

# Penerapan Rancangan Faktorial Pada Uji Pengaruh Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan Terhadap Kandungan Gizi Sayuran Bayam (*Amaranthus Hybridus L*)

Dwi Haryanta<sup>1\*</sup> dan Fungsi Sri Rejeki<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Indonesia

Email: [dwi\\_haryanta@uwks.ac.id](mailto:dwi_haryanta@uwks.ac.id)

## ABSTRACT

*This study aims to consider the graph line image as a reference to formulate conclusions about the interaction of the two treatment factors, and examine and follow up the results of the analysis of various factorial experiments that conclude the interaction between two real factors, does not mean ignoring the possibility of dominance of a variety of single factors. The results found three forms of real interaction tests, namely oxalate content data in spinach vegetables, the interaction of two real treatment factors, both real single factors, many intersecting graph lines, then the data presentation and interpretation refer to the combination treatment, carotene content data in spinach vegetables, the interaction of two real treatment factors, the two real single factors, the graph lines are almost all not parallel almost intersecting, then the presentation of data and interpretation of POPE raw material type factors refers to a single factor, and vitamin content data in spinach vegetables, the interaction of two real treatment factors, the two real single factors of graph lines are almost all not aligned almost intersecting, then the data presentation and interpretation of POPE raw material type factors and urea application factors refer to a single factor. When using a factorial design, real interactions are obtained not necessarily data presentation refers to combination treatment, it is necessary to further test the possibility of diversity of single factors is more dominant so that data presentation and conclusions refer to a single factor.*

**Keywords:** *factorial design, interaction, combination treatment, nutrition, spinach.*

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempertimbangkan gambar garis grafik sebagai acuan merumuskan kesimpulan adanya interaksi kedua faktor perlakuan, dan mencermati dan menindaklanjuti hasil analisis ragam percobaan faktorial yang menyimpulkan interaksi antar dua faktor nyata, bukan berarti mengabaikan adanya kemungkinan dominasi ragam faktor tunggal. Hasil penelitian menemukan tiga bentuk uji interaksi nyata yaitu data kandungan oksalat pada sayuran bayam, interaksi dua faktor perlakuan nyata, kedua faktor tunggal nyata, garis grafik banyak berpotongan maka sajian data dan interpretasi mengacu pada perlakuan kombinasi, data kandungan karoten pada sayuran bayam, interaksi dua faktor perlakuan nyata, kedua faktor tunggal nyata garis grafik hampir semuanya tidak sejajar hampir berpotongan, maka sajian data dan interpretasi faktor jenis bahan baku POPE mengacu pada faktor tunggal, dan data kandungan vitamin pada sayuran bayam, interaksi dua faktor perlakuan nyata, kedua faktor tunggal nyata garis grafik hampir semuanya tidak sejajar hampir berpotongan, maka sajian data dan interpretasi faktor jenis bahan baku POPE dan faktor aplikasi urea mengacu pada faktor tunggal. Pada saat menggunakan rancangan faktorial diperoleh interaksi nyata tidak serta merta sajian data mengacu pada perlakuan kombinasi, perlu diuji lebih lanjut kemungkinan keragaman faktor tunggal lebih dominan sehingga sajian data dan kesimpulan mengacu pada faktor tunggal.

**Kata kunci:** rancangan faktorial, interaksi, perlakuan kombinasi, gizi, bayam.

## 1. Pendahuluan

Revolusi hijau meningkatkan produktivitas pangan dengan mengorbankan lingkungan dan masyarakat. Secara dramatis revolusi hijau meningkatkan kuantitas pangan yang dihasilkan tetapi menurunkan kualitas nutrisi dan juga menghancurkan sifat fisik, kimia dan biologis tanah selama bertahun-tahun digunakan (Sharma et al., 2014). Urbanisasi menghasilkan akumulasi limbah organik yang dapat dikomposkan dan dialihkan dari tempat pembuangan sampah. Kompos berbasis limbah organik berperan mengalihkan sampah organik dari tempat pembuangan sampah, serta membantu meningkatkan sirkularitas dan keberlanjutan sistem pangan perkotaan (Kelley et al., 2022). Pupuk organik merupakan produk akhir yang diperoleh dengan mengubah sampah organik seperti sisa tanaman, sampah perkotaan, kotoran unggas dan kotoran hewan menjadi pupuk yang bisa digunakan dengan pengomposan. Penggunaan pupuk organik kascing menunjukkan potensi besar untuk memperbaiki atribut fisik, dan atribut biologis tanah dan menambah status nutrisi tanah untuk meningkatkan kesuburan dan produksi tanaman sayuran.

Permintaan konsumen akan pangan yang sehat dan kebijakan pemerintah dalam melestarikan lingkungan akan mempromosikan pertanian organik semakin cepat. Pemahaman hubungan fungsional antara variabel budidaya dan tanggapan fisiologis sangat penting untuk meningkatkan dan menstandarisasi kualitas produk sayuran organik (Maggio et al., 2013). Produksi sayuran organik dan konvensional dapat menimbulkan risiko kesehatan manusia karena akumulasi logam berat, residu pestisida dan adanya bakteri patogen. Penggunaan bahan kimia sebagai input produksi sayuran akan berdampak buruk pada kesehatan manusia, sumber daya alam dan permintaan pasar global terhadap produk-produk berkualitas, maka pertanian organik harus mendapatkan perhatian yang lebih serius.

Pupuk organik pelet/granular semakin banyak digunakan dalam pertanian karena pelepasan nutrisi ke tanaman yang lambat dan dampak pada lingkungan yang lebih ringan. Operasi teknologi mekanis, saat pemupukan dengan pupuk organik butiran mengkonsumsi energi 3,2 hingga 4,0 kali lebih rendah dibandingkan pemupukan dengan pupuk curah. Emisi amonia (NH<sub>3</sub>) rata-rata dari pupuk organik granular ditemukan enam kali lebih rendah dari pupuk organik non-granular. Biaya terendah untuk pekerjaan mekanis dikeluarkan saat menggunakan pupuk pelet dibandingkan bentuk yang lain (Šarauskis et al., 2021). Tingkat pelepasan nitrogen dari pupuk organik pelet jauh lebih lambat daripada pupuk pelet mineral, N yang dilepaskan adalah 15-28%, PH tanah hampir tidak berubah (Niedziński et al., 2021). Penambahan pupuk biopellet efektif memperbaiki sifat kimia tanah (pH, C-organik, dan KTK) serta ketersediaan N, P, dan K pada tanah berpasir. Efektivitasnya meningkat yaitu N-total tanah bervariasi dari 32,42 hingga 75,79%, P-tersedia bervariasi dari 17,46 hingga

40,69%, dan nilai tukar K berkisar antara 8,7 hingga 25,67%. Perbaikan sifat kimia tanah dan ketersediaan N, P, dan K dengan aplikasi pupuk biopelet meningkatkan pertumbuhan t. man tetapi mengurangi berat bintil akar pada tanaman kedelai (Winarso et al., 2020).

Bayam mengandung senyawa antioksidan, serat pangan, vitamin, mineral dan senyawa besi yang dapat mencegah seseorang dari penyakit anemia, mengandung banyak agen antikanker, asam lemak omega 3 dan agen anti-inflamasi. Bayam bermanfaat mengobati gangguan pencernaan, terapi dalam pembentukan darah, stimulasi pertumbuhan pada anak-anak, stimulasi nafsu makan, dukungan pemulihan, dan kelelahan serta sebagai agen antikanker, dan antioksidan (Miano, 2016). Aplikasi pupuk berpengaruh terhadap kandungan nutrisi pada sayuran bayam. Perlakuan pupuk organik meningkatkan kandungan vitamin C dan mengurangi kandungan nitrit dan oksalat, serta tidak berpengaruh terhadap kandungan nitrat (Alessa et al., 2017). Bayam kaya akan mineral, vitamin, fitokimia dan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan, namun cenderung mengakumulasi oksalat dan nitrat di dalam daunnya. Selain genotipe, nutrisi merupakan faktor pra panen yang paling mempengaruhi atribut kualitas sayuran bayam saat panen. Aplikasi ekstrak kompos dapat menyebabkan resistensi terhadap penyakit tular tanah dan mendukung metabolisme sekunder, dan meningkatkan kapasitas antioksidan (Giménez et al., 2021).

Penelitian tentang pengaruh aplikasi pupuk organik terhadap kualitas hasil tanaman sayuran sering melibatkan lebih dari satu faktor perlakuan, sehingga perlu mencari rancangan yang sesuai agar hasil kesimpulannya valid. Rancangan percobaan adalah alat yang sangat penting dalam penerapan analisis statistik pada suatu karya ilmiah, memungkinkan analisis yang lebih lengkap mencakup semua variabel yang membentuk sistem, mengevaluasi variabel secara bersamaan dari satu percobaan kecil dibandingkan dengan model univariat yang lain (Durakovic, 2017). Percobaan faktorial adalah percobaan yang menguji lebih dari satu faktor, perlakuan merupakan kombinasi dari level-level satu faktor dengan level-level faktor yang lain. Kelebihan dari rancangan percobaan faktorial adalah dapat menguji pengaruh masing-masing faktor tunggal, dan menguji interaksi antara faktor-faktor yang dikombinasikan (Parmar et al., n.d.; Yitnosumarto, 1993). Pengaruh kondisi penyimpanan terhadap kualitas warna tomat. Kondisi penyimpanan terdiri dari tiga faktor perlakuan yaitu suhu, lama waktu dan bentuk kemasan.

Analisis data dapat diarahkan untuk menguji faktor suhu, lama waktu dan bentuk kemasan secara sendiri-sendiri, namun juga dapat menguji adanya interaksi antara suhu, lama waktu dan bentuk kemasan. Kesimpulan penelitian adalah suhu penyimpanan dipertahankan sekitar 20°C selama 9 bulan dan penyimpanan dalam kemasan vakum dipilih untuk mengurangi kehilangan warna demi kondisi penyimpanan yang aman. Dalam

mengidentifikasi faktor yang memiliki efek terbesar pada kualitas produk melakukan penelitian menggunakan rancangan percobaan faktorial dengan faktor perlakuan lama memasak kentang, perbandingan jumlah kentang dalam adonan, jumlah nabiza dalam adonan, dan jumlah asam sitrat dalam adonan. Faktor yang paling mempengaruhi kualitas produk adalah jumlah kentang dalam produk, diikuti dengan jumlah nabiza dan penambahan asam sitrat.

Interpretasi hasil analisis data percobaan faktorial, yang pertama harus dilihat adalah hasil analisis interaksi, menentukan penyebab keragaman oleh perubahan peringkat (crossover) atau hanya karena perubahan skala, dan menilai efek interaksi terhadap faktor tunggal (faktor utama) yang nyata. Dalam percobaan dengan lebih dari satu faktor, analisis interaksi yang lengkap dan benar sangat penting untuk melaporkan dan menginterpretasikan penelitian dengan benar (Vargas et al., 2015; Yitnosumarto, 1993). Jika hasil analisis ragam menghasilkan interaksi yang berbeda nyata, sesuai dengan prinsip marginalitas maka efek utama seharusnya tidak diinterpretasikan dan tidak diuji, penyajian data menggunakan tabel kombinasi perlakuan (Budiaji, 2021).

Uji interaksi dua faktor dengan menggunakan analisis grafik ditunjukkan dengan garis-garis grafik yang tidak sejajar namun tidak berpotongan dan garis-garis tidak sejajar namun berpotongan yang keduanya akan berpengaruh terhadap rumusan kesimpulan akhir. Kasus pertama yaitu bila garis tidak berpotongan maka sekalipun ada interaksi namun kesimpulan tetap mengacu pada pengaruh faktor tunggal, sedangkan untuk kasus kedua yaitu bila garis grafik berpotongan maka kesimpulan akhir mengacu pada perlakuan kombinasi. Penelitian ini bertujuan (a) untuk mempertimbangkan grafik antara faktor perlakuan kesatu terhadap variabel kualitas hasil tanaman untuk masing-masing level faktor perlakuan kedua sebagai acuan merumuskan kesimpulan adanya interaksi kedua faktor perlakuan, dan (b) mencermati dan menindaklanjuti hasil analisis ragam percobaan faktorial yang menyimpulkan interaksi antar dua faktor nyata, apakah otomatis mengabaikan pengaruh masing-masing faktor tunggal.

## **2. Metode Penelitian**

Bahan penelitian adalah data percobaan “Uji Pengaruh Pupuk Organik Pelet (POPe) dari Limbah Perkotaan Terhadap Kandungan Gizi Sayuran Bayam (*Amaranthus hybridus* L)” yang menggunakan rancangan percobaan faktorial. Faktor pertama adalah bahan baku POPe yang terdiri dari lima level yaitu kontrol (tidak diberi POPe), diberi POPe dari limbah darah sapi, POPe dari limbah ikan, POPe dari limbah kulit telur dan POPe dari campuran limbah darah, ikan dan kulit telur, sedangkan faktor kedua adalah pemberian pupuk urea terdiri dari dua level yaitu kontrol tidak diberi urea dan diberi urea. Percobaan dengan 10

perlakuan kombinasi (5x2) disusun menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga ulangan. Variabel percobaan meliputi variabel pertumbuhan tanaman, kuantitas hasil dan kandungan nutrisi pada sayuran bayam. Variabel kandungan gizi pada sayuran bayam ada sebelas item, namun yang akan digunakan untuk memperagakan model analisis dan interpretasi rancangan percobaan faktorial hanya tiga yaitu kandungan oksalat, karoten dan vitamin C.

**Tabel 1.** Perlakuan kombinasi dari level-level faktor perlakuan jenis bahan baku POPE dan aplikasi pupuk urea

Faktor Bahan Baku POPE	Aplikasi Pupuk Urea	
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>
P0 (kontrol, tanpa pupuk)	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>0</sub> K <sub>1</sub>
PD (pupuk pelet dari limbah darah sapi)	P <sub>D</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>D</sub> K <sub>1</sub>
PI (pupuk pelet dari limbah ikan)	P <sub>I</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>I</sub> K <sub>1</sub>
PT (pupuk pelet dari kulit telur)	P <sub>T</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>T</sub> K <sub>1</sub>
PC (pupuk pelet dari campuran limbah)	P <sub>C</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>C</sub> K <sub>1</sub>

### Model Analisis Data

Pengelolaan data percobaan “Uji Pengaruh Pupuk Organik Pelet (POPE) dari Limbah Perkotaan Terhadap Kandungan Gizi Sayuran Bayam (*Amaranthus hybridus L*)” mengacu pada model analisa varian (ANOVA) percobaan faktorial 5 x 2 (Yitnosumarto, S. 1993). Data variabel ditabulasi dengan menggunakan tabel satu arah dengan perlakuan kombinasi sebagaimana formulir dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Formulir pengamatan variabel Percobaan Uji Pengaruh POPE dari Limbah Perkotaan terhadap Kandungan Gizi Sayuran Bayam (*Amaranthus hybridus L*)

Perlakuan	Ulangan/Kelompok			Total	Rerata
	1	2	3		
P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Y <sub>001</sub>	Y <sub>002</sub>	Y <sub>003</sub>	Y <sub>00.</sub>	
P <sub>0</sub> K <sub>1</sub>	Y <sub>011</sub>	Y <sub>012</sub>	Y <sub>013</sub>	Y <sub>01.</sub>	
P <sub>D</sub> K <sub>0</sub>	Y <sub>D01</sub>	Y <sub>D02</sub>	Y <sub>D03</sub>	Y <sub>D0.</sub>	
P <sub>D</sub> K <sub>1</sub>	Y <sub>D11</sub>	Y <sub>D12</sub>	Y <sub>D13</sub>	Y <sub>D1.</sub>	
P <sub>I</sub> K <sub>0</sub>	Y <sub>I01</sub>	Y <sub>I01</sub>	Y <sub>I03</sub>	Y <sub>I0.</sub>	
P <sub>I</sub> K <sub>1</sub>	Y <sub>I11</sub>	Y <sub>I12</sub>	Y <sub>I13</sub>	Y <sub>I1.</sub>	
P <sub>T</sub> K <sub>0</sub>	Y <sub>T01</sub>	Y <sub>T01</sub>	Y <sub>T03</sub>	Y <sub>T0.</sub>	
P <sub>T</sub> K <sub>1</sub>	Y <sub>T11</sub>	Y <sub>T12</sub>	Y <sub>T13</sub>	Y <sub>T1.</sub>	
P <sub>C</sub> K <sub>0</sub>	Y <sub>C01</sub>	Y <sub>C02</sub>	Y <sub>C03</sub>	Y <sub>C0.</sub>	
P <sub>C</sub> K <sub>1</sub>	Y <sub>C11</sub>	Y <sub>C12</sub>	Y <sub>C13</sub>	Y <sub>C1.</sub>	
Total	Y <sub>..1</sub>	Y <sub>..2</sub>	Y <sub>..3</sub>		

Dalam rangka identifikasi pengaruh masing-masing faktor tunggal, tabulasi data tabel satu arah diteruskan tabulasi dengan menggunakan tabel dua arah dengan perlakuan masing-masing faktor tunggal sebagaimana formulir dalam Tabel 3. Interaksi antara faktor perlakuan jenis bahan baku POPE dan aplikasi pupuk urea dapat dilihat dari garis grafik respon pemberian urea (K<sub>0</sub> dan K<sub>1</sub>) terhadap variabel percobaan untuk masing-masing level faktor perlakuan jenis bahan baku POPE (P<sub>0</sub>, P<sub>D</sub>, P<sub>I</sub>, P<sub>T</sub> dan P<sub>C</sub>). Bila garis itu sejajar berarti tidak ada interaksi, dan bila tidak sejajar apalagi berpotongan berarti ada interaksi. Selain dari metode grafik adanya interaksi dapat dilihat dari hasil analisis ragamnya (uji F) dengan membandingkan F<sub>-hitung</sub> dengan F<sub>-tabel</sub>.

**Tabel 3.** Tabel dua arah untuk Faktor Bahan Baku POPE dan Aplikasi Pupuk Urea

Bahan Baku POPE	Aplikasi urea		Total	Rerata
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>		
P0 (kontrol, tanpa pupuk)	Y <sub>00.</sub>	Y <sub>01.</sub>	Y <sub>0..</sub>	
PD (pupuk pelet dari limbah darah sapi)	Y <sub>D0.</sub>	Y <sub>D1.</sub>	Y <sub>D..</sub>	
PI (pupuk pelet dari limbah ikan)	Y <sub>I0.</sub>	Y <sub>I1.</sub>	Y <sub>I..</sub>	
PT (pupuk pelet dari kulit telur)	Y <sub>T0.</sub>	Y <sub>T1.</sub>	Y <sub>T..</sub>	
PC (pupuk pelet dari campuran limbah)	Y <sub>C0.</sub>	Y <sub>C1.</sub>	Y <sub>C..</sub>	
Total	Y <sub>.0.</sub>	Y <sub>.1.</sub>	Y <sub>... </sub>	
Rerata				

Data dianalisis dengan analisis ragam rancangan percobaan faktorial hasilnya dituangkan dalam tabel sebagaimana format dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Analisis Ragam faktorial Bahan Baku POPE x Aplikasi Urea Menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F <sup>-hitung</sup>
Kelompok	2	JK <sub>kelompok</sub>	KT <sub>kelompok</sub>	F <sup>-hitung</sup> kelompok
Perlakuan	9	JK <sub>perlakuan</sub>	KT <sub>perlakuan</sub>	F <sup>-hitung</sup> perlakuan
P	4	JK <sub>P</sub>	KT <sub>P</sub>	F <sup>-hitung</sup> P
K	1	JK <sub>K</sub>	KT <sub>K</sub>	F <sup>-hitung</sup> K
P x K	4	JK <sub>PxK</sub>	KT <sub>PxK</sub>	F <sup>-hitung</sup> PxK
Galat	18	JK <sub>galat</sub>	KT <sub>galat</sub>	
Total	29	JK <sub>Total</sub>		

Kesimpulan uji hipotesis dalam analisis ragam dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: Uji interaksi antara dua faktor perlakuan dilakukan dengan membandingkan F<sup>-hitung</sup><sub>PxK</sub> terhadap F-tabel, bila F<sup>-hitung</sup><sub>PxK</sub> > F-tabel artinya ada interaksi yang nyata, dan bila F<sup>-hitung</sup><sub>PxK</sub> < F-tabel artinya tidak ada interaksi yang nyata dari kedua faktor perlakuan. Uji pengaruh faktor tunggal P, dilakukan dengan membandingkan F<sup>-hitung</sup><sub>P/K</sub> terhadap F-tabel, bila F<sup>-hitung</sup><sub>P</sub> > F-tabel artinya ada perbedaan yang nyata antar level dalam faktor perlakuan P, dan bila F<sup>-hitung</sup><sub>P</sub> < F-tabel artinya tidak ada beda nyata antar level dalam faktor perlakuan P. Uji pengaruh faktor tunggal K, dilakukan dengan membandingkan F<sup>-hitung</sup><sub>K</sub> terhadap F-tabel, bila F<sup>-hitung</sup><sub>K</sub> > F-tabel artinya ada perbedaan yang nyata antar level dalam faktor perlakuan K, dan bila F<sup>-hitung</sup><sub>K</sub> < F-tabel artinya tidak ada beda nyata antar level dalam faktor perlakuan K.

### 3. Hasil

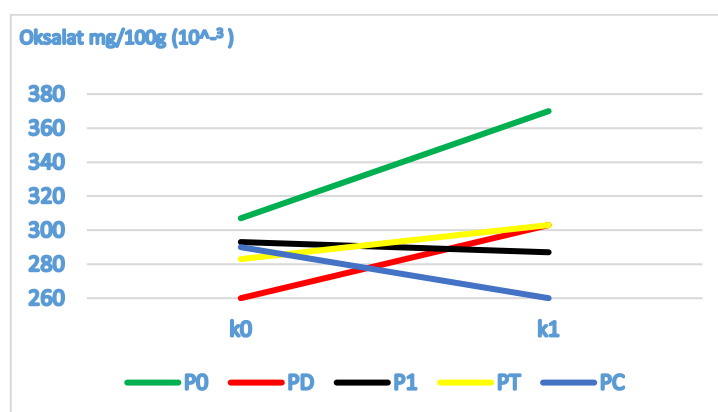
#### Kandungan Oksalat Pada Sayur Bayam

Data kandungan oksalat hasil analisis jaringan tanaman bayam dari masing-masing unit percobaan disajikan dalam tabel satu arah dengan perlakuan kombinasi antar dua faktor tunggal sebagaimana tertuang pada Tabel 5. Visualisasi hubungan antara perlakuan pemberian pupuk urea dengan kandungan oksalat pada jaringan tanaman bayam pada masing-masing level perlakuan bahan baku POPE ditunjukkan pada garis-garis grafik sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Lima garis grafik tampak tidak sejajar dan lebih banyak yang saling berpotongan, menunjukkan adanya interaksi antara dua faktor

perlakuan serta dominasi pengaruh interaksi terhadap faktor tunggalnya. Pada saat akan membuat kesimpulan aplikasi urea yang berpengaruh terhadap kandungan oksalat maka harus ditelusuri pasangan kombinasinya dengan perlakuan bahan baku POPE, demikian juga pada saat akan membuat kesimpulan bahan baku POPE yang berpengaruh terhadap kandungan oksalat harus ditelusuri pasangan kombinasinya dengan perlakuan aplikasi urea, kecuali untuk perlakuan POPE dari limbah darah tertinggi dibandingkan bahan baku yang lain untuk semua perlakuan aplikasi urea.

**Tabel 5.** Tabulasi Satu Arah Data Kandungan Oksalat (mg/100g) pada Sayuran bayam yang diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

perlakuan	Kelompok/Ulangan			Jumlah perlakuan	Rerata perlakuan
	I	II	III		
P0K0	0,29	0,31	0,32	0,92	0,307
P0K1	0,37	0,38	0,36	1,11	0,370
PDK0	0,25	0,26	0,27	0,78	0,260
PDK1	0,28	0,30	0,33	0,91	0,303
PIK0	0,27	0,31	0,30	0,88	0,293
PIK1	0,28	0,29	0,29	0,86	0,287
PTK0	0,28	0,28	0,29	0,85	0,283
PTK1	0,29	0,30	0,32	0,91	0,303
PCK0	0,32	0,29	0,26	0,87	0,290
PCKI	0,25	0,26	0,27	0,78	0,260
Jumlah kelompok	2,88	2,98	3,01		
Rerata kelompok	0,29	0,30	0,30		



**Gambar 1.** Grafik respon aplikasi pupuk urea terhadap kandungan oksalat pada sayuran bayam yang diberi POPE dari berbagai jenis bahan baku

Dalam rangka memunculkan pengaruh masing-masing perlakuan faktor tunggal data disajikan dalam tabel dua arah, yaitu arah horizontal perlakuan aplikasi urea dan arah vertikal perlakuan bahan baku POPE sebagaimana tertuang dalam Tabel 6. Tabulasi data dalam tabel dua arah akan menjadi acuan dalam penyajian data bila dari hasil analisis data menyimpulkan data disajikan berdasarkan perlakuan faktor tunggal.

**Tabel 6.** Tabulasi Dua Arah Data Kandungan Oksalat pada Sayuran bayam yang diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

Perlakuan pupuk organik pelet	Perlakuan pupuk NPK		Jumlah	Rerata
	K0 (tanpa urea)	K1(dengan urea)		
P0 (kontrol, tanpa pupuk)	0,92	1,11	2,03	0,34
PD (pupuk pelet dari limbah darah sapi)	0,78	0,91	1,69	0,28
PI (pupuk pelet dari limbah ikan)	0,88	0,86	1,74	0,29
PT (pupuk pelet dari kulit telur)	0,85	0,91	1,76	0,29
PC (pupuk pelet dari campuran limbah)	0,87	0,78	1,65	0,28
Jumlah	4,30	4,57		
Rerata	0,29	0,30		

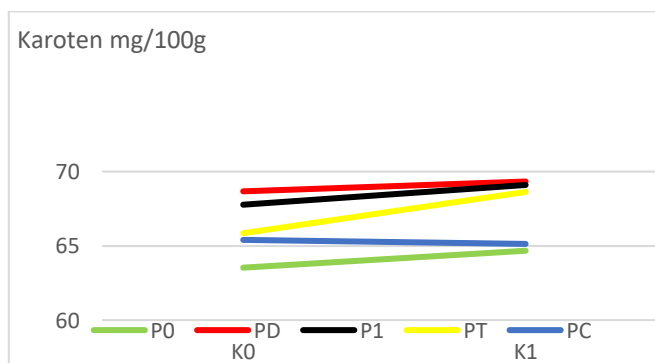
Hasil analisis ragam data kandungan oksalat dalam sayuran bayam disajikan dalam Tabel 7. Hasil uji F dengan pembandingan ragam galat menunjukkan faktor perlakuan bahan baku POPE, aplikasi pupuk urea serta interaksi keduanya berbeda nyata (ragamnya nyata), dan ragam faktor tunggal bila dibandingkan dengan ragam interaksi tidak nyata, sehingga dalam membuat kesimpulan wajib mengacu pada perlakuan kombinasi.

**Tabel 7.** Analisa Ragam Data Kandungan Oksalat pada Sayuran bayam yang diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai F acuan galat		Nilai F acuan P x K	
				F <sub>-hit</sub>	F <sub>-tab 5%</sub>	F <sub>-hit</sub>	F <sub>-tab5%</sub>
Kelompok	2	0,0009	0,0005	1,78	3,55		
Perlakuan	9	0,0257	0,0029	11,01	2,46		
P	4	<b>0,0149</b>	0,0037	14,33*	2,93	1,76	6,39
K	1	<b>0,0024</b>	0,0024	9,36*	4,41	1,14	7,71
P x K	4	<b>0,0084</b>	0,0021	8,11*	2,93		
Galat	18	0,0047	0,0003				
Total	29	0,0313					

### Kandungan Karoten Pada Sayur Bayam

Data kandungan karoten hasil analisis jaringan tanaman bayam dari masing-masing unit percobaan disajikan dalam tabel satu arah dengan perlakuan kombinasi antar dua faktor tunggal sebagaimana tertuang pada Tabel 8. Visualisasi hubungan antara perlakuan pemberian pupuk urea dengan kandungan karoten pada jaringan tanaman bayam pada masing-masing level perlakuan bahan baku POPE disajikan dalam garis-garis grafik sebagaimana disajikan pada Gambar 2. Gambar grafik juga dapat menunjukkan adanya interaksi antara dua faktor perlakuan serta dominasi pengaruh interaksi atau faktor tunggalnya.



**Gambar 2.** Grafik respon aplikasi pupuk urea terhadap kandungan karoten pada sayuran bayam yang diberi POPE dari berbagai jenis bahan baku



**Tabel 8.** Tabulasi Satu Arah Data Kandungan Karoten (mg/100g) pada Sayuran bayam yang diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

Perlakuan	Kelompok/Ulangan			Jumlah perlakuan	Rerata perlakuan
	I	II	III		
P0K0	62,90	63,10	64,60	190,60	63,53
P0K1	63,90	64,50	65,60	194,00	64,67
PDK0	67,80	68,50	69,70	206,00	68,67
PDK1	67,80	69,10	71,10	208,00	69,33
PIK0	67,20	67,81	68,30	203,31	67,77
PIK1	66,90	69,20	71,20	207,30	69,10
PTK0	63,80	66,45	67,30	197,55	65,85
PTK1	68,80	68,10	69,00	205,90	68,63
PCK0	64,50	65,40	66,30	196,20	65,40
PCKI	63,90	65,90	65,60	195,40	65,13
Jumlah kelompok	657,50	668,06	678,70	GT=	2.004,26
Rerata kelompok	65,75	66,81	67,87		

**Tabel 9.** Tabulasi Dua Arah Data Kandungan Karoten pada Sayuran bayam yang diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

Perlakuan pupuk organik pelet	Perlakuan pupuk NPK		Jumlah	Rerata
	K0 (tanpa urea)	K1(dengan urea)		
P0 (kontrol, tanpa pupuk)	190,60	194,00	384,60	64,10
PD (pupuk pelet dari limbah darah sapi)	206,00	208,00	414,00	69,00
PI (pupuk pelet dari limbah ikan)	203,31	207,30	410,61	68,44
PT (pupuk pelet dari kulit telur)	197,55	205,90	403,45	67,24
PC (pupuk pelet dari campuran limbah)	196,20	195,40	391,60	65,27
Jumlah	993,66	1.010,60		
Rerata	66,24	67,37		

Berdasar hasil analisis ragam sebagaimana disajikan pada Tabel 10., nilai F-hitung interaksi P X K, perlakuan faktor tunggal P, dan faktor tunggal K lebih besar dibandingkan dengan nilai F-tabel yang artinya interaksi antara faktor perlakuan bahan baku POPE dengan faktor perlakuan pemberian pupuk urea, dan pengaruh tunggal masing-masing faktor perlakuan berbeda nyata.. Pendalaman terhadap nilai keragaman perlakuan bahan baku POPE mendominasi terhadap keragaman interaksi terlihat pada uji F dengan pembandingan ragam interaksi  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{table}}$ . Hasil analisis grafik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 pemberian pupuk urea akan meningkatkan kandungan karoten untuk semua perlakuan bahan baku POPE, meskipun tingkat kenaikannya tidak sama dan terlihat garis grafik hampir berpotongan namun tidak sampai memotong, kecuali pada POPE dari limbah campuran sedikit menurun. Kesimpulan percobaan adalah pemberian urea maupun pemberian POPE masing-masing akan meningkatkan kandungan karoten pada sayuran bayam. Penyajian data mengacu pada bentuk tabel dua arah yang memunculkan pengaruh dari masing-masing faktor tunggalnya.

**Tabel 10.** Analisa Ragam Data Kandungan Karoten pada Sayuran bayam yang diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

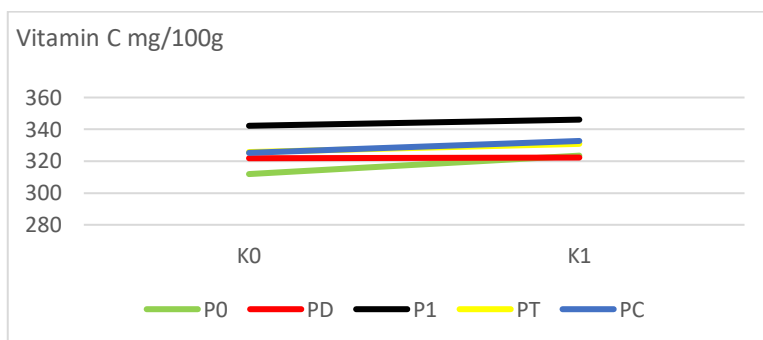
Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai F acuan galat		Nilai F acuan PxK	
				F-hit	F-tab 5%	F-hit	F-tab5%
Kelompok	2	22,47	11,24	22,37	3,55		
Perlakuan	9	121,07	13,45	26,78	2,46		
P	4	104,09	26,02	51,82*	2,93	14,06*	6,39
K	1	9,57	9,57	19,05*	4,41	5,17	7,71
PxK	4	7,41	1,85	3,69*	2,93		
Galat	18	9,04	0,50				
Total	29	152,58					

### Kandungan Vitamin C Pada Sayur Bayam

Data kandungan vitamin C hasil analisis jaringan tanaman bayam dari masing-masing unit percobaan disajikan dalam tabel satu arah dengan perlakuan kombinasi antar dua faktor tunggal sebagaimana tertuang pada Tabel 11. Visualisasi hubungan antara perlakuan pemberian pupuk urea dengan kandungan vitamin C dalam jaringan tanaman bayam pada masing-masing level perlakuan bahan baku POPE disajikan dalam garis-garis grafik sebagaimana disajikan pada Gambar 3. Gambar grafik juga dapat menunjukkan adanya interaksi antara dua faktor perlakuan yang ditunjukkan garis-garis tidak sejajar, serta dominasi pengaruh faktor tunggal terhadap interaksinya yang ditunjukkan garis-garis tidak sampai berpotongan.

**Tabel 11.** Tabulasi Satu Arah Data Kandungan Vitamin C (mg/100g) pada Sayuran Bayam yang Diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

Perlakuan	Kelompok/Ulangan			Jumlah	Rerata
	I	II	III		
P0K0	308,70	311,40	315,60	935,70	311,90
P0K1	328,90	322,10	319,40	970,40	323,47
PDK0	321,90	320,00	323,60	965,50	321,83
PDK1	326,70	321,80	318,30	966,80	322,27
PIK0	339,40	341,50	345,80	1.026,70	342,23
PIK1	347,60	346,00	344,70	1.038,30	346,10
PTK0	325,30	323,20	328,70	977,20	325,73
PTK1	332,20	329,10	331,30	992,60	330,87
PCK0	326,60	325,20	323,90	975,70	325,23
PCK1	335,60	332,20	330,30	998,10	332,70
Jumlah kelompok	3.292,90	3.272,50	3.281,60		
Rerata kelompok	329,29	327,25	328,16		



**Gambar 3.** Grafik respon aplikasi pupuk urea terhadap kandungan vitamin C pada sayuran bayam yang diberi POPE dari berbagai jenis bahan baku

**Tabel 12.** Tabulasi Dua Arah Data Kandungan Vitamin C pada Sayuran Bayam yang Diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

Perlakuan pupuk organik pelet	Perlakuan pupuk NPK		Jumlah	Rerata
	K0 (tanpa urea)	K1 (dengan urea)		
P0 (kontrol, tanpa pupuk)	935,70	970,40	1.906,10	317,68
PD (pupuk pelet dari limbah darah sapi)	965,50	966,80	1.932,30	322,05
PI (pupuk pelet dari limbah ikan)	1.026,70	1.038,30	2.065,00	344,17
PT (pupuk pelet dari kulit telur)	977,20	992,60	1.969,80	328,30
PC (pupuk pelet dari campuran limbah)	975,70	998,10	1.973,80	328,97
Jumlah	4.880,80	4.966,20		
Rerata	325,39	331,08		

Berdasar analisis ragam pada Tabel 13., nilai F-hitung interaksi P X K lebih besar dibandingkan dengan nilai F-tabel yang artinya terjadi interaksi yang nyata antara faktor perlakuan bahan baku POPE dengan faktor perlakuan pemberian pupuk urea. Faktor tunggal jenis bahan baku POPE maupun pemberian urea berbeda nyata dan lebih dominan dari pada interaksi keduanya terlihat dari uji F dengan pembandingan ragam interaksi  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ . Hasil analisis grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pemberian pupuk urea meningkatkan kandungan karoten untuk semua perlakuan bahan baku POPE, meskipun tingkat kenaikannya tidak sama dan terlihat garis grafik hampir berpotongan. Kesimpulan hasil analisis ragam dan analisis grafik adalah perlakuan faktor tunggal pemberian pupuk urea meningkatkan kandungan vitamin C, perlakuan faktor tunggal pemberian POPE dari limbah ikan kandungan vitamin C pada sayuran bayam paling tinggi diikuti POPE dari limbah kulit telur dan berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Penyajian data mengacu pada bentuk tabel dua arah yang memunculkan pengaruh dari masing-masing faktor tunggalnya.

**Tabel 13.** Analisa Ragam Data Kandungan Vitamin C pada Sayuran bayam yang diberi Pupuk Organik Pelet dari Limbah Perkotaan dan Pupuk Urea

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai F acuan galat		Nilai F acuan PxK	
				F-hit	F-tab 5%	F-hit	F-tab5%
Kelompok	2	20,889	10,444	1,195	3,55		
Perlakuan	9	2.770,240	307,804	35,205	2,46		
P	4	2.423,697	605,924	69,302*	2,93	23,43*	6,39
K	1	243,105	243,105	27,805*	4,41	9,40*	7,71
PxK	4	103,438	25,860	2,958*	2,93		
Galat	18	157,378	8,743				
Total	29	2.948,507					

#### 4. Pembahasan

Hasil analisis ragam data kandungan oksalat pada sayuran bayam menunjukkan ada interaksi nyata antara faktor tunggal dan didukung oleh garis-garis grafik hubungan antara aplikasi pupuk urea dengan kandungan oksalat untuk masing-masing perlakuan bahan baku POPE saling berpotongan. Pengaruh interaksi lebih dominan dibandingkan pengaruh faktor tunggalnya. Hasil analisis ragam menghasilkan interaksi yang berbeda nyata, sesuai dengan prinsip marginalitas maka efek utama seharusnya tidak diinterpretasikan dan tidak diuji, penyajian data menggunakan tabel kombinasi perlakuan (Budiaji, 2021). Rancangan faktorial adalah bentuk eksperimen sejati, banyak variabel independen yang dapat dikendalikan peneliti, yang memungkinkan mendeteksi interaksi di antara variabel. Interaksi adalah ketika efek dari satu variabel bervariasi menurut tingkat variabel lain (Salihu et al., 2021). Interaksi hanya dapat dideteksi ketika variabel dalam bentuk kombinasi. Data percobaan yang menggunakan rancangan faktorial 2 x 3 ditambah dianalisis statistik (ANOVA) dan grafis untuk mengoptimalkan pengaruh dua faktor perlakuan yaitu proses

pengeringan konvektif pada kandungan  $\alpha$ -tokoferol dalam minyak biji pir berduri (Motri et al., 2015).

Hasil analisis ragam data kandungan karoten pada sayuran bayam menunjukkan ada interaksi nyata antara faktor tunggal, namun pada garis-garis grafik hubungan antara perlakuan pupuk urea dengan kandungan karoten pada masing-masing perlakuan bahan baku POPE tidak berpotongan sekalipun tidak ada yang sejajar. Penyajian data berdasar perlakuan faktor tunggal. Hasil analisis ragam data kandungan vitamin C pada sayuran bayam menunjukkan ada interaksi nyata antara faktor tunggal namun berdasar uji F terlihat faktor tunggal lebih dominan dibandingkan interaksi didukung oleh garis-garis grafik hubungan antara aplikasi pupuk urea dengan kandungan vitamin C pada setiap bahan baku POPE tidak berpotongan. Penyajian data berdasar perlakuan faktor tunggal. Penelitian dengan rancangan faktorial wajib menganalisis semua interaksi, menentukan penyebabnya oleh perubahan peringkat (crossover) atau hanya karena perubahan skala, dan kemudian menentukan bentuk sajian data berdasar pada efek faktor tunggal atau efek interaksi. Dalam percobaan faktorial analisis interaksi yang lengkap dan benar sangat penting untuk melaporkan dan menginterpretasikan penelitian dengan benar (Vargas et al., 2015). Rancangan percobaan faktorial memanfaatkan sumberdaya penelitian dengan sangat efektif dan efisien bila data dianalisis dengan benar. Percobaan faktorial memiliki kekuatan statistik yang sangat baik sekalipun dengan sampel subjek yang relatif sedikit, dan saat melakukan penelitian dapat memilih komponen untuk dimasukkan dalam intervensi multikomponen dalam bentuk interaksi antar faktor (Collins et al., 2014). Penelitian dalam mengoptimalkan proses pengeringan konvektif pada kandungan  $\alpha$ -tokoferol dalam minyak biji pir berduri menggunakan rancangan percobaan faktorial dan analisis data menggunakan analisa varian dan analisis grafik (Motri et al., 2015).

## 5. Kesimpulan

Hasil analisis data percobaan faktorial pada uji pengaruh pupuk organik pelet dari limbah perkotaan terhadap kandungan gizi sayuran bayam (*Amaranthus hybridus L.*) diperoleh tiga jenis hasil uji interaksi nyata yaitu (a) data kandungan oksalat pada sayuran bayam, interaksi dua faktor perlakuan nyata, kedua faktor tunggal nyata, garis grafik banyak berpotongan maka sajian data dan interpretasi mengacu pada perlakuan kombinasi (b) data kandungan karoten pada sayuran bayam, interaksi dua faktor perlakuan nyata, kedua faktor tunggal nyata garis grafik hampir semuanya tidak sejajar hampir berpotongan namun tidak ada yang sampai berpotongan, maka sajian data dan interpretasi faktor jenis bahan baku POPE mengacu pada faktor tunggal sedang untuk faktor aplikasi urea kurang konsisten, (c) data kandungan vitamin C pada sayuran bayam, interaksi dua faktor perlakuan nyata,

kedua faktor tunggal nyata garis grafik hampir semuanya tidak sejajar hampir berpotongan, maka sajian data dan interpretasi faktor jenis bahan baku POPE dan faktor aplikasi urea mengacu pada faktor tunggal. Pada saat menggunakan rancangan faktorial diperoleh interaksi nyata tidak serta merta sajian data mengacu pada perlakuan kombinasi, perlu diuji lebih lanjut kemungkinan keragaman faktor tunggal lebih dominan sehingga sajian data dan kesimpulan mengacu pada faktor tunggal.

### Daftar Pustaka

- Alessa, O., Najla, S., & Murshed, R. (2017). Improvement of yield and quality of two *Spinacia oleracea* L. varieties by using different fertilizing approaches. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23, 693–702.
- Budiaji, W. (2021). Penyajian dan Interpretasi Faktor Utama Saat Interaksi Berbeda Nyata. *Informatika Pertanian*.
- Collins, L. M., Dziak, J. J., Kugler, K. C., & Trail, J. B. (2014). Faktorial experiments: efficient tools for evaluation of intervention components. *American Journal of Preventive Medicine*, 47(4), 498–504.
- Durakovic, B. (2017). Design of experiments application, concepts, examples: State of the art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(3).
- Giménez, A., Gómez, P. A., Bustamante, M. Á., Pérez-Murcia, M. D., Martínez-Sabater, E., Ros, M., Pascual, J. A., Egea-Gilabert, C., & Fernández, J. A. (2021). Effect of Compost Extract Addition to Different Types of Fertilizers on Quality at Harvest and Shelf Life of Spinach. *Agronomy*, 11(4), 632.
- Kelley, A. J., Campbell, D. N., Wilkie, A. C., & Maltais-Landry, G. (2022). Compost composition and application rate have a greater impact on spinach yield and soil fertility benefits than feedstock origin. *Horticulturae*, 8(8), 688.
- Maggio, A., De Pascale, S., Paradiso, R., & Barbieri, G. (2013). Quality and nutritional value of vegetables from organic and conventional farming. *Scientia Horticulturae*, 164, 532–539.
- Miano, T. F. (2016). Nutritional value of *Spinacia oleracea* spinach-an overview. *International Journal of Life Sciences and Review*, 2(12), 172–174.
- Motri, S., Touil, A., Benselma, Z., Hassini, L., Bettaieb, E., & Zagrouba, F. (2015). Application of faktorial design to the study of the effect of drying conditions on  $\alpha$ -tocopherol content in prickly pear seed oil. *J. New Sci*, 19(8), 759.

Niedziński, T., Sierra, M. J., Łabętowicz, J., Noras, K., Cabrales, C., & Millán, R. (2021). Release of nitrogen from granulate mineral and organic fertilizers and its effect on selected chemical parameters of soil. *Agronomy*, 11(10), 1981.

Parmar, R. S., Kamani, G. J., & Amin, B. A. (n.d.). *ANALYSIS OF FAKTORIAL EXPERIMENTS FOR AGRICULTURAL RESEARCH USING DIGITAL TOOL*.

SALIHU, M. M., & NWAOSU, C. S. (2021). *DISCRIMINATION BETWEEN 2K AND 3K FAKTORIAL DESIGNS USING OPTIMALITY BASED CRITERION*.

Šarauskis, E., Naujokienė, V., Lekavičienė, K., Kriaučiūnienė, Z., Jotautienė, E., Jasinskas, A., & Zinkevičienė, R. (2021). Application of granular and non-granular organic fertilizers in terms of energy, environmental and economic efficiency. *Sustainability*, 13(17), 9740.

Sharma, J., & Agarwal, S. (2014). Impact of organic fertilizers on growth, yield and quality of spinach. *Indian Journal of Plant Sciences*, 3(3), 37–43.

Vargas, M., Glaz, B., Alvarado, G., Pietragalla, J., Morgounov, A., Zelenskiy, Y., & Crossa, J. (2015). Analysis and interpretation of interactions in agricultural research. *Agronomy Journal*, 107(2), 748–762.

Winarso, S., Hermiyanto, B., Romadhona, S., PANDUTAMA, M. H., Setiawati, T. C., & INDASAH, I. (2020). *Effectiveness of the combination of biopellet, biochar, chicken manure and fish waste to the improvement of chemical properties of sandy soil and soybean plant growth*.

Yitnosumarto, S. (1993). Percobaan. *Perancangan, Analisis, Dan Interpretasinya*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.