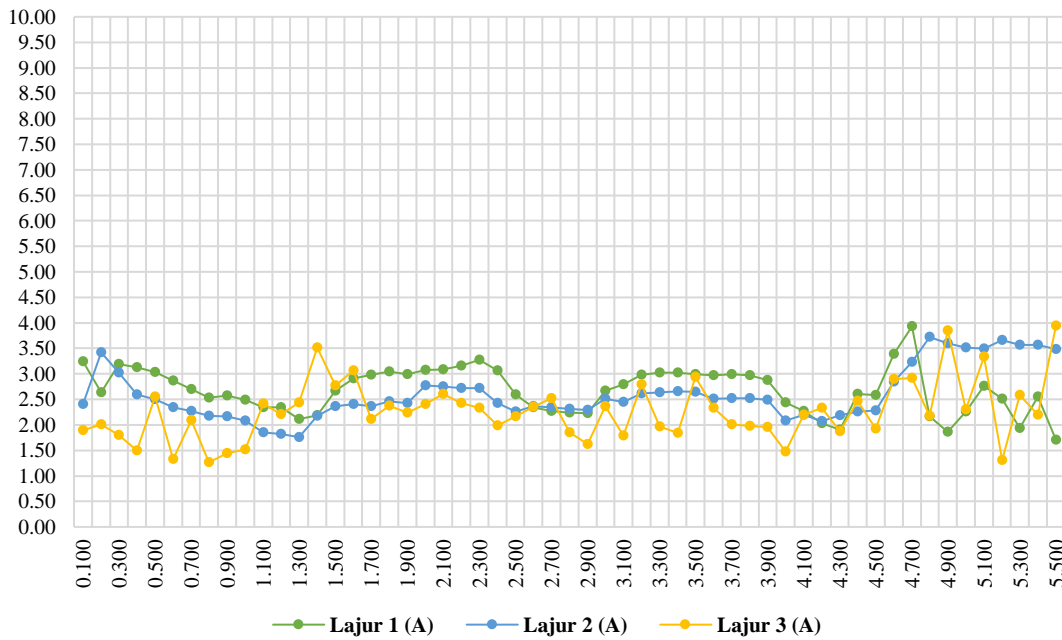
Rekapitulasi rata - rata keseluruhan data utama dan SSD dapat dilihat pada **Gambar 4.9**. Rekapitulasi rata - rata per-lajur per-jalur disajikan pada **Gambar 4.10**, sedangkan rekapitulasi dari detail SSD tersaji pada **Gambar 4.11** sampai dengan **Gambar 4.12**.



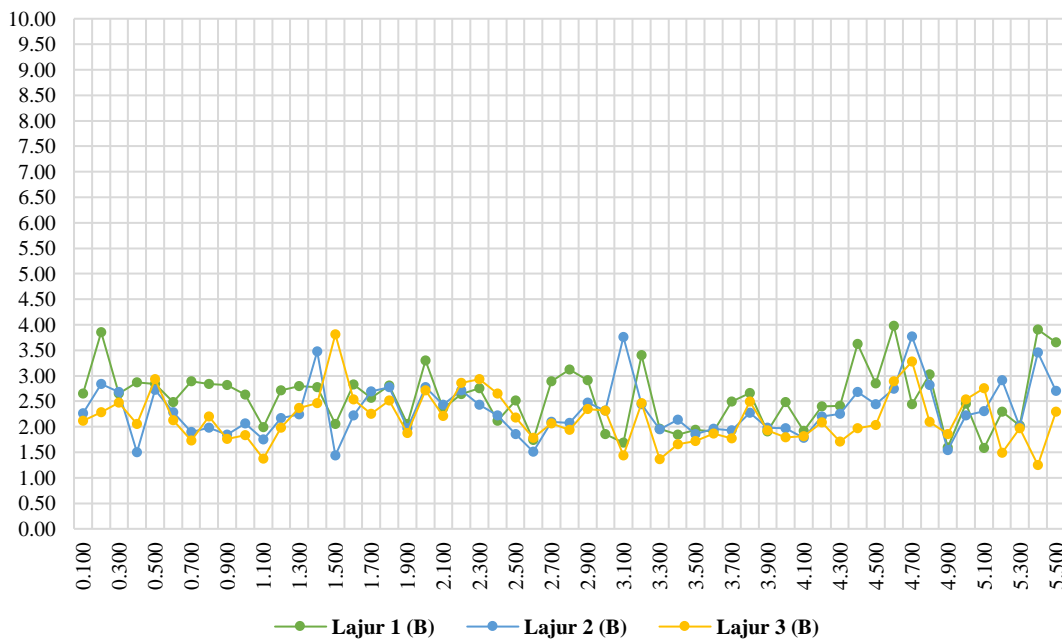
Gambar 4.9 Rekapitulasi rata - rata keseluruhan data utama dan SSD



Gambar 4.10 Rekapitulasi rata - rata data utama dan SSD per-lajur per-jalur



Gambar 4.11 Detail SSD arah Serpong (Jalur A)



Gambar 4.12 Detail SSD arah Jakarta (Jalur B)

4.1.3. Peramalan Indeks Ketidakrataan Menggunakan *Grey Forecasting Model*

Peramalan indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong dilakukan menggunakan data utama yang berupa hasil pengujian pada tahun 2013, 2015, 2016 dan 2017 secara rata - rata keseluruhan. Berikut ini adalah hasil dari perhitungan peramalan menggunakan GM :

1) Definisi 1

Penentuan data asli atau data mentah ($x^{(0)}$) berdasarkan urutan periode waktunya (**Tabel 4.1**).

Tabel 4.1 Data aktual $x^{(0)}$

Periode	k	$x^{(0)}$	Nilai
2013	1	$x^{(0)}(1)$	2,830
2015	2	$x^{(0)}(2)$	2,195
2016	3	$x^{(0)}(3)$	2,354
2017	4	$x^{(0)}(4)$	2,829

2) Definisi 2

Perhitungan nilai *first order Accumulated Generating Operation* (AGO) orde pertama dari $X^{(0)}$ dinotasikan sebagai $X^{(1)}$ menggunakan Persamaan 2.4. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

$$x^{(1)} = \sum_{i=1}^1 x^{(0)}(i), \sum_{i=1}^2 x^{(0)}(i), \sum_{i=1}^3 x^{(0)}(i), \sum_{i=1}^4 x^{(0)}(i)$$

$$x^{(1)} = (x^{(0)}(1)), (x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2)), (x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3)), (x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3) + x^{(0)}(4))$$

$$x^{(1)} = (2,830), (2,830 + 2,195), (2,830 + 2,195 + 2,354), (2,830 + 2,195 + 2,354 + 2,829)$$

Tabel 4.2 Hasil perhitungan $x^{(1)}$

k	$x^{(1)}$	Nilai
1	$x^{(1)}(1)$	2,830
2	$x^{(1)}(2)$	5,025
3	$x^{(1)}(3)$	7,378
4	$x^{(1)}(4)$	10,208

3) Definisi 3

Perhitungan nilai *Inverse Accumulated Generating Operation* atau IAGO menggunakan Persamaan 2.5.

$$x^{(1)}(k + 1) = x^{(1)}(k) + x^{(0)}(k + 1)$$

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

$$x^{(1)}(2) = x^{(1)}(1) + x^{(0)}(2)$$

$$x^{(1)}(2) = 2,830 + 2,195$$

$$x^{(1)}(2) = 5,025$$

$$k = 2, \quad x^{(1)}(2 + 1) = x^{(1)}(2) + x^{(0)}(2 + 1)$$

$$x^{(1)}(3) = x^{(1)}(2) + x^{(0)}(3)$$

$$x^{(1)}(3) = 5,025 + 2,354$$

$$x^{(1)}(3) = 7,378$$

$$k = 3, \quad x^{(1)}(3 + 1) = x^{(1)}(3) + x^{(0)}(3 + 1)$$

$$x^{(1)}(4) = x^{(1)}(3) + x^{(0)}(4)$$

$$x^{(1)}(4) = 7,378 + 2,829$$

$$x^{(1)}(4) = 10,208$$

4) **Definisi 4**

Perhitungan $z^{(1)}$ yang merupakan barisan pembangkit rata - rata dari dua data $x^{(1)}(k)$ yang berdekatan menggunakan Persamaan 2.6. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(k - 1) + x^{(1)}(k)]$$

$$k = 1, \quad z^{(1)}(1) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(1 - 1) + x^{(1)}(1)]$$

$$z^{(1)}(1) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(0) + x^{(1)}(1)]$$

$$z^{(1)}(1) = \frac{1}{2} [0 + 2,830]$$

$$z^{(1)}(1) = 1,415$$

$$k = 2, \quad z^{(1)}(2) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(2 - 1) + x^{(1)}(2)]$$

$$z^{(1)}(2) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)]$$

$$z^{(1)}(2) = \frac{1}{2} [2,830 + 5,025]$$

$$z^{(1)}(2) = 3,927$$

$$k = 3, \quad z^{(1)}(3) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(3 - 1) + x^{(1)}(3)]$$

$$z^{(1)}(3) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)]$$

$$z^{(1)}(3) = \frac{1}{2} [5,025 + 7,378]$$

$$z^{(1)}(3) = 6,202$$

$$k = 4, \quad z^{(1)}(4) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(4 - 1) + x^{(1)}(4)]$$

$$z^{(1)}(4) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(3) + x^{(1)}(4)]$$

$$z^{(1)}(4) = \frac{1}{2} [7,378 + 10,208]$$

$$z^{(1)}(4) = 8,793$$

Tabel 4.3 Hasil perhitungan $z^{(1)}(k)$

k	$z^{(1)}(k)$	Nilai
1	$z^{(1)}(1)$	1,415
2	$z^{(1)}(2)$	3,927
3	$z^{(1)}(3)$	6,202
4	$z^{(1)}(4)$	8,793

5) **Definisi 5.1**

Perhitungan nilai parameter a yang merupakan *development coefficient* menggunakan Persamaan 2.7.

$$a = \frac{\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - (n - 1) \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n - 1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 - [\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k)]^2}$$

$$a = \frac{\sum_{k=2}^4 z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^4 x^{(0)}(k) - (4 - 1) \sum_{k=2}^4 z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(4 - 1) \sum_{k=2}^4 [z^{(1)}(k)]^2 - [\sum_{k=2}^4 z^{(1)}(k)]^2}$$

$$a = \frac{(18,922 \times 7,378) - (3 \times 48,094)}{3 \times (131,199 - 358,031)}$$

$$a = 0,0068762152$$

6) **Definisi 5.2**

Perhitungan nilai dari parameter b yang merupakan *grey action quantity* menggunakan Persamaan 2.8.

$$b = \frac{\sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2}$$

$$b = \frac{\sum_{k=2}^4 [z^{(1)}(k)]^2 \sum_{k=2}^4 x^{(0)}(k) - \sum_{k=2}^4 z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(4-1) \sum_{k=2}^4 [z^{(1)}(k)]^2}$$

$$b = \frac{(131,198 \times 7,378) - 48,094}{3 \times 131,198}$$

$$b = 2,337$$

7) **Definisi 6**

Perhitungan nilai $f^{(1)}(k)$ menggunakan Persamaan 2.9. Perhitungan ini merupakan tahapan akhir sebelum dilakukan perhitungan peramalan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

$$f^{(1)}(k) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}$$

$$k = 1, \quad f^{(1)}(1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(1-1)} + \frac{b}{a}$$

$$f^{(1)}(1) = \left(2,830 - \frac{2,337}{0,006876} \right) 3^{-0,006876(0)} + \frac{2,337}{0,006876}$$

$$f^{(1)}(1) = (2,830 - 339,882) 1 + 339,882$$

$$f^{(1)}(1) = -337,052 + 339,882$$

$$f^{(1)}(1) = 2,830$$

$$\begin{aligned}
k = 2, \quad f^{(1)}(2) &= \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(2-1)} + \frac{b}{a} \\
f^{(1)}(2) &= \left(2,830 - \frac{2,337}{0,006876}\right) 3^{-0,006876(1)} + \frac{2,337}{0,006876} \\
f^{(1)}(2) &= (2,830 - 339,882) 0,992474 + 339,882 \\
f^{(1)}(2) &= -334,515 + 339,882 \\
f^{(1)}(2) &= 5,366
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k = 3, \quad f^{(1)}(3) &= \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(3-1)} + \frac{b}{a} \\
f^{(1)}(3) &= \left(2,830 - \frac{2,337}{0,006876}\right) 3^{-0,006876(2)} + \frac{2,337}{0,006876} \\
f^{(1)}(3) &= (2,830 - 339,882) 0,985005 + 339,882 \\
f^{(1)}(3) &= -331,998 + 339,882 \\
f^{(1)}(3) &= 7,884
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k = 4, \quad f^{(1)}(4) &= \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(4-1)} + \frac{b}{a} \\
f^{(1)}(4) &= \left(2,830 - \frac{2,337}{0,006876}\right) 3^{-0,006876(3)} + \frac{2,337}{0,006876} \\
f^{(1)}(4) &= (2,830 - 339,882) 0,977592 + 339,882 \\
f^{(1)}(4) &= -329,499 + 339,882 \\
f^{(1)}(4) &= 10,382
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k = 5, \quad f^{(1)}(5) &= \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(5-1)} + \frac{b}{a} \\
f^{(1)}(5) &= \left(2,830 - \frac{2,337}{0,006876}\right) 3^{-0,006876(4)} + \frac{2,337}{0,006876} \\
f^{(1)}(5) &= (2,830 - 339,882) 0,970235 + 339,882
\end{aligned}$$

$$f^{(1)}(5) = -327,020 + 339,882$$

$$f^{(1)}(5) = 12,862$$

Tabel 4.4 Hasil perhitungan $f^{(1)}(k)$

k	$f^{(1)}(k)$	Nilai
1	$f^{(1)}(1)$	2,830
2	$f^{(1)}(2)$	5,366
3	$f^{(1)}(3)$	7,884
4	$f^{(1)}(4)$	10,382
5	$f^{(1)}(5)$	12,862

8) **Definisi 7**

Perhitungan nilai peramalan yang merupakan tahapan akhir dalam proses perhitungan GM, menggunakan persamaan 2.10.

$$f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k - 1)$$

$$f^{(0)}(5) = f^{(1)}(5) - f^{(1)}(5 - 1)$$

$$f^{(0)}(5) = f^{(1)}(5) - f^{(1)}(4)$$

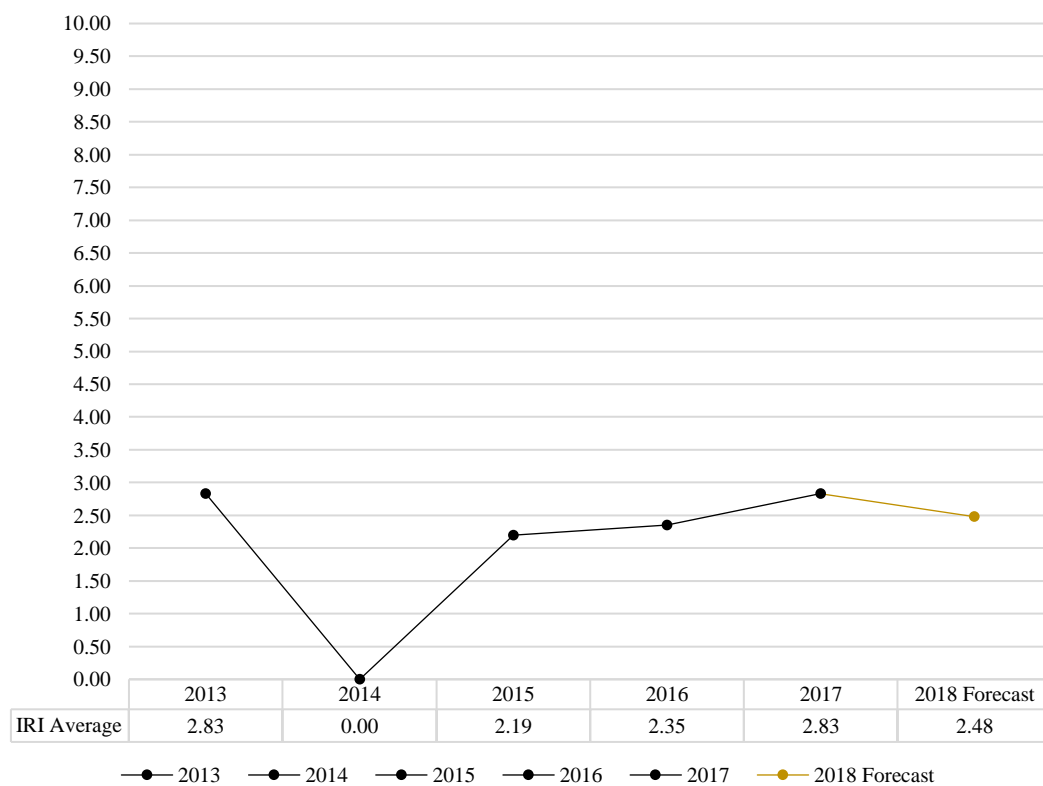
$$f^{(0)}(5) = 12,862 - 10,382$$

$$f^{(0)}(5) = \mathbf{2,480}$$

Berdasarkan tahapan - tahapan perhitungan diatas, hasil nilai peramalan indeks ketidakrataan pada jalan tol Pondok Aren - Serpong secara rata - rata keseluruhan pada tahun 2018 adalah **2,480 m/km**. Hasil perhitungan peramalan GM secara rata - rata keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.13**.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan peramalan GM secara rata - rata keseluruhan

Jenis Data	Periode	$x^{(0)}$	Nilai
Data Asli	2013	$x^{(0)}(1)$	2,830
Data Asli	2015	$x^{(0)}(2)$	2,195
Data Asli	2016	$x^{(0)}(3)$	2,354
Data Asli	2017	$x^{(0)}(4)$	2,829
Peramalan (<i>forecasting</i>)	2018	$x^{(0)}(5)$	2,480

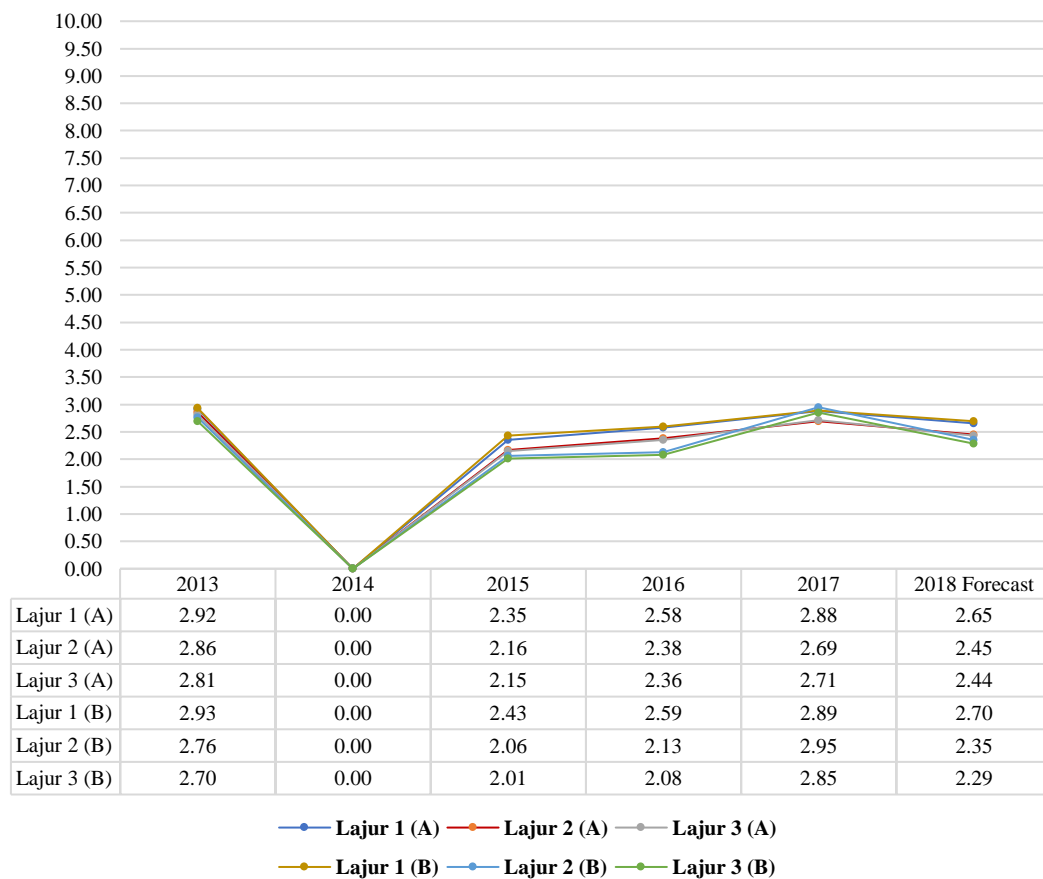


Gambar 4.13 Grafik hasil peramalan GM secara rata - rata secara keseluruhan

Sedangkan penyajian rekapitulasi hasil perhitungan peramalan indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong tahun 2018 secara rata - rata per-lajur per-arrah dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut ini.

Tabel 4.6 Hasil perhitungan peramalan GM secara rata - rata per-lajur per-arrah

Lajur (Arah)	Periode				
	2013	2015	2016	2017	2018 (Forecasting)
Lajur 1 (A)	2,918	2,353	2,578	2,884	2,654
Lajur 2 (A)	2,857	2,164	2,383	2,690	2,448
Lajur 3 (A)	2,812	2,151	2,357	2,712	2,435
Lajur 1 (B)	2,933	2,427	2,592	2,887	2,698
Lajur 2 (B)	2,760	2,061	2,132	2,950	2,353
Lajur 3 (B)	2,699	2,011	2,081	2,852	2,288



Gambar 4.14 Grafik hasil peramalan GM secara rata - rata per-lajur per-arrah

4.1.4. Peramalan Indeks Ketidakrataan Menggunakan *Grey Forecasting Model* dan Pemanfaatan *Similarity Spatial Data*

Setelah peramalan indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong dilakukan menggunakan data utama yang berupa hasil pengujian pada tahun 2013, 2015, 2016 dan 2017 secara rata - rata keseluruhan dilakukan, berikutnya dilakukan peramalan dengan menggunakan data utama pada tahun 2015, 2016, 2017 dan pemanfaatan SSD pada tahun 2018 secara rata - rata keseluruhan. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan tingkat akurasi hasil peramalan. Berikut ini adalah hasil dari perhitungan peramalan menggunakan GM dan pemanfaatan *Similarity Spatial Data* (SSD) :

1) Definisi 1

Penentuan data asli atau data mentah ($x^{(0)}$) dan pemanfaatan SSD hingga didapatkan urutan periode waktu yang berkesinambungan (**Tabel 4.7**).

Tabel 4.7 Data aktual $x^{(0)}$ dengan pemanfaatan SSD

Periode	k	$x^{(0)}$	Nilai
2015	1	$x^{(0)}(1)$	2,195
2016	2	$x^{(0)}(2)$	2,354
2017	3	$x^{(0)}(3)$	2,829
2018 (<i>Similarity Spatial Data</i>)	4	$x^{(0)}(4)$	2,436

2) Definisi 2

Perhitungan data *first order Accumulated Generating Operation* (AGO) orde pertama dari $X^{(0)}$ dinotasikan sebagai $X^{(1)}$ menggunakan Persamaan 2.4. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

$$\mathbf{x}^{(1)} = \sum_{i=1}^1 \mathbf{x}^{(0)}(i), \sum_{i=1}^2 \mathbf{x}^{(0)}(i), \sum_{i=1}^3 \mathbf{x}^{(0)}(i), \sum_{i=1}^4 \mathbf{x}^{(0)}(i)$$

$$\mathbf{x}^{(1)} = (x^{(0)}(1)), (x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2)), (x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3)), (x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3) + x^{(0)}(4))$$

$$\mathbf{x}^{(1)} = (2,195), (2,195 + 2,354), (2,195 + 2,354 + 2,829), (2,195 + 2,354 + 2,829 + 2,436)$$

Tabel 4.8 Hasil perhitungan $x^{(1)}$ dengan pemanfaatan SSD

k	$x^{(1)}$	Nilai
1	$x^{(1)}(1)$	2,195
2	$x^{(1)}(2)$	4,549
3	$x^{(1)}(3)$	7,378
4	$x^{(1)}(4)$	9,814

3) Definisi 3

Perhitungan nilai *Inverse Accumulated Generating Operation* atau IAGO menggunakan Persamaan 2.5.

$$\mathbf{x}^{(1)}(\mathbf{k} + \mathbf{1}) = \mathbf{x}^{(1)}(\mathbf{k}) + \mathbf{x}^{(0)}(\mathbf{k} + \mathbf{1})$$

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

$$x^{(1)}(2) = x^{(1)}(1) + x^{(0)}(2)$$

$$x^{(1)}(2) = 2,195 + 2,354$$

$$x^{(1)}(2) = 4,549$$

$$k = 2, \quad x^{(1)}(2 + 1) = x^{(1)}(2) + x^{(0)}(2 + 1)$$

$$x^{(1)}(3) = x^{(1)}(2) + x^{(0)}(3)$$

$$x^{(1)}(3) = 4,549 + 2,829$$

$$x^{(1)}(3) = 7,378$$

$$k = 3, \quad x^{(1)}(3 + 1) = x^{(1)}(3) + x^{(0)}(3 + 1)$$

$$x^{(1)}(4) = x^{(1)}(3) + x^{(0)}(4)$$

$$x^{(1)}(4) = 7,378 + 2,436$$

$$x^{(1)}(4) = 9,814$$

4) **Definisi 4**

Perhitungan $z^{(1)}$ yang merupakan barisan pembangkit rata - rata dari dua data $x^{(1)}(k)$ yang berdekatan menggunakan Persamaan 2.6. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(k - 1) + x^{(1)}(k)]$$

$$k = 1, \quad z^{(1)}(1) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(1 - 1) + x^{(1)}(1)]$$

$$z^{(1)}(1) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(0) + x^{(1)}(1)]$$

$$z^{(1)}(1) = \frac{1}{2} [0 + 2,195]$$

$$z^{(1)}(1) = 1,097$$

$$k = 2, \quad z^{(1)}(2) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(2 - 1) + x^{(1)}(2)]$$

$$z^{(1)}(2) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)]$$

$$z^{(1)}(2) = \frac{1}{2} [2,195 + 4,549]$$

$$z^{(1)}(2) = 3,372$$

$$k = 3, \quad z^{(1)}(3) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(3 - 1) + x^{(1)}(3)]$$

$$z^{(1)}(3) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)]$$

$$z^{(1)}(3) = \frac{1}{2} [4,549 + 7,378]$$

$$z^{(1)}(3) = 5,963$$

$$k = 4, \quad z^{(1)}(4) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(4 - 1) + x^{(1)}(4)]$$

$$z^{(1)}(4) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(3) + x^{(1)}(4)]$$

$$z^{(1)}(4) = \frac{1}{2} [7,378 + 9,814]$$

$$z^{(1)}(4) = 8,596$$

Tabel 4.9 Hasil perhitungan $z^{(1)}(k)$ dengan pemanfaatan SSD

k	$z^{(1)}(k)$	Nilai
1	$z^{(1)}(1)$	1,097
2	$z^{(1)}(2)$	3,372
3	$z^{(1)}(3)$	5,963
4	$z^{(1)}(4)$	8,596

5) **Definisi 5.1**

Perhitungan nilai parameter a yang merupakan *development coefficient* menggunakan Persamaan 2.7.

$$a = \frac{\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - (n-1) \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 - [\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k)]^2}$$

$$a = \frac{\sum_{k=2}^4 z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^4 x^{(0)}(k) - (4-1) \sum_{k=2}^4 z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(4-1) \sum_{k=2}^4 [z^{(1)}(k)]^2 - [\sum_{k=2}^4 z^{(1)}(k)]^2}$$

$$a = \frac{(17,931 \times 7,619) - (3 \times 45,750)}{3 \times (120,821 - 321,525)}$$

$$a = 0,0010450098$$

6) **Definisi 5.2**

Perhitungan nilai dari parameter b yang merupakan *grey action quantity* menggunakan Persamaan 2.8.

$$b = \frac{\sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2}$$

$$b = \frac{\sum_{k=2}^4 [z^{(1)}(k)]^2 \sum_{k=2}^4 x^{(0)}(k) - \sum_{k=2}^4 z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(4-1) \sum_{k=2}^4 [z^{(1)}(k)]^2}$$

$$b = \frac{(120,821 \times 7,619) - 45,750}{3 \times 120,821}$$

$$b = 2,414$$

7) **Definisi 6**

Perhitungan nilai $f^{(1)}(k)$ menggunakan Persamaan 2.9. Perhitungan ini merupakan tahapan akhir sebelum dilakukan perhitungan peramalan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

$$f^{(1)}(k) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}$$

$$k = 1, \quad f^{(1)}(1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(1-1)} + \frac{b}{a}$$

$$f^{(1)}(1) = \left(2,195 - \frac{2,414}{0,001045}\right) 3^{-0,001045(0)} + \frac{2,414}{0,001045}$$

$$f^{(1)}(1) = (2,195 - 2309,558) 1 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(1) = -2307,363 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(1) = 2,195$$

$$k = 2, \quad f^{(1)}(2) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(2-1)} + \frac{b}{a}$$

$$f^{(1)}(2) = \left(2,195 - \frac{2,414}{0,001045}\right) 3^{-0,001045(1)} + \frac{2,414}{0,001045}$$

$$f^{(1)}(2) = (2,195 - 2309,558) 0,998853 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(2) = -2304,716 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(2) = 4,842$$

$$k = 3, \quad f^{(1)}(3) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(3-1)} + \frac{b}{a}$$

$$f^{(1)}(3) = \left(2,195 - \frac{2,414}{0,001045}\right) 3^{-0,001045(2)} + \frac{2,414}{0,001045}$$

$$f^{(1)}(3) = (2,195 - 2309,558) 0,997707 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(3) = -2302,071 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(3) = 7,487$$

$$k = 4, \quad f^{(1)}(4) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-a(4-1)} + \frac{b}{a}$$

$$f^{(1)}(4) = \left(2,195 - \frac{2,414}{0,001045}\right) 3^{-0,001045(3)} + \frac{2,414}{0,001045}$$

$$f^{(1)}(4) = (2,195 - 2309,558) 0,996562 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(4) = -2299,430 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(4) = 10,128$$

$$k = 5, \quad f^{(1)}(5) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(5-1)} + \frac{b}{a}$$

$$f^{(1)}(5) = \left(2,195 - \frac{2,414}{0,001045} \right) 3^{-0,001045(4)} + \frac{2,414}{0,001045}$$

$$f^{(1)}(5) = (2,195 - 2309,558) 0,995418 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(5) = -2296,792 + 2309,558$$

$$f^{(1)}(5) = 12,767$$

Tabel 4.10 Hasil perhitungan $f^{(1)}(k)$ dengan pemanfaatan SSD

k	$f^{(1)}(k)$	Nilai
1	$f^{(1)}(1)$	2,195
2	$f^{(1)}(2)$	4,842
3	$f^{(1)}(3)$	7,487
4	$f^{(1)}(4)$	10,128
5	$f^{(1)}(5)$	12,767

8) **Definisi 7**

Perhitungan nilai peramalan menggunakan persamaan 2.10 (**Tabel 4.11**).

$$f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k - 1)$$

$$f^{(0)}(5) = f^{(1)}(5) - f^{(1)}(5 - 1)$$

$$f^{(0)}(5) = f^{(1)}(5) - f^{(1)}(4)$$

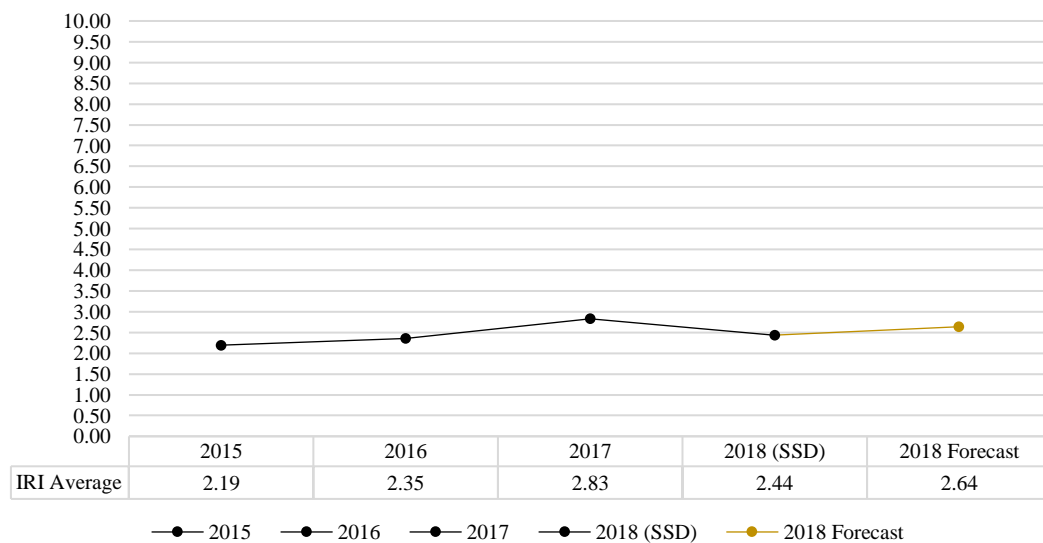
$$f^{(0)}(5) = 12,767 - 10,128$$

$$f^{(0)}(5) = 2,638$$

Berdasarkan perhitungan diatas, hasil nilai peramalan indeks ketidakrataan pada jalan tol Pondok Aren - Serpong dengan pemanfaatan *Similarity Spatial Data* secara rata - rata keseluruhan pada tahun 2018 adalah **2,638 m/km**.

Tabel 4.11 Hasil perhitungan peramalan GM dengan pemanfaatan SSD secara rata - rata keseluruhan

Jenis Data	Periode	$x^{(0)}$	Nilai
Data Asli	2015	$x^{(0)}(1)$	2,195
Data Asli	2016	$x^{(0)}(2)$	2,354
Data Asli	2017	$x^{(0)}(3)$	2,829
<i>Similarity Spatial Data</i>	2018	$x^{(0)}(4)$	2,436
Peramalan (<i>forecasting</i>)	2018	$x^{(0)}(5)$	2,638

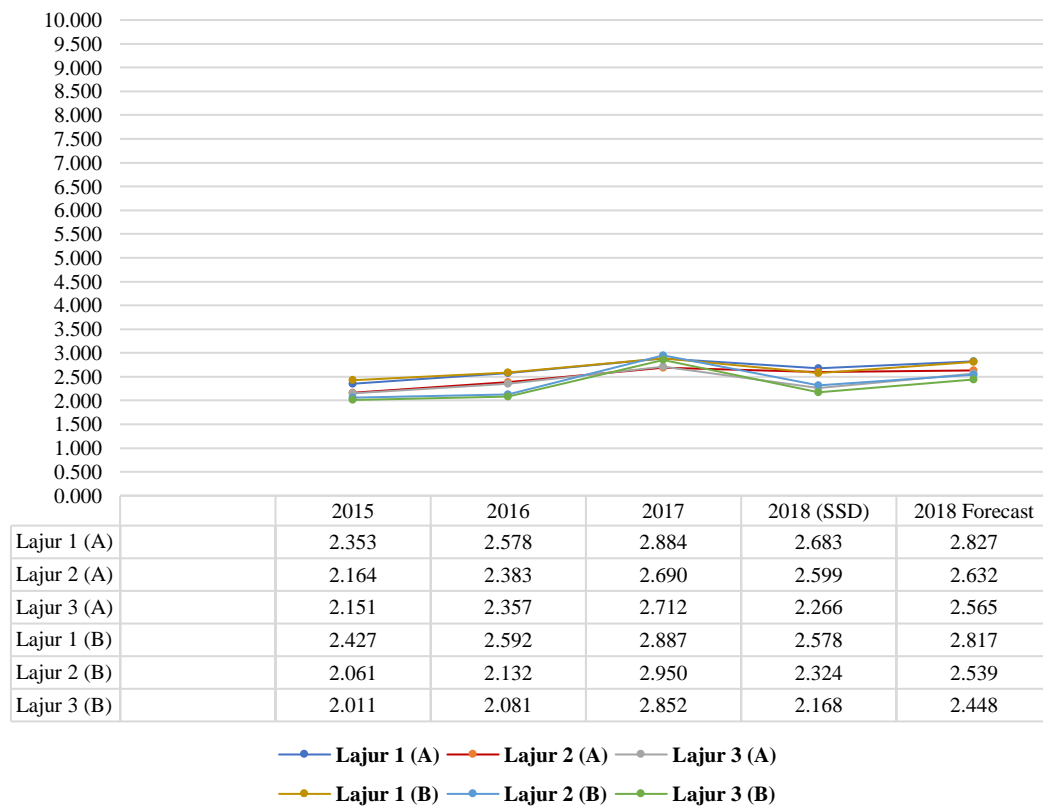


Gambar 4.15 Grafik hasil peramalan GM dengan pemanfaatan SSD secara rata - rata secara keseluruhan

Penyajian rekapitulasi hasil perhitungan peramalan indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong tahun 2018 dengan pemanfaatan SSD secara rata - rata per-lajur per-arrah dapat dilihat pada **Tabel 4.12** berikut ini.

Tabel 4.12 Hasil perhitungan peramalan GM dengan pemanfaatan SSD secara rata - rata per-lajur per-arrah

Lajur (Arah)	Periode				
	2015	2016	2017	2018 (SSD)*	2018 (Forecasting)
Lajur 1 (A)	2,353	2,578	2,884	2,683	2,827
Lajur 2 (A)	2,164	2,383	2,690	2,599	2,632
Lajur 3 (A)	2,151	2,357	2,712	2,266	2,565
Lajur 1 (B)	2,427	2,592	2,887	2,578	2,817
Lajur 2 (B)	2,061	2,132	2,950	2,324	2,539
Lajur 3 (B)	2,011	2,081	2,852	2,168	2,448



Gambar 4.16 Grafik hasil peramalan GM dengan pemanfaatan *Similarity Spatial Data* secara rata - rata per-lajur per-arrah

4.1.5. Pengujian Tingkat Keakuratan Peramalan

Pengujian tingkat keakuratan hasil peramalan dilakukan dengan melakukan perhitungan *residual value*, *residual error* dan *average residual error* menggunakan persamaan 2.11 sampai dengan 2.14. Namun untuk mendapatkan hasil perhitungan ketiga parameter tersebut harus dilakukan perhitungan nilai $f^{(0)}(2)$, $f^{(0)}(3)$ dan $f^{(0)}(4)$ yang merupakan nilai peramalan pada tahun 2015, 2016 dan 2017 terlebih dahulu. Berikut perhitungan peramalan GM menggunakan data utama :

$$k = 2, \quad f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k - 1)$$

$$f^{(0)}(2) = f^{(1)}(2) - f^{(1)}(2 - 1)$$

$$f^{(0)}(2) = f^{(1)}(2) - f^{(1)}(1)$$

$$f^{(0)}(2) = 5,366 - 2,830$$

$$f^{(0)}(2) = 2,537$$

$$k = 3, \quad f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k - 1)$$

$$f^{(0)}(3) = f^{(1)}(3) - f^{(1)}(3 - 1)$$

$$f^{(0)}(3) = f^{(1)}(3) - f^{(1)}(2)$$

$$f^{(0)}(3) = 7,884 - 5,366$$

$$f^{(0)}(3) = 2,518$$

$$k = 4, \quad f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k - 1)$$

$$f^{(0)}(4) = f^{(1)}(4) - f^{(1)}(4 - 1)$$

$$f^{(0)}(4) = f^{(1)}(4) - f^{(1)}(3)$$

$$f^{(0)}(4) = 10,382 - 7,884$$

$$f^{(0)}(4) = 2,499$$

Sedangkan perhitungan nilai peramalan GM pada tahun 2015, 2016 dan 2017 dengan pemanfaatan SSD adalah sebagai berikut :

$$k = 2, \quad f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k - 1)$$

$$f^{(0)}(2) = f^{(1)}(2) - f^{(1)}(2 - 1)$$

$$f^{(0)}(2) = f^{(1)}(2) - f^{(1)}(1)$$

$$f^{(0)}(2) = 4,842 - 2,195$$

$$f^{(0)}(2) = 2,647$$

$$k = 3, \quad f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k - 1)$$

$$f^{(0)}(3) = f^{(1)}(3) - f^{(1)}(3 - 1)$$

$$f^{(0)}(3) = f^{(1)}(3) - f^{(1)}(2)$$

$$f^{(0)}(3) = 7,487 - 4,842$$

$$f^{(0)}(3) = 2,644$$

$$k = 4, \quad f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k - 1)$$

$$f^{(0)}(4) = f^{(1)}(4) - f^{(1)}(4 - 1)$$

$$f^{(0)}(4) = f^{(1)}(4) - f^{(1)}(3)$$

$$f^{(0)}(4) = 10,128 - 7,487$$

$$f^{(0)}(4) = 2,641$$

Berdasarkan perhitungan diatas, komparasi tingkat keakuratan dari hasil peramalan GM menggunakan data utama dan pemanfaatan SSD dapat dilihat pada **Tabel 4.13** dan **Tabel 4.14** berikut ini :

Tabel 4.13 Hasil perhitungan tingkat keakuratan peramalan GM

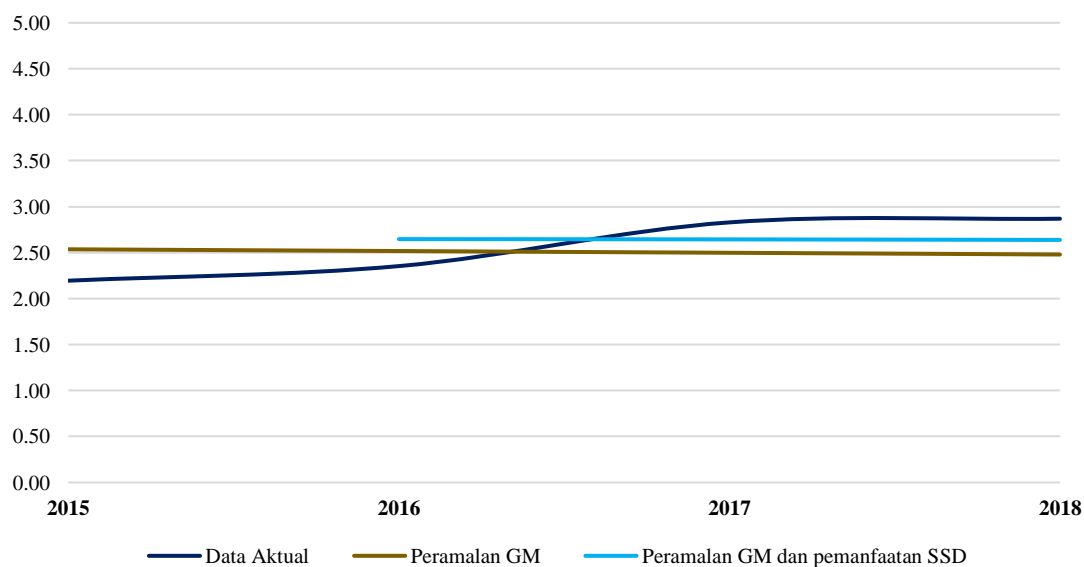
Periode	<i>k</i>	Jenis Data	Nilai IRI	GM		
				Nilai Peramalan	Residual Value	Residual Error
2013	1	Data Utama	2.830	-	-	-
2015	2	Data Utama	2.195	2.537	-0.342	15.56%
2016	3	Data Utama	2.354	2.518	-0.164	6.96%
2017	4	Data Utama	2.829	2.499	0.331	11.69%
2018	5	Data Aktual	2.869	2.480	0.389	13.57%
Average Residual Error						11.94%
Forecasting Accuracy						88.06%

IRI = Indeks ketidakrataan (m/km)

Tabel 4.14 Hasil perhitungan tingkat keakuratan peramalan GM dengan pemanfaatan SSD

Periode	<i>k</i>	Jenis Data	Nilai IRI	GM dengan Pemanfaatan SSD		
				Nilai Peramalan	Residual Value	Residual Error
2015	1	Data Utama	2.195	-	-	-
2016	2	Data Utama	2.354	2.647	-0.294	12.48%
2017	3	Data Utama	2.829	2.644	0.185	6.53%
2018	4	SSD	2.436	2.641	-0.205	8.42%
2018	5	Data Aktual	2.869	2.638	0.231	8.04%
Average Residual Error						8.87%
Forecasting Accuracy						91.13%

IRI = Indeks ketidakrataan (m/km)



Gambar 4.17 Grafik komparasi akurasi hasil peramalan

Sedangkan jika peramalan indeks ketidakrataan pada jalan tol Pondok Aren - Serpong menggunakan metode GM dan pemanfaatan SSD dilakukan berdasarkan nilai rata - rata per-lajur per-arah menghasilkan komparasi yang dapat dilihat pada **Tabel 4.15** sampai dengan **Tabel 4.19** :

Tabel 4.15 Hasil perhitungan tingkat keakuratan peramalan GM per-lajur

Periode	k	Jenis Data	Nilai IRI	GM		
				Nilai Peramalan	Residual Value	Residual Error
Lane 1 (A)						
2013	1	Main Data	2.918	-	-	-
2015	2	Main Data	2.353	2.702	-0.349	14.85%
2016	3	Main Data	2.578	2.686	-0.108	4.20%
2017	4	Main Data	2.884	2.670	0.214	7.43%
2018	5	Main Data	2.915	2.654	0.261	8.96%
Average Residual Error						8.86%

Tabel 4.16 Hasil perhitungan tingkat keakuratan peramalan GM per-lajur (lanjutan)

Periode	k	Jenis Data	Nilai IRI	GM		
				Nilai Peramalan	Residual Value	Residual Error
Lane 1 (A)						
Forecasting Accuracy			91.14%			
Lane 2 (A)						
2013	1	Main Data	2.857	-	-	-
2015	2	Main Data	2.164	2.493	-0.330	15.23%
2016	3	Main Data	2.383	2.478	-0.095	4.01%
2017	4	Main Data	2.690	2.463	0.227	8.44%
2018	5	Main Data	2.795	2.448	0.347	12.43%
Average Residual Error			10.03%			
Forecasting Accuracy			89.97%			
Lane 3 (A)						
2013	1	Main Data	2.812	-	-	-
2015	2	Main Data	2.151	2.484	-0.333	15.50%
2016	3	Main Data	2.357	2.468	-0.111	4.69%
2017	4	Main Data	2.712	2.451	0.261	9.61%
2018	5	Main Data	2.857	2.435	0.422	14.76%
Average Residual Error			11.14%			
Forecasting Accuracy			88.86%			
Lane 1 (B)						
2013	1	Main Data	2.933	-	-	-
2015	2	Main Data	2.427	2.740	-0.313	12.91%
2016	3	Main Data	2.592	2.726	-0.134	5.16%
2017	4	Main Data	2.887	2.712	0.176	6.08%
2018	5	Main Data	3.154	2.698	0.456	14.46%
Average Residual Error			9.65%			
Forecasting Accuracy			90.35%			
Lane 2 (B)						
2013	1	Main Data	2.760	-	-	-
2015	2	Main Data	2.061	2.433	-0.372	18.06%
2016	3	Main Data	2.132	2.406	-0.274	12.86%
2017	4	Main Data	2.950	2.379	0.571	19.34%
2018	5	Main Data	2.767	2.353	0.414	14.98%
Average Residual Error			16.31%			
Forecasting Accuracy			83.69%			

Tabel 4.17 Hasil perhitungan tingkat keakuratan peramalan GM per-lajur (lanjutan)

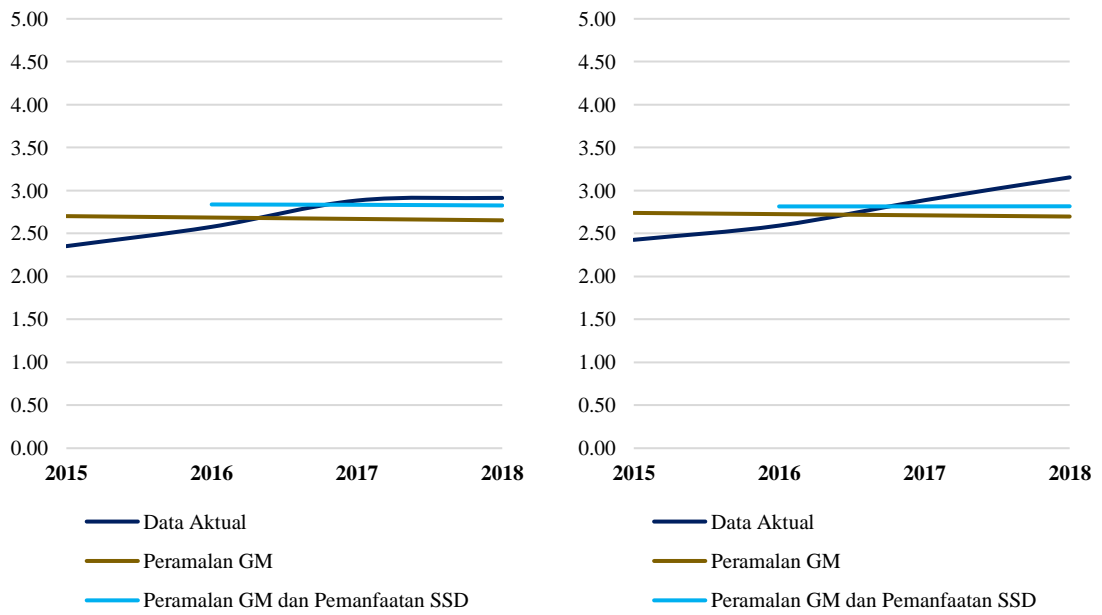
Periode	k	Jenis Data	Nilai IRI	GM		
				Nilai Peramalan	Residual Value	Residual Error
Lane 3 (B)						
2013	1	Main Data	2.699	-	-	-
2015	2	Main Data	2.011	2.364	-0.353	17.53%
2016	3	Main Data	2.081	2.338	-0.258	12.37%
2017	4	Main Data	2.852	2.313	0.539	18.89%
2018	5	Main Data	2.727	2.288	0.438	16.08%
Average Residual Error						16.22%
Forecasting Accuracy						83.78%

Tabel 4.18 Hasil perhitungan tingkat keakuratan peramalan GM dan pemanfaatan SSD per-lajur

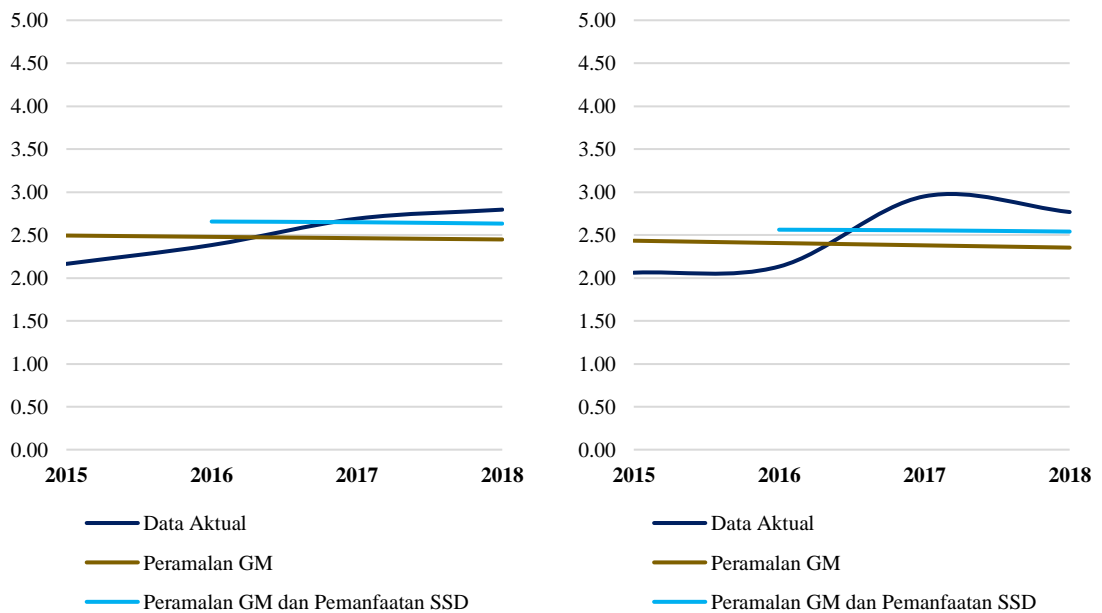
Periode	k	Jenis Data	Nilai IRI	GM dan pemanfaatan SSD		
				Nilai Peramalan	Residual Value	Residual Error
Lane 1 (A)						
2015	1	Main Data	2.353	-	-	-
2016	2	Main Data	2.578	2.838	-0.261	10.11%
2017	3	Main Data	2.884	2.834	0.050	1.72%
2018	4	SSD	2.683	2.831	-0.148	5.50%
2018	5	Main Data	2.915	2.827	0.088	3.03%
Average Residual Error			8.86%			5.09%
Forecasting Accuracy			91.14%			94.91%
Lane 2 (A)						
2015	1	Main Data	2.164	-	-	-
2016	2	Main Data	2.383	2.657	-0.274	11.50%
2017	3	Main Data	2.690	2.648	0.041	1.54%
2018	4	SSD	2.599	2.640	-0.042	1.60%
2018	5	Main Data	2.795	2.632	0.163	5.82%
Average Residual Error			10.03%			5.12%
Forecasting Accuracy			89.97%			94.88%
Lane 3 (A)						
2015	1	Main Data	2.151	-	-	-
2016	2	Main Data	2.357	2.555	-0.198	8.39%

Tabel 4.19 Hasil perhitungan tingkat keakuratan peramalan GM dan pemanfaatan SSD per-lajur (lanjutan)

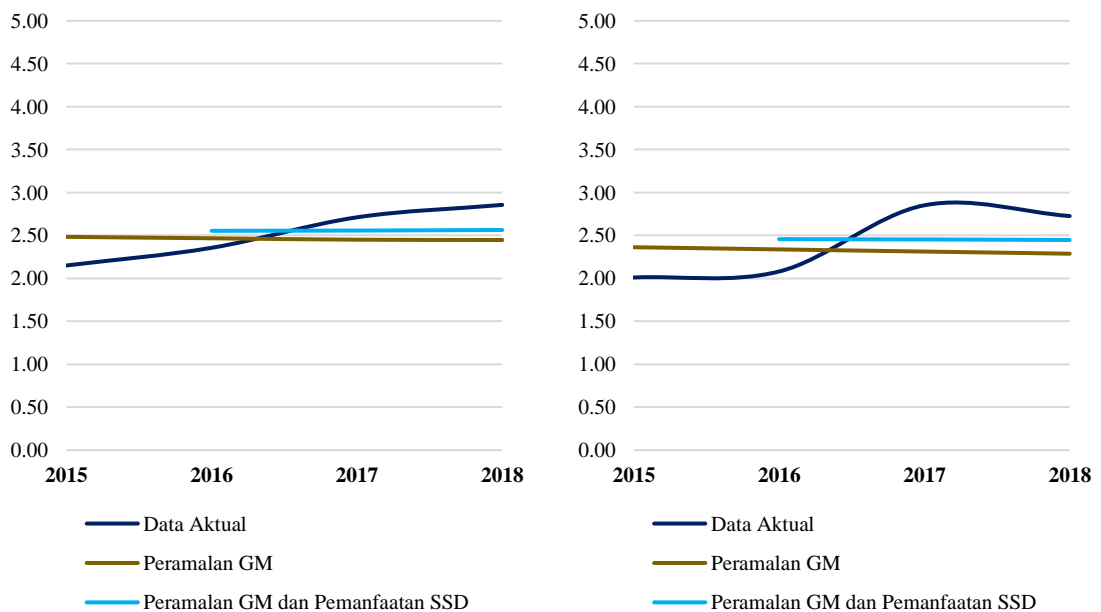
Periode	<i>k</i>	Jenis Data	Nilai IRI	GM dan pemanfaatan SSD		
				Nilai Peramalan	Residual Value	Residual Error
Lane 3 (A)						
2017	3	Main Data	2.712	2.558	0.154	5.67%
2018	4	SSD	2.266	2.561	-0.296	13.04%
2018	5	Main Data	2.857	2.565	0.292	10.22%
Average Residual Error			11.14%	9.33%		
Forecasting Accuracy			88.86%	90.67%		
Lane 1 (B)						
2015	1	Main Data	2.427	-	-	-
2016	2	Main Data	2.592	2.815	-0.223	8.62%
2017	3	Main Data	2.887	2.816	0.072	2.48%
2018	4	SSD	2.578	2.816	-0.239	9.26%
2018	5	Main Data	3.154	2.817	0.337	10.68%
Average Residual Error			9.65%	7.76%		
Forecasting Accuracy			90.35%	92.24%		
Lane 2 (B)						
2015	1	Main Data	2.061	-	-	-
2016	2	Main Data	2.132	2.561	-0.430	20.15%
2017	3	Main Data	2.950	2.554	0.396	13.42%
2018	4	SSD	2.324	2.547	-0.223	9.58%
2018	5	Main Data	2.767	2.539	0.228	8.23%
Average Residual Error			16.31%	12.84%		
Forecasting Accuracy			83.69%	87.16%		
Lane 3 (B)						
2015	1	Main Data	2.011	-	-	-
2016	2	Main Data	2.081	2.458	-0.377	18.10%
2017	3	Main Data	2.852	2.454	0.398	13.95%
2018	4	SSD	2.168	2.451	-0.283	13.03%
2018	5	Main Data	2.727	2.448	0.279	10.23%
Average Residual Error			16.22%	13.83%		
Forecasting Accuracy			83.78%	86.17%		



Gambar 4.18 Grafik komparasi hasil peramalan per-lajur (L1(A) kiri, L1(B) kanan)



Gambar 4.19 Grafik komparasi hasil peramalan per-lajur (L2(A) kiri, L2(B) kanan)



Gambar 4.20 Grafik komparasi hasil peramalan per-lajur (L3(A) kiri, L3(B) kanan)

4.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan peramalan GM terhadap nilai IRI jalan tol Pondok Aren - Serpong pada tahun 2018 dengan menggunakan data utama pada tahun 2013, 2015, 2016 dan 2017 memperoleh tingkat akurasi sebesar 88,06%. Sedangkan hasil peramalan dengan menggunakan data utama pada tahun 2015, 2016, 2017 dan pemanfaatan SSD tahun 2018 memperoleh tingkat akurasi 91,13%. Tingkat akurasi dilakukan dengan melakukan perhitungan *residual value*, *residual error* dan *average residual error* terhadap nilai aktual dari hasil pengujian IRI jalan tol Pondok Aren - Serpong tahun 2018, yang menghasilkan bahwa dalam kasus ini pemanfaatan SSD dapat meningkatkan tingkat akurasi sebesar 3,07%.

Pada **Gambar 4.17** dapat dilihat bahwa hasil peramalan dengan pemanfaatan SSD lebih mendekati nilai aktual dibanding dengan hasil peramalan yang hanya memanfaatkan data utama saja. Untuk mengetahui lebih lanjut, dilakukan perhitungan peramalan IRI secara rata - rata per-lajur dimana hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 4.18** sampai dengan **Gambar 4.20**. Dari hasil komparasi perhitungan per-lajur per-arrah dapat dilihat bahwa hasil peramalan dengan pemanfaatan SSD setiap lajurnya juga lebih mendekati nilai aktual dibanding dengan hasil peramalan dengan pemanfaatan data utama.