

PENDUGAAN DATA HILANG PADA RANCANGAN ACAK KELOMPOK LENGKAP DENGAN ANALISIS KOVARIAN

Vina Riyana Fitri¹, Triastuti Wuryandari², Diah Safitri³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Analysis of Covariance (ANCOVA) is mostly used in the analysis of research or experimental design. ANCOVA is the combination between regression analysis and Analysis of Variance (ANOVA). ANCOVA were used because there are some concomitant variable, which is variable that difficult to control by the researchers but an impact on observed the response variable. The purpose from concomitant variable is reduces variability in the experiment. If there is missing data on Randomized Complete Block Design (RCBD) the first must be done estimating the missing data before ANCOVA done. ANCOVA on RCBD with complete data or missing data isn't much different, if there are missing data, the degrees of freedom is reduced by the total amount of missing data and the sum of square treatment reduced by the value of the bias. Application of tensile strength of the glue experiment to the case ANCOVA on RCBD with one missing data show no effect of treatment and group by the tensile strength of the glue. For Fe toxicity experiment with two missing data are found only treatment effect to Fe toxicity. Based on value from the coefficient of variance for one missing data and two missing data showed that ANCOVA is more appropriately used than ANOVA.

Keywords : Missing data, Analysis of Covariance (ANCOVA), Randomized Complete Block Design (RCBD), Analysis of Variance (ANOVA)

1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan berkembang pesat seiring dengan berkembangnya teknologi. Perkembangan ini menuntut berbagai pihak untuk melakukan penelitian. Perancangan percobaan dapat dikatakan sebagai jembatan bagi peneliti sebelum percobaan dilakukan sehingga didapatkan hasil yang valid secara ilmiah. Supaya didapatkan hasil percobaan yang valid dalam menganalisis harus diperhitungkan variabel-variabel apa saja yang dianggap mempengaruhi hasil percobaan tersebut. Menurut Montgomery (2009) terdapat variabel tertentu yang tidak dapat dikendalikan oleh peneliti tetapi dapat diamati bersama variabel respon. Variabel seperti ini biasa disebut dengan variabel pengiring. Dengan adanya variabel pengiring ini, maka analisis yang digunakan adalah Analisis Kovarian (ANAKOVA).

Sebelum menganalisis hasil rancangan percobaan, peneliti harus memilih rancangan percobaan yang tepat. Menurut Hanafiah dan Sukanto (1991) apabila unit percobaan dan lingkungan bersifat heterogen maka rancangan yang tepat adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL).

Ketidakkengkapan suatu data menyebabkan data hasil percobaan tidak dapat dianalisis dengan baik. Menurut Gomez dan Gomez (2005) hilangnya data dapat disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya perlakuan yang tidak tepat, kerusakan pada obyek percobaan, data yang tidak logis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan adalah langkah-langkah lengkap yang harus diambil sebelum percobaan dilakukan supaya data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh sehingga analisis yang dilakukan dapat obyektif dan mempunyai kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas (Sudjana, 1982).

2.2. Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL)

Menurut Suwanda (2011) RAKL digunakan jika unit percobaan tidak homogen sehingga perlu pengelompokan sedemikian hingga dalam satu kelompok relatif homogen. Tujuan pengelompokan agar didapatkan galat yang lebih kecil.

Menurut Freund dan Wilson (1996) model umum untuk Rancangan Acak Kelompok Lengkap adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad j = 1, 2, \dots, r$$

dimana: Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan i dan kelompok j

μ = rata-rata umum

τ_i = efek perlakuan ke- i

β_j = efek kelompok ke- j

ε_{ij} = komponen galat

Apabila perlakuan dan kelompok mempunyai efek tetap (model tetap), asumsinya:

$$1. \sum_{i=1}^k \tau_i = 0 \quad \sum_{j=1}^r \beta_j = 0 \quad 2. \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

Hipotesis yang diambil pada Rancangan Acak Kelompok Lengkap adalah:

1. Pengaruh perlakuan:

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0$ (tidak ada pengaruh perlakuan terhadap respon yang diamati)

H_1 : paling sedikit ada satu i dengan $\tau_i \neq 0$ (ada pengaruh perlakuan terhadap respon yang diamati)

2. Pengaruh kelompok:

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_r = 0$ (tidak ada pengaruh kelompok terhadap respon yang diamati)

H_1 : paling sedikit ada satu j dengan $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh kelompok terhadap respon yang diamati)

Menurut Hanafiah dan Sukanto (1991) tabel analisis varian pada Rancangan Acak Kelompok Lengkap adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Analisis Varian pada Rancangan Acak Kelompok Lengkap

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel
Kelompok	(r-1)	JKK	KTK	F hit. K	$F_{(r-1);(r-1)(k-1)}(\alpha)$
Perlakuan	(k-1)	JKP	KTP	F hit. P	$F_{(k-1);(r-1)(k-1)}(\alpha)$
Galat	(r-1)(k-1)	JKG	KTG		
Total	rk-1	JKT			

dengan perhitungan adalah sebagai berikut:

$$FK = \frac{Y_{..}^2}{kr} \quad JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - FK \quad JKK = \sum_{j=1}^r \frac{Y_{.j}^2}{k} - FK \quad JKP = \sum_{i=1}^k \frac{Y_{i.}^2}{r} - FK$$

$$JKG = JKT - JKK - JKP$$

Untuk kuadrat tengah:

$$KTK = \frac{JKK}{r-1} \quad KTP = \frac{JKP}{k-1} \quad KTG = \frac{JKG}{(r-1)(k-1)}$$

Untuk Fhitung:

$$Fhit.K = \frac{KTK}{KTG} \quad Fhit.P = \frac{KTP}{KTG}$$

2.3. Analisis Regresi Linear

Menurut Walpole (1992) persamaan matematik yang memungkinkan untuk meramalkan nilai-nilai suatu variabel tak bebas (*dependent variable*) dari nilai-nilai satu atau lebih variabel bebas (*independent variable*) disebut persamaan regresi. regresi Linear sederhana hanya terdiri dari satu variabel bebas (X) dan satu variabel tak bebas (Y). Model regresi linear sederhana sebagai berikut:

$$Y_l = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon_l; \quad l = 1, 2, \dots, N$$

dengan Y = variabel tak bebas

X = variabel bebas

β_0, β_1 = koefisien regresi

ε_l = galat, $\varepsilon_l \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

Penduga kuadrat terkecil untuk β_0 dan β_1 adalah:

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X}$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{N \sum_{l=1}^N X_l Y_l - \sum_{l=1}^N X_l \sum_{l=1}^N Y_l}{-\sum_{l=1}^N X_l^2 + N \sum_{l=1}^N X_l^2}$$

2.4. Data Hilang

Peneliti biasanya telah melakukan percobaan dengan hati-hati, tetapi beberapa faktor di bawah kemampuan peneliti dapat menyebabkan hilangnya data. Menurut Gomez dan Gomez (2005) faktor-faktor penyebab umum hilangnya data antara lain:

1. Perlakuan yang tidak tepat
2. Kerusakan pada obyek percobaan
3. Data tidak logis

Dalam teknik perumusan data yang hilang, pendugaan satu atau lebih data pengamatan yang hilang dilakukan sesuai dengan rancangan apa yang digunakan (Gomez dan Gomez, 2005). Menurut Yitnosumarto (1993) data yang hilang pada RAKL diduga dengan:

$$Y'_{ij} = \frac{rB_j + kT_i - G_{..}}{(r-1)(k-1)} \quad (1)$$

dengan: B_j = total kelompok ke-j yang memuat data yang hilang

T_i = total perlakuan ke-i yang memuat dengan data yang hilang

$G_{..}$ = total pengamatan tidak termasuk data yang hilang

k = banyaknya perlakuan

r = banyaknya kelompok

dengan besar bias adalah:

$$bias = \frac{\{(B_j - (k-1) \times Y'_{ij})\}^2}{k(k-1)} \quad (2)$$

Menurut Steel dan Torrie (1993) bila ada beberapa nilai yang hilang, semua nilai dilakukan dugaan awal kecuali satu. Nilai dugaan awalnya dapat diperoleh dengan menghitung

$$\frac{(\bar{Y}_{.i} + \bar{Y}_{.j})}{2} \quad (3)$$

dengan $\bar{Y}_{.i}$ dan $\bar{Y}_{.j}$ adalah rata-rata perlakuan dan kelompok dari data yang ada, yang mengandung nilai yang hilang.

2.5. Analisis Kovarian pada Rancangan Acak Kelompok Lengkap

Berbagai gambaran biofisik yang dihasilkan dari pengamatan-pengamatan terhadap petak-petak percobaan tidaklah benar-benar bersifat bebas, tetapi satu sama lain sering terlibat berhubungan secara fungsional. Pada kondisi demikian, analisis kovarian (anakova) secara bersamaan dapat digunakan untuk menguji varian-varian (ragam utama) dan kovarian-kovarian (ragam pengiring) pada variabel-variabel tertentu. Pada kondisi demikian, pengujian pengaruh perlakuan akan lebih akurat apabila dianalisis menggunakan anakova daripada menggunakan anova (Hanafiah dan Sukamto, 1991).

Menurut Das dan Giri (1986) model yang sesuai pada analisis kovarian RAKL dengan k perlakuan dan r kelompok adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \beta(X_{ij} - \bar{X}_{..}) + \varepsilon_{ij},$$

atau $Y_{ij} = \mu' + \tau_i + \beta_j + \beta X_{ij} + \varepsilon_{ij}$ dimana $\mu' = \mu - \beta \bar{X}_{..}$
dengan:

$i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, r$

Y_{ij} = pengamatan dari perlakuan ke- i dan kelompok ke- j

μ, τ_i, β_j = efek tetap dari rerata umum dengan masing-masing perlakuan ke- i dan kelompok ke- j

X_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke- i kelompok ke- j pada variabel pengiring

β = koefisien regresi yang menunjukkan ketergantungan Y pada X

$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

Tabel 2. Tabel Analisis Kovarian pada Rancangan Acak Kelompok Lengkap

Sumber	Derajat	Jumlah Kuadrat dan Hasil kali			Y dikoreksi terhadap X			
		XX	XY	YY	d.b.	JK	KT	F ^b
Keragaman	Bebas							
Kelompok	(r-1)	JKK _X	JHK _{XY}	JKK _Y				
Perlakuan	(k-1)	JKP _X	JHP _{XY}	JKP _Y				
Galat	(r-1)(k-1)	JKG _X	JHG _{XY}	JKG _Y	(r-1)(k-1)-1	JKG _t	KTG _t	
Total	rk-1	JKT _X	JHT _{XY}	JKT _Y				
Perlakuan+Galat	r(k-1)	JKPG _X	JHPG _{XY}	JKPG _Y	r(k-1)-1	JKPG _t		
Kelompok+Galat	k(r-1)	JKKG _X	JHKG _{XY}	JKKG _Y	k(r-1)-1	JKKG _t		
Perlakuan terkoreksi					(k-1)	JKP _t	KTP _t	F ^a
Kelompok terkoreksi					(r-1)	JKK _t	KTK _t	F ^b

dengan:

$$\sum_{j=1}^r Y_{ij} = T_i \quad \sum_{i=1}^k Y_{ij} = B_j \quad \sum_{j=1}^r X_{ij} = T_{i(X)} \quad \sum_{i=1}^k X_{ij} = B_{j(X)} \quad \sum_{i=1}^k T_i = G \quad \sum_{i=1}^k T_{i(X)} = G_X$$

Jumlah kuadrat dan hasil kali:

$$\begin{aligned}
 JKK_X &= \sum_{j=1}^r \frac{B_{j(X)}^2}{k} - \frac{G_X^2}{rk} & JHK_{XY} &= \sum_{j=1}^r \frac{B_{j(X)} B_j}{k} - \frac{GG_X}{rk} & JKK_Y &= \sum_{j=1}^r \frac{B_j^2}{k} - \frac{G^2}{rk} \\
 JKP_X &= \sum_{i=1}^k \frac{T_{i(X)}^2}{r} - \frac{G_X^2}{rk} & JHP_{XY} &= \sum_{i=1}^k \frac{T_{i(X)} T_i}{r} - \frac{GG_X}{rk} & JKP_Y &= \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{r} - \frac{G^2}{rk} \\
 JKT_X &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^r X_{ij}^2 - \frac{G_X^2}{rk} & JHT_{XY} &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^r X_{ij} Y_{ij} - \frac{GG_X}{rk} & JKT_Y &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{G^2}{rk} \\
 JKG_t &= JKG_Y - \frac{JHG_{XY}^2}{JKG_X} & JKPG_t &= JKPG_Y - \frac{JHPG_{XY}^2}{JKPG_X} & JKKG_t &= JKKG_Y - \frac{JHKG_{XY}^2}{JKKG_X} \\
 JKG_X &= JKT_X - JKP_X - JKK_X & JKPG_X &= JKP_X + JKG_X & JKKG_X &= JKK_X + JKG_X \\
 JHG_{XY} &= JHT_{XY} - JHP_{XY} - JHK_{XY} & JHPG_{XY} &= JHP_{XY} + JHG_{XY} & JHKG_{XY} &= JHK_{XY} + JHG_{XY} \\
 JKG_Y &= JKT_Y - JKP_Y - JKK_Y & JKPG_Y &= JKP_Y + JKG_Y & JKKG_Y &= JKK_Y + JKG_Y \\
 JKP_t &= JKPG_t - JKG_t & JKK_t &= JKKG_t - JKG_t
 \end{aligned}$$

Kuadrat tengah:

$$KTG_t = \frac{JKG_t}{(r-1)(k-1)-1} \quad KTP_t = \frac{JKP_t}{(k-1)} \quad KTK_t = \frac{JKK_t}{(r-1)}$$

F hitung:

$$F^a = \frac{KTP_t}{KTG_t} \quad F^b = \frac{KTK_t}{KTG_t}$$

Menurut Steel dan Torrie (1993) asumsi yang diperlukan pada analisis kovarian adalah:

1. Variabel X bersifat tetap, diukur tanpa kesalahan, dan bebas dari perlakuan.
2. Regresi Y terhadap X adalah linear dan bebas dari perlakuan dan kelompok.
3. Galat menyebar normal dan bebas di sekitar nilai tengah nol dan ragam yang sama.

Pengujian asumsi ini terdiri dari :

- a. Normalitas
- b. Independensi
- c. Kesamaan varian

2.6. Koefisien Keragaman

Menurut Hanafiah dan Sukamto (1991) koefisien keragaman merupakan suatu koefisien yang menunjukkan derajat keandalan (*precision atau accuracy*) hasil yang diperoleh dari suatu percobaan. Koefisien keragaman dalam analisis kovarian dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$KK = \frac{\sqrt{KTG_t}}{\bar{Y}_{..}} \times 100\%$$

2.7. Uji Beda Rerata Pengaruh Perlakuan (Uji Duncan)

Menurut Hanafiah dan Sukamto (1991) uji beda rerata ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan kelompok terhadap hasil percobaan.

Hipotesis dalam pengujian ini adalah:

$$H_0 : \mu_i = \mu_j ; i \neq j$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j ; i \neq j$$

Prosedur uji beda jarak nyata Duncan ini adalah:

1. Menentukan nilai galat baku rerata umum

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{KTG_t}{r}}$$

2. Menentukan nilai jarak nyata terdekat Duncan

$$R_p = r_{\alpha(p,v)} \times S_{\bar{y}}$$

dengan: $r_{\alpha(p,v)}$ = Nilai baku duncan pada taraf uji α jarak p dan derajat bebas galat v .

3. Data rerata terkoreksi hasil percobaan diurut menurut nilainya dari yang terkecil hingga terbesar.

$$\bar{Y}_i^t = \bar{Y}_i - \hat{\beta}(\bar{X}_i - \bar{X}); i = 1, 2, \dots, k$$

dengan: \bar{Y}_i^t = rerata pengaruh perlakuan terkoreksi ke- i

\bar{Y}_i = rerata pengaruh perlakuan ke- i

$\hat{\beta}$ = koefisien regresi

\bar{X}_i = rerata variabel pengiring ke- i

\bar{X} = rerata umum variabel pengiring

4. Uji beda rerata ini dilakukan menurut jarak (p) bedanya masing-masing.

Status beda nilai rerata tersebut diuji menurut kaidah keputusan:

$$\text{jika } d_{\text{hitung}} \begin{cases} \leq R_p, \text{ terima } H_0 \\ > R_p, \text{ tolak } H_0 \end{cases}$$

d_{hitung} = selisih dua rerata terkoreksi

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Dalam penulisan skripsi ini menggunakan data penerapan analisis kovarian pada rancangan acak kelompok lengkap.

1. Satu data hilang

Berasal dari buku Suwanda (2011) dengan judul *Desain Eksperimen untuk Penelitian Ilmiah* pada halaman 326. Permasalahannya adalah terdapat empat formula berbeda dari industri lem. Kekuatan tensil dari lem ketika digunakan pada bagian penggabungan juga berhubungan dengan penggunaan ketebalannya. Namun dalam skripsi ini percobaan pada perlakuan ke-3 kelompok ke-3 dianggap hilang karena perlakuan tersebut terkena air yang menyebabkan perlakuan menjadi rusak.

2. Dua data hilang

Berasal dari buku Suntoyo Yitnosumarto (1993) dengan judul *Percobaan, Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya* pada halaman 122. Permasalahannya adalah sebuah percobaan dengan tiga kelompok dilakukan untuk mengetahui ketahanan 15 varietas padi terhadap keracunan Fe. Keracunan Fe juga berhubungan dengan toleransi Fe dari varietas padi tersebut. Namun dalam skripsi ini percobaan pada varietas padi yang ke-8 pada kelompok ke-1 dan varietas padi yang ke-11 kelompok ke-2 dianggap tidak bisa digunakan karena terkena hama yang berasal dari tikus sawah sehingga varietas padi tersebut rusak sebelum percobaan usai.

3.2. Langkah Analisis

Setelah data diperoleh, maka langkah-langkah yang akan dilakukan dalam menganalisis data adalah :

1. Menduga data hilang
 - a. Satu data hilang
Satu data hilang dapat diduga dengan menggunakan rumus pada persamaan (1).
 - b. Banyak Data Hilang
Teknik yang harus digunakan adalah dengan cara iterasi. Bila ada beberapa nilai yang hilang, semua nilai dilakukan pendugaan awal kecuali satu menggunakan persamaan (3). Kemudian gunakan rumus pada persamaan (1) untuk menduga nilai lainnya. Dengan nilai dugaan tersebut dilakukan iterasi terus sampai nilai-nilai dugaan yang baru hampir sama dengan nilai dugaan sebelumnya.
2. Menghitung bias untuk nilai dugaan yang hilang
3. Melakukan uji asumsi:
 - a. Normalitas
 - b. Independensi
 - c. Kesamaan varianApabila ke-tiga uji asumsi tersebut tidak terpenuhi perlu dilakukan transformasi terlebih dahulu.
4. Melakukan perhitungan tabel anakova.
5. Melakukan analisis
 - a. Melakukan uji hipotesis untuk pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok.
 - b. Apabila H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh perlakuan atau kelompok terhadap kekuatan tensil lem dan ada pengaruh perlakuan atau kelompok terhadap keracunan Fe, harus dilakukan uji beda rerata pengaruh perlakuan atau kelompok. Uji yang digunakan adalah uji Duncan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Satu Data Hilang

Didapatkan nilai dugaan data hilang pada perlakuan ke-3 kelompok ke-3 ($Y_{3,3}$) = 51,725 dengan besar bias = 11,25. Setelah penduga data hilang didapatkan, dilakukan uji asumsi sebagai berikut:

- a. Normalitas : Berdasarkan uji visual dari grafik QQ-plot dan secara uji formal dengan menggunakan uji kolmogorov smirnov didapatkan kesimpulan bahwa asumsi normalitas terpenuhi.
- b. Independensi : Berdasarkan uji visual dari grafik antara residual dengan urutan data dan secara uji formal dengan menggunakan uji durbin-watson didapatkan kesimpulan bahwa asumsi independensi terpenuhi.
- c. Kesamaan varian : Berdasarkan uji visual dari grafik antara residual dengan model dan secara uji formal dengan menggunakan *Bartlett's Test* didapatkan bahwa asumsi kesamaan varian terpenuhi.

Tabel 3. Tabel Analisis Kovarian dengan Satu Nilai Dugaan Data Hilang

Sumber	Derajat	Jumlah Kuadrat dan Hasil kali			Y dikoreksi terhadap X			
		Bebas	XX	XY	YY	d.b.	JK	KT
Kelompok	3	4,55	-7,56125	15,89884				
Perlakuan	4	22,7	-28,5063	50,06187				
Galat	12	35,7	-33,86375	41,03163	10	8,90968	0,890976	
Total	19	62,95	-69,9313	106,9923	17			
Perlakuan+Galat	16	58,4	-62,37	91,09351	15	24,48362		
Kelompok+galat	15	40,25	-41,425	56,93047	14	14,29616		
Perlakuan terkoreksi					4	4,323954	1,08099	1,21327
Kelompok terkoreksi					3	5,38649	1,79550	2,01522

Berdasarkan Tabel 3. didapatkan bahwa pada taraf signifikansi 5% tidak ada pengaruh perlakuan dan kelompok terhadap kekuatan tensil lem.

Tabel 4. Tabel Analisis Varian dengan Satu Nilai Dugaan Data Hilang

Sumber	Derajat	Jumlah	Kuadrat	F _{hitung}
Keragaman	Bebas	Kuadrat	Tengah	
Kelompok	3	15,89884	5,29961	1,11503
Perlakuan	4	38,81187	9,70297	2,0415
Galat	11	52,28159	4,75287	
Total	18	106,9923		

Didapatkan nilai koefisien keragaman untuk analisis varian (4,57465%) lebih besar dari nilai koefisien keragaman analisis kovarian (1,98067%). Sehingga analisis kovarian lebih tepat digunakan daripada analisis varian untuk data kekuatan tensil lem.

4.2. Dua Data Hilang

Didapatkan nilai dugaan data hilang pada perlakuan ke-8 kelompok ke-1 ($Y_{8:1}$) = 6,79 dan perlakuan ke-11 kelompok ke-2 ($Y_{11:2}$) = 4,9 dengan besar bias = 5,96. Setelah penduga data hilang didapatkan, dilakukan uji asumsi sebagai berikut:

- Normalitas : Berdasarkan uji visual dari grafik QQ-plot dan secara uji formal dengan menggunakan uji kolmogorov smirnov didapatkan kesimpulan bahwa asumsi normalitas terpenuhi.
- Independensi : Berdasarkan uji visual dari grafik antara residual dengan urutan data dan secara uji formal dengan menggunakan uji durbin-watson didapatkan kesimpulan bahwa asumsi independensi terpenuhi.
- Kesamaan varian : Berdasarkan uji visual dari grafik antara residual dengan model dan secara uji formal dengan menggunakan *Bartlett's Test* didapatkan bahwa asumsi kesamaan varian terpenuhi.

Tabel 5. Tabel Analisis Kovarian dengan Dua Nilai Dugaan Data Hilang

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat dan Hasil kali			Y dikoreksi terhadap X			
		XX	XY	YY	d.b.	JK	KT	F _{hitung}
Kelompok	2	1,6	1,15733	0,86414				
Perlakuan	14	10,13333	18,53933	70,2359				
Galat	28	11,06667	6,27933	13,6986	25	10,13564	0,40543	
Total	44	22,8	25,976	106,9923	41			
Perlakuan+Galat	42	21,2	24,81867	91,09351	41	54,87948		
Kelompok+galat	30	12,66667	7,43667	56,93047	29	10,19663		
Perlakuan terkoreksi					14	38,78384	2,77027	6,833
Kelompok terkoreksi					2	0,06099	0,03049	0,07521

Berdasarkan Tabel 5. didapatkan bahwa pada taraf signifikansi 5% ada pengaruh perlakuan (varietas padi) terhadap keracunan Fe dan tidak ada pengaruh kelompok terhadap keracunan Fe.

Setelah dilakukan uji pengaruh perlakuan dan kelompok, didapatkan hanya terdapat pengaruh perlakuan terhadap keracunan Fe. Sehingga, perlu dilakukan uji beda rerata perlakuan dengan menggunakan uji duncan. Hasilnya adalah sebagai berikut:

varietas: 7 1 6 4 2 9 12 3 14 13 11 15 5 8 10

Tabel 6. Tabel Analisis Varian dengan Dua Nilai Dugaan Data Hilang

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hitung}
Kelompok	2	0,86414	0,43207	0,57144
Perlakuan	14	64,2759	4,59114	6,07213
Galat	26	19,6586	0,7561	
Total	42	84,79863		

Didapatkan nilai koefisien keragaman untuk analisis varian (20,0983%) lebih besar dari nilai koefisien keragaman analisis kovarian (14,71727%). Sehingga analisis kovarian lebih tepat digunakan daripada analisis varian untuk data keracunan Fe.

4.3. n Data Hilang

Untuk tiga data hilang dan seterusnya menggunakan cara yang sama seperti dua data hilang yaitu dengan menggunakan cara iterasi, semua nilai dilakukan pendugaan awal kecuali satu dengan menggunakan persamaan (4). Kemudian gunakan persamaan (2) untuk menduga nilai lainnya. Apabila terdapat data yang hilang untuk derajat bebas galat dan total dikurangkan dengan banyaknya data yang hilang, dan jumlah kuadrat perlakuan dikurangkan dengan besar bias.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Apabila terdapat data yang hilang, nilai untuk jumlah kuadrat perlakuan akan lebih besar dari nilai sebenarnya. Oleh karena itu, jumlah kuadrat perlakuan dikurangkan dengan besar bias.

2. Penerapan kasus analisis kovarian pada rancangan acak kelompok lengkap dengan satu data hilang ($Y_{3:3}$) menunjukkan tidak ada pengaruh perlakuan dan kelompok terhadap kekuatan tensil lem. Untuk dua data yang hilang ($Y_{8:1}$ dan $Y_{11:2}$) didapatkan hanya terdapat pengaruh perlakuan terhadap keracunan Fe. Nilai koefisien keragaman untuk satu data hilang dan dua data hilang didapatkan bahwa analisis kovarian lebih tepat digunakan daripada analisis varian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Das, M.N dan Giri, N.C. 1986. *Design and Analysis of Experiment Second Edition*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Freund dan Wilson. 1996. *Statistical Methods Second Edition*. USA: Academic Press.
- Gomez, K.A dan Gomez, A.A. 2005. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian Edisi Kedua*. Jakarta: UI Press.
- Hanafiah dan Sukamto. 1991. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi Edisi Revisi*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Montgomery, D.C. 2009. *Design and Analysis of Experiments: International Seventh Edition*. USA: John Wiley & Sons.
- Steel dan Torrie. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Sudjana. 1982. *Disain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Suwanda. 2011. *Desain Eksperimen untuk Penelitian Ilmiah*. Bandung: Alfabeta.
- Walpole, R. E. 1992. *Pengantar Statistika Edisi Ketiga*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yitnosumarto. 1993. *Percobaan Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.