BAB III

METODE EVOP UNTUK DESAIN FAKTORIAL 2^2 DAN 2^3

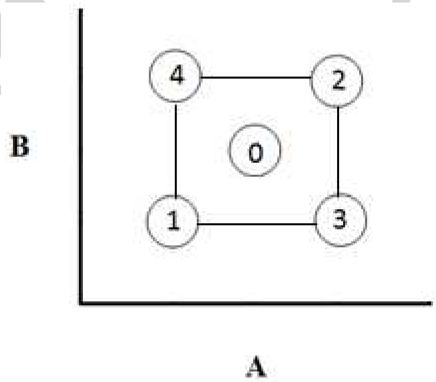
3.1 Skema Metode EVOP untuk Desain Faktorial 2^2

Istilah dalam Metode EVOP

Sebuah kinerja tunggal dari satu set lengkap kondisi operasi disebut siklus, dan menjalankan ulang sebuah siklus pada kondisi operasi disebut fase. Sebuah fase baru dimulai ketika operasi dijalankan pada kondisi yang baru. Menjalankan proses pada satu set kondisi tetap untuk jangka waktu tetap akan disebut run.

Desain Faktorial 2^2 dengan Satu Titik Pusat

Pola skema EVOP dua variabel terdiri dari desain faktorial dua level dengan penambahan titik pusat yang sesuai dengan kondisi saat ini. Skema ditunjukkan pada Gambar 3.1. Proses bekerja saat ini disebut juga kondisi referensi diberi label 0 dan empat titik lainnya diberi label 1, 2, 3, dan 4. Satu set kondisi dijalankan berturut-turut dalam urutan 0 1, 2, 3, 4; 0, 1, 2, 3, 4, dan seterusnya.

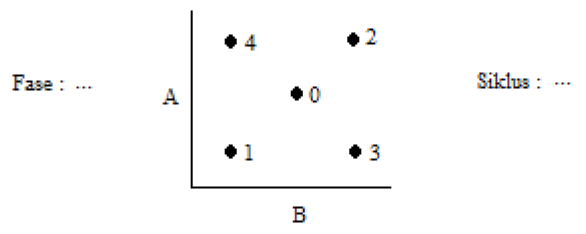


Gambar 3.1. *Model skema EVOP dua variabel dengan titik pusat .*

Lembar Kerja EVOP untuk Dua Variabel

Perhitungan yang diperlukan dalam menjalankan skema EVOP pada dasarnya sederhana. Struktur perhitungannya sistematis dan dilakukan melalui lembar kerja EVOP. Lembar kerja EVOP untuk dua variabel ditunjukkan Gambar 3.2.

Papan Informasi EVOP untuk Dua Variabel



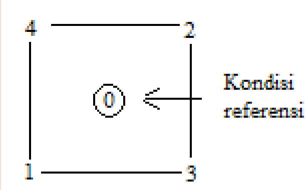
Respon		...
Kebutuhan		...
Rata-rata proses		A: ... ... / ... / ... ... ; B
Batas 2 S.E. untuk rata-rata		...
Mean fase		...
Efek dengan batas 2 S.E.	A	...
	B	...
	A × B	...
	Perubahan dalam rata-rata	...
Standar deviasi s		...
Estimasi prior dari standar deviasi σ		...

Gambar 3.3. *Papan informasi EVOP untuk dua variabel.*

Sebuah papan informasi (seperti Gambar 3.3) dapat dibuat untuk menampilkan hasil analisis yang mudah dimengerti. Angka-angka yang muncul pada papan informasi bukan data mentah tetapi rata-rata berbagai efek yang berbeda dan batas 2 S.E. yang dirancang untuk memberikan pemahaman tentang data.

Perubahan dalam rata-rata

Pada setiap tahap tertentu pada program EVOP akan ada yang disebut kondisi referensi. Kondisi ini ditetapkan pada setiap fase baru. Ketika sebuah fase baru dimulai seringkali membantu untuk dapat membandingkan hasil dengan referensi yang sesuai. Gambar 3.4 mengilustrasikan bahwa kondisi referensi berada di pusat desain.



Gambar 3.4. *Kondisi referensi berada di pusat desain.*

Perbandingan antara rata-rata keseluruhan respon dalam siklus EVOP dengan rata-rata respon pada kondisi referensi disebut efek perubahan dalam rata-rata. Misalkan n siklus telah selesai sehingga untuk setiap set kondisi kita dapat menghitung rata-rata respon berdasarkan n hasil. Kemudian dengan penomoran dari titik-titik yang ditunjukkan pada Gambar 3.4, kita miliki,

$$\text{Perubahan dalam rata-rata} = \frac{1}{5}(\bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \bar{y}_3 + \bar{y}_4 + \bar{y}_0) - \bar{y}_0$$

$$= \frac{1}{5}(\bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \bar{y}_3 + \bar{y}_4 - 4\bar{y}_0).$$

Perubahan dalam rata-rata memberikan suatu ukuran yang dapat memberikan informasi dalam fase tertentu. Ukuran itu adalah untuk mengetahui apakah kondisi yang dijalankan selama fase saat ini menghasilkan rata- rata yang lebih baik atau lebih buruk daripada kondisi referensi.

Mean fase adalah rata-rata respon pada keseluruhan kondisi yang dijalankan dalam fase ini. Mean fase untuk desain 2^2 dengan penambahan kondisi referensi adalah $\frac{1}{5}(\bar{y}_0 + \bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \bar{y}_3 + \bar{y}_4)$. Jadi, perubahan dalam rata-rata sama dengan mean fase dikurangi mean pada kondisi referensi.

Standar Eror untuk Efek

Dengan menggunakan hasil dari Bagian 2.1.7, kita dapat dengan mudah memperoleh standar eror untuk berbagai efek. Sebagai contoh, variansi dari efek utama A adalah

$$V(A) = V(\tfrac{1}{2}\bar{y}_2 + \tfrac{1}{2}\bar{y}_3 - \tfrac{1}{2}\bar{y}_4 - \tfrac{1}{2}\bar{y}_1)$$

$$= (\tfrac{1}{4} + \tfrac{1}{4} + \tfrac{1}{4} + \tfrac{1}{4})\frac{\sigma^2}{n} = \frac{\sigma^2}{n},$$

dan jika kita memiliki perkiraan s dari σ, sehingga

$$S.E.\ (A) = \frac{s}{\sqrt{n}}.$$

Ini juga merupakan standar eror untuk efek utama B dan interaksi AB. Variansi dari perubahan dalam rata-rata adalah

$$V(\tfrac{1}{5}\bar{y}_1 + \tfrac{1}{5}\bar{y}_2 + \tfrac{1}{5}\bar{y}_3 + \tfrac{1}{5}\bar{y}_4 - \tfrac{4}{5}\bar{y}_0) = (\tfrac{1}{25} + \tfrac{1}{25} + \tfrac{1}{25} + \tfrac{1}{25} + \tfrac{16}{25})\frac{\sigma^2}{n} = \frac{4}{5}\frac{\sigma^2}{n}.$$

Jadi,

$$\text{S.E. (perubahan dalam rata-rata)} = \frac{2}{\sqrt{5}}\frac{s}{\sqrt{n}} = 0.89\,\frac{s}{\sqrt{n}}.$$

Efek-efek dan standar eror untuk desain 2^2 dengan titik pusat setelah n siklus diberikan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Efek-efek dan standar eror

	Efek	Standar Eror
Efek Utama	$A = \frac{1}{2}(\bar{y}_2 + \bar{y}_3 - \bar{y}_4 - \bar{y}_1)$	$\frac{s}{\sqrt{n}}$
Efek Utama	$B = \frac{1}{2}(\bar{y}_2 + \bar{y}_4 - \bar{y}_3 - \bar{y}_1)$	$\frac{s}{\sqrt{n}}$
Interaksi	$AB = \frac{1}{2}(\bar{y}_2 + \bar{y}_1 - \bar{y}_4 - \bar{y}_3)$	$\frac{s}{\sqrt{n}}$
Perubahan dalam rata-rata	$= \frac{1}{5}(\bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \bar{y}_3 + \bar{y}_4 - 4\bar{y}_0)$	$0.89\,\frac{s}{\sqrt{n}}$

Ukuran keandalan dari rata-rata run individu diberikan oleh batas dua standar error (2 S.E.). Setiap siklus selesai, batas eror yang dihitung menjadi lebih sempit, hal ini mencerminkan bahwa rata-rata run menjadi lebih tepat.

Perhitungan dan Penggunaan Standar Deviasi

Pada awal program EVOP, tidak akan ada estimasi prior dari fase sebelumnya. Begitu perkiraan standar deviasi σ diperoleh dari fase pertama, perkiraan ini dapat digunakan sejak saat itu.

Konvensi berikut ini digunakan ketika desain 2^2 digunakan. Setelah siklus pertama dan kedua pada tiap fase baru, sebuah estimasi prior dari σ yang diperoleh dari fase sebelumnya dapat digunakan. Dengan selesainya siklus ketiga, penggunaan estimasi prior dihentikan dan standar deviasi diestimasi dari data pada fase saat ini.

Biasanya standar deviasi tidak banyak berubah dari satu fase ke yang lain, tetapi kadang-kadang perubahan kecil terjadi karena sifat faktor yang akan divariasikan. Setelah siklus pertama dari fase baru, kita tidak memiliki informasi tentang σ dari data saat ini. Setelah dua siklus, sebuah perkiraan akan didapat tapi itu tidak akan akurat. Dengan selesainya siklus ketiga akurasi yang moderat dari perkiraan adalah mungkin dan pada saat itu akan menguntungkan untuk menggunakannya.

3.2 Skema Metode EVOP untuk Desain Faktorial 2^3

Desain Faktorial 2^3 dengan Dua Titik Pusat dalam Dua Blok

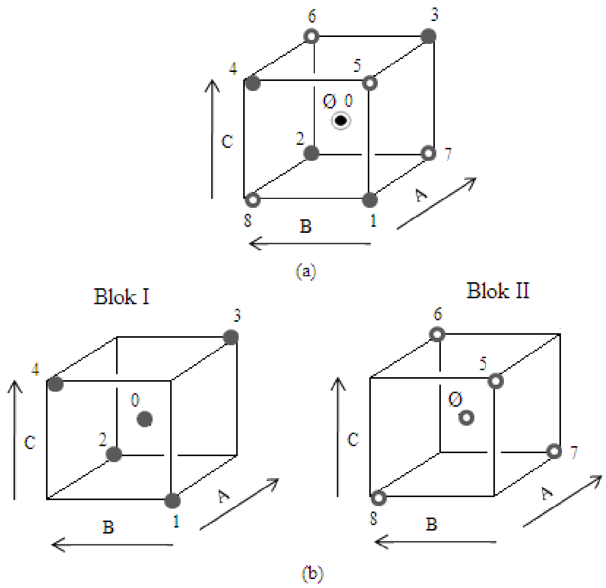
Desain seperti ini ditunjukkan pada Gambar 3.5 di mana delapan run dari desain 2^3 dibagi menjadi dua blok dan masing-masing blok berisi empat run dengan titik pusat pada setiap blok. Desain dijalankan dalam urutan tertentu sesuai dengan nomornya. Urutan penomoran yang digunakan, ditunjukkan pada Gambar 3.5. Pusat kondisi di blok pertama diberi label 0 dan di blok kedua diberi label Ø.

Dari desain Gambar 3.5, dua ukuran dari perubahan dalam rata-rata dapat dihitung dari setiap blok. Untuk blok I dalam pengamatan tunggal,

$$\text{perubahan dalam rata-rata} = \tfrac{1}{5}(\bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \bar{y}_3 + \bar{y}_4 - 4\bar{y}_0).$$

Untuk blok II,

$$\text{perubahan dalam rata-rata} = \tfrac{1}{5}(\bar{y}_5 + \bar{y}_6 + \bar{y}_7 + \bar{y}_8 - 4\bar{y}_{Ø})$$



Gambar 3.5. *Model skema EVOP tiga variabel dengan titik pusat: (a) Sepuluh titik dalam desain; (b) dibagi ke dalam dua blok.*

Rata-rata,

$$\frac{1}{10}(\bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \bar{y}_3 + \bar{y}_4 - 4\bar{y}_0 + \bar{y}_5 + \bar{y}_6 + \bar{y}_7 + \bar{y}_8 - 4\bar{y}_{\emptyset}),$$

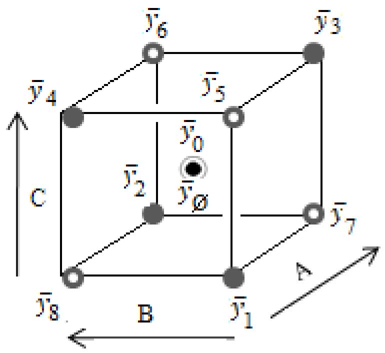
memberikan suatu ukuran dari perubahan dalam rata-rata keseluruhan yang bebas dari efek blok. Ini memiliki interpretasi yang sama seperti pada EVOP dua variabel yaitu mean fase dikurangi mean pada kondisi referensi.

Lembar Kerja EVOP untuk Tiga Variabel

Lembar kerja untuk program tiga variabel hampir sama dengan program dua variabel, hanya saja digunakan dua lembar kerja untuk setiap siklus yaitu satu untuk blok pertama dan satu untuk blok kedua.

Papan Informasi EVOP untuk Tiga Variabel

Fase: Siklus:



Batas 2 S.E. untuk rata-rata individu: ± ...

Respon		...
Kebutuhan		...
	Mean fase	...
Efek dengan batas 2 S.E.	A	... ± ...
	B	... ± ...
	C	... ± ...
	A × B	... ± ...
	A × C	... ± ...
	B × C	... ± ...
	Perubahan dalam rata-rata	... ± ...

Gambar 3.8. *Sebuah papan informasi EVOP untuk tiga variabel.*

Standar Eror dari Efek untuk Desain Faktorial Dua Level

Jika kita menjalankan n siklus dari desain 2^p dalam p faktor, masing-masing efek utama dan interaksi akan menjadi kontras antara rata-rata dari setengah pengamatan dan rata-rata dari setengah lainnya.

Jika σ^2 adalah varians dari pengamatan individu berdistribusi independen, maka varians dari rata-rata $\frac{1}{2}(n \times 2^p)$ pengamatan ini adalah $2\sigma^2/n2^p$. Setiap efek utama dan interaksi adalah perbedaan dari dua perbedaan independen tersebut dan karenanya, varians,

$$\frac{2\sigma^2}{n2^p} + \frac{2\sigma^2}{n2^p} = \frac{4\sigma^2}{n2^p}.$$

Standar eror untuk setiap efek akan diperoleh dengan mengambil akar kuadrat dari kuantitas ini dan mensubtitusi estimasi s untuk standar deviasi σ, hasil ditunjukkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Variansi dan standar eror untuk estimasi efek utama dan interaksi dari desain faktorial 2^p setelah n siklus

Desain	2^p	2^2	2^3
Variansi (efek)	$\frac{4\sigma^2}{n2^p}$	$\frac{\sigma^2}{n}$	$\frac{\sigma^2}{2n}$
S.E. (efek)	$\frac{2s}{\sqrt{n2^p}}$	$\frac{s}{\sqrt{n}}$	$\frac{s}{\sqrt{2n}}$

Batas Dua Standar Eror untuk Perubahan dalam Rata-rata Keseluruhan

Setelah n siklus operasi, perubahan dalam rata-rata keseluruhan akan menjadi $-\frac{4}{10}\bar{y}_0 + \frac{1}{10}\bar{y}_1 + \frac{1}{10}\bar{y}_2 + \frac{1}{10}\bar{y}_3 + \frac{1}{10}\bar{y}_4 - \frac{4}{10}\bar{y}_{\emptyset} + \frac{1}{10}\bar{y}_5 + \frac{1}{10}\bar{y}_6 + \frac{1}{10}\bar{y}_7 + \frac{1}{10}\bar{y}_8$. Oleh karena itu, dengan menggunakan (2.1.7.4), varians dari perubahan dalam rata-rata keseluruhan adalah $(\frac{16}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{16}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100})\frac{\sigma^2}{n} = 0.4\ \frac{\sigma^2}{n}$. Ini berarti bahwa standar deviasi dari perubahan dalam rata-rata keseluruhan adalah 0.632σ/√n. Jika estimasi dari σ adalah s, batas 2 S.E. akan menjadi

$$\text{Perubahan dalam rata-rata keseluruhan} \pm 2(0.632)\,\frac{s}{\sqrt{n}}\,.$$