

Estimasi Data Hilang pada Rancangan *Split-Block* Menggunakan Metode Yates

Nurhafizah¹, I Gde Ekaputra Gunartha², Nurul Fitriyani³

^{1, 2, 3} Program Studi Matematika, Universitas Negeri Mataram, Indonesia

e-mail: ¹fizadah993@gmail.com, ²i_gunartha@unram.ac.id, ³nurul.fitriyani@unram.ac.id

Abstrak. Rancangan split-block merupakan suatu rancangan percobaan dengan dua faktor atau lebih, dimana ketepatan pengaruh interaksi antar faktor lebih diutamakan dibandingkan dengan pengaruh mandiri masing-masing faktor. Dalam percobaan yang dilakukan, seringkali pelaksanaannya tidak sesuai dengan yang diharapkan, sehingga kadangkala menyebabkan tidak lengkapnya data yang diperoleh. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai estimasi data yang tidak lengkap atau data hilang pada rancangan split-block, serta mengukur kesalahan dan ketelitian hasil estimasi data hilang yang dihasilkan. Metode yang digunakan dalam mengestimasi data hilang adalah metode Yates, yaitu metode dengan nilai estimasi yang meminimumkan jumlah kuadrat galat percobaan. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada data simulasi, diberikan hasil bahwa semakin banyak jumlah data yang hilang yang diestimasi dengan menggunakan metode Yates, maka semakin banyak iterasi yang dibutuhkan, sehingga menyebabkan metode estimasi menjadi kurang efisien. Selanjutnya, jumlah iterasi dalam proses estimasi, ukuran kesalahan, dan ukuran ketelitian yang diperoleh dari hasil estimasi menunjukkan bahwa nilai estimasi terbaik adalah ketika data hilang yang dimiliki maksimal 2 (dua) data hilang.

Kata kunci: estimasi data hilang, iterasi, pengaruh interaksi, petak-terjalur

Abstract. The split-block design is an experimental design with two or more factors, where the accuracy of the interaction effect between factors takes precedence over and the independent effect of each factor. Relating experiments conducted, their the implementation is often not as expected, so that sometimes it causes incomplete data obtained. This study aims to determine the estimated value of incomplete or missing data in a split-block design, as well as measuring the error and accuracy of the resulting lost data estimation results. The method used in estimating missing data is the Yates method, which is a method with an estimated value that minimizes the number of square error of the experiment. Based on the results of the analysis conducted on simulation data, the results are given that the more amount of lost data is estimated using the Yates method, the more iterations are needed, causing the estimation method to be less efficient. Furthermore, the number of iterations in the estimation process, the size of the error, and the measure of accuracy obtained from the estimation results indicate that the best estimated value is when data is lost that has a maximum of 2 (two) data lost.

Keywords: compartmentalized, iteration, interaction effect, missing data estimation,

I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, penelitian merupakan salah satu hal penting dikarenakan perkembangan ini diawali dengan melakukan suatu percobaan atau penelitian. Suatu percobaan yang dirancang dengan lebih dari satu faktor, dengan perlakuan percobaan merupakan kombinasi dari level-level suatu faktor dengan level-level faktor yang lain, disebut sebagai rancangan faktorial. Namun, kadangkala dijumpai beberapa kendala khusus dari faktor-faktor yang akan diteliti, sehingga rancangan faktorial tidak tepat untuk digunakan dalam percobaan [1].

Dalam percobaan, kadangkala melibatkan suatu faktor yang tidak dapat direncanakan dalam petak yang kecil, sedangkan faktor yang lain mudah untuk direncanakan dalam petak yang kecil. Selain itu, kemungkinan lain yang

terjadi dalam melakukan percobaan adalah adanya salah satu faktor yang ingin diteliti dengan derajat ketelitian yang lebih tinggi dari faktor lainnya, atau faktor lain tersebut telah diketahui pengaruhnya. Rancangan yang sesuai untuk kejadian ini adalah rancangan *split-plot* atau petak-terbagi. Rancangan ini merupakan rancangan faktorial dengan pengacakan dua tahap, yaitu pengacakan pada petak utama untuk faktor yang satu dan pengacakan pada anak petak untuk faktor yang lain dengan derajat ketelitian yang lebih tinggi [2].

Lebih jauh lagi, apabila dalam suatu percobaan dijumpai sebuah kondisi dengan kedua faktor membutuhkan unit percobaan yang besar, dengan seluruh kemungkinan kombinasi level-level pada dua faktor diacak dengan rancangan faktorial biasa, maka petak percobaan akan menjadi sangat besar. Hal ini menyebabkan kevarianan percobaan yang besar. Di sisi lain, apabila salah satu faktor

diletakkan sebagai petak utama dan faktor yang lain sebagai anak petak di dalam petak utama, maka anak petak akan membutuhkan unit percobaan yang cukup besar juga dan rancangan *split-plot* menjadi tidak sesuai. Rancangan yang sesuai untuk mengatasi masalah ini adalah rancangan *split-block* [3].

Pada rancangan *split-block*, ketepatan pengaruh interaksi antar faktor lebih diutamakan dibandingkan dengan pengaruh individu masing-masing faktor. Pada rancangan ini, perlakuan anak petak akan membagi kelompok berdasarkan arah vertikal dan horizontal, yang mana pada rancangan *split-plot*, anak petak diletakkan secara acak pada setiap petak utama. Istilah lain untuk rancangan ini adalah *strip-plot* atau petak-berjalur, dikarenakan perlakuan faktor A dan faktor B ditempatkan dalam jalur vertikal dan horizontal [4].

Dalam percobaan, seringkali ditemui pelaksanaan yang tidak sesuai dengan harapan. Berbagai macam kendala yang tidak diperkirakan sebelumnya dapat terjadi dan dapat menyebabkan tidak lengkapnya data yang diperoleh. Keberadaan data hilang ini tentunya dapat menyebabkan analisis data terkadang menjadi sangat kompleks, bahkan tidak dapat dianalisis lebih lanjut. Oleh karenanya, hal ini menjadi salah satu alasan perlunya dilakukan pendugaan atau estimasi data hilang, sehingga rancangan menjadi simetrik. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam mengestimasi data hilang, yaitu metode Yates, metode Biggers, dan metode Algoritma EM, dan lain sebagainya. Metode Yates sendiri merupakan metode yang paling sering digunakan karena memberikan nilai estimasi dengan ketelitian yang lebih tinggi dan cenderung konvergen dibandingkan dengan metode lain. Metode Yates dilakukan dengan menyisipkan nilai estimasi yang meminimumkan jumlah kuadrat galat percobaan dan dapat digeneralisasikan untuk menduga lebih dari satu data hilang ([5], [6]). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan nilai estimasi data hilang pada rancangan *split-block* menggunakan metode Yates, serta mengukur kesalahan dan ketelitian hasil estimasi.

II. RANCANGAN SPLIT-BLOCK DENGAN RANCANGAN ACAK KELOMPOK

Perancangan percobaan merupakan suatu tindakan yang dilakukan dalam rangka menemukan beberapa prinsip yang belum diketahui, serta untuk menguji, menguatkan, dan menjelaskan beberapa kebenaran yang diketahui atau diduga. Terdapat tiga unsur utama dalam perancangan percobaan, yaitu ulangan, pengacakan, dan pengendalian lokal untuk memperkecil kesalahan/ galat percobaan [7].

Nama lain untuk rancangan *split-block* adalah rancangan *strip-plot* atau petak-berjalur. Rancangan ini sesuai untuk percobaan dua faktor dengan ketepatan pengaruh interaksi antar faktor lebih diutamakan dibandingkan dengan ketepatan pengaruh individu. Rancangan ini mirip dengan rancangan *split-plot*, hanya saja pada rancangan *split-block*, sub unit perlakuan ditempatkan dalam satu jalur yang tegak lurus dengan perlakuan petak utamanya. Pada rancangan *split-block*, faktor pertama ditempatkan secara acak dalam jalur vertikal, sedangkan faktor kedua ditempatkan secara acak pada jalur horizontal, dimana

setiap jalur memiliki satu perlakuan faktor A dan satu perlakuan faktor B [4].

2.1 Pengacakan atau Randomisasi

Prosedur pengacakan pada rancangan *split-block* untuk dua faktor (misalkan faktor A dan faktor B) terdiri atas dua tahap pengacakan yang dilakukan secara acak untuk keduanya, satu untuk faktor horizontal dan satu lagi untuk faktor vertikal dengan tidak terlalu mementingkan urutan [4]. Skema tata letak rancangan *split-block* terdiri atas dua arah susunan faktor A dan faktor B pada masing-masing kelompok atau blok. Langkah-langkah berikut menggambarkan prosedur pengacakan dan tata letak rancangan dengan r kelompok, faktor A dengan level a , dan faktor B dengan level b [8].

- Pengelompokan satuan percobaan serupa menjadi sebanyak kelompok.
- Pengacakan level faktor A ke satuan percobaan di setiap kelompok secara vertikal.
- Pengacakan level faktor B ke satuan percobaan dengan melintasi faktor A secara horizontal.
- Pengacakan akhir kombinasi antara faktor A dan faktor B dalam masing-masing kelompok.

2.2 Model Linear

Bentuk standar persamaan model respon untuk model rancangan *split-block* linear untuk dua faktor A dan faktor B adalah [8]:

$$Y_{hij} = \mu + \rho_h + \alpha_i + \eta_{hi} + \beta_j + \delta_{hj} + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{hij} \quad (1)$$

dengan $h = 1, 2, \dots, r$; $i = 1, 2, \dots, a$; dan $j = 1, 2, \dots, b$.

Keterangan :

- Y_{hij} : respon untuk satuan percobaan pada faktor A level ke i , faktor B level ke j , dan kelompok ke h ;
- μ : efek rata-rata umum;
- ρ_h : pengaruh kelompok ke h , secara identik dan independen didistribusikan $IID(0, \sigma_\rho^2)$;
- α_i : pengaruh level ke i faktor A;
- η_{hi} : pengaruh kesalahan acak untuk faktor A, secara identik dan independen didistribusikan $IID(0, \sigma_\eta^2)$;
- β_j : pengaruh level ke j dari faktor B;
- δ_{hj} : pengaruh kesalahan acak untuk faktor B, secara identik dan independen didistribusikan $IID(0, \sigma_\delta^2)$;

Pada model tersebut, efek acak yang berbeda ρ_h , δ_{hi} , dan ε_{hij} diasumsikan independen. Perhitungan analisis varian pada rancangan *split-block* dengan rancangan acak kelompok terbagi atas tiga bagian, yaitu analisis varian analisis faktor vertikal (faktor A), analisis faktor horizontal (faktor B), dan analisis faktor interaksi (faktor AB).

2.3 Data Hilang dalam Rancangan

Dalam rancangan *split-block*, seringkali pengamatan pada satu atau lebih sub unit (pada petak utama yang

berbeda atau sama) tidak dapat diperoleh karena rusak, hilang, atau karena hal lainnya. Selain itu, dapat pula ditemui keadaan dimana data tidak dapat dianggap sebagai anggota dari populasi dimana sampel diambil, salah satu contohnya adalah data pencilan atau *outlier*. Adanya pencilan pada gugus data akan sangat mempengaruhi analisis dan kesimpulan yang diperoleh. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan pendugaan atau estimasi terhadap data hilang tersebut, yang tentunya akan mempengaruhi derajat bebas galat percobaan [7]. Perlu diperhatikan bahwa data hilang yang diduga merupakan data hilang yang bukan disebabkan oleh pengaruh perlakuan, namun oleh sebab lainnya seperti kerusakan tanaman percobaan, dan lain sebagainya. Asumsi yang diperlukan dalam pendugaan data hilang adalah adanya parameter utama yang bebas dari proses hilangnya data dan data tersebut hilang secara acak [5].

2.4 Metode Yates

Jika terdapat Satu data yang hilang dalam rancangan *split-block*, maka data tersebut dapat diperkirakan melalui formula berikut

$$Y = \frac{bR + rM - P}{(b-1)(r-1)} \quad (2)$$

dengan,

- β_j : pengaruh level ke $-j$ dari faktor B;
- Y : nilai estimasi terhadap data hilang
- b : banyaknya level faktor B
- r : banyaknya kelompok atau ulangan
- R : total nilai pengamatan dari perlakuan yang mengandung data hilang
- M : total nilai pengamatan dari petak utama yang mengandung data hilang
- P : total nilai pengamatan dari level faktor dalam faktor A yang mengandung data hilang.

Nilai estimasi tersebut disubstitusikan ke dalam data percobaan yang perlakuannya mengandung data hilang, untuk kemudian dilakukan analisis varian sesuai dengan prosedur yang berlaku. Hasil yang diperoleh dianggap sebagai hasil analisis penelitian yang disusun dalam daftar analisis varian, hanya derajat bebas untuk galat (b) perlu mendapat koreksi sebanyak data yang hilang. Dalam hal ini, karena data hilang hanya satu maka derajat bebas galat (b) perlu dikurangi dengan satu [9].

Apabila terdapat lebih dari satu data hilang dari suatu percobaan, maka Persamaan (1) digunakan secara berulang untuk menduga semua nilai data yang hilang, kecuali satu data yang diaproksimasi menggunakan persamaan berikut

$$Y_{awal} = \frac{\bar{Y}_h + \bar{Y}_j}{2} \quad (3)$$

dengan \bar{Y}_h dan \bar{Y}_j masing-masing merupakan rata-rata perlakuan dan rata-rata kelompok dari data yang mengandung nilai yang hilang. Selanjutnya estimasi berulang dengan menggunakan Persamaan (1) untuk menduga nilai pengamatan yang hilang lainnya dilakukan

secara berulang hingga diperoleh hasil estimasi yang konvergen. Nilai estimasi yang diperoleh kemudian disubstitusikan ke dalam data percobaan yang mengandung data hilang, untuk kemudian dilakukan analisis varian sesuai dengan prosedur yang berlaku, namun derajat bebas galat dan derajat bebas total perlu dikurangi sejumlah data hilang [10].

2.5 Ukuran Kesalahan dan Ketelitian Hasil Estimasi

Dari analisis varian yang dilakukan, diperoleh nilai *Mean Square Error* (MSE) yang merupakan kuadrat tengah galat interaksi antara Faktor A dan Faktor B pada data percobaan yang mengandung nilai estimasi data hilang, yang secara umum memiliki persamaan sebagai berikut [11].

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \quad (4)$$

Selain mengukur kesalahan estimasi secara keseluruhan dengan menggunakan kriteria MSE, dihitung juga ketelitian nilai estimasi data hilang menggunakan kriteria *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Berikut diberikan persamaan untuk menghitung nilai MAPE.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i} \times 100\% \quad (5)$$

dengan Y_i merupakan nilai data asli dan \hat{Y}_i merupakan nilai hasil estimasi. Semakin kecil nilai MSE dan MAPE yang diperoleh, mengindikasikan nilai kesalahan yang kecil dengan ketelitian estimasi yang semakin tinggi [12]

III. METODE

Alat yang digunakan di dalam penelitian ini adalah *software* statistika Minitab dan IBM SPSS. *Software* tersebut digunakan untuk memperoleh data simulasi dan analisis data penelitian. Simulasi data percobaan yang dibangkitkan dengan beberapa keadaan, dengan variabel acak galat faktor A (η_{hi}), error faktor B (δ_{hj}), dan error interaksi (ε_{hij}) dibangkitkan dengan pendekatan $\eta_{hi} \sim N[0,5]$, $\delta_{hj} \sim N[0,4]$, dan $\varepsilon_{hij} \sim N[0,3]$. Nilai rata-rata umum μ ditentukan bernilai 10.

Selanjutnya, 3 level dalam faktor A dengan pengaruh $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$, dan $\alpha_3 = -2$, 5 level dalam faktor B dengan pengaruh $\beta_1 = 1$, $\beta_2 = -1$, $\beta_3 = 0$, $\beta_4 = 1$, dan $\beta_5 = -1$, serta 4 kelompok dengan pengaruh $K_1 = 2$, $K_2 = 1$, $K_3 = -1$, dan $K_4 = -2$. Oleh karenanya, terdapat 15 interaksi antara faktor A dan faktor B dengan pengaruh $(\alpha\beta)_{11} = 1$, $(\alpha\beta)_{12} = -1$, $(\alpha\beta)_{13} = 0$, $(\alpha\beta)_{14} = 1$, $(\alpha\beta)_{15} = -1$, $(\alpha\beta)_{21} = 1$, $(\alpha\beta)_{22} = -1$, $(\alpha\beta)_{23} = 0$, $(\alpha\beta)_{24} = 1$, $(\alpha\beta)_{25} = -1$, $(\alpha\beta)_{31} = -2$, $(\alpha\beta)_{32} = 2$, $(\alpha\beta)_{33} = 0$, $(\alpha\beta)_{34} = -2$, dan $(\alpha\beta)_{35} = 2$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk standar persamaan model respon untuk model rancangan *split-block* linear diberikan sesuai dengan Persamaan (1). Selanjutnya, prosedur estimasi parameter model rancangan *split-block* dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Dari Persamaan (1), diperoleh nilai harapan dari \hat{Y}_{hij} adalah:

$$Y_{hij} = \hat{Y}_{hij} + \eta_{hi} + \delta_{hj} + \varepsilon_{hij} \tag{6}$$

Oleh karenanya,

$$\hat{Y}_{hij} = \mu + \rho_h + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} \tag{7}$$

Persamaan (7) mengandung lima parameter, yaitu μ , ρ_h , α_i , β_j , $(\alpha\beta)_{ij}$. Estimasi dari kelima parameter tersebut dapat diduga dengan metode kuadrat terkecil. Dalam metode ini, prinsipnya adalah mencari estimator – estimator bagi parameter yang minimumkan jumlah kuadrat galatnya [13]. Berikut diberikan hasil estimasi bagi masing-masing parameter tersebut.

$$\begin{aligned} \hat{\mu} &= \bar{Y}_{\dots} \\ \hat{\rho}_h &= \bar{Y}_{h\bullet\bullet} - \mu ; \\ \hat{\alpha}_i &= \bar{Y}_{\bullet i \bullet} - \mu ; \\ \hat{\beta}_j &= \bar{Y}_{\bullet\bullet j} - \mu ; \\ (\hat{\alpha\beta}_{ij}) &= \bar{Y}_{\bullet ij} - \mu - \alpha_i - \beta_j \end{aligned} \tag{8}$$

dengan \bar{Y}_{\dots} merupakan rata-rata umum, $\bar{Y}_{h\bullet\bullet}$ merupakan rata-rata kelompok ke- h , $\bar{Y}_{\bullet i \bullet}$ merupakan rata-rata level ke- i faktor A, $\bar{Y}_{\bullet\bullet j}$ merupakan rata-rata level ke- j faktor B, $\bar{Y}_{\bullet ij}$ merupakan rata-rata level ke- i faktor A dan level ke- j faktor B.

Tabel 1. Data Pengamatan Hasil Simulasi

Perlakuan		Kelompok				Total
Faktor A	Faktor B	1	2	3	4	
1	1	24,211	16,609	12,074	9,504	62,398
	2	12,372	13,959	22,830	5,743	54,904
	3	10,844	0,412	24,689	16,667	52,612
	4	29,354	18,302	2,294	27,945	77,895
	5	8,254	2,914	1,902	20,106	33,176
2	1	15,862	10,985	17,327	20,019	64,193
	2	8,601	21,479	12,215	0,069	42,364
	3	8,313	17,873	16,894	20,075	63,155
	4	18,084	18,488	25,133	9,393	61,098
	5	9,984	12,463	1,687	3,447	27,581
3	1	11,225	15,820	24,060	6,350	57,455
	2	2,334	19,346	12,688	7,303	41,671
	3	15,846	6,151	8,372	12,655	43,024
	4	5,462	24,523	4,267	15,259	49,511
	5	3,622	8,660	12,089	5,648	30,019
Total		184,368	207,984	198,521	180,183	761,056

Tabel 1 berikut menunjukkan data pengamatan dari hasil bangkitan atau simulasi. Data yang diperoleh adalah

sebanyak 60 unit data, dengan berdasarkan pada nilai μ , pengaruh faktor A, pengaruh faktor B, pengaruh interaksi antar faktor A dan faktor B, pengaruh kelompok, bangkitkan nilai-nilai δ_{hj} , η_{hi} , dan ε_{hij} , dan diperoleh nilai pengamatan dengan menggunakan Persamaan (1).

Sebelum dilakukan perhitungan analisis varian terhadap data, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap asumsi-asumsi mendasar yang harus dipenuhi dalam analisis varian. Pengujian pertama adalah pengujian kebebasan galat untuk mengetahui ada atau tidaknya terjadi autokorelasi antar data pada galat-galat percobaan [13]. Penelitian ini menggunakan uji Durbin Watson, dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak terjadi autokorelasi pada data masing-masing galat percobaan.

Selain itu, dilakukan pengujian asumsi kehomogenan galat atau uji identik galat. Pengujian ini bertujuan untuk menguji kehomogenan varian galat, yaitu apakah varian dari galat model yang diperoleh konstan atau tidak. Apabila asumsi ini tidak dipenuhi, dapat menyebabkan estimasi koefisien menjadi kurang akurat atau kurang efisien. Penelitian ini menggunakan uji Gletjser dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa galat-galat percobaan memiliki varian yang sama atau tidak terjadi heteroskedastisitas. Pengujian lain yang dibutuhkan adalah pengujian kenormalan galat percobaan [14]. Galat-galat percobaan dalam penelitian ini diuji dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa galat-galat percobaan berdistribusi normal.

4.1 Metode Yates

Data percobaan yang dihasilkan selanjutnya dihilangkan satu data, yaitu pada level 1 faktor A, level 1 faktor B, dan kelompok 1. Jadi, data yang dihilangkan adalah data Y_{111} . Metode Yates mengestimasi data hilang pada rancangan percobaan dengan meminimalkan jumlah kuadrat galat. Apabila terdapat sebuah data hilang dalam rancangan *split-block*, maka data hilang tersebut dapat di estimasi dengan Persamaan (2), dan diperoleh nilai estimasi data $Y_{111} = 14,788$.

4.2 Estimasi Dua Data Hilang

Data percobaan yang dihasilkan selanjutnya dihilangkan satu data, yaitu pada level 1 faktor A, level 1 faktor B.

4.2.1 Data Hilang pada Level Faktor A dan Faktor B yang Sama, Kelompok yang Berbeda

Untuk menunjukkan performa metode Yates dalam mengestimasi dua data hilang, maka pada penelitian ini dihilangkan data pada level 2 faktor A dan faktor B, serta pada kelompok 1 dan kelompok 3, yaitu data Y_{221} dan Y_{223} . Prosedur estimasi dua data hilang diawali dengan menentukan nilai estimasi salah satu data hilang (Y_{223}) dengan menggunakan Persamaan (3), sehingga diperoleh data $Y_{223} = 13,017$. Selanjutnya, estimasi satu data hilang yang tersisa dari data percobaan (Y_{221}) dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2) seperti halnya estimasi satu data hilang. Nilai estimasi data yang diperoleh adalah $Y_{221} = 10,933$. Selanjutnya, proses yang serupa diulangi

untuk masing-masing data hilang dengan menggunakan Persamaan (2), sehingga diperoleh hasil yang relatif konvergen. Nilai estimasi dua data hilang diperoleh dengan melakukan 3 iterasi, dengan hasil akhir yaitu nilai estimasi data $Y_{221}=11,303$ dan $Y_{223}=8,585$.

4.2.2 Data Hilang pada Level Faktor A, Faktor B, dan Kelompok yang Berbeda

Untuk menunjukkan performa metode Yates dalam mengestimasi dua data hilang, maka pada penelitian ini dihilangkan data pada level 1 faktor A, level 2 faktor B, dan kelompok 3 (Y_{123}), serta data pada level 1 faktor A, level 4 faktor B, dan kelompok 2 (Y_{142}). Sama halnya dengan estimasi dua data hilang pada bagian sebelumnya, maka dilakukan estimasi dengan menggunakan Persamaan (3) untuk menentukan nilai estimasi awal data Y_{123} , dilanjutkan dengan menggunakan Persamaan (2) yang diulangi untuk masing-masing data hilang hingga diperoleh hasil yang konvergen. Nilai estimasi dua data hilang diperoleh dengan melakukan 3 iterasi, dengan hasil akhir yaitu nilai estimasi data $Y_{142}=14,255$ dan $Y_{123}=4,316$.

4.3 Estimasi Tiga Data Hilang

4.3.1 Data Hilang pada Level Faktor A dan Faktor B yang Sama, Kelompok yang Berbeda

Prosedur estimasi tiga data hilang dilakukan dengan langkah yang sama ketika mengestimasi dua data hilang pada data pengamatan. Untuk menunjukkan performa metode Yates dalam mengestimasi tiga data hilang, maka pada penelitian ini dihilangkan data pada level 2 faktor A dan level 1 faktor B, serta pada 3 kelompok, yaitu data Y_{211} , Y_{212} , dan Y_{213} . Prosedur estimasi tiga data hilang diawali dengan menentukan nilai estimasi awal salah dua dari data hilang (Y_{212} dan Y_{213}) dengan menggunakan Persamaan (3), sehingga diperoleh data $Y_{212}=18,797$ dan $Y_{213}=16,695$. Selanjutnya, estimasi satu data hilang yang tersisa dari data percobaan (Y_{211}) dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2) seperti halnya estimasi satu data hilang. Nilai estimasi data yang diperoleh adalah $Y_{211}=17,314$. Selanjutnya, proses yang serupa diulangi untuk masing-masing data hilang dengan menggunakan Persamaan (2), sehingga diperoleh hasil yang relatif konvergen. Nilai estimasi tiga data hilang diperoleh dengan melakukan 9 iterasi, dengan hasil akhir yaitu nilai estimasi data $Y_{211}=25,503$; $Y_{212}=31,836$, dan $Y_{213}=28,235$.

4.3.2 Data Hilang pada Level Faktor A, Faktor B, dan Kelompok yang Berbeda

Untuk menunjukkan performa metode Yates dalam mengestimasi tiga data hilang, maka pada penelitian ini dihilangkan data pada level 3 faktor A, level 1 faktor B, dan kelompok 1 (Y_{311}); data pada level 3 faktor A, level 2 faktor B, dan kelompok 2 (Y_{322}); serta data pada level 3

faktor A, level 3 faktor B, dan kelompok 3 (Y_{333}). Sama halnya dengan estimasi tiga data hilang pada bagian sebelumnya, maka dilakukan estimasi dengan menggunakan Persamaan (3) untuk menentukan nilai estimasi awal dua data hilang (Y_{322} dan Y_{333}), dilanjutkan dengan menggunakan Persamaan (2) yang diulangi untuk masing-masing data hilang hingga diperoleh hasil yang konvergen. Nilai estimasi tiga data hilang diperoleh dengan melakukan 4 iterasi, dengan hasil akhir yaitu nilai estimasi data $Y_{311}=9,142$, $Y_{322}=9,778$, dan $Y_{333}=7,522$.

4.2 Ukuran Kesalahan dan Ketelitian Hasil Estimasi

Sebelum dilakukan perhitungan analisis varian terhadap data percobaan yang mengandung nilai estimasi data hilang, akan dilakukan pengecekan asumsi-asumsi dasar analisis varian. Setelah dilakukan pengecekan terhadap asumsi-asumsi dalam analisis varian, diperoleh hasil bahwa data percobaan yang mengandung data hasil estimasi 1 data hilang, 2 data hilang, dan 3 data hilang dengan metode Yates memenuhi semua asumsi analisis varian, yaitu asumsi independensi galat, asumsi kehomogenan galat, dan asumsi kenormalan galat percobaan.

Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan analisis varian data lengkap hasil estimasi. Dari analisis varian ini, diperoleh nilai *Mean Square Error* (MSE) yang merupakan kuadrat tengah galat interaksi antar faktor A dan faktor B pada data percobaan yang mengandung nilai estimasi data hilang dengan Persamaan (4). Selain mengukur kesalahan estimasi secara keseluruhan dengan menggunakan kriteria MSE, dihitung juga ketelitian nilai estimasi data hilang menggunakan kriteria *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan Persamaan (5). Pada Gambar 1, diberikan masing-masing nilai MSE dan MAPE hasil estimasi data percobaan pada kondisi yang berbeda-beda.

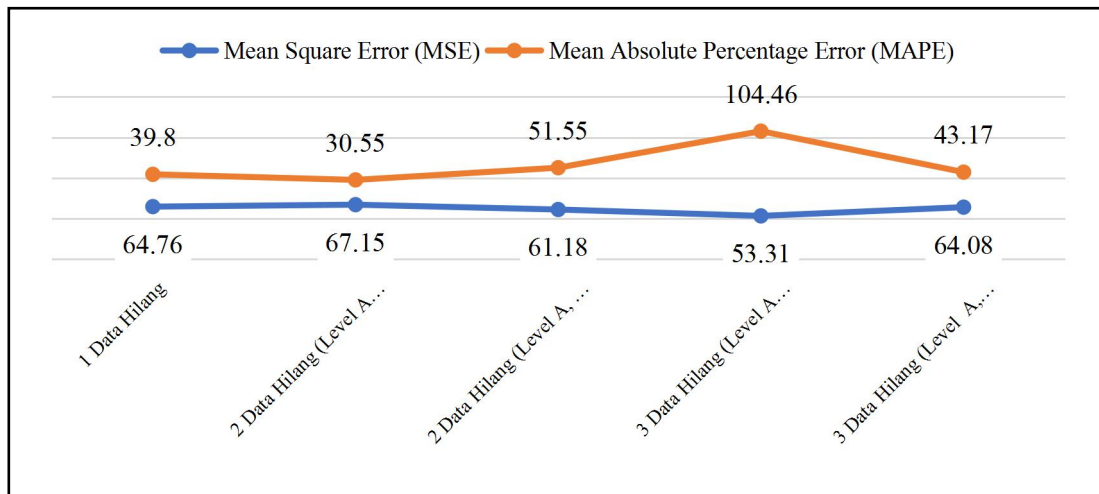
Berdasarkan hasil yang diperoleh, semakin besar jumlah data hilang dalam suatu percobaan, maka semakin banyak dibutuhkan iterasi untuk memperoleh nilai estimasi yang konvergen. Hal ini menyebabkan proses estimasi menjadi tidak efisien. Selanjutnya, berdasarkan nilai MSE, diperoleh bahwa nilai kesalahan terendah diperoleh pada data dengan 3 data hilang yang terletak pada level faktor A dan faktor B yang sama, kelompok berbeda. Berdasarkan nilai MAPE terendah, diperoleh bahwa nilai estimasi dengan ketelitian tinggi diperoleh pada data dengan 2 data hilang yang terletak pada level faktor A dan faktor B yang sama, kelompok berbeda. Semakin kecil nilai MSE dan MAPE yang diperoleh, mengindikasikan bahwa nilai kesalahan estimasi makin kecil dan nilai ketelitian estimasi yang semakin tinggi.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah data yang hilang yang diestimasi dengan menggunakan metode Yates, maka semakin banyak iterasi yang

dibutuhkan, sehingga menyebabkan metode estimasi menjadi kurang efisien. Lebih jauh lagi, pada penelitian selanjutnya dapat digunakan bantuan perangkat lunak (*software*) dalam proses iterasi, sehingga dapat diperoleh estimasi data hilang dengan iterasi yang lebih banyak dan hasil estimasi yang lebih konvergen. Selain itu, dengan

memperhatikan besarnya ketepatan dan ketelitian estimasi data hilang berdasarkan nilai MAPE dan MSE, maka diharapkan percobaan terjadi dengan maksimal dua data hilang.



Gambar 1. Nilai MSE dan MAPE Data Hasil Estimasi dengan Metode Yates

REFERENSI

- [1] S. Y. Sumarto, "Percobaan Perancangan Analisis dan Interpretasinya," Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [2] K. A. Hanafiah, "Rancangan Percobaan, Teori, dan Aplikasi," Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 1991.
- [3] D. K. Sehgal, "Split Plot and Strip Plot Designs," in 2016, <http://www.iasri.res.in/iasriwebsite>, diakses pada Mei 2017.
- [4] A. Setiawan, "Split-Block/ Strip-Plot/ Rancangan Petak-Berjalur," in 2009, <http://smartstat.cordpress.com>, diakses pada Mei 2017.
- [5] L. Fatimah, "Data Hilang dalam Rancangan Percobaan (Suatu Kajian Algoritma EM dan Metode Yates), in Skripsi (Tidak Dipublikasi), Bogor: IPB, 2003.
- [6] T. Widiharih, "Estimasi Data Hilang pada Rancangan Acak Kelompok Lengkap," in *Jurnal Matematika*, Vol. 10(2), Hal. 60-65, 2007.
- [7] S. Yitnosumarto, "Percobaan Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya," Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1991.
- [8] W. T. Federer and F. King, "Variations on Split Plot and Split Block Experiment Design," Newyork: Cornell University, 2007.
- [9] V. Gaspersz, "Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan," Bandung: Tarsito, 1994.
- [10] R. S. Kusrieningrum, "Perancangan Percobaan," Surabaya: Universitas Airlangga, 2010.
- [11] F. Pakaja, A. Naba, dan Purwanto, "Peramalan Penjualan Mobil Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Certanty Factor," in *Jurnal EECCIS*, Vol. 6(1), Hal. 24-28, 2012.
- [12] I. M. Sumertajaya, M. I. G. N. Jaya, dan A. A. Mattjik, "Koreksi Metode Conneted Ammi dalam Pendugaan Data Tidak Lengkap, Kumpulan Makalah Senas Matematika dan Pendidikan Matematika," Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2008.
- [13] N. R. Draper and H. Smith, "Applied Regression Analysis Thirth Edition," in United States of America: John Wiley and Sons, 1998.
- [14] D. N. Gujarati, "Basic Econometric Fourth Edition," New York: Mc Graw Hill, 2004.