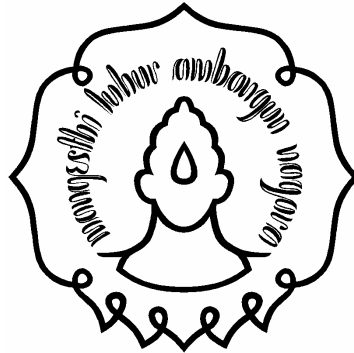


**RANCANGAN FAKTORIAL 2^5
DENGAN SEPEREMPAT ULANGAN**



Oleh

LANJAR PUTUT SARWOKO

M0198056

SKRIPSI

**ditulis dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Sains Matematika**

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2006

SKRIPSI
RANCANGAN FAKTORIAL 2⁵
DENGAN SEPEREMPAT ULANGAN

yang disiapkan dan disusun oleh

LANJAR PUTUT SARWOKO

M0198056

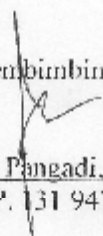
dibimbing oleh

Pembimbing I,


Drs. Isnandar Slamet, M.Sc.

NIP. 132 000 008

Pembimbing II,


Drs. Pangadi, M.Si.

NIP. 131 947 762

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

pada hari Kamis, tanggal April 2006

dan dinyatakan telah memenuhi syarat.

Anggota Tim Penguji :

1. Dra. Etik Zukhronah, M.Si.

NIP. 132 000 009

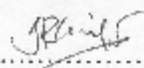
2. Winita Sulandari, S.Si., M.Si.

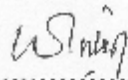
NIP. 132 313 063

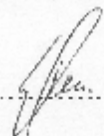
3. Drs. Santosa Budi Wiyono, M.Si.

NIP. 131 945 327

Tanda Tangan

1. 

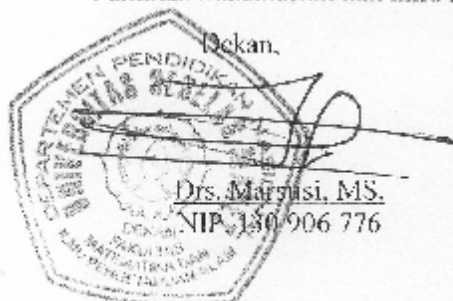
2. 

3. 

Disahkan oleh

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

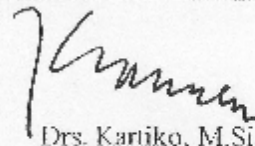
Dekan,



Drs. Margusi, MS.

NIP. 130 906 776

Ketua Jurusan Matematika,


Drs. Kariko, M.Si.
NIP 131 569 203

ABSTRAK

Lanjar Putut Sarwoko, 2006. RANCANGAN FAKTORIAL 2^5 DENGAN SEPEREMPAT ULANGAN. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

Rancangan faktorial 2^5 merupakan rancangan faktorial yang memuat 5 buah faktor dengan masing-masing faktor terdiri atas dua taraf, sehingga akan diperoleh 32 kombinasi perlakuan dan memerlukan 32 unit percobaan. Oleh karena itu, seringkali keseluruhan perlakuan tidak bisa dikerjakan, sehingga bisa diambil sebagian dari keseluruhan perlakuan atau keseluruhan ulangan untuk dikerjakan.

Tujuan penulisan skripsi ini ialah melakukan pembagian perlakuan ke dalam empat blok untuk rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan dan melakukan analisis statistiknya.

Untuk menyelesaikan masalah rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan, terlebih dahulu ditentukan dua kontras penentu dari efek interaksi berorder tinggi yang tidak berpengaruh nyata. Kemudian melakukan pembauran dan secara acak dipilih satu blok dari empat blok yang tersedia, melakukan uji hipotesis dan menarik kesimpulan.

Berdasarkan dua kontras penentu yang dipilih, yaitu efek ABD dan efek ACE serta efek $BCDE$ sebagai interaksi rampatannya, seluruh perlakuan dikelompokkan ke dalam empat blok, kemudian terpilih blok 4 yang memuat kombinasi perlakuan $a, bc, abd, cd, be, ace, de, abcde$ untuk dilakukan percobaan. Untuk melakukan uji hipotesis terhadap efek utama digunakan $JK_S = JK_{BC} + JK_{CD}$.

ABSTRACT

Lanjar Putut Sarwoko, 2006. ONE-QUARTER FRACTION OF THE 2^5 DESIGN. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sebelas Maret University.

The 2^5 factorial design is a factorial design that contains 5 factors where each factor has two levels that 32 treatment combinations and 32 unit of experiments will be needed. Frequently, the whole experiment units can't be done, so that a part of the whole treatments combinations or a part of the whole replications can be taken.

The purpose of this study are to divide the treatments into four blocks for one-quarter fraction of the 2^5 factorial design and to analyze the statistics.

To solve the problem of one-quarter fraction of the 2^5 factorial design, two of the defining contrasts that are the high-ordered interaction effects which weren't significant were determined. Then we do confounding and take one of four blocks randomly, do the test of hypothesis and take a conclusion.

Based on the two defining contrasts selected i.e. ABD and ACE effects, and $BCDE$ effect as the generalized interactions, the whole treatments are classified into four blocks. As block 4 which contains the treatment combinations $a, bc, abd, cd, be, ace, de, abcde$ is chosen, this block is tested. The hypothesis of the five main effects is tested using $SS_E = SS_{BC} + SS_{CD}$.

MOTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا * فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ *

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain.

(QS. Alam Nasyrah : 6-7)

طَلَبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ *

Mencari ilmu diwajibkan atas setiap muslim. (Al Hadits)

إِنَّمَا الْعِلْمُ بِالتَّعَلُّمِ *

Sesungguhnya cara mendapat ilmu adalah dengan belajar. (Al Hadits)

PERSEMBAHAN

Karya yang sederhana ini kupersembahkan kepada

- Ø Ayah dan Ibuku di rumah
- Ø Kedua adikku

KATA PENGANTAR

Bismillahi walhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Alloh SWT atas segala nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini sebagai syarat meraih gelar sarjana.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, terutama penulis tujukan kepada

1. Drs. Isnandar Slamet, M.Sc. selaku Pembimbing I yang telah memberikan banyak nasehat dan masukan kepada penulis,
2. Drs. Pangadi, M.Si. selaku Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan motivasi kepada penulis,
3. Drs. S. Palgunadi Y., M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan semasa perkuliahan,
4. Ayah, Ibu dan kedua adikku yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan segala hal yang berguna bagi penulis,
5. rekan-rekan jurusan Matematika Agung, Ari Wibowo, Darmono, Edhy, Jaka Prasetya, Muslikan, dan khususnya teman-teman seangkatan, angkatan '98 yang telah memberikan dukungan kepada penulis,
6. semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan.

Surakarta, April 2006

Penulis

DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
MOTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	2
1.5 Manfaat Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.1.1 Rancangan Percobaan.....	4
2.1.2 Rancangan Faktorial 2^k	5
2.1.3 Rancangan Ulangan Sebagian	5
2.1.4 Ulangan Tunggal dalam Rancangan Faktorial 2^k	6
2.1.5 Sistem Pembauran	6
2.1.6 Jumlah Kuadrat Efek	7
2.1.7 Nilai Harapan Rata-rata Kuadrat	8
2.2. Kerangka Pemikiran.....	10
BAB III METODE PENULISAN	11
BAB IV PEMBAHASAN.....	12
4.1 Rancangan Ulangan Sebagian	12

4.2 Sistem Pembauran	13
4.2.1 Pembagian Perlakuan dengan Tabel Tanda Koefisien Efek	14
4.2.2 Pembagian Perlakuan dengan Metode Kombinasi Linear	22
4.3 Model Rancangan Faktorial 2^5	25
4.3.1 Jumlah Kuadrat Efek	28
4.3.1.1 Perhitungan Jumlah Kuadrat Efek dengan Kontras	28
4.3.1.2 Perhitungan Jumlah Kuadrat Efek dengan Algoritma Yates	32
4.3.2 Rata-rata Kuadrat	35
4.3.3 Nilai Harapan Rata-rata Kuadrat	37
4.3.4 Uji Hipotesis	45
4.4 Contoh Penerapan	47
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Kombinasi Perlakuan Rancangan Faktorial 2^5	12
4.2 Tanda Koefisien Efek	23
4.3 Skema Perhitungan Jumlah Kuadrat Efek dengan Algoritma Yates untuk Rancangan Faktorial 2^{5-2}	36
4.4 Nilai Harapan Rata-rata Kuadrat Rancangan Faktorial 2^5 untuk Model Tetap	42
4.5 Analisis Variansi untuk Rancangan Faktorial 2^5 dengan Seperempat Ulangan	44
4.6 Data yang Diperoleh dalam Sebuah Penelitian Peningkatan Hasil Produksi Semikonduktor dengan 2^5 Kombinasi Perlakuan ($r = 1$).....	47
4.7 Skema Perhitungan Jumlah Kuadrat Efek dengan Algoritma Yates untuk Rancangan Faktorial 2^{5-2}	51
4.8 Analisis Variansi untuk Rancangan Faktorial 2^5 dengan Seperempat Ulangan	52

DAFTAR NOTASI

m	: nilai rata-rata
a	: efek faktor A
b	: efek faktor B
(ab)	: efek interaksi antara faktor A dan B
g	: efek faktor C
(ag)	: efek interaksi antara faktor A dan C
(bg)	: efek interaksi antara faktor B dan C
(abg)	: efek interaksi antara faktor A, B dan C
d	: efek faktor D
(ad)	: efek interaksi antara faktor A dan D
(bd)	: efek interaksi antara faktor B dan D
(abd)	: efek interaksi antara faktor A, B dan D
(gd)	: efek interaksi antara faktor C dan D
(agd)	: efek interaksi antara faktor A, C dan D
(bgd)	: efek interaksi antara faktor B, C dan D
$(abgd)$: efek interaksi antara faktor A, B, C dan D
q	: efek faktor E
(aq)	: efek interaksi antara faktor A dan E
(bq)	: efek interaksi antara faktor B dan E
(abq)	: efek interaksi antara faktor A, B dan E
(gq)	: efek interaksi antara faktor C dan E
(agq)	: efek interaksi antara faktor A, C dan E
(bgq)	: efek interaksi antara faktor B, C dan E
$(abgq)$: efek interaksi antara faktor A, B, C dan E
(dq)	: efek interaksi antara faktor D dan E
(adq)	: efek interaksi antara faktor A, D dan E
(bdq)	: efek interaksi antara faktor B, D dan E

- $(abdq)$: efek interaksi antara faktor A, B, D dan E
 (gdq) : efek interaksi antara faktor C, D dan E
 $(agdq)$: efek interaksi antara faktor A, C, D dan E
 $(bgdq)$: efek interaksi antara faktor B, C, D dan E
 $(abgdq)$: efek interaksi antara faktor A, B, C, D dan E
 e : sesatan percobaan
 Σ : penjumlahan
 α : taraf signifikansi
 H_0 : hipotesis nol, hipotesis yang akan diuji
 H_1 : hipotesis alternatif dari H_0

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Setiap percobaan dimaksudkan untuk menjawab satu atau lebih pertanyaan sehingga berdasarkan pertanyaan tersebut peneliti menentukan perbandingan perlakuan manakah yang akan memberikan informasi yang relevan. Kemudian peneliti melaksanakan percobaan itu untuk mengukur atau menguji hipotesis mengenai beda pengaruh perlakuan pada kondisi yang dapat dibandingkan. Dalam memilih perlakuan, sangatlah penting mendefinisikan setiap perlakuan secara berhati-hati dan mempertimbangkannya dalam hubungannya dengan perlakuan lainnya, untuk memastikan sejauh mungkin agar perlakuan-perlakuan itu menghasilkan jawaban yang efisien sehubungan dengan tujuan percobaan [3].

Faktor adalah sejenis perlakuan, dan didalam percobaan faktorial, setiap faktor mempunyai beberapa perlakuan. Hal ini disebabkan percobaan faktorial merupakan percobaan yang perlakuannya terdiri atas semua kemungkinan kombinasi taraf dari beberapa faktor. Misalnya, apabila dalam percobaan digunakan dua buah faktor, sebuah faktor terdiri atas empat taraf dan sebuah lagi terdiri atas tiga taraf, maka diperoleh percobaan faktorial 4×3 , sehingga untuk ini akan diperlukan 12 kondisi percobaan yang berbeda-beda [4].

Dalam suatu percobaan faktorial 2^k , yaitu percobaan yang melibatkan k buah faktor masing-masing bertaraf dua akan diperlukan 2^k unit percobaan. Jika diambil $k = 5$ maka terjadi 32 kombinasi perlakuan sehingga memerlukan 32 unit percobaan untuk sekali ulangan. Misalnya untuk melakukan percobaan ini tidak mungkin dilakukan ulangan penuh dan hanya bisa dilakukan dengan 8 percobaan saja. Ini berarti percobaan hanya bisa dilakukan dengan seperempat ulangan dari keseluruhan percobaan, sehingga dari 32 kombinasi perlakuan dibagi dalam empat blok. Pembagian perlakuan menjadi empat blok perlu menentukan efek-efek apa saja yang akan dibuat baur dengan blok. Jika sudah ditetapkan,

maka langkah selanjutnya adalah menentukan kombinasi perlakuan mana saja yang harus ditempatkan dalam satu blok yang sama.

Dalam skripsi ini akan dipelajari cara membagi perlakuan ke dalam empat blok untuk rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan dan analisis statistiknya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat ditemukan suatu rumusan masalah

1. bagaimana melakukan pembagian perlakuan ke dalam empat blok untuk rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan ?
2. bagaimana analisis statistik pembauran dalam rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penulisan ini, digunakan batasan-batasan sebagai berikut

1. efek interaksi *ABD* dan *ACE* diambil sebagai kontras penentu.
2. digunakan satu ulangan dalam masing-masing sel kombinasi perlakuan.

1.4 Tujuan Penulisan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah untuk

1. melakukan pembagian perlakuan ke dalam empat blok untuk rancangan faktorial 2^5 .
2. melakukan analisis statistik rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan.

1.5 Manfaat Penulisan

1. Manfaat teoritis.

Menambah ilmu dan wawasan bagi penulis dalam bidang statistika khususnya mengenai rancangan faktorial 2^5 dan membantu pembaca dalam memahami pembauran dalam rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan.

2. Manfaat praktis.

Memberi gambaran kepada seorang peneliti untuk menggunakan rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan sehingga dapat menyelesaikan suatu masalah rancangan faktorial dengan lebih ekonomis.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada subbab ini akan diberikan beberapa pengertian yang diperlukan pada pembahasan, yaitu pengertian tentang rancangan percobaan, rancangan faktorial 2^k , rancangan ulangan sebagian, ulangan tunggal dalam rancangan faktorial 2^k , sistem pembauran, jumlah kuadrat efek dan nilai harapan rata-rata kuadrat.

2.1.1 Rancangan Percobaan

Menurut Sudjana [4], rancangan percobaan merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum percobaan dilakukan supaya diperoleh data yang semestinya diperlukan dan kesimpulannya berlaku untuk masalah yang dibahas.

Menurut Widasari [7], prinsip-prinsip dasar yang digunakan dalam rancangan percobaan ada tiga antara lain

1. ulangan
2. pengacakan
3. pemblokkan.

Menurut Steel dan Torrie [3], unit percobaan adalah satuan bahan tempat diterapkannya perlakuan. Menurut Sudjana [4], perlakuan adalah sekumpulan kondisi percobaan yang akan digunakan terhadap unit percobaan dalam ruang lingkup rancangan yang dipilih. Dalam pemilihan perlakuan penting untuk mendefinisikan dengan jelas masing-masing perlakuan dan memahami peranannya yang akan menentukan tercapainya percobaan yang obyektif.

2.1.2 Rancangan Faktorial 2^k

Dalam banyak penelitian, para peneliti sering terlibat dengan lebih dari satu macam variabel bebas yang memberikan pengaruh atau akibat pada variabel tak bebas atau variabel respon yang nilainya berubah-ubah dikarenakan efek variabel bebas dengan nilai yang berubah-ubah pula. Untuk keperluan rancangan percobaan, variabel bebas disebut dengan faktor dan nilai-nilai atau klasifikasi-klasifikasi dari sebuah faktor dinamakan taraf faktor [4]. Sedangkan efek utama dari sebuah faktor adalah ukuran perubahan variabel respon terhadap perubahan dalam taraf dari rata-rata faktor pada semua taraf dari semua faktor yang lain [5]. Adapun peristiwa paling sedikit satu taraf dari suatu faktor pengaruhnya tidak konsisten pada berbagai taraf dan faktor lain dinamakan interaksi [5].

Menurut Sudjana [4], rancangan faktorial 2^k adalah rancangan percobaan faktorial yang menyangkut k faktor dengan tiap faktor hanya terdiri atas dua buah taraf. Banyak taraf, yaitu 2, ditulis sebagai bilangan pokok, sedangkan banyak faktor, yaitu k , ditulis sebagai pangkat.

2.1.3 Rancangan Ulangan Sebagian

Percobaan faktorial 2^k membutuhkan banyak sekali unit percobaan bila nilai k besar. Salah satu keuntungan rancangan ini ialah tersedianya satu derajat kebebasan untuk tiap interaksi. Derajat kebebasan diartikan sebagai jumlah elemen independen [7]. Akan tetapi, dalam berbagai keadaan percobaan, beberapa interaksi dapat diabaikan, sehingga untuk melakukan penghematan, percobaan faktorial bisa dilakukan setengah, seperempat atau seperdelapan dari keseluruhan rancangan faktorial penuh [6].

Menurut Walpole dan Myers [6], jika dua efek faktor atau efek interaksi memiliki kontras yang sama maka masing-masing dari dua efek tersebut merupakan alias bagi efek lainnya.

Menurut Montgomery [2], sebuah rancangan faktorial dengan ulangan sebagian merupakan rancangan resolusi R jika pada rancangan tersebut tidak ada efek p faktor yang beralias dengan efek lain yang memuat kurang dari $R-p$ faktor. Rancangan resolusi yang penting ada tiga, yaitu

1. Rancangan Resolusi III

Dalam rancangan ini tidak ada efek utama yang beralias dengan efek utama lainnya, tetapi efek utama beralias dengan dua faktor interaksi dan dua faktor interaksi beralias dengan faktor interaksi lainnya.

2. Rancangan Resolusi IV

Dalam rancangan ini tidak ada efek utama yang beralias dengan efek utama lainnya atau dua faktor interaksi, tetapi efek utama dan dua faktor interaksi beralias dengan faktor interaksi lainnya.

3. Rancangan Resolusi V

Dalam rancangan ini tidak ada efek utama atau dua faktor interaksi yang beralias dengan efek utama atau dua faktor interaksi lainnya, tetapi dua faktor interaksi beralias dengan tiga faktor interaksi.

2.1.4 Ulangan Tunggal dalam Rancangan Faktorial 2^k

Apabila jumlah faktor besar maka memerlukan kombinasi perlakuan yang banyak, sehingga untuk sumber daya yang terbatas, banyaknya ulangan dapat dibatasi bahkan untuk sebuah kombinasi perlakuan hanya dapat dilakukan satu kali ulangan. Rancangan faktorial 2^k dengan satu kali ulangan untuk setiap kombinasi perlakuan dinamakan rancangan faktorial ulangan tunggal atau rancangan faktorial tidak berulang. Dengan hanya satu ulangan berakibat tidak ada sesatan percobaan. Salah satu pendekatan analisisnya dengan asumsi interaksi order tinggi tertentu diabaikan dan menggabungkannya sebagai pengganti sesatan percobaan [2].

2.1.5 Sistem Pembauran

Dalam percobaan faktorial, bila semakin banyak faktor dan semakin banyak taraf maka kombinasi perlakuan yang terjadi akan semakin banyak pula, sehingga unit percobaan tidak memungkinkan untuk perbandingan perlakuan tersebut secara obyektif. Oleh karena itu perlu diadakan pembagian kombinasi perlakuan ke dalam dua blok atau lebih. Penentuan banyak blok dan perlakuan dalam setiap blok harus mengikuti aturan tertentu supaya kesimpulan analisis

benar-benar dapat menjawab permasalahan. Aturan yang digunakan disebut pembauran. Pembauran lengkap terjadi apabila suatu efek yang tidak atau kurang penting dapat dibaurkan dengan selisih blok dalam semua ulangan. Efek yang ditetapkan menjadi baur dengan blok disebut kontras penentu [1].

Menurut Montgomery [2] dalam sistem pembauran terdapat dua cara yang digunakan untuk membagi perlakuan ke dalam empat blok, yaitu

1. Pembagian dengan menggunakan tabel tanda koefisien efek.

Dari tabel tanda koefisien efek, untuk kombinasi perlakuan yang bertanda sama dikelompokkan dalam satu blok.

2. Pembagian dengan menggunakan metode kombinasi linear.

Metode kombinasi linear untuk membagi perlakuan adalah dengan menggunakan persamaan : $L = T_1X_1 + T_2X_2 + \dots + T_kX_k$ (2.1)

dengan

T_i : pangkat faktor ke- i yang ada dalam tiap kontras penentu.

X_i : taraf faktor ke- i yang ada dalam sebuah kombinasi perlakuan.

Untuk membagi kombinasi perlakuan ke dalam empat blok, maka kombinasi perlakuan yang mempunyai harga L yang sama dikelompokkan ke dalam satu blok.

2.1.6 Jumlah Kuadrat Efek

Untuk menghitung jumlah kuadrat efek dilakukan dengan dua metode, yaitu

1. kontras.

Untuk rancangan faktorial 2^5 , kontras yang berkaitan dengan efek dapat ditentukan oleh persamaan:

$$Kontras_{efek} = (a \pm 1) (b \pm 1) (c \pm 1) (d \pm 1) (e \pm 1) \quad (2.2)$$

dengan

a : faktor A pada taraf tinggi dan faktor B, C, D, E pada taraf rendah

b : faktor B pada taraf tinggi dan faktor A, C, D, E pada taraf rendah

c : faktor C pada taraf tinggi dan faktor A, B, D, E pada taraf rendah

d : faktor D pada taraf tinggi dan faktor A, B, C, E pada taraf rendah

e : faktor E pada taraf tinggi dan faktor A, B, C, D pada taraf rendah
 Penulisan angka '1' diganti dengan (1) untuk akhir pernyataan. Tanda pada setiap himpunan yang diberi tanda kurung adalah negatif jika faktor masuk dalam efek dan positif jika tidak masuk dalam efek.

Sedangkan jumlah kuadrat masing-masing efek yang membentuk kontras dapat dihitung dengan aturan :

$$JK_{efek} = \frac{1}{r \cdot 2^{5-2}} (\text{Kontras}_{efek})^2 \quad (2.3)$$

dengan r menyatakan banyak ulangan dalam masing-masing sel kombinasi perlakuan.

2. algoritma Yates

Penggunaan algoritma Yates pada rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan diasumsikan data diperoleh dari rancangan faktorial penuh dalam tiga variabel. Kombinasi perlakuan dari rancangan faktorial penuh ini ditulis dalam urutan baku, kemudian huruf tambahan digabungkan dengan meletakkan di dalam tanda kurung, sehingga diperoleh kombinasi perlakuan yang sesuai dengan kombinasi perlakuan dalam blok terpilih. Selanjutnya dilakukan penghitungan algoritma Yates seperti pada rancangan faktorial penuh. Untuk kolom efek berisikan efek beserta aliasnya [2].

2.1.7 Nilai Harapan Rata-rata Kuadrat

Nilai harapan rata-rata kuadrat diperlukan dalam uji hipotesis pada uji F yaitu dalam menentukan perbandingan rata-rata kuadrat, langkah-langkah perhitungan nilainya adalah sebagai berikut.

1. menuliskan semua parameter model lengkap dengan indeksnya, yang akan menjadi baris dalam sebuah daftar kolom.
2. membentuk kolom-kolom daftar dengan jalan menuliskan indeks-indeks yang ada dalam model. Menulis huruf T jika indeks yang bersangkutan faktor tetap, dan huruf A jika indeks yang bersangkutan faktor acak (di atasnya indeks). Kemudian menuliskan di atasnya lagi banyak taraf untuk indeks yang bersesuaian.

3. rangka daftar di atas membentuk sel-sel karena pertemuan antara baris dan kolom. Menyalin di dalam sel-sel yang dibentuk oleh baris dan kolom dengan indeks yang berlainan dengan banyak taraf yang dituliskan sebagai judul kolom.
4. menuliskan angka 1, di dalam sel-sel dengan judul barisnya berisikan indeks-indeksnya yang ada di dalam tanda kurung dan judul kolomnya mengandung indeks yang sama dengan yang ada di dalam tanda kurung tersebut.
5. pada sisa sel-sel yang masih kosong, diisi 0 jika pada judul kolom terdapat T dan 1 jika judul kolom terdapat A .
6. untuk menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat tiap baris dengan ketentuan sebagai berikut.
 - i. menutup semua kolom yang judul kolomnya berisikan indeks yang tidak terdapat diantara tanda kurung dalam baris yang akan ditentukan.
 - ii. menutup semua baris yang tidak mengandung indeks yang didapat di dalam kolom yang sudah ditutup.
 - iii. mengalikan semua bilangan untuk tiap baris dalam sisa sel-sel yang belum ditutup.
 - iv. mengalikan setiap hasil kali bilangan yang diperlukan.
 - v. mengalikan setiap hasil kali bilangan yang diperoleh dengan sumber variasi yang bersangkutan.
 - vi. membagi faktor tetap dengan derajat bebas yang bersesuaian, sedangkan faktor acak tidak dibagi dengan derajat bebasnya.
 - vii. menjumlahkan hasil di atas untuk mendapatkan nilai harapan rata-rata kuadrat yang dicari [4].

2.2 Kerangka Pemikiran

Percobaan faktorial 2^5 membutuhkan 32 unit percobaan bila seluruh kombinasi perlakuan digunakan, sehingga agar lebih menghemat biaya dan waktu cukup diambil sebagian dari 32 unit percobaan, disebabkan bahwa beberapa interaksi tertentu dapat diabaikan dan cukup banyak keterangan hanya dengan menggunakan sebagian dari seluruh kombinasi perlakuan tersebut. Oleh karena itu digunakan rancangan ulangan sebagian yang sebelumnya dilakukan pembauran untuk membagi perlakuan ke dalam empat blok dan dilanjutkan dengan analisis statistiknya.

BAB III

METODE PENULISAN

Dalam penulisan skripsi ini menggunakan metode studi literatur. Diberikan pula contoh permasalahan yang diselesaikan berdasarkan hasil pembahasan. Langkah-langkah yang ditempuh untuk membahas masalah rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan sebagai berikut.

1. Menentukan efek yang dibaurkan dalam blok.
2. Membagi perlakuan ke dalam empat blok.
3. Menentukan jumlah kuadrat.
4. Menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat.
5. Uji hipotesis.
6. Contoh penerapan.

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Rancangan Ulangan Sebagian

Rancangan faktorial 2^5 adalah rancangan yang dilakukan dengan melibatkan lima buah faktor yaitu A, B, C, D dan E dengan masing-masing faktor terdiri dari dua buah taraf yaitu taraf rendah dengan notasi '-' dan taraf tinggi dengan notasi '+'. Kombinasi perlakuan dari rancangan faktorial 2^5 adalah (1), $a, b, ab, c, ac, bc, abc, d, ad, bd, abd, cd, acd, bcd, abcd, e, ae, be, abe, ce, ace, bce, abce, de, ade, bde, abde, cde, acde, bcde$ dan $abcde$ seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kombinasi Perlakuan Rancangan Faktorial 2^5

			D				
			-		+		
			E		E		
			-	+	-	+	
A	-	-	-	(1)	e	d	de
			+	c	ce	cd	cde
		+	-	b	be	bd	bde
	+		bc	bce	bcd	$bcde$	
	+	-	-	a	ae	ad	ade
			+	ac	ace	acd	$acde$
+		-	ab	abe	abd	$abde$	
	+	abc	$abce$	$abcd$	$abcde$		

Dari Tabel 4.1 diperoleh keterangan untuk tiap-tiap kombinasi perlakuan sebagai berikut.

- (1) : faktor A, B, C, D dan E pada taraf rendah
- a : faktor A pada taraf tinggi dan faktor B, C, D, E pada taraf rendah
- b : faktor B pada taraf tinggi dan faktor A, C, D, E pada taraf rendah
- c : faktor C pada taraf tinggi dan faktor A, B, D, E pada taraf rendah
- d : faktor D pada taraf tinggi dan faktor A, B, C, E pada taraf rendah
- e : faktor E pada taraf tinggi dan faktor A, B, C, D pada taraf rendah

ab : faktor *A, B* pada taraf tinggi dan faktor *C, D, E* pada taraf rendah
ac : faktor *A, C* pada taraf tinggi dan faktor *B, D, E* pada taraf rendah
ad : faktor *A, D* pada taraf tinggi dan faktor *B, C, E* pada taraf rendah
ae : faktor *A, E* pada taraf tinggi dan faktor *B, C, D* pada taraf rendah
bc : faktor *B, C* pada taraf tinggi dan faktor *A, D, E* pada taraf rendah
bd : faktor *B, D* pada taraf tinggi dan faktor *A, C, E* pada taraf rendah
be : faktor *B, E* pada taraf tinggi dan faktor *A, C, D* pada taraf rendah
cd : faktor *C, D* pada taraf tinggi dan faktor *A, B, E* pada taraf rendah
ce : faktor *C, E* pada taraf tinggi dan faktor *A, B, D* pada taraf rendah
abc : faktor *A, B, C* pada taraf tinggi dan faktor *D, E* pada taraf rendah
abd : faktor *A, B, D* pada taraf tinggi dan faktor *C, E* pada taraf rendah
abe : faktor *A, B, E* pada taraf tinggi dan faktor *C, D* pada taraf rendah
acd : faktor *A, C, D* pada taraf tinggi dan faktor *B, E* pada taraf rendah
ace : faktor *A, C, E* pada taraf tinggi dan faktor *B, D* pada taraf rendah
ade : faktor *A, D, E* pada taraf tinggi dan faktor *B, C* pada taraf rendah
bcd : faktor *B, C, D* pada taraf tinggi dan faktor *A, E* pada taraf rendah
bce : faktor *B, C, E* pada taraf tinggi dan faktor *A, D* pada taraf rendah
bde : faktor *B, D, E* pada taraf tinggi dan faktor *A, C* pada taraf rendah
abcd : faktor *A, B, C, D* pada taraf tinggi dan faktor *E* pada taraf rendah
abce : faktor *A, B, C, E* pada taraf tinggi dan faktor *D* pada taraf rendah
acde : faktor *A, C, D, E* pada taraf tinggi dan faktor *B* pada taraf rendah
bcde : faktor *B, C, D, E* pada taraf tinggi dan faktor *A* pada taraf rendah
abcde : faktor *A, B, C, D* dan *E* pada taraf tinggi

4.2 Sistem Pembauran

Bila dari seluruh kombinasi perlakuan hanya tersedia blok-blok yang berukuran kecil sehingga banyaknya perlakuan yang dapat dikerjakan dalam sebuah blok lebih sedikit dibanding seluruh kombinasi perlakuan, maka lebih dahulu ditentukan efek-efek yang perlu dibuat baur dengan blok atau yang sering disebut kontras penentu. Misalnya dalam rancangan faktorial 2^5 akan dilakukan seperempat ulangan sehingga perlu membagi kombinasi perlakuan ke dalam

empat blok yang dilakukan dengan memilih dua efek interaksi sebagai kontras penentu, kemudian menentukan kombinasi perlakuan mana saja yang harus berada dalam satu blok yang sama. Dalam sistem pembauran ada dua cara yang digunakan untuk membagi perlakuan ke dalam empat blok kecil, yaitu dengan tabel tanda koefisien efek atau dengan metode kombinasi linear.

4.2.1 Pembagian Perlakuan dengan Tabel Tanda Koefisien Efek

Menurut Montgomery [2], efek sebuah faktor didefinisikan sebagai perubahan nilai variabel respon yang disebabkan oleh perubahan taraf faktor. Berdasarkan definisi tersebut, efek dari faktor utama dan interaksi pada rancangan faktorial 2^5 dapat ditentukan seperti berikut.

Efek faktor A dengan

- B, C, D dan E pada taraf rendah adalah $\frac{a - (1)}{n}$
- B pada taraf tinggi dan C, D, E pada taraf rendah adalah $\frac{ab - b}{n}$
- C pada taraf tinggi dan B, D, E pada taraf rendah adalah $\frac{ac - c}{n}$
- D pada taraf tinggi dan B, C, E pada taraf rendah adalah $\frac{ad - d}{n}$
- E pada taraf tinggi dan B, C, D pada taraf rendah adalah $\frac{ae - e}{n}$
- B, C pada taraf tinggi dan D, E pada taraf rendah adalah $\frac{abc - bc}{n}$
- B, D pada taraf tinggi dan C, E pada taraf rendah adalah $\frac{abd - bd}{n}$
- B, E pada taraf tinggi dan C, D pada taraf rendah adalah $\frac{abe - be}{n}$
- C, D pada taraf tinggi dan B, E pada taraf rendah adalah $\frac{acd - cd}{n}$
- C, E pada taraf tinggi dan B, D pada taraf rendah adalah $\frac{ace - ce}{n}$

- D, E pada taraf tinggi dan B, C pada taraf rendah adalah $\frac{ade - de}{n}$
- B, C, D pada taraf tinggi dan E pada taraf rendah adalah $\frac{abcd - bcd}{n}$
- B, C, E pada taraf tinggi dan D pada taraf rendah adalah $\frac{abce - bce}{n}$
- B, D, E pada taraf tinggi dan C pada taraf rendah adalah $\frac{abde - bde}{n}$
- C, D, E pada taraf tinggi dan B pada taraf rendah adalah $\frac{acde - cde}{n}$
- B, C, D, E pada taraf tinggi adalah $\frac{abcde - bcde}{n}$

Efek faktor A adalah rata-rata dari keenambelas efek faktor A di atas, yaitu

$$A = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) + a - b + ab - c + ac - bc + abc - d + ad - bd + abd - cd + \\ acd - bcd + abcd - e + ae - be + abe - ce + ace - bce + abce - \\ de + ade - bde + abde - cde + acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

Efek ini menunjukkan kontras dari keenambelas kombinasi perlakuan dengan faktor A pada taraf tinggi dan enambelas kombinasi perlakuan dengan faktor A pada taraf rendah. Dengan cara yang sama, efek faktor B, C, D dan E dapat diperoleh sebagai berikut.

$$B = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) - a + b + ab - c - ac + bc + abc - d - ad + bd + abd - cd - \\ acd + bcd + abcd - e - ae + be + abe - ce - ace + bce + abce - \\ de - ade + bde + abde - cde - acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

$$C = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) - a - b - ab + c + ac + bc + abc - d - ad - bd - abd + cd + \\ acd + bcd + abcd - e - ae - be - abe + ce + ace + bce + abce - \\ de - ade - bde - abde - cde + acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

$$D = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) - a - b - ab - c - ac - bc - abc + d + ad + bd + abd + cd + \\ acd + bcd + abcd - e - ae - be - abe - ce - ace - bce - abce + \\ de + ade + bde + abde + cde + acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

$$E = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) - a - b - ab - c - ac - bc - abc - d - ad - bd - abd - cd - \\ acd - bcd - abcd + e + ae + be + abe + ce + ace + bce + abce + \\ de + ade + bde + abde + cde + acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

Interaksi dua faktor terjadi jika perubahan dalam sebuah faktor mengakibatkan perubahan nilai variabel respon yang berbeda pada tiap taraf untuk faktor lainnya. Efek interaksi AB dapat dihitung dengan cara :

Efek faktor AB dengan

- C, D, E pada taraf rendah adalah $\frac{1}{2n}((ab - b) - (a - (1)))$
- C pada taraf tinggi dan D, E pada taraf rendah adalah $\frac{1}{2n}((abc - bc) - (ac - c))$
- D pada taraf tinggi dan C, E pada taraf rendah adalah $\frac{1}{2n}((abd - bd) - (ad - d))$
- E pada taraf tinggi dan C, D pada taraf rendah adalah $\frac{1}{2n}((abe - be) - (ae - e))$
- C, D pada taraf tinggi dan E pada taraf rendah adalah $\frac{1}{2n}((abcd - bcd) - (acd - cd))$
- C, E pada taraf tinggi dan D pada taraf rendah adalah $\frac{1}{2n}((abce - bce) - (ace - ce))$
- D, E pada taraf tinggi dan C pada taraf rendah adalah $\frac{1}{2n}((abde - bde) - (ade - de))$
- C, D, E pada taraf tinggi adalah $\frac{1}{2n}((abcde - bcde) - (acde - cde))$

Efek interaksi AB adalah rata-rata dari selisih antara rata-rata efek faktor A pada faktor B taraf tinggi dan efek faktor A pada faktor B taraf rendah atau rata-

rata dari selisih antara rata-rata efek faktor B pada faktor A taraf tinggi dan efek faktor B pada faktor A taraf rendah. Diperoleh efek interaksi AB sebagai berikut.

$$AB = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) - a - b + ab + c - ac - bc + abc + d - ad - bd + abd + cd - \\ acd - bcd + abcd + e - ae - be + abe + ce - ace - bce + abce + \\ de - ade - bde + abde + cde - acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.6)$$

Dengan cara yang sama, efek interaksi AC , AD , AE , BC , BD , BE , CD , CE dan DE dapat ditentukan yaitu :

$$AC = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) - a + b - ab - c + ac - bc + abc + d - ad + bd - abd - cd + \\ acd - bcd + abcd + e - ae + be - abe - ce + ace - bce + abce + \\ de - ade + bde - abde - cde + acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.7)$$

$$AD = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) - a + b - ab + c - ac + bc - abc - d + ad - bd + abd - cd + \\ acd - bcd + abcd + e - ae + be - abe + ce - ace + bce - abce - \\ de + ade - bde + abde - cde + acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.8)$$

$$AE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) - a + b - ab + c - ac + bc - abc + d - ad + bd - abd + cd - \\ acd + bcd - abcd - e + ae - be + abe - ce + ace - bce + abce - \\ de + ade - bde + abde - cde + acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.9)$$

$$BC = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) + a - b - ab - c - ac + bc + abc + d + ad - bd - abd - cd - \\ acd + bcd + abcd + e + ae - be - abe - ce - ace + bce + abce + \\ de + ade - bde - abde - cde - acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.10)$$

$$BD = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) + a - b - ab + c + ac - bc - abc - d - ad + bd + abd - cd - \\ acd + bcd + abcd + e + ae - be - abe + ce + ace - bce - abce - \\ de - ade + bde + abde - cde - acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.11)$$

$$BE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) + a - b - ab + c + ac - bc - abc + d + ad - bd - abd + cd + \\ acd - bcd - abcd - e - ae + be + abe - ce - ace + bce + abce - \\ de - ade + bde + abde - cde - acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.12)$$

$$CD = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) + a + b + ab - c - ac - bc - abc - d - ad - bd - abd + cd + \\ acd + bcd + abcd + e + ae + be + abe - ce - ace - bce - abce - \\ de - ade - bde - abde + cde + acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.13)$$

$$CE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) + a + b + ab - c - ac - bc - abc + d + ad + bd + abd - cd - \\ acd - bcd - abcd - e - ae - be - abe + ce + ace + bce + abce - \\ de - ade - bde - abde + cde + acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.14)$$

$$DE = \frac{1}{16n} \left(\begin{array}{l} +(1) + a + b + ab + c + ac + bc + abc - d - ad - bd - abd - cd + \\ acd - bcd - abcd - e - ae - be - abe - ce - ace - bce - abce + \\ de + ade + bde + abde + cde + acde + bcde + abcde \end{array} \right) \quad (4.15)$$

Efek interaksi ABC diperoleh dengan menghitung rata-rata dari selisih antara rata-rata efek interaksi AB dengan faktor C pada taraf tinggi dan efek interaksi AB dengan faktor C pada taraf rendah.

Efek interaksi ABC dengan

- D, E pada taraf rendah adalah

$$\frac{1}{4n} (\{(abc - bc) - (ac - c)\} - \{(ab - b) - (a - (1))\})$$

- D pada taraf tinggi dan E pada taraf rendah adalah

$$\frac{1}{4n} (\{(abcd - bcd) - (acd - cd)\} - \{(abd - bd) - (ad - d)\})$$

- E pada taraf tinggi dan D pada taraf rendah adalah

$$\frac{1}{4n} (\{(abce - bce) - (ace - ce)\} - \{(abe - be) - (ae - e)\})$$

- D, E pada taraf tinggi adalah

$$\frac{1}{4n} (\{(abcde - bcde) - (acde - cde)\} - \{(abde - bde) - (ade - de)\})$$

Sehingga diperoleh efek interaksi ABC adalah

$$ABC = \frac{1}{16n} \left(\begin{array}{l} -(1) + a + b - ab + c - ac - bc + abc - d + ad + bd - abd + cd - \\ acd - bcd + abcd - e + ae + be - abe + ce - ace - bce + abce - \\ de + ade + bde - abde + cde - acde - bcde + abcde \end{array} \right) \quad (4.16)$$

Dengan cara yang sama, efek interaksi $ABD, ABE, ACD, ACE, ADE, BCD, BCE, BDE$ dan CDE dapat diperoleh sebagai berikut.

$$ABD = \frac{1}{16n} \left(\begin{array}{l} -(1) + a + b - ab - c + ac + bc - abc + d - ad - bd + abd + cd - \\ acd - bcd + abcd - e + ae + be - abe - ce + ace + bce - abce + \\ de - ade - bde + abde + cde - acde - bcde + abcde \end{array} \right) \quad (4.17)$$

$$ABE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) + a + b - ab - c + ac + bc - abc - d + ad + bd - abd - cd + \\ acd + bcd - abcd + e - ae - be + abe + ce - ace - bce + abce + \\ de - ade - bde + abde + cde - acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.18)$$

$$ACD = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) + a - b + ab + c - ac + bc - abc + d - ad + bd - abd - cd + \\ acd - bcd + abcd - e + ae - be + abe + ce - ace + bce - abce + \\ de - ade + bde - abde - cde + acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.19)$$

$$ACE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) + a - b + ab + c - ac + bc - abc - d + ad - bd + abd + cd - \\ acd + bcd - abcd + e - ae + be - abe - ce + ace - bce + abce + \\ de - ade + bde - abde - cde + acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.20)$$

$$ADE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) + a - b + ab - c + ac - bc + abc + d - ad + bd - abd + cd - \\ acd + bcd - abcd + e - ae + be - abe + ce - ace + bce - abce - \\ de + ade - bde + abde - cde + acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.21)$$

$$BCD = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) - a + b + ab + c + ac - bc - abc + d + ad - bd - abd - cd - \\ acd + bcd + abcd - e - ae + be + abe + ce + ace - bce - abce + \\ de + ade - bde - abde - cde - acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.22)$$

$$BCE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) - a + b + ab + c + ac - bc - abc - d - ad + bd + abd + cd + \\ acd - bcd - abcd + e + ae - be - abe - ce - ace + bce + abce + \\ de + ade - bde - abde - cde - acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.23)$$

$$BDE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) - a + b + ab - c - ac + bc + abc + d + ad - bd - abd + cd + \\ acd - bcd - abcd + e + ae - be - abe + ce - ace - bce - abce - \\ de - ade + bde + abde - cde - acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.24)$$

$$CDE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) - a - b - ab + c + ac + bc + abc + d + ad + bd + abd - cd - \\ acd - bcd - abcd + e + ae + be + abe - ce - ace - bce - abce - \\ de - ade - bde - abde + cde + acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.25)$$

Efek interaksi $ABCD$ diperoleh dengan menghitung rata-rata dari selisih antara rata-rata efek interaksi ABC dengan faktor D pada taraf tinggi dan efek interaksi ABC dengan faktor D pada taraf rendah.

Efek interaksi $ABCD$ dengan

- E pada taraf rendah adalah

$$\frac{1}{8n} \left(\left(\{ (abcd - bcd) - (acd - cd) \} - \{ (abd - bd) - (ad - d) \} \right) - \left(\{ (abc - bc) - (ac - c) \} - \{ (ab - b) - (a - (1)) \} \right) \right)$$

- E pada taraf tinggi adalah

$$\frac{1}{8n} \left(\left(\{ (abcde - bcde) - (acde - cde) \} - \{ (abde - bde) - (ade - de) \} \right) - \left(\{ (abce - bce) - (ace - ce) \} - \{ (abe - be) - (ae - e) \} \right) \right)$$

Sehingga diperoleh efek interaksi $ABCD$ adalah

$$ABCD = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) - a - b + ab - c + ac + bc - abc - d + ad + bd - abd + cd \\ -acd - bcd + abcd + e - ae - be + abe - ce + ace + bce - abce \\ -de + ade + bde - abde + cde - acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.26)$$

Dengan cara yang sama, efek interaksi $ABCE$, $ABDE$, $ACDE$ dan $BCDE$ dapat diperoleh sebagai berikut.

$$ABCE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) - a - b + ab - c + ac + bc - abc - d + ad + bd + abd - cd \\ +acd + bcd - abcd - e + ae + be - abe + ce - ace - bce + abce \\ -de + ade + bde - abde + cde - acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.27)$$

$$ABDE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) - a - b + ab + c - ac - bc + abc - d + ad + bd - abd - cd \\ +acd + bcd - abcd - e + ae + be - abe - ce + ace + bce - abce \\ +de - ade - bde + abde + cde - acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.28)$$

$$ACDE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) - a + b - ab - c + ac - bc + abc - d + ad - bd + abd + cd \\ -acd + bcd - abcd - e + ae - be + abe + ce - ace + bce - abce \\ +de - ade + bde - abde - cde + acde - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.29)$$

$$BCDE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) + a - b - ab - c - ac + bc + abc - d - ad + bd + abd + cd \\ +acd - bcd - abcd - e - ae + be + abe + ce + ace - bce - abce \\ +de + ade - bde - abde - cde - acde + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.30)$$

Efek interaksi $ABCDE$ diperoleh dengan menghitung rata-rata dari selisih antara rata-rata efek interaksi $ABCD$ dengan faktor E pada taraf tinggi dan efek interaksi $ABCD$ dengan faktor E pada taraf rendah.

Efek interaksi $ABCDE$ adalah

$$ABCDE = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} -(1) + a + b - ab + c - ac - bc + abc + d - ad - bd + abd - cd \\ +acd + bcd - abcd + e - ae - be + abe - ce + ace + bce - abce \\ -de + ade + bde - abde + cde - acd - bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.31)$$

Sedangkan I menyatakan total dari seluruh kombinasi perlakuan sehingga diperoleh

$$I = \frac{1}{16n} \begin{pmatrix} +(1) + a + b + ab + c + ac + bc + abc + d + ad + bd + abd + cd \\ +acd + bcd + abcd + e + ae + be + abe + ce + ace + bce + abce \\ +de + ade + bde + abde + cde + acd + bcde + abcde \end{pmatrix} \quad (4.32)$$

Berdasarkan persamaan (4.1) sampai dengan persamaan (4.32), dapat ditunjukkan hubungan antara kombinasi perlakuan dan efek dengan cara membuat Tabel 4.2. Berdasarkan pada Tabel 4.2 jika efek ABD dan ACE sebagai kontras penentu dan sesuai aturan pembagiannya, maka akan diperoleh empat blok, yaitu

1. blok 1, kedua efek ABD dan efek ACE bertanda ‘-’, terdiri atas kombinasi perlakuan (1), abc , bd , acd , abe , ce , ade , $bcde$.
2. blok 2, efek ABD bertanda ‘+’ dan efek ACE bertanda ‘-’, terdiri atas kombinasi perlakuan b , ac , d , $abcd$, ae , bce , $abde$, cde .
3. blok 3, efek ABD bertanda ‘-’ dan efek ACE bertanda ‘+’, terdiri atas kombinasi perlakuan ab , ad , c , bcd , e , $abce$, bde , $acde$.

4. blok 4, kedua efek ABD dan efek ACE bertanda '+', terdiri atas kombinasi perlakuan $a, bc, abd, cd, be, ace, de, abcde$.

4.2.2 Pembagian Perlakuan dengan Metode Kombinasi Linear

Berdasarkan persamaan (2.1), seluruh kombinasi perlakuan dapat dibagi ke dalam empat blok. Metode yang digunakan disebut metode kombinasi linear.

Dalam rancangan faktorial 2^5 dengan efek interaksi ABD dan ACE sebagai kontras penentu, X_1 sesuai untuk efek A , X_2 sesuai untuk efek B , X_3 sesuai untuk efek C , X_4 sesuai untuk efek D dan X_5 sesuai untuk efek E serta $T_1=T_2=T_3=T_4=T_5=1$. Dengan demikian diperoleh bentuk kombinasi linear

$$L_1 = X_1 + X_2 + X_4 \text{ (efek } ABD) \quad (4.33)$$

$$L_2 = X_1 + X_3 + X_5 \text{ (efek } ACE) \quad (4.34)$$

Berdasarkan persamaan (4.33) dan (4.34) serta konsep operasi modulo dua, yaitu sisa dari pembagian bilangan dengan bilangan 2 dan bilangan yang digunakan dalam operasi modulo 2 adalah 0 dan 1, akan memberikan empat pasang harga L_1 dan L_2 .

Kombinasi perlakuan (1) dalam notasi (0,1) dapat dinyatakan dalam bentuk 00000 yang berarti $X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_5 = 0$ dan akan mempunyai harga

$$L_1 = 0 + 0 + 0 = 0 \text{ dan } L_2 = 0 + 0 + 0 = 0$$

Adapun untuk kombinasi perlakuan yang lain adalah

$$a = 10000, \text{ dengan harga } L_1 = 1 \text{ dan } L_2 = 1$$

$$b = 01000, \text{ dengan harga } L_1 = 1 \text{ dan } L_2 = 1$$

$$ab = 11000, \text{ dengan harga } L_1 = 2 = 0 \text{ dan } L_2 = 1$$

$$c = 00100, \text{ dengan harga } L_1 = 0 \text{ dan } L_2 = 1$$

$$ac = 10100, \text{ dengan harga } L_1 = 1 \text{ dan } L_2 = 2 = 0$$

$$bc = 01100, \text{ dengan harga } L_1 = 1 \text{ dan } L_2 = 1$$

$$abc = 11100, \text{ dengan harga } L_1 = 2 = 0 \text{ dan } L_2 = 2 = 0$$

$$d = 00010, \text{ dengan harga } L_1 = 1 \text{ dan } L_2 = 0$$

$$ad = 10010, \text{ dengan harga } L_1 = 2 = 0 \text{ dan } L_2 = 1$$

$$bd = 01010, \text{ dengan harga } L_1 = 2 = 0 \text{ dan } L_2 = 0$$

$$abd = 11010, \text{ dengan harga } L_1 = 3 = 1 \text{ dan } L_2 = 1$$

$cd = 00110$, dengan harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 1$
 $acd = 10110$, dengan harga $L_1 = 2 = 0$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $bcd = 01110$, dengan harga $L_1 = 2 = 0$ dan $L_2 = 1$
 $abcd = 11110$, dengan harga $L_1 = 3 = 1$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $e = 00001$, dengan harga $L_1 = 0 = 1$ dan $L_2 = 1$
 $ae = 10001$, dengan harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $be = 01001$, dengan harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 1$
 $abe = 11001$, dengan harga $L_1 = 2 = 0$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $ce = 00101$, dengan harga $L_1 = 0$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $ace = 10101$, dengan harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 3 = 1$
 $bce = 01101$, dengan harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $abce = 11101$, dengan harga $L_1 = 2 = 0$ dan $L_2 = 3 = 1$
 $de = 00011$, dengan harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 1$
 $ade = 10011$, dengan harga $L_1 = 2 = 0$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $bde = 01011$, dengan harga $L_1 = 2 = 0$ dan $L_2 = 1$
 $abde = 11011$, dengan harga $L_1 = 3 = 1$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $cde = 00111$, dengan harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $acde = 10111$, dengan harga $L_1 = 2 = 0$ dan $L_2 = 3 = 1$
 $bcde = 01111$, dengan harga $L_1 = 2 = 0$ dan $L_2 = 2 = 0$
 $abcde = 11111$, dengan harga $L_1 = 3 = 1$ dan $L_2 = 3 = 1$

Sehingga diperoleh empat pasang harga (L_1, L_2) yaitu

$(L_1, L_2) = \{(0, 0), (1, 0), (0, 1), (1, 1)\}$. Sesuai dengan aturan pembagian, yaitu kombinasi perlakuan yang mempunyai harga L yang sama dikelompokkan dalam satu blok, maka berdasarkan pada harga-harga L diatas diperoleh empat blok sebagai berikut.

1. blok 1, untuk harga $L_1 = 0$ dan harga $L_2 = 0$ terdiri atas kombinasi perlakuan (1), $abc, bd, acd, abe, ce, ade, bcde$
2. blok 2, untuk harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 0$ terdiri atas kombinasi perlakuan $b, ac, d, abcd, ae, bce, abde, cde$
3. blok 3, untuk harga $L_1 = 0$ dan $L_2 = 1$ terdiri atas kombinasi perlakuan $ab, ad, c, bcd, e, abce, bde, acde$

4. blok 4, untuk harga $L_1 = 1$ dan $L_2 = 1$ terdiri atas kombinasi perlakuan $a, bc, abd, cd, be, ace, de, abcde$.

4.3 Model Rancangan Faktorial 2^5

Model matematika untuk rancangan faktorial 2^5 dengan ulangan tunggal adalah

$$\begin{aligned}
 Y_{ijklm} = & m + a_i + b_j + (ab)_{ij} + g_k + (ag)_{ik} + (bg)_{jk} + (abg)_{ijk} + d_l + (ad)_{il} + (bd)_{jl} + \\
 & (abd)_{ijl} + (gd)_{kl} + (agd)_{ikl} + (bgd)_{jkl} + (abgd)_{ijkl} + q_m + (aq)_{im} + (bq)_{jm} + \\
 & (abq)_{ijm} + (gq)_{km} + (agq)_{ikm} + (bgq)_{jkm} + (abgq)_{ijkm} + (dq)_{lm} + (adq)_{ilm} + \\
 & (bdq)_{jlm} + (abdq)_{ijlm} + (gdq)_{klm} + (agdq)_{iklm} + (bgdq)_{jklm} + (abgdq)_{ijklm} + \\
 & e_{(ijklm)l} \qquad \qquad \qquad i, j, k, l, m = 1, 2 \qquad (4.35)
 \end{aligned}$$

dengan

- Y_{ijklm} : variabel respon hasil ulangan tunggal yang terjadi karena efek interaksi taraf ke- i faktor A , taraf ke- j faktor B , taraf ke- k faktor C , taraf ke- l faktor D , taraf ke- m faktor E
- m : nilai rata-rata
- a_i : efek taraf ke- i faktor A
- b_j : efek taraf ke- j faktor B
- $(ab)_{ij}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A dan taraf ke- j faktor B
- g_k : efek taraf ke- k faktor C
- $(ag)_{ik}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A dan taraf ke- k faktor C
- $(bg)_{jk}$: efek interaksi antara taraf ke- j faktor B dan taraf ke- k faktor C
- $(abg)_{ijk}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- j faktor B dan taraf ke- k faktor C
- d_l : efek taraf ke- l faktor D
- $(ad)_{il}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A dan taraf ke- l faktor D
- $(bd)_{jl}$: efek interaksi antara taraf ke- j faktor B dan taraf ke- l faktor D
- $(abd)_{ijl}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- j faktor B dan taraf ke- l faktor D
- $(gd)_{kl}$: efek interaksi taraf ke- k faktor C dan taraf ke- l faktor D

- $(agd)_{ikl}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- l faktor C dan taraf ke- l faktor D
- $(bgd)_{jkl}$: efek interaksi antara taraf ke- j faktor B , taraf ke- k faktor C dan taraf ke- l faktor D
- $(abgd)_{ijkl}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- j faktor B , taraf ke- k faktor C dan taraf ke- l faktor D
- q_m : efek taraf ke- m faktor E
- $(aq)_{im}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A dan taraf ke- m faktor E
- $(bq)_{jm}$: efek interaksi antara taraf ke- j faktor B dan taraf ke- m faktor E
- $(abq)_{ijm}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- j faktor B dan taraf ke- m faktor E
- $(gq)_{km}$: efek interaksi taraf ke- k faktor C dan taraf ke- m faktor E
- $(agq)_{ikm}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- l faktor C dan taraf ke- m faktor E
- $(bgq)_{jkm}$: efek interaksi antara taraf ke- j faktor B , taraf ke- k faktor C dan taraf ke- m faktor E
- $(abgq)_{ijkm}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- j faktor B , taraf ke- k faktor C dan taraf ke- m faktor E
- $(dq)_{lm}$: efek interaksi taraf ke- l faktor D dan taraf ke- m faktor E
- $(adq)_{ilm}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- l faktor C dan taraf ke- m faktor E
- $(bdq)_{jlm}$: efek interaksi antara taraf ke- j faktor B , taraf ke- l faktor D dan taraf ke- m faktor E
- $(abdq)_{ijlm}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- j faktor B , taraf ke- l faktor D dan taraf ke- m faktor E
- $(gdq)_{klm}$: efek interaksi antara taraf ke- k faktor C , taraf ke- l faktor D dan taraf ke- m faktor E
- $(agdq)_{iklm}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- k faktor C , taraf ke- l faktor D dan taraf ke- m faktor E
- $(bgdq)_{jklm}$: efek interaksi antara taraf ke- j faktor B , taraf ke- k faktor C , taraf ke- l faktor D dan taraf ke- m faktor E

$(abgdq)_{ijklm}$: efek interaksi antara taraf ke- i faktor A , taraf ke- j faktor B , taraf ke- k faktor C , taraf ke- l faktor D dan taraf ke- m faktor E

$e_{(ijklm)l}$: sesatan percobaan

dan diasumsikan $e_{(ijklm)l} \sim NID(0, s_e^2)$

serta

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^2 a_i &= \sum_{j=1}^2 b_j = \sum_{i=1}^2 (ab)_{ij} = \sum_{j=1}^2 (ab)_{ij} = \sum_{k=1}^2 g_k = \sum_{i=1}^2 (ag)_{ik} = \sum_{k=1}^2 (ag)_{ik} = \sum_{j=1}^2 (bg)_{jk} \\
&= \sum_{k=1}^2 (bg)_{jk} = \sum_{i=1}^2 (abg)_{ijk} = \sum_{j=1}^2 (abg)_{ijk} = \sum_{k=1}^2 (abg)_{ijk} = \sum_{l=1}^2 d_l = \sum_{i=1}^2 (ad)_{il} = \sum_{l=1}^2 (ad)_{il} \\
&= \sum_{j=1}^2 (bd)_{jl} = \sum_{l=1}^2 (bd)_{jl} = \sum_{i=1}^2 (abd)_{ijl} = \sum_{j=1}^2 (abd)_{ijl} = \sum_{l=1}^2 (abd)_{ijl} = \sum_{k=1}^2 (gd)_{kl} \\
&= \sum_{l=1}^2 (gd)_{kl} = \sum_{i=1}^2 (agd)_{ikl} = \sum_{k=1}^2 (agd)_{ikl} = \sum_{l=1}^2 (agd)_{ikl} = \sum_{j=1}^2 (bgd)_{jkl} = \sum_{k=1}^2 (bgd)_{jkl} \\
&= \sum_{k=1}^2 (bgd)_{jkl} = \sum_{i=1}^2 (abgd)_{ijkl} = \sum_{j=1}^2 (abgd)_{ijkl} = \sum_{k=1}^2 (abgd)_{ijkl} = \sum_{l=1}^2 (abgd)_{ijkl} = \sum_{m=1}^2 q_m \\
&= \sum_{i=1}^2 (aq)_{im} = \sum_{m=1}^2 (aq)_{im} = \sum_{j=1}^2 (bq)_{jm} = \sum_{m=1}^2 (bq)_{jm} = \sum_{i=1}^2 (abq)_{ijm} = \sum_{j=1}^2 (abq)_{ijm} \\
&= \sum_{m=1}^2 (abq)_{ijm} = \sum_{k=1}^2 (gq)_{km} = \sum_{m=1}^2 (gq)_{km} = \sum_{i=1}^2 (agq)_{ikm} = \sum_{k=1}^2 (agq)_{ikm} = \sum_{m=1}^2 (agq)_{ikm} \\
&= \sum_{j=1}^2 (bgq)_{jkm} = \sum_{k=1}^2 (bgq)_{jkm} = \sum_{m=1}^2 (bgq)_{jkm} = \sum_{i=1}^2 (abgq)_{ijkm} = \sum_{j=1}^2 (abgq)_{ijkm} \\
&= \sum_{k=1}^2 (abgq)_{ijkm} = \sum_{m=1}^2 (abgq)_{ijkm} = \sum_{l=1}^2 (dq)_{lm} = \sum_{m=1}^2 (dq)_{lm} = \sum_{i=1}^2 (adq)_{ilm} = \sum_{l=1}^2 (adq)_{ilm} \\
&= \sum_{m=1}^2 (adq)_{ilm} = \sum_{j=1}^2 (bdq)_{jlm} = \sum_{l=1}^2 (bdq)_{jlm} = \sum_{m=1}^2 (bdq)_{jlm} = \sum_{i=1}^2 (abdq)_{ijlm} \\
&= \sum_{j=1}^2 (abdq)_{ijlm} = \sum_{l=1}^2 (abdq)_{ijlm} = \sum_{m=1}^2 (abdq)_{ijlm} = \sum_{k=1}^2 (gdq)_{klm} = \sum_{l=1}^2 (gdq)_{klm} \\
&= \sum_{m=1}^2 (gdq)_{klm} = \sum_{i=1}^2 (agdq)_{iklm} = \sum_{k=1}^2 (agdq)_{iklm} = \sum_{l=1}^2 (agdq)_{iklm} = \sum_{m=1}^2 (agdq)_{iklm} \\
&= \sum_{i=1}^2 (bgdq)_{jklm} = \sum_{k=1}^2 (bgdq)_{jklm} = \sum_{l=1}^2 (bgdq)_{jklm} = \sum_{m=1}^2 (bgdq)_{jklm} = \sum_{i=1}^2 (abgdq)_{ijklm} \\
&= \sum_{j=1}^2 (abgdq)_{ijklm} = \sum_{k=1}^2 (abgdq)_{ijklm} = \sum_{l=1}^2 (abgdq)_{ijklm} = \sum_{m=1}^2 (abgdq)_{ijklm} = 0
\end{aligned}$$

4.3.1 Jumlah Kuadrat Efek

Analisis variansi merupakan salah satu bagian yang penting dari masalah rancangan percobaan. Hal ini meliputi cara menentukan jumlah kuadrat untuk masing-masing efek dan bilangan derajat bebas yang dihubungkan dengan masing-masing jumlah kuadrat. Cara yang digunakan untuk menghitung jumlah kuadrat efek ada dua cara, yaitu dengan menggunakan kontras dan menggunakan algoritma Yates.

Sebelum menghitung jumlah kuadrat efek, terlebih dahulu ditentukan blok mana yang akan dilakukan percobaan. Misalnya, secara acak terpilih blok 4, kemudian pada blok 4 percobaan dilakukan.

4.3.1.1 Penghitungan Jumlah Kuadrat Efek dengan Kontras

Untuk menghitung jumlah kuadrat efek, terlebih dahulu ditentukan kontras yang berkaitan dengan efek tersebut. Pada rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan yang melibatkan lima faktor yaitu faktor A , B , C , D dan E , kontras dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.2) dan blok yang dipilih secara acak yaitu blok 4, sehingga diperoleh kontras untuk setiap faktor dan interaksi sebagai berikut :

$$Kontras_A = +a - bc + abd - cd - be + ace - de + abcde \quad (4.36)$$

$$Kontras_B = -a + bc + abd - cd + be - ace - de + abcde \quad (4.37)$$

$$Kontras_{AB} = -a - bc + abd + cd - be - ace + de + abcde \quad (4.38)$$

$$Kontras_C = -a + bc - abd + cd - be + ace - de + abcde \quad (4.39)$$

$$Kontras_{AC} = -a - bc - abd - cd + be + ace + de + abcde \quad (4.40)$$

$$Kontras_{BC} = +a + bc - abd - cd - be - ace + de + abcde \quad (4.41)$$

$$Kontras_{ABC} = +a - bc - abd + cd + be - ace - de + abcde \quad (4.42)$$

$$Kontras_D = -a - bc + abd + cd - be - ace + de + abcde \quad (4.43)$$

$$Kontras_{AD} = -a + bc + abd - cd + be - ace - de + abcde \quad (4.44)$$

$$Kontras_{BD} = +a - bc + abd - cd - be + ace - de + abcde \quad (4.45)$$

$$Kontras_{ABD} = +a + bc + abd + cd + be + ace + de + abcde \quad (4.46)$$

$$Kontras_{CD} = +a - bc - abd + cd + be - ace - de + abcde \quad (4.47)$$

$$Kontras_{ACD} = +a + bc - abd - cd - be - ace + de + abcde \quad (4.48)$$

$$\text{Kontras}_{BCD} = -a - bc - abd - cd + be + ace + de + abcde \quad (4.49)$$

$$\text{Kontras}_{ABCD} = -a + bc - abd + cd - be + ace - de + abcde \quad (4.50)$$

$$\text{Kontras}_E = -a - bc - abd - cd + be + ace + de + abcde \quad (4.51)$$

$$\text{Kontras}_{AE} = -a + bc - abd + cd - be + ace - de + abcde \quad (4.52)$$

$$\text{Kontras}_{BE} = +a - bc - abd + cd + be - ace - de + abcde \quad (4.53)$$

$$\text{Kontras}_{ABE} = +a + bc - abd - cd - be - ace + de + abcde \quad (4.54)$$

$$\text{Kontras}_{CE} = +a - bc + abd - cd - be + ace - de + abcde \quad (4.55)$$

$$\text{Kontras}_{ACE} = +a + bc + abd + cd + be + ace + de + abcde \quad (4.56)$$

$$\text{Kontras}_{BCE} = -a - bc + abd + cd - be - ace + de + abcde \quad (4.57)$$

$$\text{Kontras}_{ABCE} = -a + bc + abd - cd + be - ace - de + abcde \quad (4.58)$$

$$\text{Kontras}_{DE} = +a + bc - abd - cd - be - ace + de + abcde \quad (4.59)$$

$$\text{Kontras}_{ADE} = +a - bc - abd + cd + be - ace - de + abcde \quad (4.60)$$

$$\text{Kontras}_{BDE} = -a + bc - abd + cd - be + ace - de + abcde \quad (4.61)$$

$$\text{Kontras}_{ABDE} = -a - bc - abd - cd + be + ace + de + abcde \quad (4.62)$$

$$\text{Kontras}_{CDE} = -a + bc + abd - cd + be - ace - de + abcde \quad (4.63)$$

$$\text{Kontras}_{ACDE} = -a - bc + abd + cd - be - ace + de + abcde \quad (4.64)$$

$$\text{Kontras}_{BCDE} = +a + bc + abd + cd + be + ace + de + abcde \quad (4.65)$$

$$\text{Kontras}_{ABCDE} = +a - bc + abd - cd - be + ace - de + abcde \quad (4.66)$$

Jika untuk melakukan percobaan pada rancangan faktorial 2^5 sumber daya yang tersedia terbatas, maka jumlah ulangan dari percobaan dapat dibatasi sehingga hanya diberikan sebuah rancangan ulangan tunggal, yang berarti hanya dilakukan sebuah percobaan untuk setiap kombinasi perlakuan. Dalam rancangan faktorial sebagian 2^{5-2} dengan sebuah ulangan untuk setiap sel kombinasi perlakuan ($r = 1$), jumlah kuadrat efek yang membentuk kontras menjadi

$$JK_{\text{efek}} = \frac{1}{2^{5-2}} (\text{Kontras}_{\text{efek}})^2 \quad (4.67)$$

Berdasarkan persamaan (4.36) sampai dengan persamaan (4.67) diperoleh jumlah kuadrat untuk setiap efek sebagai berikut :

$$JK_A = \frac{1}{2^{5-2}} [+a - bc + abd - cd - be + ace - de + abcde]^2 \quad (4.68)$$

$$JK_B = \frac{1}{2^{5-2}} [-a + bc + abd - cd + be - ace - de + abcde]^2 \quad (4.69)$$

$$JK_{AB} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a - bc + abd + cd - be - ace + de + abcde]^2 \quad (4.70)$$

$$JK_C = \frac{1}{2^{5-2}} [-a + bc - abd + cd - be + ace - de + abcde]^2 \quad (4.71)$$

$$JK_{AC} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a - bc - abd - cd + be + ace + de + abcde]^2 \quad (4.72)$$

$$JK_{BC} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a + bc - abd - cd - be - ace + de + abcde]^2 \quad (4.73)$$

$$JK_{ABC} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a - bc - abd + cd + be - ace - de + abcde]^2 \quad (4.74)$$

$$JK_D = \frac{1}{2^{5-2}} [-a - bc + abd + cd - be - ace + de + abcde]^2 \quad (4.75)$$

$$JK_{AD} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a + bc + abd - cd + be - ace - de + abcde]^2 \quad (4.76)$$

$$JK_{BD} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a - bc + abd - cd - be + ace - de + abcde]^2 \quad (4.77)$$

$$JK_{ABD} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a + bc + abd + cd + be + ace + de + abcde]^2 \quad (4.78)$$

$$JK_{CD} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a - bc - abd + cd + be - ace - de + abcde]^2 \quad (4.79)$$

$$JK_{ACD} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a + bc - abd - cd - be - ace + de + abcde]^2 \quad (4.80)$$

$$JK_{BCD} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a - bc - abd - cd + be + ace + de + abcde]^2 \quad (4.81)$$

$$JK_{ABCD} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a + bc - abd + cd - be + ace - de + abcde]^2 \quad (4.82)$$

$$JK_E = \frac{1}{2^{5-2}} [-a - bc - abd - cd + be + ace + de + abcde]^2 \quad (4.83)$$

$$JK_{AE} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a + bc - abd + cd - be + ace - de + abcde]^2 \quad (4.84)$$

$$JK_{BE} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a - bc - abd + cd + be - ace - de + abcde]^2 \quad (4.85)$$

$$JK_{ABE} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a + bc - abd - cd - be - ace + de + abcde]^2 \quad (4.86)$$

$$JK_{CE} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a - bc + abd - cd - be + ace - de + abcde]^2 \quad (4.87)$$

$$JK_{ACE} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a + bc + abd + cd + be + ace + de + abcde]^2 \quad (4.88)$$

$$JK_{BCE} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a - bc + abd + cd - be - ace + de + abcde]^2 \quad (4.89)$$

$$JK_{ABCE} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a + bc + abd - cd + be - ace - de + abcde]^2 \quad (4.90)$$

$$JK_{DE} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a + bc - abd - cd - be - ace + de + abcde]^2 \quad (4.91)$$

$$JK_{ADE} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a - bc - abd + cd + be - ace - de + abcde]^2 \quad (4.92)$$

$$JK_{BDE} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a + bc - abd + cd - be + ace - de + abcde]^2 \quad (4.93)$$

$$JK_{ABDE} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a - bc - abd - cd + be + ace + de + abcde]^2 \quad (4.94)$$

$$JK_{CDE} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a + bc + abd - cd + be - ace - de + abcde]^2 \quad (4.95)$$

$$JK_{ACDE} = \frac{1}{2^{5-2}} [-a - bc + abd + cd - be - ace + de + abcde]^2 \quad (4.96)$$

$$JK_{BCDE} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a + bc + abd + cd + be + ace + de + abcde]^2 \quad (4.97)$$

$$JK_{ABCDE} = \frac{1}{2^{5-2}} [+a - bc + abd - cd - be + ace - de + abcde]^2 \quad (4.98)$$

dengan derajat bebas untuk setiap jumlah kuadrat efek di atas adalah 1.

Dari hasil di atas terlihat bahwa

$$JK_A = JK_{BD} = JK_{CE} = JK_{ABCDE},$$

$$JK_B = JK_{ADC} = JK_{ABCE} = JK_{CDE},$$

$$JK_{AB} = JK_D = JK_{BCE} = JK_{ACDE},$$

$$JK_C = JK_{ABCD} = JK_{AE} = JK_{BDE},$$

$$JK_{AC} = JK_{BCD} = JK_E = JK_{ABDE},$$

$$JK_{BC} = JK_{ACD} = JK_{ABE} = JK_{DE},$$

$$JK_{ABC} = JK_{CD} = JK_{BE} = JK_{ADE}.$$

Beberapa efek menghasilkan nilai jumlah kuadrat yang sama, hal ini terjadi karena setiap efek mempunyai tiga alias berdasarkan dua kontras penentu (efek ABD dan efek ACE) dan interaksi rampatan (efek $BCDE$), yaitu

$$A \equiv BD \equiv CE \equiv ABCDE,$$

$$B \equiv AD \equiv ABCE \equiv CDE,$$

$$AB \equiv D \equiv BCE \equiv ACDE,$$

$$C \equiv ABCD \equiv AE \equiv BDE,$$

$$AC \equiv BCD \equiv E \equiv ABDE,$$

$$BC \equiv ACD \equiv ABE \equiv DE,$$

$$ABC \equiv CD \equiv BE \equiv ADE.$$

Dalam rancangan ini tidak ada efek utama yang beralias dengan efek utama lainnya, tetapi efek utama beralias dengan dua faktor interaksi dan dua faktor interaksi beralias dengan faktor interaksi lainnya sehingga rancangan faktorial sebagian 2^{5-2} disebut rancangan resolusi III dan ditulis 2_{III}^{5-2} .

4.3.1.2 Penghitungan Jumlah Kuadrat Efek dengan Algoritma Yates

Pada subbab sebelumnya telah terpilih secara acak blok 4 yang akan digunakan dalam percobaan. Penghitungan jumlah kuadrat efek dengan algoritma Yates disajikan pada Tabel 4.3.

Jumlah kuadrat efek dihitung dengan rumus

$$JK_{efek} = \frac{[Kolom(3)]^2}{2^{5-2}} \quad (4.99)$$

Berdasarkan persamaan (4.99) diperoleh jumlah kuadrat efek sebagai berikut.

$$JK_A = \frac{[a - de + abd - be + ace - cd + abcde - bc]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_B = \frac{[be + abd - (de + a) + bc + abcde - (cd + ace)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{AB} = \frac{[abd - be - (a - de) + abcde - bc - (ace - cd)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_C = \frac{[cd + ace + bc + abcde - (de + a + be + abd)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{AC} = \frac{[ace - cd + abcde - bc - (a - de + abd - be)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{BC} = \frac{[bc + abcde - (cd + ace) - (be + abd - (de + a))]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ABC} = \frac{[abcde - bc - (ace - cd) - (abd - be - (a - de))]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_D = \frac{[abd - be - (a - de) + abcde - bc - (ace - cd)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{AD} = \frac{[be + abd - (de + a) + bc + abcde - (cd + ace)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{BD} = \frac{[a - de + abd - be + ace - cd + abcde - bc]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ABD} = \frac{[de + a + be + abd + cd + ace + bc + abcde]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{CD} = \frac{[abcde - bc - (ace - cd) - (abd - be - (a - de))]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ACD} = \frac{[bc + abcde - (cd + ace) - (be + abd - (de + a))]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{BCD} = \frac{[ace - cd + abcde - bc - (a - de + abd - be)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ABCD} = \frac{[cd + ace + bc + abcde - (de + a + be + abd)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_E = \frac{[ace - cd + abcde - bc - (a - de + abd - be)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{AE} = \frac{[cd + ace + bc + abcde - (de + a + be + abd)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{BE} = \frac{[abcde - bc - (ace - cd) - (abd - be - (a - de))]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ABE} = \frac{[bc + abcde - (cd + ace) - (be + abd - (de + a))]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{CE} = \frac{[a - de + abd - be + ace - cd + abcde - bc]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ACE} = \frac{[de + a + be + abd + cd + ace + bc + abcde]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{BCE} = \frac{[abd - be - (a - de) + abcde - bc - (ace - cd)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ABCE} = \frac{[be + abd - (de + a) + bc + abcde - (cd + ace)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{DE} = \frac{[bc + abcde - (cd + ace) - (be + abd - (de + a))]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ADE} = \frac{[abcde - bc - (ace - cd) - (abd - be - (a - de))]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{BDE} = \frac{[cd + ace + bc + abcde - (de + a + be + abd)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ABDE} = \frac{[ace - cd + abcde - bc - (a - de + abd - be)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{CDE} = \frac{[be + abd - (de + a) + bc + abcde - (cd + ace)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ACDE} = \frac{[abd - be - (a - de) + abcde - bc - (ace - cd)]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{BCDE} = \frac{[de + a + be + abd + cd + ace + bc + abcde]^2}{2^{5-2}}$$

$$JK_{ABCDE} = \frac{[a - de + abd - be + ace - cd + abcde - bc]^2}{2^{5-2}}$$

Menurut Montgomery [2], pada rancangan faktorial 2^k dengan ulangan tunggal tidak memiliki sesatan percobaan, sehingga diasumsikan interaksi order

tinggi (dua, tiga atau empat faktor) tertentu diabaikan dan digabungkan kemudian dipilih sebagai sesatan percobaan. Pada rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan, kombinasi perlakuan terbagi ke dalam 4 blok, sehingga sesatan percobaan diambil dari gabungan efek interaksi BC , ACD , ABE , DE , ABC , CD , BE dan ADE , tetapi karena setiap efek memiliki tiga alias berarti cukup diambil jumlah kuadrat dua efek interaksi misalnya, efek BC dan CD sebagai sesatan percobaan menguji efek utama sehingga diperoleh

$$JK_S = JK_{BC} + JK_{CD} \quad (4.100)$$

dengan derajat bebas sama dengan 2.

Jumlah kuadrat total dihitung berdasarkan blok yang dilakukan percobaan pada rancangan faktorial 2^5 , yaitu blok 4 sehingga diperoleh jumlah kuadrat totalnya adalah

$$JK_T = (a)^2 + (bc)^2 + (abd)^2 + (cd)^2 + (be)^2 + (ace)^2 + (de)^2 + (abcde)^2 - \frac{[a + bc + abd + cd + be + ace + de + abcde]^2}{2^{5-2}} \quad (4.101)$$

dengan derajat bebas sama dengan 7.

4.3.2 Rata-rata Kuadrat

Rata-rata kuadrat adalah jumlah kuadrat dibagi dengan derajat bebasnya. Pada rancangan faktorial 2^5 hanya akan diuji efek utama saja sehingga rata-rata kuadrat hanya terdiri dari rata-rata kuadrat untuk efek A , B , C , D , E dan sesatan percobaan yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$RK_A = \frac{JK_A}{1} = JK_A$$

$$RK_B = \frac{JK_B}{1} = JK_B$$

$$RK_C = \frac{JK_C}{1} = JK_C$$

$$RK_D = \frac{JK_D}{1} = JK_D$$

Tabel 4.3 Skema Perhitungan Jumlah Kuadrat Efek dengan Algoritma Yates
Untuk Rancangan Faktorial 2^{5-2}

Kombinasi Perlakuan	Respon	Kolom (1)	Kolom (2)	Kolom (3) = Kontras	Efek
(1)(de)	de	de + a	de + a + be + abd	de + a + be + abd + cd + ace + bc + abcde	-
a	a	be + abd	cd + ace + bc + abcde	a - de + abd - be + ace - cd + abcde - bc	A + BD + CE + ABCDE
b(e)	be	cd + ace	a - de + abd - be	be + abd - (de + a) + bc + abcde - (cd + ace)	B + AD + ABCE + CDE
ab(d)	abd	bc + abcde	ace - cd + abcde - bc	abd - be - (a - de) + abcde - bc - (ace - cd)	AB + D + BCE + ACDE
c(d)	cd	a - de	be + abd - (de + a)	cd + ace + bc + abcde - (de + a + be + abd)	C + ABCD + AE + BDE
ac(e)	ace	abd - be	bc + abcde - (cd + ace)	ace - cd + abcde - bc - (a - de + abd - be)	AC + BCD + E + ABDE
bc	bc	ace - cd	abd - be - (a - de)	bc + abcde - (cd + ace) - [be + abd - (de + a)]	BC + ACD + ABE + DE
abc(de)	abcde	abcde - bc	abcd - bc - (ace - cd)	abcde - bc - (ace - cd) - [abd - be - (a - de)]	ABC + CD + BE + ADE

$$RK_E = \frac{JK_E}{1} = JK_E$$

$$RK_S = \frac{JK_S}{2}$$

4.3.3 Nilai Harapan Rata-rata Kuadrat

Nilai harapan rata-rata kuadrat diperlukan dalam uji hipotesis pada uji F yaitu untuk menentukan perbandingan rata-rata kuadratnya. Penentuan nilai harapan rata-rata kuadrat akan bergantung pada pemilihan sifat faktor-faktor yang digunakan dalam percobaan. Kelima faktor yaitu faktor A , B , C , D dan E adalah faktor tetap.

Untuk menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat menggunakan langkah 6 pada subbab 2.1.7.

1. Menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat a_i , b_j , g_k , d_l dan q_m .

Untuk nilai harapan rata-rata kuadrat a_i ditentukan sebagai berikut:

- a. menutup kolom i ,
- b. menutup baris b_j , g_k , d_l , q_m , $(bg)_{jk}$, $(bd)_{jl}$, $(bq)_{jm}$, $(gd)_{kl}$, $(gq)_{km}$, $(dq)_{lm}$, $(bgd)_{jkl}$, $(bgd)_{jkm}$, $(bdq)_{jlm}$, $(gdq)_{klm}$ dan $(bgdq)_{jklm}$,
- c. hasil perkalian dari sisa sel yang belum ditutup antara lain
 - untuk baris a_i berisi 2, 2, 2, 2, dan 1 dengan hasil kalinya 16;
 - untuk baris $(ab)_{ij}$ berisi 0, 2, 2, 2, dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(ag)_{ik}$ berisi 2, 0, 2, 2, dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(ad)_{il}$ berisi 2, 2, 0, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(aq)_{im}$ berisi 2, 2, 2, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(abg)_{ijk}$ berisi 0, 0, 2, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(abd)_{ijl}$ berisi 0, 2, 0, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(abq)_{ijm}$ berisi 0, 2, 2, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(agd)_{ikl}$ berisi 2, 0, 0, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(agq)_{ikm}$ berisi 2, 0, 2, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(adq)_{ilm}$ berisi 2, 2, 0, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;

- untuk baris $(\mathbf{abgd})_{ijkl}$ berisi 0, 0, 0, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(\mathbf{abgq})_{ijkm}$ berisi 0, 0, 2, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(\mathbf{abdq})_{ijlm}$ berisi 0, 2, 0, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(\mathbf{agdq})_{iklm}$ berisi 2, 0, 0, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(\mathbf{abgdq})_{ijklm}$ berisi 0, 0, 0, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $e_{(ijklm)l}$ berisi 1, 1, 1, 1 dan 1 dengan hasil kalinya 1,
- d. seluruh hasil perkalian dari c kemudian dikalikan dengan variansi faktor yang bersesuaian, berturut-turut diperoleh $16f_a, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0$ dan s_e^2 , lambang f_a menyatakan variansi untuk faktor a yang tetap dengan harga $f_a = \sum_{i=1}^2 a_i^2$,
- e. hasil perkalian dari d kemudian dijumlahkan, sehingga diperoleh nilai harapan rata-rata kuadrat a_i adalah $16 \sum_{i=1}^2 a_i^2 + s_e^2$.

Untuk menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat b_j, g_k, d_l dan q_m dilakukan dengan cara yang sama. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.4.

2. Menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat $(\mathbf{ab})_{ij}, (\mathbf{ag})_{ik}, (\mathbf{ad})_{il}, (\mathbf{aq})_{im}, (\mathbf{bg})_{jk}, (\mathbf{bd})_{jl}, (\mathbf{bq})_{jm}, (\mathbf{gd})_{kl}, (\mathbf{gq})_{km}$ dan $(\mathbf{dq})_{lm}$.

Untuk nilai harapan rata-rata kuadrat $(\mathbf{ab})_{ij}$ ditentukan sebagai berikut :

- a. menutup kolom i dan j ,
- b. menutup baris $a_i, b_j, g_k, d_l, q_m, (\mathbf{ag})_{ik}, (\mathbf{ad})_{il}, (\mathbf{aq})_{im}, (\mathbf{bg})_{jk}, (\mathbf{bd})_{jl}, (\mathbf{bq})_{jm}, (\mathbf{gd})_{kl}, (\mathbf{gq})_{km}, (\mathbf{dq})_{lm}, (\mathbf{agd})_{ikl}, (\mathbf{agg})_{ikm}, (\mathbf{adq})_{ilm}, (\mathbf{bgd})_{jkl}, (\mathbf{bgq})_{jkm}, (\mathbf{bdq})_{jlm}, (\mathbf{gdq})_{klm}, (\mathbf{agdq})_{iklm}$ dan $(\mathbf{bgdq})_{jklm}$.
- c. hasil perkalian dari sisa sel yang belum ditutup antara lain
 - untuk baris $(\mathbf{ab})_{ij}$ berisi 2, 2, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 8;
 - untuk baris $(\mathbf{abg})_{ijk}$ berisi 0, 2, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(\mathbf{abd})_{ijl}$ berisi 2, 0, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(\mathbf{abq})_{ijm}$ berisi 2, 2, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(\mathbf{abyd})_{ijkl}$ berisi 0, 0, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(\mathbf{abyq})_{ijkm}$ berisi 0, 2, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;

- untuk baris $(abdq)_{ijlm}$ berisi 2, 0, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(abydq)_{ijklm}$ berisi 0, 0, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $e_{(ijklm)l}$ berisi 1, 1, 1 dan 1 dengan hasil kalinya 1;
- d. seluruh hasil perkalian dari c kemudian dikalikan dengan variansi faktor yang bersesuaian, berturut-turut diperoleh $8f_{ab}$, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 dan s_e^2 , lambang f_{ab} menyatakan variansi untuk faktor a dan b yang tetap dengan harga $f_{ab} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (ab)_{ij}^2$,
- e. hasil perkalian dari d kemudian dijumlahkan, sehingga diperoleh nilai

$$\text{harapan rata-rata kuadrat } (ab)_{ij} \text{ adalah } 8 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (ab)_{ij}^2 + s_e^2.$$

Untuk menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat $(ab)_{ij}$, $(ag)_{ik}$, $(ad)_{il}$, $(aq)_{im}$, $(bg)_{jk}$, $(bd)_{jl}$, $(bq)_{jm}$, $(gd)_{kl}$, $(gq)_{km}$ dan $(dq)_{lm}$ dilakukan dengan cara yang sama. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.4.

3. Menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat $(abg)_{ijk}$, $(abd)_{ijl}$, $(abq)_{ijm}$, $(agd)_{ikl}$, $(agq)_{ikm}$, $(adq)_{ilm}$, $(bgd)_{jkl}$, $(bgq)_{jkm}$, $(bdq)_{jlm}$ dan $(gdq)_{klm}$.

Untuk nilai harapan rata-rata kuadrat $(abg)_{ijk}$ ditentukan sebagai berikut :

- a. menutup kolom i, j dan k ,
- b. menutup baris $a_i, b_j, g_k, d_l, q_m, (ab)_{ij}, (ag)_{ik}, (ad)_{il}, (aq)_{im}, (bg)_{jk}, (bd)_{jl}, (bq)_{jm}, (gd)_{kl}, (gq)_{km}, (dq)_{lm}, (abd)_{ijl}, (abq)_{ijm}, (agd)_{ikl}, (agq)_{ikm}, (adq)_{ilm}, (bgd)_{jkl}, (bgq)_{jkm}, (bdq)_{jlm}, (gdq)_{klm}, (abdq)_{ijlm}, (agdq)_{iklm}$ dan $(bgdq)_{jklm}$,
- c. hasil perkalian dari sisa sel yang belum ditutup antara lain
 - untuk baris $(abg)_{ijk}$ berisi 2, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 4;
 - untuk baris $(abgd)_{ijkl}$ berisi 0, 2 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(abgq)_{ijkm}$ berisi 2, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $(abgdq)_{ijklm}$ berisi 0, 0 dan 1 dengan hasil kalinya 0;
 - untuk baris $e_{(ijklm)l}$ berisi 1, 1 dan 1 dengan hasil kalinya 1,
- d. seluruh hasil perkalian dari c kemudian dikalikan dengan variansi faktor yang bersesuaian, berturut-turut diperoleh $4f_{abg}$, 0, 0, 0 dan s_e^2 , lambang

f_{abg} menyatakan variansi untuk faktor a , b dan g yang tetap dengan harga

$$f_{abg} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (abg)_{ijk}^2,$$

e. hasil perkalian dari d kemudian dijumlahkan, sehingga diperoleh nilai

$$\text{harapan rata-rata kuadrat } (abg)_{ijk} \text{ adalah } 4 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (abg)_{ijk}^2 + s_e^2.$$

Untuk menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat $(abd)_{ijl}$, $(abq)_{ijm}$, $(agd)_{ikl}$, $(agq)_{ikm}$, $(adq)_{ilm}$, $(bgd)_{jkl}$, $(bgq)_{jkm}$, $(bdq)_{jlm}$ dan $(gdq)_{klm}$ dilakukan dengan cara yang sama. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.4.

4. Menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat $(abgd)_{ijkl}$, $(abgq)_{ijkm}$, $(abdq)_{ijlm}$, $(agdq)_{iklm}$, dan $(bgdq)_{jklm}$.

Untuk nilai harapan rata-rata kuadrat $(abgd)_{ijkl}$ ditentukan sebagai berikut :

- menutup kolom i, j, k dan l ,
- menutup baris $a_i, b_j, g_k, d_l, q_m, (ab)_{ij}, (ag)_{ik}, (ad)_{il}, (aq)_{im}, (bg)_{jk}, (bd)_{jl}, (bq)_{jm}, (gd)_{kl}, (gq)_{km}, (dq)_{lm}, (abg)_{ijk}, (abd)_{ijl}, (abq)_{ijm}, (agd)_{ikl}, (agq)_{ikm}, (adq)_{ilm}, (bgd)_{jkl}, (bgq)_{jkm}, (bdq)_{jlm}, (gdq)_{klm}, (abgq)_{ijkm}, (abdq)_{ijlm}, (agdq)_{iklm}$ dan $(bgdq)_{jklm}$,
- hasil perkalian dari sisa sel yang belum ditutup antara lain
 - untuk baris $(abgd)_{ijkl}$ berisi 2 dan 1 sehingga hasil kalinya adalah 2;
 - untuk baris $(abgdq)_{ijkml}$ berisi 0 dan 1 sehingga hasil kalinya adalah 0;
 - untuk baris $e_{(ijklm)l}$ berisi 1 dan 1 dengan hasil kalinya adalah 1,
- seluruh hasil perkalian dari c kemudian dikalikan dengan variansi faktor yang bersesuaian, berturut-turut diperoleh $2f_{abgd}$, 0 dan s_e^2 , lambang f_{abgd} menyatakan variansi untuk faktor a, b, g dan d yang tetap dengan

$$\text{harga } \phi_{abgd} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 (abgd)_{ijkl}^2,$$

e. hasil perkalian dari d kemudian dijumlahkan, sehingga diperoleh nilai

$$\text{harapan rata-rata kuadrat } (abgd)_{ijkl} \text{ adalah } 2 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 (abgd)_{ijkl}^2 + s_e^2.$$

Untuk menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat $(abgq)_{ijklm}$, $(abdq)_{ijlm}$, $(agdq)_{iklm}$, dan $(bgdq)_{jklm}$ dilakukan dengan cara yang sama. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.4.

5. Menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat $(abgdq)_{ijklm}$.

Untuk nilai harapan rata-rata kuadrat $(abgdq)_{ijklm}$ ditentukan sebagai berikut :

- menutup kolom i, j, k, l dan m ,
- menutup baris $a_i, b_j, g_k, d_l, q_m, (ab)_{ij}, (ag)_{ik}, (ad)_{il}, (aq)_{im}, (bg)_{jk}, (bd)_{jl}, (bq)_{jm}, (gd)_{kl}, (gq)_{km}, (dq)_{lm}, (abg)_{ijk}, (abd)_{ijl}, (abq)_{ijm}, (agd)_{ikl}, (agg)_{ikm}, (adq)_{ilm}, (bgd)_{jkl}, (bgq)_{jkm}, (bdq)_{jlm}, (gdq)_{klm}, (abgd)_{ijkl}, (abgq)_{ijkm}, (abdq)_{ijlm}, (agdq)_{iklm}$ dan $(bgdq)_{jklm}$,
- hasil perkalian dari sisa sel yang belum ditutup antara lain
 - untuk baris $(abgdq)_{ijklm}$ berisi 1;
 - untuk baris $e_{(ijkl)l}$ berisi 1,
- seluruh hasil perkalian dari c kemudian dikalikan dengan variansi faktor yang bersesuaian, berturut-turut diperoleh f_{abgdq} dan s_e^2 , lambang f_{abgdq} menyatakan variansi untuk faktor a, b, g, d dan q yang tetap dengan harga

$$f_{abgdq} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (abgdq)_{ijklm}^2,$$

- hasil perkalian dari d kemudian dijumlahkan, sehingga diperoleh nilai harapan rata-rata kuadrat $(abgdq)_{ijklm}$ adalah

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (abgdq)_{ijklm}^2 + s_e^2.$$

6. Menentukan nilai harapan rata-rata kuadrat $e_{(ijkl)l}$

- menutup kolom l ,
- menutup baris $a_i, b_j, g_k, d_l, q_m, (ab)_{ij}, (ag)_{ik}, (ad)_{il}, (aq)_{im}, (bg)_{jk}, (bd)_{jl}, (bq)_{jm}, (gd)_{kl}, (gq)_{km}, (dq)_{lm}, (abg)_{ijk}, (abd)_{ijl}, (abq)_{ijm}, (agd)_{ikl}, (agg)_{ikm}, (adq)_{ilm}, (bgd)_{jkl}, (bgq)_{jkm}, (bdq)_{jlm}, (gdq)_{klm}, (abgd)_{ijkl}, (abgq)_{ijkm}, (abdq)_{ijlm}, (agdq)_{iklm}, (bgdq)_{jklm}$ dan $(abgdq)_{ijklm}$,
- hasil perkalian sisa sel yang belum ditutup, untuk baris $e_{(ijkl)l}$ berisi 1, 1, 1, 1 dan 1 dengan hasil kalinya adalah 1,

- d. hasil perkalian dari c kemudian dikalikan dengan variansi faktor yang bersesuaian, diperoleh s_e^2 ,
- e. hasil perkalian dari d kemudian dijumlahkan, sehingga diperoleh nilai harapan rata-rata kuadrat $e_{(ijkl)l}$ adalah s_e^2 .

Nilai harapan rata-rata kuadrat dari persamaan (4.35) dapat dilihat seperti dalam Tabel 4.4. Analisis variansi (ANOVA) rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan dapat dilihat dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Nilai Harapan Rata-rata Kuadrat Rancangan Faktorial 2^5 untuk Model Tetap

Sumber Variasi	2 <i>T</i> <i>i</i>	2 <i>T</i> <i>j</i>	2 <i>T</i> <i>k</i>	2 <i>T</i> <i>l</i>	2 <i>T</i> <i>m</i>	1 <i>A</i> 1	Nilai Harapan Rata-rata Kuadrat
a_i	0	2	2	2	2	1	$16 \sum_{i=1}^2 a_i^2 + s_e^2$
b_j	2	0	2	2	2	1	$16 \sum_{j=1}^2 b_j^2 + s_e^2$
g_k	2	2	0	2	2	1	$16 \sum_{k=1}^2 g_k^2 + s_e^2$
d_l	2	2	2	0	2	1	$16 \sum_{l=1}^2 d_l^2 + s_e^2$
q_m	2	2	2	2	0	1	$16 \sum_{m=1}^2 q_m^2 + s_e^2$
$(ab)_{ij}$	0	0	2	2	2	1	$8 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (ab)_{ij}^2 + s_e^2$
$(ag)_{ik}$	0	2	0	2	2	1	$8 \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 (ag)_{ik}^2 + s_e^2$
$(ad)_{il}$	0	2	2	0	2	1	$8 \sum_{i=1}^2 \sum_{l=1}^2 (ad)_{il}^2 + s_e^2$

$(aq)_{im}$	0	2	2	2	0	1	$8 \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 (aq)_{im}^2 + s_e^2$
$(bg)_{jk}$	2	0	0	2	2	1	$8 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (bg)_{jk}^2 + s_e^2$
$(bd)_{jl}$	2	0	2	0	2	1	$8 \sum_{j=1}^2 \sum_{l=1}^2 (bd)_{jl}^2 + s_e^2$
$(bq)_{jm}$	2	0	2	2	0	1	$8 \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^2 (bq)_{jm}^2 + s_e^2$
$(gd)_{kl}$	2	2	0	0	2	1	$8 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 (gd)_{kl}^2 + s_e^2$
$(gq)_{km}$	2	2	0	2	0	1	$8 \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 (gq)_{km}^2 + s_e^2$
$(dq)_{lm}$	2	2	2	0	0	1	$8 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (dq)_{lm}^2 + s_e^2$
$(abg)_{ijk}$	0	0	0	2	2	1	$4 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (abg)_{ijk}^2 + s_e^2$
$(abg)_{ijl}$	0	0	2	0	2	1	$4 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{l=1}^2 (abg)_{ijl}^2 + s_e^2$
$(abd)_{ijm}$	0	0	2	2	0	1	$4 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^2 (abd)_{ijm}^2 + s_e^2$
$(agd)_{ikl}$	0	2	0	0	2	1	$4 \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 (agd)_{ikl}^2 + s_e^2$
$(agq)_{ikm}$	0	2	0	2	0	1	$4 \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 (agq)_{ikm}^2 + s_e^2$
$(adq)_{ilm}$	0	2	2	0	0	1	$4 \sum_{i=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (adq)_{ilm}^2 + s_e^2$
$(bgd)_{jkl}$	2	0	0	0	2	1	$4 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 (bgd)_{jkl}^2 + s_e^2$

$(bgq)_{jkm}$	2	0	0	2	0	1	$4 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 (bgq)_{jkm}^2 + s_e^2$
$(bdq)_{jlm}$	2	0	2	0	0	1	$4 \sum_{j=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (bdq)_{jlm}^2 + s_e^2$
$(gdq)_{klm}$	2	2	0	0	0	1	$4 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (gdq)_{klm}^2 + s_e^2$
$(abgd)_{ijkl}$	0	0	0	0	2	1	$2 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 (abgd)_{ijkl}^2 + s_e^2$
$(abgq)_{ijkm}$	0	0	0	2	0	1	$2 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 (abgq)_{ijkm}^2 + s_e^2$
$(abdq)_{ijlm}$	0	0	2	0	0	1	$2 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (abdq)_{ijlm}^2 + s_e^2$
$(agdq)_{iklm}$	0	2	0	0	0	1	$2 \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (agdq)_{iklm}^2 + s_e^2$
$(bgdq)_{jklm}$	2	0	0	0	0	1	$2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (bgdq)_{jklm}^2 + s_e^2$
$(abgdq)_{ijklm}$	0	0	0	0	0	1	$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (abgdq)_{ijklm}^2 + s_e^2$
$e_{(ijklm)l}$	1	1	1	1	1	1	s_e^2

Tabel 4.5. Analisis Variansi untuk Rancangan Faktorial 2^5 dengan Seperempat Ulangan

Sumber Variasi	db	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	Nilai Harapan Rata-rata Kuadrat	F_0
A	1	JK_A	RK_A	$16 \sum_{i=1}^2 a_i^2 + s_e^2$	$\frac{RK_A}{RK_S}$
B	1	JK_B	RK_B	$16 \sum_{j=1}^2 b_j^2 + s_e^2$	$\frac{RK_B}{RK_S}$
C	1	JK_C	RK_C	$16 \sum_{k=1}^2 g_k^2 + s_e^2$	$\frac{RK_C}{RK_S}$

<i>D</i>	1	JK_D	RK_D	$16 \sum_{l=1}^2 d_l^2 + s_e^2$	$\frac{RK_D}{RK_S}$
<i>E</i>	1	JK_E	RK_E	$16 \sum_{m=1}^2 q_m^2 + s_e^2$	$\frac{RK_E}{RK_S}$
Sesatan	10	JK_S	RK_S	s_e^2	
Total	15	JK_T			

4.3.4 Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan dengan menggunakan uji *F* yaitu membandingkan rata-rata kuadrat perlakuan dengan rata-rata kuadrat sesatan yang masing-masing berdistribusi chi kuadrat. Pada rancangan faktorial 2^5 dengan seperempat ulangan hanya diuji faktor-faktor utamanya saja yaitu faktor *A*, *B*, *C*, *D* dan *E*, sehingga langkah-langkah uji hipotesisnya adalah sebagai berikut:

1. Uji untuk parameter a_i (efek faktor *A*)
 - i. Hipotesis

$H_0 : a_i = 0, i = 1, 2$
(Efek utama faktor *A* tidak berpengaruh nyata)

$H_1 : \text{paling sedikit sebuah } a_i \neq 0, i = 1, 2$
(Efek utama faktor *A* berpengaruh nyata)
 - ii. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$
 - iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_A}{RK_S}$
 - iv. Kesimpulan : Jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$ maka H_0 ditolak
2. Uji untuk parameter b_j (efek faktor *B*)
 - i. Hipotesis

$H_0 : b_j = 0, j = 1, 2$
(Efek utama faktor *B* tidak berpengaruh nyata)

$H_1 : \text{paling sedikit sebuah } b_j \neq 0, j = 1, 2$
(Efek utama faktor *B* berpengaruh nyata)
 - ii. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$

iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_B}{RK_S}$

iv. Kesimpulan : Jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$ maka H_0 ditolak

3. Uji untuk parameter g_k (efek faktor C)

i. Hipotesis

$$H_0 : g_k = 0, k = 1, 2$$

(Efek utama faktor C tidak berpengaruh nyata)

$$H_1 : \text{paling sedikit sebuah } g_k \neq 0, k = 1, 2$$

(Efek utama faktor C berpengaruh nyata)

ii. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$

iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_C}{RK_S}$

iv. Kesimpulan : Jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$ maka H_0 ditolak

4. Uji untuk parameter d_l (efek faktor D)

i. Hipotesis

$$H_0 : d_l = 0, l = 1, 2$$

(Efek utama faktor D tidak berpengaruh nyata)

$$H_1 : \text{paling sedikit sebuah } d_l \neq 0, l = 1, 2$$

(Efek utama faktor D berpengaruh nyata)

ii. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$

iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_D}{RK_S}$

iv. Kesimpulan : Jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$ maka H_0 ditolak

5. Uji untuk parameter q_m (efek faktor E)

i. Hipotesis

$$H_0 : q_m = 0, m = 1, 2$$

(Efek utama faktor E tidak berpengaruh nyata)

$$H_1 : \text{paling sedikit sebuah } q_m \neq 0, m = 1, 2$$

(Efek utama faktor E berpengaruh nyata)

ii. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$

- iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_E}{RK_S}$
- iv. Kesimpulan : Jika $F_0 > F_{1,2,\alpha}$ maka H_0 ditolak

4.4 Contoh Penerapan

Contoh penerapan diambil dari buku *Design and Analysis of Experiments* karangan Montgomery [2] yaitu studi peningkatan hasil produksi semikonduktor. Percobaan dilakukan dengan melibatkan lima faktor yaitu faktor *A* : pengaturan lubang bidik lensa (kecil, besar), faktor *B* : waktu pencahayaan (20% dibawah nominal, 20% diatas nominal), faktor *C* : waktu pengembangan (30 detik, 45 detik), faktor *D* : perlindungan dimensi (kecil, besar), dan faktor *E* : waktu penggoresan (14.5 menit, 15.5 menit), dengan setiap faktor bertaraf dua sehingga terdapat 2^5 kombinasi perlakuan dan diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data yang Diperoleh dalam Sebuah Penelitian tentang Peningkatan Hasil Produksi Semikonduktor dengan 2^5 Kombinasi Perlakuan ($r = 1$)

Nomor Urut	Kombinasi Perlakuan	Hasil	Nomor Urut	Kombinasi Perlakuan	Hasil
1	(1)	7	17	<i>e</i>	8
2	<i>a</i>	9	18	<i>ae</i>	12
3	<i>b</i>	34	19	<i>be</i>	35
4	<i>ab</i>	55	20	<i>abe</i>	52
5	<i>c</i>	16	21	<i>ce</i>	15
6	<i>ac</i>	20	22	<i>ace</i>	22
7	<i>bc</i>	40	23	<i>bce</i>	45
8	<i>abc</i>	60	24	<i>abce</i>	65
9	<i>d</i>	8	25	<i>de</i>	6
10	<i>ad</i>	10	26	<i>ade</i>	10
11	<i>bd</i>	32	27	<i>bde</i>	30
12	<i>abd</i>	50	28	<i>abde</i>	53
13	<i>cd</i>	18	29	<i>cde</i>	15
14	<i>acd</i>	21	30	<i>acde</i>	20
15	<i>bcd</i>	44	31	<i>bcde</i>	41
16	<i>abcd</i>	61	32	<i>abcde</i>	63

1. Menghitung jumlah kuadrat efek dengan menggunakan kontras

Dari data pada Tabel 4.6 dapat dihitung besarnya kontras dari masing-masing efek dengan menggunakan persamaan (4.36) sampai dengan (4.66), yaitu

$$Kontras_A = +9 - 40 + 50 - 18 - 35 + 22 - 6 + 63 = 45$$

$$Kontras_B = -9 + 40 + 50 - 18 + 35 - 22 - 6 + 63 = 133$$

$$Kontras_{AB} = -9 - 40 + 50 + 18 - 35 - 22 + 6 + 63 = 31$$

$$Kontras_C = -9 + 40 - 50 + 18 - 35 + 22 - 6 + 63 = 43$$

$$Kontras_{AC} = -9 - 40 - 50 - 18 + 35 + 22 + 6 + 63 = 9$$

$$Kontras_{BC} = +9 + 40 - 50 - 18 - 35 - 22 + 6 + 63 = -7$$

$$Kontras_{ABC} = +9 - 40 - 50 + 18 + 35 - 22 - 6 + 63 = 7$$

$$Kontras_D = -9 - 40 + 50 + 18 - 35 - 22 + 6 + 63 = 31$$

$$Kontras_{AD} = -9 + 40 + 50 - 18 + 35 - 22 - 6 + 63 = 133$$

$$Kontras_{BD} = +9 - 40 + 50 - 18 - 35 + 22 - 6 + 63 = 45$$

$$Kontras_{ABD} = +9 + 40 + 50 + 18 + 35 + 22 + 6 + 63 = 243$$

$$Kontras_{CD} = +9 - 40 - 50 + 18 + 35 - 22 - 6 + 63 = 7$$

$$Kontras_{ACD} = +9 + 40 - 50 - 18 - 35 - 22 + 6 + 63 = -7$$

$$Kontras_{BCD} = -9 - 40 - 50 - 18 + 35 + 22 + 6 + 63 = 9$$

$$Kontras_{ABCD} = -9 + 40 - 50 + 18 - 35 + 22 - 6 + 63 = 43$$

$$Kontras_E = -9 - 40 - 50 - 18 + 35 + 22 + 6 + 63 = 9$$

$$Kontras_{AE} = -9 + 40 - 50 + 18 - 35 + 22 - 6 + 63 = 43$$

$$Kontras_{BE} = +9 - 40 - 50 + 18 + 35 - 22 - 6 + 63 = 7$$

$$Kontras_{ABE} = +9 + 40 - 50 - 18 - 35 - 22 + 6 + 63 = -7$$

$$Kontras_{CE} = +9 - 40 + 50 - 18 - 35 + 22 - 6 + 63 = 45$$

$$Kontras_{ACE} = +9 + 40 + 50 + 18 + 35 + 22 + 6 + 63 = 243$$

$$Kontras_{BCE} = -9 - 40 + 50 + 18 - 35 - 22 + 6 + 63 = 31$$

$$Kontras_{ABCE} = -9 + 40 + 50 - 18 + 35 - 22 - 6 + 63 = 133$$

$$Kontras_{DE} = +9 + 40 - 50 - 18 - 35 - 22 + 6 + 63 = -7$$

$$Kontras_{ADE} = +9 - 40 - 50 + 18 + 35 - 22 - 6 + 63 = 7$$

$$Kontras_{BDE} = -9 + 40 - 50 + 18 - 35 + 22 - 6 + 63 = 43$$

$$Kontras_{ABDE} = -9 - 40 - 50 - 18 + 35 + 22 + 6 + 63 = 9$$

$$Kontras_{CDE} = -9 + 40 + 50 - 18 + 35 - 22 - 6 + 63 = 133$$

$$Kontras_{ACDE} = -9 - 40 + 50 + 18 - 35 - 22 + 6 + 63 = 31$$

$$Kontras_{BCDE} = +9 + 40 + 50 + 18 + 35 + 22 + 6 + 63 = 243$$

$$Kontras_{ABCDE} = +9 - 40 + 50 - 18 - 35 + 22 - 6 + 63 = 45$$

Berdasarkan kontras di atas dan persamaan (4.68) sampai dengan persamaan (4.98), jumlah kuadrat masing-masing efek adalah

$$JK_A = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_A)^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(45)^2 = \frac{1}{2^3}(45)^2 = 253.125$$

$$JK_B = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_B)^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(133)^2 = \frac{1}{2^3}(133)^2 = 2211.125$$

$$JK_{AB} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{AB})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(31)^2 = \frac{1}{2^3}(31)^2 = 120.125$$

$$JK_C = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_C)^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(43)^2 = \frac{1}{2^3}(43)^2 = 231.125$$

$$JK_{AC} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{AC})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(9)^2 = \frac{1}{2^3}(9)^2 = 10.125$$

$$JK_{BC} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{BC})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(-7)^2 = \frac{1}{2^3}(-7)^2 = 6.125$$

$$JK_{ABC} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{ABC})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(7)^2 = \frac{1}{2^3}(7)^2 = 6.125$$

$$JK_D = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_D)^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(-31)^2 = \frac{1}{2^3}(-31)^2 = 120.125$$

$$JK_{AD} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{AD})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(133)^2 = \frac{1}{2^3}(133)^2 = 2211.125$$

$$JK_{BD} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{BD})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(45)^2 = \frac{1}{2^3}(45)^2 = 253.125$$

$$JK_{ABD} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{ABD})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(243)^2 = \frac{1}{2^3}(243)^2 = 7381.125$$

$$JK_{CD} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{CD})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(7)^2 = \frac{1}{2^3}(7)^2 = 6.125$$

$$JK_{ACD} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{ACD})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(-7)^2 = \frac{1}{2^3}(-7)^2 = 6.125$$

$$JK_{BCD} = \frac{1}{2^{5-2}}(kontras_{BCD})^2 = \frac{1}{2^{5-2}}(9)^2 = \frac{1}{2^3}(9)^2 = 10.125$$

$$JK_{ABCD} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{ABCD})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (43)^2 = \frac{1}{2^3} (43)^2 = 231.125$$

$$JK_E = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_E)^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (9)^2 = \frac{1}{2^3} (9)^2 = 10.125$$

$$JK_{AE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{AE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (43)^2 = \frac{1}{2^3} (43)^2 = 231.125$$

$$JK_{BE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{BE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (7)^2 = \frac{1}{2^3} (7)^2 = 6.125$$

$$JK_{ABE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{ABE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (-7)^2 = \frac{1}{2^3} (-7)^2 = 6.125$$

$$JK_{CE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{CE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (45)^2 = \frac{1}{2^3} (45)^2 = 253.125$$

$$JK_{ACE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{ACE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (243)^2 = \frac{1}{2^3} (243)^2 = 7381.125$$

$$JK_{BCE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{BCE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (31)^2 = \frac{1}{2^3} (31)^2 = 120.125$$

$$JK_{ABCE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{ABCE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (133)^2 = \frac{1}{2^3} (133)^2 = 2211.125$$

$$JK_{DE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{DE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (-7)^2 = \frac{1}{2^3} (-7)^2 = 6.125$$

$$JK_{ADE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{ADE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (7)^2 = \frac{1}{2^3} (7)^2 = 6.125$$

$$JK_{BDE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{BDE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (43)^2 = \frac{1}{2^3} (43)^2 = 231.125$$

$$JK_{ABDE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{ABDE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (9)^2 = \frac{1}{2^3} (9)^2 = 10.125$$

$$JK_{CDE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{CDE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (133)^2 = \frac{1}{2^3} (133)^2 = 2211.125$$

$$JK_{ACDE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{ACDE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (31)^2 = \frac{1}{2^3} (31)^2 = 120.125$$

$$JK_{BCDE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{BCDE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (243)^2 = \frac{1}{2^3} (243)^2 = 7381.125$$

$$JK_{ABCDE} = \frac{1}{2^{5-2}} (\textit{kontras}_{ABCDE})^2 = \frac{1}{2^{5-2}} (45)^2 = \frac{1}{2^3} (45)^2 = 253.125$$

2. Menghitung jumlah kuadrat efek dengan menggunakan algoritma Yates

Penghitungan jumlah kuadrat efek dengan menggunakan algoritma Yates disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Skema Perhitungan Jumlah Kuadrat Efek dengan Algoritma Yates Untuk Rancangan Faktorial 2^{5-2} .(dengan $r = 1$)

Komb. Perlk.	Respon	Kolom (1)	Kolom (2)	Kolom (3)	Efek	$JK (3)^2 / 2^{5-2}$
(1)(de)	6	15	100	243	-	-
a	9	85	143	45	A+ BD+ CE+ABCDE	253.125
b(e)	35	40	18	133	B+ AD+ ABCE+CDE	2211.125
ab(d)	50	103	27	31	AB+ D+ BCE+ACDE	120.125
c(d)	18	3	70	43	C+ ABCD+ AE+BDE	231.125
ac(e)	22	15	63	9	AC+ BCD+ E+ABDE	10.125
bc	40	4	12	-7	BC+ ACD+ ABE+DE	6.125
abc(de)	63	23	19	7	ABC+ CD+ BE+ADE	6.125

Sesuai persamaan (4.100) nilai jumlah kuadrat sesatannya adalah

$$JK_S = 6.125 + 6.125 = 12.25$$

Sesuai persamaan (4.101) nilai jumlah kuadrat totalnya adalah

$$JK_T = 9^2 + 40^2 + 50^2 + 18^2 + 35^2 + 22^2 + 6^2 + 63^2 \quad -$$

$$\frac{[9 + 40 + 50 + 18 + 35 + 22 + 6 + 63]^2}{2^{5-2}}$$

$$= 2837.875$$

Setelah semua jumlah kuadrat dihitung, selanjutnya disusun tabel analisis variansi seperti pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Analisis Variansi untuk Rancangan Faktorial 2^5
dengan Seperempat Ulangan

Sumber Variansi	db	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F hitung
<i>A</i>	1	253.125	253.125	41.327
<i>B</i>	1	2211.125	2211.125	361
<i>C</i>	1	231.125	231.125	37.735
<i>D</i>	1	120.125	120.125	19.612
<i>E</i>	1	10.125	10.125	1.653
Sesatan	2	12.25	6.125	
Total	7	2837.875		

Uji Hipotesis

1. Uji untuk parameter a_i (efek faktor *A*)

i. Hipotesis

$H_0 : a_i = 0, i = 1, 2$ (Efek faktor *A* tidak berpengaruh nyata)

$H_1 :$ paling sedikit sebuah $a_i \neq 0, i = 1, 2$ (Efek faktor *A* berpengaruh nyata)

ii. Daerah kritis : Untuk $\alpha = 0.05$, berdasarkan tabel nilai F diperoleh

$F_{1,2,0.05} = 18.51$ sehingga H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,0.05} = 18.51$

iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_A}{RK_S} = \frac{253.125}{6.125} = 41.327$

iv. Kesimpulan : Karena $F_0 > 18.51$ berakibat H_0 ditolak yang berarti faktor pengaturan lubang bidik lensa berpengaruh nyata.

2. Uji untuk parameter b_j (efek faktor *B*)

i. Hipotesis

$H_0 : b_j = 0, j = 1, 2$ (Efek faktor *B* tidak berpengaruh nyata)

$H_1 :$ paling sedikit sebuah $b_j \neq 0, j = 1, 2$ (Efek faktor *B* berpengaruh nyata)

- ii. Daerah kritis : Untuk $\alpha = 0.05$, berdasarkan tabel nilai F diperoleh $F_{1,2,0.05} = 18.51$ sehingga H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,0.05} = 18.51$
- iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_B}{RK_S} = \frac{2211.125}{6.125} = 361$
- iv. Kesimpulan : Karena $F_0 > 18.51$ berakibat H_0 ditolak yang berarti faktor waktu pencahayaan berpengaruh nyata.
3. Uji untuk parameter g_k (efek faktor C)
- i. Hipotesis
 $H_0 : g_k = 0, k = 1, 2$ (Efek faktor C tidak berpengaruh nyata)
 $H_1 : \text{paling sedikit sebuah } g_k \neq 0, k = 1, 2$ (Efek faktor C berpengaruh nyata)
- ii. Daerah kritis : Untuk $\alpha = 0.05$, berdasarkan tabel nilai F diperoleh $F_{1,2,0.05} = 18.51$ sehingga H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,0.05} = 18.51$
- iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_C}{RK_S} = \frac{231.125}{6.125} = 37.735$
- iv. Kesimpulan : Karena $F_0 > 18.51$ berakibat H_0 ditolak yang berarti faktor waktu pengembangan berpengaruh nyata.
4. Uji untuk parameter d_l (efek faktor D)
- i. Hipotesis
 $H_0 : d_l = 0, l = 1, 2$ (Efek faktor D tidak berpengaruh nyata)
 $H_1 : \text{paling sedikit sebuah } d_l \neq 0, l = 1, 2$ (Efek faktor D berpengaruh nyata)
- ii. Daerah kritis : Untuk $\alpha = 0.05$, berdasarkan tabel nilai F diperoleh $F_{1,2,0.05} = 18.51$ sehingga H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,0.05} = 18.51$
- iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_D}{RK_S} = \frac{120.125}{6.125} = 19.612$
- iv. Kesimpulan : Jika $F_0 > 18.51$ berakibat H_0 ditolak yang berarti faktor perlindungan dimensi berpengaruh nyata.
5. Uji untuk parameter q_m (efek faktor E)
- i. Hipotesis

$H_0 : q_m = 0, m = 1, 2$ (Efek faktor E tidak berpengaruh nyata)

$H_1 : \text{paling sedikit sebuah } q_m \neq 0, m = 1, 2$ (Efek faktor E berpengaruh nyata)

ii. Daerah kritis : Untuk $\alpha = 0.05$, berdasarkan tabel nilai F diperoleh $F_{1,2,0.05} = 18.51$ sehingga H_0 ditolak jika $F_0 > F_{1,2,0.05}$

iii. Statistik uji : $F_0 = \frac{RK_E}{RK_S} = \frac{10.125}{6.125} = 1.653$

iv. Kesimpulan : Jika $F_0 < 18.51$ berarti faktor waktu penggoresan tidak berpengaruh nyata.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pembagian kombinasi perlakuan pada rancangan faktorial 2^5 ke dalam empat blok dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode tabel tanda koefisien efek dan metode kombinasi linear, dengan terlebih dahulu memilih dua kontras penentu misalnya secara acak terpilih efek interaksi ABD dan ACE , dan terbentuklah efek interaksi rampatan $BCDE$, sehingga dihasilkan empat blok yaitu

- Blok 1 = $\{(1), abc, bd, acd, abe, ce, ade, bcde\}$
- Blok 2 = $\{b, ac, d, abcd, ae, bce, abde, cde\}$
- Blok 3 = $\{ab, ad, c, bcd, e, abce, bde, acde\}$
- Blok 4 = $\{a, bc, abd, cd, be, ace, de, abcde\}$

Pengujian efek utama berdasarkan blok yang terpilih, sesatan percobaan diambil dari jumlah kuadrat dua efek interaksi, yaitu $JK_S = JK_{BC} + JK_{CD}$, selanjutnya dibuat tabel analisis variansi dan pengujian hipotesis dengan analisis statistik uji F .

5.2 Saran

Bagi pembaca yang berminat pada rancangan faktorial dengan ulangan sebagian, dapat mengembangkan skripsi ini untuk faktorial 2^k dengan $k \geq 6$ dan faktorial 3^k .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Federer, W. T. (1986). *Experiment Design, Theory and Application*. The Mac Millan Company, New York..
- [2] Montgomery, D. C. (1991). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [3] Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1995). *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Alih bahasa : Bambang Sumantri, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [4] Sudjana. (1995). *Desain dan Analisis Eksperimen*. Tarsito, Bandung.
- [5] Sugandi, E. & Sugiarto.(1994). *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Andi Offset, Yogyakarta
- [6] Walpole, R. E. & Myers, R. H. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Alih bahasa : R. K. Sembiring, ITB, Bandung.
- [7] Widasari, S. (1988). *Materi Pokok Rancangan Percobaan*. Karunika UT, Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran Tabel Nilai F

Tabel A.6 Nilai-nilai F

db pe nyebut	Peluang nilai F yang lebih besar	db pembilang								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	.100	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86
	.050	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5
	.025	647.8	799.5	864.2	899.6	921.0	937.1	948.2	956.7	963.3
	.010	4052	4999.5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022
	.005	16211	20000	21615	22500	23056	23437	23715	23925	24091
2	.100	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38
	.050	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
	.025	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39
	.010	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39
	.005	198.5	199.0	199.2	199.2	199.3	199.3	199.4	199.4	199.4
3	.100	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24
	.050	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
	.025	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47
	.010	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35
	.005	55.55	49.80	47.47	46.19	45.39	44.84	44.43	44.13	43.88
4	.100	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94
	.050	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
	.025	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90
	.010	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66
	.005	31.33	26.28	24.26	23.15	22.46	21.97	21.62	21.35	21.14
5	.100	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32
	.050	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
	.025	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68
	.010	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16
	.005	22.78	18.31	16.53	15.56	14.94	14.51	14.20	13.96	13.77
6	.100	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96
	.050	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
	.025	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52
	.010	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98
	.005	18.63	14.54	12.92	12.03	11.46	11.07	10.79	10.57	10.39
7	.100	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72
	.050	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
	.025	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82
	.010	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72
	.005	16.24	12.40	10.88	10.05	9.52	9.16	8.89	8.68	8.51
8	.100	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
	.050	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
	.025	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36
	.010	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
	.005	14.69	11.04	9.60	8.61	8.30	7.95	7.69	7.50	7.34
9	.100	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44
	.050	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
	.025	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03
	.010	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.51	5.47	5.35
	.005	13.61	10.11	8.72	7.96	7.47	7.13	6.88	6.69	6.54
10	.100	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35
	.050	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
	.025	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78
	.010	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94
	.005	12.83	9.43	8.08	7.34	6.87	6.54	6.30	6.12	5.97
11	.100	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27
	.050	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
	.025	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59
	.010	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63
	.005	12.23	8.91	7.60	6.88	6.42	6.10	5.86	5.68	5.54
12	.100	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21
	.050	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
	.025	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44
	.010	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39
	.005	11.75	8.51	7.23	6.52	6.07	5.76	5.52	5.35	5.20
13	.100	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16
	.050	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
	.025	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31
	.010	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19
	.005	11.37	8.19	6.93	6.23	5.79	5.48	5.25	5.08	4.94
14	.100	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12
	.050	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
	.025	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21
	.010	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03
	.005	11.06	7.92	6.68	6.00	5.56	5.26	5.03	4.86	4.72

Tabel A.6 Nilai-nilai F (Lanjutan)

db pe- nyebut	Peluang ν nilai F yang lebih besar	db pembilang								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	.100	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09
	.050	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
	.025	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12
	.010	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89
	.005	10.80	7.70	6.48	5.80	5.37	5.07	4.85	4.67	4.54
16	.100	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06
	.050	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
	.025	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05
	.010	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78
	.005	10.58	7.51	6.30	5.64	5.21	4.91	4.69	4.52	4.38
17	.100	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03
	.050	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
	.025	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98
	.010	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68
	.005	10.38	7.35	6.16	5.50	5.07	4.78	4.56	4.39	4.25
18	.100	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00
	.050	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
	.025	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93
	.010	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60
	.005	10.22	7.21	6.03	5.37	4.96	4.66	4.44	4.29	4.14
19	.100	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98
	.050	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
	.025	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88
	.010	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52
	.005	10.07	7.09	5.92	5.27	4.85	4.56	4.34	4.18	4.04
20	.100	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96
	.050	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
	.025	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84
	.010	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46
	.005	9.94	6.99	5.82	5.17	4.76	4.47	4.26	4.09	3.96
21	.100	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95
	.050	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
	.025	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80
	.010	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40
	.005	9.83	6.89	5.73	5.09	4.68	4.39	4.18	4.01	3.88
22	.100	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93
	.050	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
	.025	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76
	.010	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35
	.005	9.73	6.81	5.65	5.02	4.61	4.32	4.11	3.94	3.81
23	.100	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92
	.050	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
	.025	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73
	.010	7.88	5.66	4.76	4.25	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30
	.005	9.63	6.73	5.58	4.95	4.54	4.26	4.05	3.88	3.75
24	.100	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91
	.050	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
	.025	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70
	.010	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26
	.005	9.55	6.66	5.52	4.89	4.49	4.20	3.99	3.83	3.69
25	.100	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89
	.050	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
	.025	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68
	.010	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22
	.005	9.48	6.60	5.46	4.84	4.43	4.15	3.94	3.78	3.64
26	.100	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88
	.050	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
	.025	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65
	.010	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18
	.005	9.41	6.54	5.41	4.79	4.38	4.10	3.89	3.73	3.60
27	.100	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87
	.050	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
	.025	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63
	.010	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15
	.005	9.34	6.49	5.36	4.74	4.34	4.06	3.85	3.69	3.56
28	.100	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87
	.050	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
	.025	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61
	.010	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12
	.005	9.28	6.44	5.32	4.70	4.30	4.02	3.81	3.65	3.52

Tabel A.6 Nilai-nilai F (Lanjutan)

db penyebut	Peluang nilai F yang lebih besar	db pembilang								
		1	2	3	4	5	6	7	8	∞
29	.100	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86
	.050	4.18	3.33	2.83	2.70	2.55	2.43	2.35	2.29	2.22
	.025	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59
	.010	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09
	.005	9.23	6.40	5.28	4.66	4.26	3.98	3.77	3.61	3.48
30	.100	2.86	2.49	2.26	2.14	2.05	1.98	1.93	1.89	1.85
	.050	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
	.025	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57
	.010	7.36	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07
	.005	9.18	6.35	5.24	4.62	4.23	3.95	3.74	3.58	3.45
40	.100	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79
	.050	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
	.025	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45
	.010	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89
	.005	8.83	6.07	4.98	4.37	3.99	3.71	3.51	3.35	3.22
60	.100	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74
	.050	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
	.025	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33
	.010	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72
	.005	8.49	5.79	4.73	4.14	3.76	3.49	3.29	3.13	3.01
120	.100	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68
	.050	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
	.025	5.15	3.80	3.21	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.24
	.010	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56
	.005	8.18	5.54	4.50	3.92	3.55	3.28	3.09	2.93	2.81
∞	.100	2.71	2.30	2.08	1.94	1.85	1.77	1.72	1.67	1.63
	.050	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88
	.025	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11
	.010	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41
	.005	7.88	5.30	4.28	3.72	3.35	3.09	2.90	2.74	2.62

Sumber: Merupakan bagian dari "Tables of percentage points of the inverted beta (F) distribution," Biometrika, vol. 33 (1943) oleh M. Merrington dan C.M. Thompson dan dari Tabel 18 Biometrika Tables for Statistician, vol. 1, Cambridge University Press, 1954, dengan editor E.S. Pearson dan H.O. Hartley. Dituat di sini seizin pengarang, editor, dan dewan pengawas Biometrika.

Tabel A.6 Nilai-nilai F (Lanjutan)

db pembilang											
10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	P	df
60.19	60.71	61.22	61.74	62.00	62.26	62.33	62.79	63.06	63.33	.100	1
241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3	.050	
968.6	976.7	984.9	993.1	997.2	1001	1006	1010	1014	1018	.025	
6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366	.010	
24224	24426	24630	24836	24940	25044	25148	25253	25359	25465	.005	
9.39	9.41	9.42	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47	9.48	9.49	.100	2
19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	.050	
39.40	39.41	39.43	39.45	39.46	39.46	39.47	39.48	39.49	39.50	.025	
99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50	.010	
199.4	199.4	199.4	199.4	199.5	199.5	199.5	199.5	199.5	199.5	.005	
5.23	5.22	5.20	5.18	5.18	5.17	5.16	5.15	5.14	5.13	.100	3
8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	.050	
14.42	14.34	14.25	14.17	14.12	14.08	14.04	13.99	13.95	13.90	.025	
27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13	.010	
43.69	43.39	43.08	42.78	42.62	42.47	42.31	42.15	41.99	41.83	.005	
3.92	3.90	3.87	3.84	3.83	3.82	3.80	3.79	3.78	3.76	.100	4
5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	.050	
8.84	8.75	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36	8.31	8.26	.025	
14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46	.010	
20.97	20.70	20.44	20.17	20.03	19.89	19.75	19.61	19.47	19.32	.005	
3.30	3.27	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14	3.12	3.10	.100	5
4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36	.050	
6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02	.025	
10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02	.010	
13.62	13.38	13.15	12.90	12.78	12.66	12.55	12.40	12.27	12.14	.005	
2.94	2.90	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76	2.74	2.72	.100	6
4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	.050	
5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96	4.90	4.85	.025	
7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88	.010	
10.25	10.03	9.81	9.59	9.47	9.36	9.24	9.12	9.00	8.88	.005	
2.70	2.67	2.63	2.59	2.58	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47	.100	7
3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	.050	
4.76	4.67	4.57	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25	4.20	4.14	.025	
6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65	.010	
8.38	8.18	7.97	7.75	7.63	7.53	7.42	7.31	7.19	7.08	.005	
2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.36	2.36	2.34	2.32	2.29	.100	8
3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	.050	
4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.84	3.78	3.73	3.67	.025	
5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86	.010	
7.21	7.01	6.81	6.61	6.50	6.40	6.29	6.18	6.06	5.95	.005	
2.42	2.38	2.34	2.30	2.28	2.25	2.23	2.21	2.18	2.16	.100	9
3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	.050	
3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45	3.39	3.33	.025	
5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31	.010	
6.42	6.23	6.03	5.83	5.73	5.62	5.52	5.41	5.30	5.19	.005	
2.32	2.28	2.24	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06	.100	10
2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	.050	
3.72	3.62	3.52	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08	.025	
4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91	.010	
5.85	5.66	5.47	5.27	5.17	5.07	4.97	4.86	4.75	4.64	.005	
2.25	2.21	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03	2.00	1.97	.100	11
2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	.050	
3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88	.025	
4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60	.010	
5.42	5.24	5.05	4.86	4.76	4.65	4.55	4.44	4.34	4.23	.005	
2.19	2.15	2.10	2.06	2.04	2.01	1.99	1.96	1.93	1.90	.100	12
2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	.050	
3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85	2.79	2.72	.025	
4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36	.010	
5.09	4.91	4.72	4.53	4.43	4.33	4.23	4.12	4.01	3.90	.005	
2.14	2.10	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90	1.86	1.85	.100	13
2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	.050	
3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72	2.66	2.60	.025	
4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17	.010	
4.82	4.64	4.46	4.27	4.17	4.07	3.97	3.87	3.76	3.65	.005	
2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.80	.100	14
2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	.050	
3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61	2.55	2.49	.025	
3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00	.010	
4.60	4.43	4.25	4.06	3.96	3.86	3.76	3.66	3.55	3.44	.005	

Tabel A.6 Nilai-nilai *F* (Lanjutan)

db pembilang											P	db
10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞			
2.06	2.02	1.97	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82	1.79	1.76	.100	15	
2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	.050		
3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.59	2.52	2.46	2.40	.025		
3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87	.010		
4.42	4.25	4.07	3.88	3.79	3.69	3.58	3.48	3.37	3.26	.005		
2.03	1.99	1.94	1.89	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	.100	16	
2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	.050		
2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45	2.38	2.32	.025		
3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75	.010		
4.27	4.10	3.92	3.75	3.64	3.54	3.44	3.33	3.22	3.11	.005		
2.00	1.96	1.91	1.86	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	.100	17	
2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	.050		
2.92	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.25	.025		
3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65	.010		
4.14	3.97	3.79	3.61	3.51	3.41	3.31	3.21	3.10	2.98	.005		
1.98	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	.100	18	
2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	.050		
2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.26	2.19	.025		
3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57	.010		
4.03	3.86	3.68	3.50	3.40	3.30	3.20	3.10	2.99	2.87	.005		
1.96	1.91	1.86	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70	1.67	1.63	.100	19	
2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	.050		
2.82	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27	2.20	2.13	.025		
3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49	.010		
3.93	3.76	3.59	3.40	3.31	3.21	3.11	3.00	2.89	2.78	.005		
1.94	1.89	1.84	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68	1.64	1.61	.100	20	
2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	.050		
2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09	.025		
3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42	.010		
3.85	3.68	3.50	3.32	3.22	3.12	3.02	2.92	2.81	2.69	.005		
1.92	1.87	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	.100	21	
2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	.050		
2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18	2.11	2.04	.025		
3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36	.010		
3.77	3.60	3.43	3.24	3.15	3.05	2.95	2.84	2.73	2.61	.005		
1.90	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	.100	22	
2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	.050		
2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14	2.08	2.00	.025		
3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.59	2.50	2.40	2.31	.010		
3.70	3.54	3.36	3.18	3.08	2.98	2.88	2.77	2.66	2.55	.005		
1.89	1.84	1.80	1.74	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	1.55	.100	23	
2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	.050		
2.67	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11	2.04	1.97	.025		
3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26	.010		
3.64	3.47	3.30	3.12	3.02	2.92	2.82	2.71	2.60	2.48	.005		
1.88	1.83	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61	1.57	1.53	.100	24	
2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	.050		
2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08	2.01	1.94	.025		
3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21	.010		
3.59	3.42	3.25	3.06	2.97	2.87	2.77	2.66	2.55	2.43	.005		
1.87	1.82	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	.100	25	
2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	.050		
2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05	1.98	1.91	.025		
3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17	.010		
3.54	3.37	3.20	3.01	2.92	2.82	2.72	2.61	2.50	2.39	.005		
1.86	1.81	1.76	1.71	1.68	1.65	1.61	1.58	1.54	1.50	.100	26	
2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69	.050		
2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.03	1.95	1.88	.025		
3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13	.010		
3.49	3.33	3.15	2.97	2.87	2.77	2.67	2.56	2.45	2.33	.005		
1.85	1.80	1.75	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	1.53	1.49	.100	27	
2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67	.050		
2.57	2.47	2.36	2.25	2.19	2.13	2.07	2.00	1.93	1.85	.025		
3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10	.010		
3.45	3.28	3.11	2.93	2.83	2.73	2.63	2.52	2.41	2.29	.005		
1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48	.100	28	
2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	.050		
2.55	2.45	2.34	2.23	2.17	2.11	2.05	1.98	1.91	1.83	.025		
3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06	.010		
3.41	3.25	3.07	2.89	2.79	2.69	2.59	2.48	2.37	2.25	.005		

Tabel A.6 Nilai-nilai F (Lanjutan)

df pembilang											α	P	df																																																																																																																																																																																																																																																																																					
10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1.03	1.70	1.73	1.60	1.65	1.62	1.58	1.55	1.51	1.47	.100	29																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2.18	2.10	2.01	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64	.050																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.53	2.43	2.32	2.21	2.15	2.09	2.03	1.96	1.89	1.81	.025																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03	.010																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3.30	3.21	3.04	2.86	2.76	2.66	2.56	2.45	2.33	2.21	.005	1.82	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46	.100	30	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	.050	2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79	.025	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01	.010	3.34	3.18	3.01	2.82	2.73	2.63	2.52	2.42	2.30	2.18	.005	1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.38	.100	40	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	.050	2.38	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64	.025	2.89	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80	.010	3.12	2.95	2.78	2.60	2.50	2.40	2.30	2.18	2.06	1.93	.005	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29	.100	60	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	.050	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48	.025	2.61	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60	.010	2.90	2.74	2.57	2.39	2.29	2.19	2.08	1.96	1.83	1.69	.005	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.42	1.37	1.32	1.26	1.19	.100	120	1.91	1.83	1.75	1.65	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	.050	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31	.025	2.47	2.34	2.19	2.03	1.93	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38	.010	2.71	2.54	2.37	2.19	2.09	1.98	1.87	1.75	1.61	1.43	.005	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.09	.100	<	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.09	.050	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.09	.025	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.09	.010	2.52	2.36	2.19	2.00	1.90	1.79	1.67	1.53	1.35	1.09	.005
1.82	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46	.100	30																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	.050																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79	.025																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01	.010																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3.34	3.18	3.01	2.82	2.73	2.63	2.52	2.42	2.30	2.18	.005	1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.38	.100	40	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	.050	2.38	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64	.025	2.89	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80	.010	3.12	2.95	2.78	2.60	2.50	2.40	2.30	2.18	2.06	1.93	.005	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29	.100	60	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	.050	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48	.025	2.61	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60	.010	2.90	2.74	2.57	2.39	2.29	2.19	2.08	1.96	1.83	1.69	.005	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.42	1.37	1.32	1.26	1.19	.100	120	1.91	1.83	1.75	1.65	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	.050	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31	.025	2.47	2.34	2.19	2.03	1.93	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38	.010	2.71	2.54	2.37	2.19	2.09	1.98	1.87	1.75	1.61	1.43	.005	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.09	.100	<	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.09	.050	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.09	.025	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.09	.010	2.52	2.36	2.19	2.00	1.90	1.79	1.67	1.53	1.35	1.09	.005																																																								
1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.38	.100	40																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	.050																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.38	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64	.025																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.89	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80	.010																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3.12	2.95	2.78	2.60	2.50	2.40	2.30	2.18	2.06	1.93	.005	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29	.100	60	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	.050	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48	.025	2.61	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60	.010	2.90	2.74	2.57	2.39	2.29	2.19	2.08	1.96	1.83	1.69	.005	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.42	1.37	1.32	1.26	1.19	.100	120	1.91	1.83	1.75	1.65	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	.050	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31	.025	2.47	2.34	2.19	2.03	1.93	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38	.010	2.71	2.54	2.37	2.19	2.09	1.98	1.87	1.75	1.61	1.43	.005	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.09	.100	<	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.09	.050	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.09	.025	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.09	.010	2.52	2.36	2.19	2.00	1.90	1.79	1.67	1.53	1.35	1.09	.005																																																																																																																
1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29	.100	60																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	.050																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48	.025																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.61	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60	.010																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.90	2.74	2.57	2.39	2.29	2.19	2.08	1.96	1.83	1.69	.005	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.42	1.37	1.32	1.26	1.19	.100	120	1.91	1.83	1.75	1.65	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	.050	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31	.025	2.47	2.34	2.19	2.03	1.93	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38	.010	2.71	2.54	2.37	2.19	2.09	1.98	1.87	1.75	1.61	1.43	.005	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.09	.100	<	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.09	.050	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.09	.025	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.09	.010	2.52	2.36	2.19	2.00	1.90	1.79	1.67	1.53	1.35	1.09	.005																																																																																																																																																																								
1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.42	1.37	1.32	1.26	1.19	.100	120																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1.91	1.83	1.75	1.65	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	.050																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31	.025																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.47	2.34	2.19	2.03	1.93	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38	.010																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.71	2.54	2.37	2.19	2.09	1.98	1.87	1.75	1.61	1.43	.005	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.09	.100	<	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.09	.050	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.09	.025	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.09	.010	2.52	2.36	2.19	2.00	1.90	1.79	1.67	1.53	1.35	1.09	.005																																																																																																																																																																																																																																
1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.09	.100	<																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.09	.050																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.09	.025																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.09	.010																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.52	2.36	2.19	2.00	1.90	1.79	1.67	1.53	1.35	1.09	.005																																																																																																																																																																																																																																																																																								