

**PENERAPAN UJI BRADENKAMP PADA RANCANGAN  
FAKTORIAL ACAK LENGKAP**

**SKRIPSI**



**RISKA ARRUAN**

**H12113311**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2020**



# **PENERAPAN UJI BRADENKAMP PADA RANCANGAN FAKTORIAL ACAK LENGKAP**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada  
Program Studi Statistika Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar

**RISKA ARRUAN B.S**

**H 121 13 311**

**DEPARTEMEN STATISTIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2020**



## LEMBAR PERNYATAAN KEONTETIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

### PENERAPAN UJI BRADENKAMP PADA RANCANGAN FAKTORIAL ACAK LENGKAP

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Makassar, 18 Agustus 2020



**RISKA ARRUAN B.S**

**NIM. H121 13 311**




# PENERAPAN UJI BRADENKAMP PADA RANCANGAN FAKTORIAL ACAK LENGKAP

Disetujui oleh:

**Pembimbing Utama**  
  
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MIPA

Anisa, S.Si, M.Si.  
NIP. 19730227 199802 2001

**Pembimbing Pendamping**  


Sitti Sahrihan, S.Si, M.Si  
NIP. 19881018 201504 2002

Pada Tanggal: 18 Agustus 2020

iii



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Riska Arruan B.S  
Nim : H 121 13 311  
Departemen : Statistika  
Judul : Penerapan Uji Bradenkamp Pada Rancangan  
Faktorial Acak Lengkap

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

### DEWAN PENGUJI

#### Tanda Tangan

Ketua : Anisa, S.Si., M.Si.

(.....)

Sekretaris : Sitti Sahrinan, S.Si, M.Si

(.....)

Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si

(.....)

Anggota : Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si

(.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 18 Agustus 2020

iv



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang senantiasa melimpahkan kasih dan karuniaNya. Syukur yang tak terkira atas segala yang diberikan terutama kesehatan, kesempatan dan kemudahan yang dianugerahkan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Penerapan Uji Bradenkamp Pada Rancangan Faktorial Acak Lengkap”** yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan pengetahuan baru bagi pembaca.

Penyusunan tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang tak terhingga kepada :

1. Ibu **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. Ibu **Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si** selaku Ketua Departemen Statistika dan Bapak **Prof. Dr. Amir Kamal Amir, M.Sc**, selaku Ketua Departemen Matematika, , serta segenap dosen pengajar dan staf Departemen Matematika dan Statistika yang telah membekali ilmu dan kemudahan-kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. Ibu **Anisa, S.Si., M.Si**. selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan begitu banyak waktunya dan senantiasa memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
5. Ibu **Sitti Sahrinan, S.Si, M.Si**. selaku dosen pembimbing pertama yang juga senantiasa memberikan saran dan kritikan dalam penulisan skripsi ini.



**Dra. Nasrah Sirajang, M.Si**, dan Ibu **Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si** selaku Penguji, terima kasih atas segala masukan serta nasehat yang diberikan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini.

7. Ibu **Dra. Nasrah Sirajang, M.Si**, dan Bapak **Prof. Dr. Moh. Ivan Azis, M.Sc.** selaku Penasehat Akademik. Terima kasih atas segala masukan bantuan, nasehat serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani Pendidikan di Departemen Statistika.

8. **Keluarga besar Statistika 2013**, terima kasih telah menjadi keluarga baru.

Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada orang-orang yang berperan besar serta istimewa kepada :

1. Kedua orang tua, **Saulembang** dan **Ratna Kalua P**, yang telah banyak memberikan pelajaran serta pendidikan sebagai bekal kehidupan. Semoga penulis dapat menjadi kebanggaan dan kebahagiaan bagi mereka.
2. Saudara-saudaraku, **Nilan, Dimas, Vilsy, dan Divi**. Kalian adalah bagian terpenting dalam kehidupan penulis.
3. Teman-teman seperjuangan **Nurwah, Reski, dan Ayu** terimakasih karena selalu siap mendengarkan segala permasalahan penulis dan selalu ada dimasa sulit maupun senang.
4. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Statistika terkhusus **Fitri Annisa, S.Si, Katherine M. Manuputty, A. Ade Asrindah, S.Si., Egidia Triayu Tulak, S.Si., dan Eka Fahreza Hatta, S.Si, dan Seluruh Statistika 2013 yang tidak sempat disebutkan**. Terima kasih atas kebersamaannya selama ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu memberkati dan membalas kebaikan kalian dengan yang lebih baik.

Serta kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih untuk semuanya. Semoga apa yang telah dituliskan oleh penulis pada skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi skripsi yang lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat di bidang dan bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, 18 Agustus 2020

Penulis



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**  
**UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riska Arruan B.S  
NIM : H121 13 311  
Departemen : Statistika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Penerapan Uji Bradenkamp Pada Rancangan Faktorial Acak Lengkap**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak Universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal 18 Agustus 2020

Yang menyatakan



ruan B.S



## ABSTRAK

Rancangan percobaan adalah pola atau tata cara penerapan tindakan-tindakan (perlakuan) pada kondisi tertentu yang kemudian menjadi dasar penataan dan metode analisis terhadap data. Pada data Rancangan Percobaan yang tidak memenuhi asumsi – asumsi tertentu maka digunakan metode statistik nonparametrik pada pengambilan keputusan. Dan pada penelitian kali ini digunakan Uji Bradenkamp untuk melihat pengaruh perlakuan dan interaksi pada rancangan faktorial acak lengkap. Metode tersebut diterapkan pada data rancangan faktorial acak lengkap, yaitu data Rendemen Minyak Kelapa dengan kombinasi perlakuan Konsentrasi Sari Buah Pepaya dan Lama Pemeraman. Uji Bradenkamp ini kemudian dibandingkan dengan Uji ANAVA yang kerap digunakan dalam pengambilan keputusan Rancangan Percobaan. Pengolahan data uji Bradenkamp pada faktor Konsentrasi Sari Buah Pepaya dan Lama Pemeraman diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh perbedaan penambahan Konsentrasi Sari Buah Pepaya dan Lama Pemeraman secara signifikan. Sedangkan pada faktor interaksi diperoleh hasil tidak terdapat interaksi antara penambahan Konsentrasi Sari Buah Pepaya dan Lama Pemeraman secara signifikan. Pada uji ANAVA diperoleh hasil terdapat pengaruh dari perbedaan faktor penambahan konsentrasi buah pepaya, lama pemeraman, dan interaksi penambahan Konsentrasi Buah Pepaya dan Lama Pemeraman. Hasil dari Uji Bradenkamp dan ANAVA yang diperoleh tidak sama pada faktor interaksi penambahan Konsentrasi Buah Pepaya dan Lama Pemeraman.

**Kata kunci:** Rancangan Percobaan, Rancangan Faktorial Acak Lengkap, Uji Non Parametrik, Uji Bradenkamp.



## ABSTRACT

Experimental design is a pattern or procedure for implementing actions (treatment) in certain conditions which then becomes the basis for structuring and analyzing methods of data. In the experimental design data that do not meet certain assumptions, nonparametric statistical methods are used in decision making. And in this study, the Bradenkamp test will be used to see the effect of treatment and interaction on a completely randomized factorial design. This method was applied to a completely randomized factorial design, namely data on the yield of coconut oil with a combination of papaya juice concentration and curing time. The Bradenkamp test is then compared with the ANOVA test which is often used in making experimental design decisions. The data processing of the Bradenkamp test on the factor of Papaya Juice Concentration and Curing Time showed that there was a significant difference in the addition of Papaya Juice Concentration and Curing Time. Meanwhile, the interaction factor showed that there was no significant interaction between the addition of Papaya juice concentration and the duration of ripening. In the ANAVA test, the results showed that there were differences in the factors of increasing papaya fruit concentration, ripening time, and the interaction of adding papaya fruit concentration and duration of ripening. The results of the Bradenkamp and ANOVA tests obtained were not the same in the interaction factor of the addition of papaya fruit concentration and duration of ripening.

**Keywords:** Experimental Design, Completely Randomized Factorial Design, Non Parametric Test, Bradenkamp Test.



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEONTETIKAN..Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ....Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	v
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penulisan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Rancangan Percobaan .....	4
2.2 Rancangan Faktorial RAL .....	4
2.3 Uji Asumsi Perancangan Percobaan .....	5
2.4 Struktur Data Pengamatan dan Struktur Analisis Variansi.....	9
2.5 Uji Bradenkamp pada Rancangan Percobaan.....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	14
3.1 Sumber Data .....	14
3.2 Identifikasi Variabel .....	14
3.3 Metode Analisis .....	14
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	18
Pengujian Asumsi Pada Data Rancangan Percobaan .....	18
Penerapan Uji Bradenkamp .....	20
Uji Analisis Variansi.....	23



4.4 Perbandingan Antara Hasil Perhitungan Uji Statistik Non Parametrik Bradenkamp dan ANAVA.....	25
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	27
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	28
<b>LAMPIRAN</b> .....	30



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tabulasi data yang terdiri dari faktor A dan i taraf, faktor B dan j taraf, k ulangan .....	9
<b>Tabel 2.2</b> Struktur tabel ANAVA pada rancangan faktorial acak lengkap .....	10
<b>Tabel 4.1</b> Nilai <i>yijk</i> ditransformasi ke dalam ranking tunggal <i>yijk</i> → <i>Rijk</i> .....	20
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Perhitungan ANAVA model tetap pada data .....	25
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Perhitungan Uji Bradenkamp dengan Uji ANAVA pada Data ..	26



## DAFTAR GAMBAR

**Gambar 1.** Plot antara nilai sisaan dan nilai dugaan pengamatan ..... 19



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Data rendemen minyak kelapa dengan pengaruh penambahan konsentrasi sari buah pepaya dan lama pemeraman .....	31
<b>Lampiran 2</b> Perhitungan Uji Liliefors .....	32
<b>Lampiran 3</b> Tabel bantu Uji Liliefors pada data .....	33
<b>Lampiran 4</b> Nilai Kritis untuk Uji Liliefors .....	35
<b>Lampiran 5</b> Perhitungan Uji Kehomogenan variansi .....	36
<b>Lampiran 6</b> Tabel Nilai Kritis Sebaran chi kuadrat .....	38
<b>Lampiran 7</b> Tabel nilai sisaan dan nilai dugaan serta perhitungan Durbin – Watson dan Run Test .....	39
<b>Lampiran 8</b> Tabel Distribusi Z .....	42
<b>Lampiran 9</b> Tabel Durbin – Watson .....	43



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Percobaan diartikan sebagai tes atau penyelidikan terencana untuk mendapatkan fakta baru (Steel dan Torrie 1991). Pola atau tindakan cara penerapan tindakan-tindakan (perlakuan dan non-perlakuan) dalam suatu percobaan pada kondisi/ lingkungan tertentu yang kemudian menjadi dasar penataan dan metode analisis statistik terhadap data hasilnya disebut Rancangan Percobaan (Hanafiah, 1991).

Rancangan Percobaan terdiri dari rancangan nonfaktorial dan faktorial. Berbeda dengan rancangan nonfaktorial yang merupakan rancangan satu faktor, ciri rancangan faktorial adalah perlakuan yang merupakan komposisi dari semua kemungkinan kombinasi dari taraf-taraf dua faktor atau lebih. Percobaan dua faktor dapat diterapkan secara langsung terhadap seluruh unit-unit percobaan jika unit percobaannya relatif homogen. Rancangan ini sering disebut rancangan dua faktor dalam RAL atau disingkat Faktorial RAL (Raupong dan Anisa, 2011).

Pengambilan keputusan pada Faktorial RAL menggunakan metode statistik. Metode statistik terbagi menjadi dua yaitu metode statistik parametrik dan nonparametrik. Metode statistik parametrik digunakan jika data memenuhi asumsi-asumsi tertentu atau distribusi populasinya diketahui. Namun jika data tidak memenuhi asumsi itu atau distribusi populasinya tidak diketahui atau diragukan, maka metode statistik nonparametrik atau uji bebas sebaran lebih tepat untuk digunakan (Fitri Catur, 2009).

Menurut Djarwanto (2003) kelebihan metode statistik nonparametrik salah satunya adalah sederhana dalam perhitungannya. Namun, pada penelitian - penelitian sebelumnya interaksi antara faktor baris dan kolom tidak dapat dikethui seperti pada ANAVA dua arah. Oleh karena itu, Fitri membuktikan hal tersebut membandingkan tiga uji yakni uji Bredenkamp, Hildebrand dan Kubinger roleh kesimpulan bahwa ketiga uji ini mempunyai fungsi yang sama





dengan uji ANAVA dua arah yaitu digunakan untuk mengetahui perbedaan faktor baris, faktor kolom, dan interaksi antara faktor baris dan kolom (Fitri Catur, 2009).

ANAVA adalah uji yang sering digunakan untuk mendeteksi pengaruh faktor baris, faktor kolom, dan interaksi antara faktor baris dan kolom. Namun, dalam beberapa kasus penelitian, terkadang peneliti salah dalam memilih uji yang tepat sehingga mengakibatkan salah dalam penarikan kesimpulan. Salah satu kasus yang sering terjadi yaitu apabila data tidak memenuhi asumsi – asumsi dasar pada Rancangan Percobaan, misalnya pada saat data pada rancangan percobaan tidak memenuhi asumsi normalitas maka uji yang tepat untuk digunakan adalah uji statistik non parametrik.

Pendeteksian pengaruh faktor baris, faktor kolom, dan interaksi antara faktor baris dan kolom pada penelitian dengan rancangan faktorial acak lengkap, salah satu uji yang dapat digunakan adalah uji Bradenkamp. Dimana sebelum melakukan Uji hipotesis pada Uji Bradenkamp langkah pertama yang diambil yaitu mentransformasikan data dalam bentuk ranking terlebih dahulu. Kemudian hasil dari pengujian statistiknya dibandingkan dengan nilai dari Chi Square tabel untuk mengetahui perbedaan faktor baris, faktor kolom, dan interaksi antara faktor baris dan kolom. Pada penelitian sebelumnya Ainun Fajriah Helmi (2019) telah menggunakan uji Kubinger dan Jusman (2019) telah menggunakan uji Hildebrand. Maka, pada penelitian ini skripsi ini akan mengkaji tentang **“Penerapan Uji Statistik Non Parametrik Bradenkamp pada Rancangan Faktorial Acak Lengkap”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka terdapat beberapa rumusan masalah yang dapat dikaji dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui pengaruh perlakuan penambahan konsentrasi sari buah pepaya dan lama pemeraman terhadap rendemen minyak kelapa menggunakan uji statistik non parametrik Bradenkamp?



2. Bagaimana perbandingan hasil uji statistik non parametrik Bradenkamp dengan uji ANAVA pada data pengaruh penambahan konsentrasi sari buah pepaya dan lama pemeraman terhadap rendemen minyak kelapa?

### **1.3 Batasan Masalah**

Pembahasan ini akan dibatasi dengan menggunakan data yang tidak memenuhi asumsi perancangan percobaan yang terdiri dari Asumsi Normalitas, Kehomogenan Variansi, dan Kebebasan Galat Pengamatan.

### **1.4 Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh perlakuan pada rendemen minyak kelapa dengan penambahan konsentrasi sari buah pepaya dan lama pemeraman menggunakan uji statistik non parametrik Bradenkamp.
2. Mendapatkan perbandingan hasil uji statistik non parametrik Bradenkamp dengan uji ANAVA pada data pengaruh penambahan konsentrasi sari buah pepaya dan lama pemeraman terhadap rendemen minyak kelapa.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pengetahuan mengenai penggunaan Uji Statistik Non Parametrik Bradenkamp terhadap Rancangan Faktorial Acak Lengkap.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Rancangan Percobaan

Ilmu perancangan percobaan (experimental design) merupakan cabang ilmu statistika, yang mempelajari cara-cara mengatasi, mengisolasi atau mengontrol keragaman materi atau lingkungan suatu percobaan. Sehingga perbedaan-perbedaan yang timbul sebagai akibat berbagai perlakuan terhadap satuan-satuan percobaan dapat dipisahkan dengan jelas. Dengan demikian kesimpulan yang akan ditarik dari suatu percobaan dalam menjawab hipotesis-hipotesis dapat dilaksanakan secara objektif (Made Susilawati, 2015). Macam – macam rancangan percobaan yang telah tersedia yaitu rancangan acak lengkap, rancangan acak kelompok, rancangan bujursangkar latin, rancangan petak terbagi, dan sebagainya (Gaspersz, 1991).

#### 2.2 Rancangan Faktorial RAL

Percobaan faktorial dengan rancangan dasar RAL adalah percobaan faktorial yang menggunakan RAL sebagai rancangan dasar, sedangkan faktor yang dicobakan lebih dari satu. Dalam percobaan faktorial, akan berhadapan dengan kombinasi dari taraf-taraf faktor yang dicobakan disebut sebagai perlakuan.

Model linier untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor dengan menggunakan rancangan dasar RAL adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk} ; i = 1,2, \dots, a ; j = 1,2, \dots, b ; k = 1,2, \dots, r \quad (2.1)$$

Keterangan :

$Y_{ijk}$  = respon perlakuan pada faktor A taraf ke- $i$ , faktor B taraf ke- $j$  dan ulangan

ke- $k$ ;

$\mu$  umum;

$\alpha_i$  aruh utama faktor A taraf ke- $i$ ;

$\beta_j$  aruh utama faktor B taraf ke- $j$ ;



$(\gamma)_{ij}$  = pengaruh interaksi faktor A taraf ke- $i$  dan faktor B taraf ke- $j$ ;

$\varepsilon_{ijk}$  = galat pada faktor A taraf ke- $i$ , faktor B taraf ke- $j$  dan ulangan ke- $k$ .

Asumsi yang paling mendasar dari model persamaan (2.1) adalah galat percobaan timbul secara acak, variansi galat homogen, menyebar secara bebas, independen dan berdistribusi normal dengan nilai tengah sama dengan nol dan variansi  $\sigma^2$  atau dituliskan sebagai  $\varepsilon_{ijk} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2)$  (Gaspersz, 1994). Beberapa model pada rancangan faktorial diantaranya adalah model tetap, model acak, dan model campuran. Model tetap mempunyai ciri yaitu perlakuan yang digunakan dalam percobaan berasal dari populasi terbatas, pemilihan perlakuan ditentukan oleh peneliti, kesimpulan yang diperoleh terbatas hanya pada perlakuan percobaan sedangkan model tetap mempunyai ciri yaitu perlakuan yang dicobakan merupakan contoh acak dari populasi perlakuan, kesimpulan yang diperoleh berlaku untuk seluruh populasi perlakuan.

### 2.3 Uji Asumsi Perancangan Percobaan

Terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi dalam rancangan percobaan sebelum menduga komponen-komponen varian, yakni sebagai berikut:

#### 1. Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk melihat apakah data menyebar normal atau tidak. Kenormalan data dapat ditentukan dengan menggunakan *probability plot normal*, dengan melihat titik-titik dugaan galat jika mengikuti garis diagonal berarti galat berdistribusi normal. Asumsi normalitas juga dapat diuji dengan menggunakan uji Liliefors. Persyaratan untuk menggunakan uji Liliefors ini, yaitu:

1. Data berskala interval atau ratio (kuantitatif).
2. Data tunggal / belum dikelompokkan pada tabel distribusi frekuensi.
3. Dapat untuk  $n$  besar maupun  $n$  kecil.



Adapun proses dalam pengujian adalah sebagai berikut:

a. Hipotesis :

$H_0$  : data berdistribusi normal

$H_1$  : data tidak berdistribusi normal

b. Taraf signifikansi :  $\alpha$

c. Statistik Uji :  $L_0 = \text{selisih terbesar dari } |F(z_i) - S(z_i)|$  (2.2)

dengan:

$$S_y = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n(n-1)}} \quad (2.3)$$

$$F(z_i) = P[Z \leq z_i]; z_i = \frac{y_{io} - \bar{y}_{oo}}{S_y} \quad (2.4)$$

$$S(z_i) = \frac{\text{banyaknya } z_1, z_2, \dots, z_n \leq z_i}{n} \quad (2.5)$$

dengan  $n$  merupakan banyaknya pengamatan.

d. Kriteria Keputusan :

$H_0$  ditolak jika  $L_0 > L_{\alpha(N)}$  dengan  $L_{\alpha(N)}$  merupakan nilai kritis uji Liliefors.

## 2. Kehomogenan Variansi

Asumsi kehomogenan variansi atau asumsi homoskedastisitas (*homoscedasticity*) berarti bahwa variansi dari nilai galat bersifat konstan. Asumsi homogenitas mensyaratkan bahwa variansi galat untuk masing-masing kelompok perlakuan harus memiliki variansi yang sama. Uji formal yang dapat digunakan untuk memeriksa asumsi kehomogenan adalah uji Bartlett. Distribusi sampling Uji Bartlett dapat didekati oleh distribusi chi-square dengan derajat kebebasan  $p-1$  dan sampel acak berasal dari populasi normal.

Langkah-langkah uji Bartlett menurut Montgomery (1991) adalah sebagai berikut :

a. Hipotesis

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2$$

$$H_1 : \text{ada } \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ untuk } i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, p$$

nyata ( $\alpha$ )



c. Statistika uji :

$$\chi^2_{hit} = \ln(10) \frac{q}{c} \quad (2.6)$$

dengan :

$$q = (N - p) \log S_g^2 - \sum_{i=1}^p (n_i - 1) \log S_i^2 \quad (2.7)$$

$$c = 1 + \frac{1}{3(p-1)} \left( \sum_{i=1}^p \left( \frac{1}{n_i-1} \right) - \frac{1}{\sum_{i=1}^p (n_i-1)} \right) \quad (2.8)$$

$$S_g^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_i-1) S_i^2}{N-p} \quad (2.9)$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{n_i-1} \quad (2.10)$$

keterangan :

$S_i^2$  = variansi perlakuan ke- $i$  ;

$S_g^2$  = variansi gabungan;

$p$  = banyaknya perlakuan ;

$N$  = banyaknya seluruh amatan;

$n_i$  = banyaknya amatan perlakuan ke- $i$

d. Kriteria Keputusan

$H_0$  ditolak jika  $\chi^2_{hit} > \chi^2_{\alpha, p-1}$  dengan  $\chi^2_{\alpha, p-1}$  merupakan nilai kritis sebaran  $\chi^2$ .

3. Kebebasan Galat Pengamatan

Kebebasan galat percobaan lebih umum diartikan sebagai tidak ada korelasi antar galat. Galat dari salah satu pengamatan yang mempunyai nilai tertentu harus tidak bergantung dari nilai-nilai galat pengamatan yang lain (Gasperz,1994).



1 terhadap asumsi kebebasan antar galat percobaan dilakukan dengan cara plot antara nilai sisaan dengan nilai dugaan pengamatan. Apabila grafik entuk berfluktuasi secara acak di sekitar nol, maka dapat dikatakan bahwa

suku-suku galat percobaan saling bebas. Selain dengan membuat plot antara nilai sisaan dengan nilai dugaan pengamatan terdapat beberapa uji formal yang dapat digunakan dalam menguji kebebasan galat pengamatan, di antaranya adalah dengan menggunakan Uji Durbin – Watson dan Run Test.

Durbin – Watson merupakan metode yang dikembangkan oleh J. Durbin dan G. S. Watson pada tahun 1951 yang digunakan untuk melihat keacakan atau kebebasan galat (Chatterjee,2012). Langkah – langkah uji Durbin – Watson adalah sebagai berikut :

a. Hipotesis

$H_0$  : residual acak

$H_1$  : residual tidak acak

b. Taraf nyata ( $\alpha$ )

c. Statistik Uji :

$$d = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=2}^r (\hat{e}_{ijk} - \hat{e}_{ijk-1})^2}{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=2}^r (\hat{e}_{ijk})^2} \quad (2.11)$$

Dengan  $\hat{e}_{ijk}$  yang merupakan nilai sisaan

d. Kriteria Keputusan

Tolak  $H_0$  jika  $d < dL$ , gagal tolak  $H_0$  jika  $d < dU$ , dan tidak dapat disimpulkan jika  $dL < d < dU$ .

Selain metode Durbin – Watson metode lain yang direkomendasikan apabila metode Durbin – Watson tidak mengarah pada kesimpulan yang pasti adalah Run Test. Run pada Run Test dapat diartikan sebagai dua jenis simbol yang berbeda, dimana kemunculan simbol tersebut dapat terjadi berulang kali, berurutan, dan bergantian. Kedua simbol tersebut menandakan koefisien dari residual (Kendall,1971).

Berikut merupakan langkah – langkah pengujian Run Test yang dapat di



:

- a. Hipotesis  
 $H_0$  : residual acak  
 $H_1$  : residual tidak acak
- b. Taraf nyata ( $\alpha$ )
- c. Statistik Uji :

$$\bar{R} = \frac{2n_1n_2}{n_1+n_2} + 1 \quad (2.12)$$

$$s_R = \sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2-n_1-n_2)}{(n_1+n_2)^2(n_1+n_2-1)}} \quad (2.13)$$

$$Z = \frac{R-\bar{R}}{s_R} \quad (2.14)$$

keterangan :

$R$  = run

$n_1$  = banyaknya simbol positif

$n_2$  = banyaknya simbol negatif

- d. Kriteria Keputusan  
Tolak  $H_0$  jika  $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$

## 2.4 Struktur Data Pengamatan dan Struktur Analisis Variansi

Tabulasi data pengamatan pada rancangan faktorial acak lengkap disajikan pada Tabel (2.1) berikut (Gasperz, 1994):

Tabel 2.1 Tabulasi data yang terdiri dari faktor A dan i taraf, faktor B dengan j taraf, k ulangan

Faktor A	Ulangan	Faktor B				Total Baris ( $y_{i..}$ )
		1	2	...	B	
1	1	$y_{111}$	$y_{121}$	...	$y_{1j1}$	$y_{1.1}$
	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
	K	$y_{11k}$	$y_{12k}$	...	$y_{1jk}$	$y_{1.k}$
	$y_{1j.}$	$y_{11.}$	$y_{12.}$	...	$y_{1j.}$	$y_{1..}$





Tabel 2.1 Tabulasi data yang terdiri dari faktor A dan i taraf, faktor B dengan j taraf, k ulangan

Faktor A	Ulangan	Faktor B				Total Baris ( $y_{i..}$ )
		1	2	...	B	
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
I	1	$y_{i11}$	$y_{i21}$	...	$y_{ik1}$	$y_{i.1}$
	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
	K	$y_{i1k}$	$y_{i2k}$	...	$y_{ijk}$	$y_{i.k}$
	$y_{ij.}$	$y_{i.1}$	$y_{i.2}$	...	$y_{ij.}$	$y_{i..}$
Total Kolom ( $y_{.j}$ )		$y_{.1}$	$y_{.2}$	...	$y_{.j}$	$y_{...}$

Berikut adalah struktur tabel analisis variansi (ANAVA) untuk rancangan faktorial acak lengkap (Mattjik, 2002) :

Tabel 2.2 Struktur tabel ANAVA pada rancangan faktorial acak lengkap

Sumber Variansi	$db$	$JK$	$KT$	$F_{Hitung}$
A	$a - 1$	$JKA$	$KTA$	$\frac{KTA}{KTG}$
B	$b - 1$	$JKB$	$KTB$	$\frac{KTB}{KTG}$
AB	$(a - 1)(b - 1)$	$JKAB$	$KTAB$	$\frac{KTAB}{KTG}$
Galat	$ab(r - 1)$	$JKG$	KTG	
Total	$abr - 1$	JKT		

Rumus-rumus dalam perhitungan ANAVA yaitu :

1. Jumlah Kuadrat Total ( $JKT$ )

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 \quad (2.15)$$

2. Jumlah kuadrat faktor A ( $JKA$ )

$$= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 \quad (2.16)$$



3. Jumlah kuadrat faktor B (JKB)

$$JKB = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 \quad (2.17)$$

dengan :

$$\frac{y_{000}^2}{abr} = \text{Faktor korelasi (FK)}$$

4. Jumlah kuadrat faktor AB (JKAB)

$$JKAB = JKP - JKA - JKB \quad (2.18)$$

dimana :  $JKP = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{...})^2$

5. Jumlah Kuadrat Galat (JKG):

$$JKG = JKT - JKP \quad (2.19)$$

6. Kuadrat Tengah Faktor A (KTA)

$$KTA = \frac{JKA}{(a-1)} \quad (2.20)$$

7. Kuadrat Tengah Faktor B (KTB)

$$KTB = \frac{JKB}{(b-1)} \quad (2.21)$$

8. Kuadrat Tengah Faktor AB (KTAB)

$$KTAB = \frac{JKAB}{(a-1)(b-1)} \quad (2.22)$$

9. Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{(ab)(r-1)} \quad (2.23)$$

10. Menghitung nilai  $F_{hit}$

a.  $F_{hit}(A) = \frac{KTA}{KTAB} \quad (2.24)$

b.  $F_{hit}(B) = \frac{KTB}{KTG} \quad (2.25)$

c.  $F_{hit}(AB) = \frac{KTAB}{KTG} \quad (2.26)$

11. Kriteria Pengujian

Faktor A dengan a taraf dan faktor B dengan b taraf tetap

ka  $F_{hit}(A) \geq F_{\alpha(v_1, v_2)}$ ,  $v_1 = (a - 1)$  dan  $v_2 = ab(r - 1)$  maka potesis nol ( $H_0$ ) ditolak



- 2) Jika  $F_{hit}(B) \geq F_{\alpha(v_1, v_2)}$  dengan  $v_1 = (b - 1)$  dan  $v_2 = ab(r - 1)$  maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak
- 3) Jika  $F_{hit}(AB) \geq F_{\alpha(v_1, v_2)}$  dengan  $v = (a - 1)(b - 1)$  dan  $v_2 = ab(r - 1)$  maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak

## 2.5 Uji Bradenkamp pada Rancangan Percobaan

Dalam menganalisis data rancangan percobaan terdapat berbagai asumsi yang harus terpenuhi, antara lain yaitu kenormalan, kehomogenan, dan kebebasan galat. Namun, pada situasi tertentu asumsi-asumsi tersebut ada yang tidak terpenuhi sehingga diperlukan prosedur pengujian nonparametrik. Menurut Subekti (2014) metode nonparametrik dapat diaplikasikan secara meluas karena tidak memerlukan pemenuhan asumsi seperti pada metode parametrik. Metode nonparametrik tidak memerlukan pemenuhan populasi berdistribusi normal, lebih mudah dipahami, dan juga menggunakan komputasi yang relatif mudah dibandingkan metode parametrik.

Pada tahun 1937, Friedman memperkenalkan salah satu uji nonparametrik yang digunakan pada rancangan acak kelompok lengkap. Namun layout data pada uji ini sangat berbeda dengan layout data untuk Uji Bradendkamp, Hildebrand, dan Kubinger yang dikembangkan dari rancangan percobaan faktorial. Dari segi tujuan, Uji Bradendkamp, Hildebrand, dan Kubinger digunakan untuk mengetahui perbedaan faktor baris, faktor kolom, dan interaksi antara faktor baris dan kolom. Sedangkan Uji Friedman digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan perlakuan saja. Oleh karena itu, uji yang tepat sebagai padanan ANAVA dua arah dalam metode statistik nonparametrik adalah Uji Bradenkamp, Hidebrand, dan Kubinger (Fitri, 2009). Dan salah satu diatantaranya yang akan dibahas adalah Uji Bradenkamp.

Untuk melakukan Uji Bradenkamp, langkah pertama yang dapat diambil yaitu dengan mentransformasi semua nilai  $Y_{ijk}$  dalam bentuk ranking  $R_{ijk}$  dan jika terdapat  $Y_{ijk}$  yang nilainya sama, maka pembentukan rankingnya adalah dengan rata-rata dari ranking  $Y_{ijk}$  yang nilainya sama.

Uji Hipotesis Perbedaan Baris



$H_0$  : Perbedaan baris tidak signifikan

$H_1$  : Perbedaan baris signifikan

Alpha =  $\alpha$

$$\text{Statistik Uji} = \frac{12a}{N^2(N+1)} \sum_{i=1}^a R_{i..}^2 - 3(N+1) \quad (2.27)$$

$$\text{Chi Square tabel} = \chi_{a-1}^2$$

Daerah kritik =  $H_0$  ditolak jika statistik uji lebih dari Chi Square tabel

Kedua, Uji Hipotesis Perbedaan Kolom

$H_0$  : Perbedaan kolom tidak signifikan

$H_1$  : Perbedaan kolom signifikan

Alpha =  $\alpha$

$$\text{Statistik Uji} = \frac{12b}{N^2(N+1)} \sum_{j=1}^b R_{.j.}^2 - 3(N+1) \quad (2.28)$$

$$\text{Chi Square tabel} = \chi_{b-1}^2$$

Daerah kritik =  $H_0$  ditolak jika statistik uji lebih dari Chi Square tabel

Ketiga, Uji Hipotesis Interaksi

$H_0$  : Interaksi antara faktor baris dan faktor kolom tidak signifikan

$H_1$  : Interaksi antara faktor baris dan faktor kolom signifikan

Alpha =  $\alpha$

$$\text{Statistik Uji} = \frac{12ab}{N^2(N+1)} \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a \left( R_{ij.}^2 - \frac{1}{b^2} R_{i..}^2 - \frac{1}{a^2} R_{.j.}^2 \right) - 3(N+1) \quad (2.29)$$

$$\text{Chi Square tabel} = \chi_{(a-1)(b-1)}^2$$

Daerah kritik =  $H_0$  ditolak jika statistik uji lebih dari Chi Square tabel

(Sudjana, 2009).

