

Kajian Uji Lanjut dari Anava dalam Rancangan Acak Lengkap

Shinta Kristilya¹, Sigit Nugroho², dan Jose Rizal²

1 Alumni Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Bengkulu

2 Staf Pengajar Matematika Fakultas MIPA Universitas Bengkulu

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji uji lanjut dari ANAVA dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor kualitatif dan perlakuan tetap. Uji lanjut yang dikaji, yaitu uji *Least Significant Difference* (LSD), *Honestly Significant Difference* (HSD), *Student-Newmann-Keuls* (SNK), dan *Duncan's New Multiple Range* (DNMR). Selain itu, untuk mengkaji perbandingan antara keempat metode tersebut melalui analisis data simulasi dengan menggunakan bantuan program Microsoft Excel. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur. Data simulasi memiliki sebaran Normal, berdasarkan hasil pengujian LSD, HSD, SNK, dan DNMR diperoleh bahwa LSD lebih powerful daripada metode lainnya karena lebih banyak menunjukkan perlakuan yang berbeda nyata/signifikan.

Kata Kunci: Uji Least Significant Difference (LSD), Uji Honestly Significant Difference (HSD), Uji Student-Newman-Keuls (SNK), Uji Duncan's New Multiple Range (DNMR), Data Simulasi

1. PENDAHULUAN

Rancangan percobaan merupakan rangkaian kegiatan berupa pemikiran dan tindakan yang dipersiapkan secara kritis dan seksama mengenai berbagai aspek yang dipertimbangkan dan sedapat mungkin diupayakan dapat diselenggarakan dalam suatu percobaan dalam rangka menemukan suatu pengetahuan baru (Hanafiah, 2003).

Bidang ilmu pertanian dan ekonomi melibatkan data-data dari penelitian yang dilakukan pada kondisi lingkungan, alat, bahan, dan media yang homogen. Data ini diperoleh dari tindakan coba-coba (*trial and error*) terhadap suatu objek pengamatan yang selanjutnya diselidiki pengaruhnya. Tindakan yang diterapkan pada objek pengamatan ini disebut perlakuan. Data ini terdiri atas variabel takbebas/respon (*dependent random variable*) yang dilambangkan dengan Y dan variabel bebas (*independent random variable*) yang dilambangkan dengan X .

Perlakuan ini dapat berasal dari faktor kualitatif (mutu), yaitu perlakuan yang hanya memperhitungkan mutu perlakuan X , misalnya mutu macam pupuk, mutu macam alat, dan sebagainya. Selain itu, perlakuan juga dapat berasal dari faktor kuantitatif (takaran), yaitu perlakuan yang memperhitungkan takaran perlakuan X , misalnya takaran pupuk, takaran pestisida, dan sebagainya (Hanafiah, 2003).

Suatu penelitian dengan faktor kualitatif dapat diduga pengaruh perlakuan terhadap nilai-nilai pengamatan hasil percobaan. Pengujian terhadap penduga tersebut dilakukan dengan langkah awal penyusunan hipotesis. Hipotesis ini terdiri atas dua macam, yaitu hipotesis nol dan hipotesis tandingan. Hipotesis nol menyatakan dugaan sementara dari suatu pengamatan. Sedangkan hipotesis tandingan menyatakan bahwa hipotesis nol tidak benar (Furqon, 2004).

Apabila hipotesis nol tersebut ditolak berarti peneliti dapat menarik kesimpulan bahwa suatu perlakuan berpengaruh nyata terhadap respon yang diamati, tetapi tidak dapat menentukan perlakuan mana yang berpengaruh nyata. Uji lanjutan untuk mengetahui perlakuan mana yang signifikan/berpengaruh nyata/berbeda nyata adalah dengan menggunakan uji perbandingan nilai tengah perlakuan *Least Significant Difference* (LSD), Benferroni, Peubah Ganda-*t*, *Honestly Significant Difference* (HSD), Student-Newman-Keuls (SNK), Duncan's *New Multiple Range* (DNMR), Scheffe, Dunnett, Hsu, dan Kontras Rataan (Nugroho, 2008).

Kemphorne (1955) menyatakan bahwa prosedur uji lanjut ANAVA digunakan untuk membandingkan tiap rataan perlakuan dengan rataan perlakuan yang lain secara berpasangan. Metode Benferroni, Peubah Ganda-*t*, Scheffe, Dunnett, dan Hsu dapat diterapkan apabila memenuhi kondisi tertentu dari masing-masing metode. Sedangkan uji perbandingan nilai tengah perlakuan atau sering disebut sebagai uji lanjut dari ANAVA *Least Significant Difference* (LSD), *Honestly Significant Difference* (HSD), Student-Newman-Keuls (SNK), dan Duncan's *New Multiple Range* (DNMR) lebih mudah diterapkan dalam teladan penerapan. Selain itu, keempat prosedur pengujian ini dapat dibandingkan satu dengan lainnya karena memiliki kemiripan.

Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk mempelajari keempat prosedur uji lanjut dari ANAVA supaya diketahui metode mana yang lebih powerful (kecenderungan menolak hipotesis nol) dalam penentuan perlakuan yang berbeda tersebut.

Prosedur pengujian uji lanjut dari ANAVA tersebut dapat diolah dengan menggunakan bantuan program Microsoft Excel, yaitu teladan penerapan dengan simulasi data berpasangan.

Melalui studi literatur, penelitian ini akan membahas tentang kajian prosedur pada beberapa uji lanjut dari ANAVA dalam mengetahui perlakuan mana yang berbeda nyata ketika hipotesis nol ditolak.

2. RANCANGAN PERCOBAAN

2.1 Pengantar Teori Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan merupakan pengaturan satuan percobaan dan alokasi perlakuan kedalam satuan percobaan. Salah satu tujuan utama penelitian percobaan adalah untuk meyakinkan bahwa populasi-populasi perlakuan memiliki parameter yang sama atau berbeda mengenai rataannya. Upaya untuk mendeteksi perbedaan-perbedaan nyata antar rataan perlakuan harus digunakan rancangan percobaan yang paling sensitif, yaitu rancangan yang memiliki kesalahan percobaan yang paling kecil (Nugroho, 2008).

2.1.1 Beberapa Istilah dalam Suatu Rancangan Percobaan

Terdapat beberapa istilah dalam rancangan percobaan yang harus dikenal, yaitu:

1. Perlakuan (*Treatment*)

Perlakuan merupakan suatu prosedur atau metode yang diterapkan pada unit percobaan. Menurut Nugroho (2008), perlakuan merupakan beberapa kondisi yang mencirikan suatu populasi.

2. Unit/Satuan Percobaan

Unit percobaan adalah unit terkecil dalam suatu percobaan yang diberi suatu perlakuan.

3. Satuan Amatan
Satuan amatan adalah anak gugus dari unit percobaan dimana respon perlakuan diukur.
4. Faktor
Faktor adalah peubah bebas yang dicobakan dalam percobaan sebagai penyusun struktur perlakuan.
5. Taraf (*Level*)
Taraf adalah kategori yang berbeda dari suatu faktor.

2.1.2 Sumber Keragaman dalam Rancangan Percobaan

Terdapat dua macam sumber keragaman dalam rancangan percobaan, yaitu:

1. Faktor utama merupakan faktor-faktor yang akan diteliti dan sengaja diberikan.
2. Di luar faktor-faktor yang akan diteliti (faktor eksternal).

Faktor-faktor ini diharapkan pengaruhnya sekecil mungkin. Adapun faktor-faktor yang dimaksud terdiri atas:

1. Faktor yang dapat diidentifikasi dan diperkirakan pengaruhnya sebelum percobaan. Hal ini diatasi dengan cara dilakukan pengelompokan, sehingga keragaman di antara kelompok dapat diukur dan dikeluarkan dari galat percobaan.
2. Faktor yang dapat diidentifikasi, tetapi pengaruhnya tidak dapat diduga. Hal ini dapat diatasi dengan dilakukan pengacakan.
3. Faktor yang tidak dapat diidentifikasi. Hal ini diatasi dengan dilakukan pengulangan.

2.1.3 Peminimuman Galat Percobaan

Meminimumkan galat percobaan (*experimental error*) yang berguna dalam meningkatkan ketelitian percobaan diharuskan terdapat hal-hal berikut antara lain:

1. Pengendalian terhadap lingkungan. Hal ini dapat dilakukan dengan perancangan percobaan, penggunaan peubah pengiring, dan perluasan ukuran satuan percobaan.
2. Pengacakan. Hal ini dilakukan dengan memberikan kesempatan yang sama pada setiap satuan percobaan untuk dikenakan perlakuan.
3. Pengulangan. Ulangan dilakukan dengan memberikan perlakuan yang sama pada satuan percobaan lebih dari satu kali. Fungsi dari ulangan antara lain:
 - a. Pendugaan galat
 - b. Meningkatkan ketelitian percobaan
 - c. Memperluas cakupan kesimpulan
 - d. Mengendalikan ragam galat

2.2 Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Rancangan acak lengkap merupakan jenis rancangan percobaan yang paling sederhana. Adapun yang melatarbelakangi digunakannya RAL adalah sebagai berikut:

1. Satuan percobaan yang digunakan homogen atau tidak ada faktor lain yang mempengaruhi respon di luar faktor yang dicoba atau diteliti.
2. Faktor luar yang dapat mempengaruhi percobaan dapat dikontrol. Misalnya, percobaan yang dilakukan di laboratorium.

Keuntungan-keuntungan RAL antara lain (Lentner & Bishop, 1986):

1. Pelaksanaannya mudah, yaitu tidak terdapat pembatasan dalam hal banyaknya perlakuan ataupun banyaknya ulangan dalam perlakuan.

2. Analisis data mudah, yaitu RAL sangat mudah dianalisis bahkan dengan ulangan setiap perlakuan yang tidak sama.
3. Derajat bebas yang diberikan adalah maksimum untuk pendugaan galat percobaan.

Sedangkan kerugiannya adalah rancangan ini relatif tidak efisien ketika terdapat rancangan percobaan lain yang lebih tepat. Hal ini bersumber dari fakta bahwa semua keragaman yang tidak diketahui tercakup dalam galat percobaan.

2.2.1 Model Linier dan Asumsi

Bentuk umum dari model linier untuk RAL dengan ulangan yang sama dapat dituliskan sebagai berikut (Lentner & Bishop, 1986):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}; \quad i = 1, 2, \dots, t \text{ dan } j = 1, 2, \dots, r \quad (1)$$

Keterangan:

Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke- i dan ulangan ke- j

μ = rata-rata umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke- $i = \mu_i - \mu$

ε_{ij} = penyimpangan pengamatan ke- ij dari rata-rata perlakuan (komponen galat)

μ_i = model rata-rata perlakuan ke- i

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam RAL dengan model pengaruh perlakuan tetap adalah (Ryan, 2007):

a. μ adalah konstanta tetap untuk semua perlakuan pengamatan.

b. $\varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma_\varepsilon^2)$

ε_{ij} menyebar mengikuti distribusi normal dan saling bebas dengan nilai rata-rata 0, serta varian/ragam σ_ε^2 .

c. $\sum_{i=1}^t \tau_i = 0$.

Bentuk hipotesis yang diuji untuk model pengaruh perlakuan tetap adalah:

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$

H_1 : paling sedikit terdapat $\mu_i \neq \mu_h; i \neq h = 1, 2, \dots, t$

Hipotesis tersebut dirumuskan untuk menguji bahwa tidak terdapat pengaruh perlakuan terhadap respon yang diamati. Dengan kata lain, rata-rata setiap perlakuan dalam suatu percobaan adalah sama (Montgomery, 1997).

2.2.2 Layout Data pada RAL

Pengacakan dilakukan supaya analisis data yang dilakukan menjadi sah. Pengacakan dapat dilakukan dengan menggunakan undian atau angka acak. Misalkan terdapat t perlakuan yang akan dicobakan dan masing-masing perlakuan diulang dengan perulangan yang sama, yaitu r kali. Sehingga terdapat tr satuan percobaan dengan hasil undian atau angka acak yang diperoleh perlakuan-perlakuan tersebut ditempatkan pada satuan percobaan tersebut. Data hasil percobaan RAL ditabelkan sebagai berikut (Lentner & Bishop, 1986):

Tabel 1 Layout Data pada RAL

	Pengamatan/Ulangan						Total Perlakuan	Rataan Perlakuan	
	1	2	...	j	...	r			
Perlakuan	1	Y_{11}	Y_{12}	...	Y_{1j}	...	Y_{1r}	$Y_{1.}$	$\bar{Y}_{1.}$
	2	Y_{21}	Y_{22}	...	Y_{2j}	...	Y_{2r}	$Y_{2.}$	$\bar{Y}_{2.}$
	·	·	·		·		·	·	·
	·	·	·		·		·	·	·
	·	·	·		·		·	·	·
	i	Y_{i1}	Y_{i2}	...	Y_{ij}	...	Y_{ir}	$Y_{i.}$	$\bar{Y}_{i.}$
	·	·	·		·		·	·	·
t	Y_{t1}	Y_{t2}	...	Y_{tj}	...	Y_{tr}	$Y_{t.}$	$\bar{Y}_{t.}$	
Total Ulangan	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$...	$Y_{.j}$...	$Y_{.r}$	$Y_{..}$	$\bar{Y}_{..}$	

Sumber: Lentner & Bishop, 1986

2.2.3 Analisis Varian (ANOVA)

Tabel 2 Struktur Tabel ANAVA pada RAL dengan Model Pengaruh Tetap

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	NHKT
(SK)	(db)	(JK)	(KT)	
Perlakuan	$t - 1$	$JK[P]$	$KT[P]$	$\sigma_{\epsilon}^2 + \frac{r}{t-1} \sum_{i=1}^t \tau_i^2$
Galat	$t(r - 1)$	$JK[G]$	$KT[G]$	σ_{ϵ}^2
Total	$tr - 1$	$JK[T]$		

Sumber: Lentner & Bishop, 1986

Prosedur pengujian hipotesis akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Perumusan Hipotesis

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

$$H_1 : \text{paling sedikit terdapat } \mu_i \neq \mu_h; i \neq h = 1, 2, \dots, t$$

2. Tingkat signifikan ($\alpha = 0.05$ dan $\alpha = 0.01$)

3. Statistik uji yang digunakan adalah statistik uji- F . F_{hitung} dibandingkan dengan F_{tabel} yang memiliki derajat bebas $(t - 1)$ dan $t(r - 1)$.

4. Kriteria Pengujian

- Jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak.
- Jika nilai $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka H_0 diterima.

5. Kesimpulan

Penolakan hipotesis nol berimplikasi bahwa perlakuan yang diberikan terhadap unit-unit percobaan memberikan pengaruh nyata terhadap respon yang diamati.

Menurut Lentner dan Bishop (1986), pendefinisian secara umum dan formula perhitungan untuk masing-masing jumlah kuadrat adalah sebagai berikut:

$$JK[T] = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{n} \quad (2)$$

$$JK[P] = \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{n} \quad (3)$$

$$JK[G] = JK[T] - JK[P] \quad (4)$$

$$KT[P] = \frac{JK[P]}{t-1} \quad (5)$$

$$KT[G] = \frac{JK[G]}{t(r-1)} \quad (6)$$

$$F_{hitung} = \frac{KT[P]}{KT[G]} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji *Least Significant Difference* (LSD)

Nilai kritis LSD (Hanafiah, 2003):

$$LSD_{\alpha} = t_{\frac{\alpha}{2}; v} \left(\sqrt{\frac{2KT[G]}{r}} \right) \quad (8)$$

Adapun langkah-langkah pengujian LSD adalah sebagai berikut:

1. Rataan perlakuan diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar atau sebaliknya.
2. Angka bantuan untuk mencegah kekeliruan perbandingan ditandai dengan i merupakan penunjuk perlakuan ke- i berdasarkan hasil pengurutan langkah 1, dan h merupakan kebalikan dari urutan perlakuan ke- i .
3. Dihitung selisih mutlak antara rata-rata perlakuan ke- i dengan rata-rata perlakuan ke- h , kemudian dibandingkan dengan nilai kritis LSD_{α} yang telah ditentukan sebelumnya. Jika selisih rata-rata perlakuan lebih kecil atau sama dengan LSD_{α} , maka kriteria pemberian tanda yang menunjukkan hipotesis nol diterima dilihat pada langkah 5. Sebaliknya, jika selisih rata-rata perlakuan lebih besar dari LSD_{α} , maka kriteria pemberian tanda yang menunjukkan hipotesis nol ditolak dilihat pada langkah 4.
4. Perlakuan yang berbeda dengan perlakuan yang dibandingkan harus ditandai dengan menggunakan salah satu dari dua tanda. Adapun kriteria pemberian tanda pada setiap selisih mutlak rata-rata perlakuan tersebut, yaitu (Soetomboz, 2009):

(a) * = nyata (*significant*)

Jika nilai selisih mutlak lebih besar dari LSD_{α} ($|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| > LSD_{\alpha}$) pada taraf signifikansi rendah umumnya 5%, maka hasil uji disebut berbeda nyata.

(b) ** = sangat nyata (*highly significant*)

Jika nilai selisih mutlak lebih besar dari LSD_{α} ($|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| > LSD_{\alpha}$) pada taraf signifikan tinggi umumnya 1%, maka hasil uji disebut berbeda sangat nyata.

5. Hipotesis nol diterima artinya tidak terdapat perbedaan antara perlakuan yang satu dengan yang lain. Adapun kriteria pemberian tanda pada setiap selisih mutlak rata-rata perlakuan tersebut, yaitu:

tn = tidak nyata (*non significant*)

Jika nilai selisih mutlak lebih kecil atau sama dengan LSD_{α} ($|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| \leq LSD_{\alpha}$) pada taraf signifikan tertentu, maka hasil uji disebut berbeda tidak nyata.

Setelah prosedur perbandingan selesai, kriteria pengujianya adalah:

Jika $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| > LSD_{\alpha}$ dengan hasil (*) atau (**), maka perlakuan dengan \bar{Y}_i memiliki perbedaan terhadap perlakuan dengan \bar{Y}_h . Selang kepercayaan $(1 - \alpha)100\%$ adalah:

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_h \pm LSD_{\alpha} \quad (9)$$

3.2 Uji *Honestly Significant Difference* (HSD)

Nilai kritis HSD (Furqon, 2004):

$$HSD_{\alpha} = q_{\alpha; t; db\ galat} \left(\sqrt{\frac{KT[G]}{r}} \right) \quad (10)$$

dimana $q_{\alpha; t; db\ galat}$ adalah nilai pada distribusi *studentized range* dengan taraf pengujian/signifikan α , banyaknya perlakuan t , dan derajat bebas galat.

Prosedur perbandingan ini sangat bagus digunakan untuk memisahkan perlakuan-perlakuan yang memang benar berbeda dan metode ini dikenal tidak terlalu sensitif.

Adapun langkah-langkah pengujian HSD adalah sebagai berikut:

1. Rataan perlakuan diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar atau sebaliknya.
2. Angka penunjuk perlakuan dapat membantu dalam perbandingan, ditandai dengan i yang merupakan penunjuk perlakuan ke- i sesuai hasil pengurutan langkah 1, dan h merupakan kebalikan dari urutan perlakuan ke- i .
3. Dihitung selisih mutlak antara rata-rata perlakuan ke- i dengan rata-rata perlakuan ke- h , kemudian dibandingkan dengan nilai kritis HSD_{α} yang telah ditentukan sebelumnya. Jika selisih rata-rata perlakuan lebih kecil atau sama dengan HSD_{α} , maka kriteria pemberian tanda yang menunjukkan hipotesis nol diterima dilihat pada langkah 5. Sebaliknya, jika selisih rata-rata perlakuan lebih besar dari HSD_{α} , maka kriteria pemberian tanda yang menunjukkan hipotesis nol ditolak dilihat pada langkah 4.
4. Perlakuan yang berbeda dengan perlakuan yang dibandingkan harus ditandai dengan menggunakan salah satu dari dua tanda. Adapun kriteria pemberian tanda pada setiap selisih mutlak rata-rata perlakuan tersebut, yaitu:

(a) * = nyata (*significant*)

Jika nilai selisih mutlak lebih besar dari HSD_{α} ($|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| > HSD_{\alpha}$) pada taraf signifikan rendah umumnya 5%, maka hasil uji disebut berbeda nyata.

(b) ** = sangat nyata (*highly significant*)

Jika nilai selisih mutlak lebih besar dari $HSD_{\alpha} \left(|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| > HSD_{\alpha} \right)$ pada taraf signifikan tinggi umumnya 1%, maka hasil uji disebut berbeda sangat nyata.

5. Hipotesis nol diterima artinya tidak terdapat perbedaan antara perlakuan yang satu dengan yang lain. Adapun kriteria pemberian tanda pada setiap selisih mutlak rataan perlakuan tersebut, yaitu:

$t_n =$ tidak nyata (*non significant*)

Jika nilai selisih mutlak lebih kecil atau sama dengan $HSD_{\alpha} \left(|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| \leq HSD_{\alpha} \right)$ pada taraf pengujian yang digunakan, maka hasil uji ini disebut berbeda tidak nyata.

Setelah prosedur perbandingan selesai, kriteria pengujiannya adalah:

Jika $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| > HSD_{\alpha}$ dengan hasil (*) atau (**), maka perlakuan dengan \bar{Y}_i memiliki perbedaan terhadap perlakuan dengan \bar{Y}_h . Selang kepercayaan $(1 - \alpha)100\%$ adalah:

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_h \pm HSD_{\alpha} \quad (11)$$

3.3 Uji Student-Newman-Keuls (SNK)

Nilai kritis SNK dapat dihitung sebagai berikut (Montgomery, 1997):

$$SNK_p = q_{\alpha; p; db\ galat} \left(\sqrt{\frac{KT[G]}{r}} \right) \quad (12)$$

dimana $q_{\alpha; p; db\ galat}$ adalah nilai pada distribusi *studentized range* pada taraf pengujian α , jarak peringkat dua perlakuan p dengan $p = 2, 3, 4, \dots, t$, dan derajat bebas galat.

Adapun langkah-langkah pengujian SNK adalah sebagai berikut:

1. Rataan perlakuan diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar atau sebaliknya.
2. Angka penunjuk perlakuan dapat membantu dalam perbandingan, ditandai dengan i yang merupakan penunjuk perlakuan ke- i sesuai hasil pengurutan langkah 1, dan h merupakan kebalikan dari urutan perlakuan ke- i .
3. Dihitung selisih mutlak antara rataan perlakuan ke- i dengan rataan perlakuan ke- h .
4. Sebagai pembanding digunakan $p = 2, 3, 4, \dots, t$ untuk menentukan $q_{\alpha; p; db\ galat}$, selanjutnya dihitung nilai SNK_p dari masing-masing jarak p .
5. Selisih rataan perlakuan yang terkecil dengan terbesar pertama dibandingkan dengan SNK_p yang memiliki jarak p terbesar atau $p = t$. Selanjutnya, selisih rataan perlakuan yang terkecil dengan terbesar kedua dibandingkan dengan SNK_p yang memiliki jarak $p = t - 1$. Perbandingan ini berlangsung sampai seluruh rataan perlakuan telah dibandingkan dengan rataan perlakuan terkecil.
6. Selisih rataan perlakuan yang terkecil kedua dengan terbesar pertama dibandingkan dengan SNK_p yang memiliki jarak $p = t - 1$. Selanjutnya, selisih rataan perlakuan yang terkecil kedua dengan terbesar kedua dibandingkan dengan SNK_p yang memiliki jarak $p = t - 2$. Perbandingan ini berlangsung sampai seluruh rataan perlakuan telah dibandingkan dengan rataan perlakuan terkecil kedua. Proses ini berlangsung untuk seluruh kemungkinan perbandingan.
7. Jika selisih rataan perlakuan lebih kecil atau sama dengan SNK_p untuk nilai $q_{\alpha; p; db\ galat}$ dengan jarak p tertentu yang telah dibandingkan, maka kriteria

pemberian tanda yang menunjukkan hipotesis nol diterima dapat dilihat pada langkah 9. Sebaliknya, jika nilai selisih rata-rata perlakuan lebih besar dari SNK_p untuk nilai $q_{\alpha; p; db\ galat}$ dengan jarak p tertentu yang telah dibandingkan, maka kriteria pemberian tanda yang menunjukkan hipotesis nol ditolak pada langkah 8.

8. Kriteria penolakan hipotesis nol sama halnya seperti pada prosedur uji LSD dan HSD.
9. Sama saja seperti pada uji LSD dan HSD.

Setelah prosedur perbandingan selesai, kriteria pengujiannya adalah:

Jika $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| > SNK_p$ dengan hasil (*) atau (**), maka pasangan pada perlakuan dengan \bar{Y}_i memiliki perbedaan terhadap perlakuan dengan \bar{Y}_h .

3.4 Uji Duncan's *New Multiple Range* (DNMR)

Nilai kritis DNMR dapat dihitung sebagai berikut (Hines & Montgomery, 1989):

$$DNMR_p = q_{\alpha; p; db\ galat} \left(\sqrt{\frac{KT[G]}{r}} \right) \quad (13)$$

dimana $q_{\alpha; p; db\ galat}$ nilai Tabel Duncan pada taraf pengujian α , jarak peringkat dua perlakuan p dengan $p = 2, 3, 4, \dots, t$, dan derajat bebas galat.

Adapun langkah-langkah pengujian DNMR adalah sebagai berikut:

1. Rataan perlakuan diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar atau sebaliknya.
2. Angka bantuan untuk mencegah kekeliruan perbandingan ditandai dengan i merupakan penunjuk perlakuan ke- i berdasarkan hasil pengurutan langkah 1, dan h merupakan kebalikan dari urutan perlakuan ke- i .
3. Dihitung selisih mutlak antara rata-rata perlakuan ke- i dengan rata-rata perlakuan ke- h .
4. Sebagai pembanding digunakan $p = 2, 3, 4, \dots, t$ untuk menentukan $q_{\alpha; p; db\ galat}$, kemudian dihitung nilai kritis $DNMR_p$ dari masing-masing jarak p .
5. Selisih rata-rata perlakuan yang terkecil dengan terbesar pertama dibandingkan dengan $DNMR_p$ yang memiliki jarak $p = t$. Selanjutnya, selisih rata-rata perlakuan yang terkecil dengan terbesar kedua dibandingkan dengan $DNMR_p$ yang memiliki jarak $p = t - 1$. Perbandingan ini berlangsung sampai seluruh rata-rata perlakuan telah dibandingkan dengan rata-rata perlakuan terkecil.
6. Selisih rata-rata perlakuan yang terkecil kedua dengan terbesar pertama dibandingkan dengan $DNMR_p$ yang memiliki jarak $p = t - 1$. Selanjutnya, selisih rata-rata perlakuan yang terkecil kedua dengan terbesar kedua dibandingkan dengan $DNMR_p$ yang memiliki jarak $p = t - 2$. Perbandingan ini berlangsung sampai seluruh rata-rata perlakuan telah dibandingkan dengan rata-rata perlakuan terkecil kedua. Proses ini berlangsung untuk seluruh kemungkinan perbandingan.
7. Jika selisih rata-rata perlakuan lebih kecil dari $DNMR_p$ untuk nilai $q_{\alpha; p; db\ galat}$ dengan jarak p tertentu yang telah dibandingkan, maka cara pemberian tanda yang menunjukkan hipotesis nol diterima dapat dilihat pada langkah 9. Sebaliknya, jika selisih rata-rata perlakuan lebih besar dari nilai kritis $DNMR_p$ untuk nilai $q_{\alpha; p; db\ galat}$

dengan jarak p tertentu yang telah dibandingkan, maka cara pemberian tanda yang menunjukkan hipotesis nol ditolak dapat dilihat pada langkah 8.

8. Kriteria penolakan hipotesis nol sama seperti pada prosedur uji LSD, HSD, SNK.

9. Kriteria pemberian tanda untuk hipotesis nol diterima sama pada LSD, HSD, SNK.

Setelah prosedur perbandingan selesai, kriteria pengujiannya adalah:

Jika $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_h| > DNMR_p$ dengan hasil (*) atau (**), maka pasangan pada perlakuan dengan \bar{Y}_i memiliki perbedaan terhadap perlakuan dengan \bar{Y}_h .

3.5 Kajian Prosedur Uji Lanjut dari ANAVA dalam RAL

Pengkajian perbandingan antara keempat prosedur uji lanjut dari ANAVA ini pada RAL adalah dengan dilakukan 1500 simulasi data yang memiliki rata-rata dan varian yang berbeda-beda. Perhitungan-perhitungan dalam simulasi data ini sama seperti perhitungan yang dilakukan dalam teladan penerapan sebelumnya. Hasil simulasi ini adalah mengetahui banyaknya perlakuan yang memberikan pengaruh yang berbeda yang disimbolkan dengan (*) dan (**). Berdasarkan simulasi tersebut, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil Signifikan Uji Lanjut dari ANAVA

Signifikasi	Uji Lanjut dari ANAVA			
	Uji LSD	Uji HSD	Uji SNK	Uji DNMR
(*) dan (**)	8519	6211	7609	8048
tn	6481	8789	7391	6952
Total	15000	15000	15000	15000

Berdasarkan 15000 simulasi pada data dengan masing-masing uji lanjut dari ANAVA tersebut yang memiliki 10 perbandingan perlakuan, terdapat 8519 kesimpulan yang dihasilkan uji LSD yang menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda. Sedangkan uji HSD tidak dapat menunjukkan lebih nyata perlakuan yang berbeda.

Selanjutnya dari 1500 simulasi pada data yang memiliki sebaran Normal, terdapat 93 kesimpulan dari ANAVA yang menyatakan tidak signifikan/nyata. Secara teori, uji lanjut dari ANAVA hanya dapat dilakukan dengan syarat hipotesis nol pada ANAVA ditolak.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai uji lanjut dari ANAVA tersebut, kesimpulan dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

- Uji LSD dan HSD memiliki prosedur yang hampir sama, tetapi berbeda pada statistik uji yang digunakannya.
- Uji SNK dan DNMR menggunakan konsep jarak sebagai pembanding terhadap masing-masing statistik uji.
- Berdasarkan teori, uji lanjut dari ANAVA hanya dapat dilakukan apabila hipotesis nol ditolak. Akan tetapi, berdasarkan hasil simulasi diperoleh bahwa uji LSD dan

DNMR dapat menunjukkan pengaruh perlakuan yang berbeda baik untuk hasil pengujian hipotesis ANAVA yang signifikan/nyata maupun yang tidak nyata.

4.2 Saran

Sebaiknya dilakukan juga kajian uji LSD, HSD, SNK, dan DNMR untuk rancangan percobaan lainnya, seperti Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dan Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL). Serta dapat juga melakukan analisis untuk uji lanjut dari ANAVA seperti Benferroni, Peubah Ganda- t , Scheffe, Dunnett, Hsu, dan Kontras Rataan pada Rancangan Acak Lengkap (RAL).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2003. *Statistical Analysis (1-Way ANOVA)*.
http://www.chem.agilent.com/cag/bsp/products/gsgx/Downloads/pdf/one_way_anova.pdf
- Anonim. 2009a. *Assessing the Response from any Factor Combination*.
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/prc/section4/prc436.htm#example1>
- Anonim. 2009b. *Multiple/Post Hoc Group Comparisons in ANOVA*.
<http://www.nd.edu/~rwilliam/stats1/x53.pdf>
- Anonim. 2009c. *Part V Analysis of Variance (ANOVA) Post Hoc Comparisons*.
<http://www.uwsp.edu/psych/cw/statmanual/posthocs.html>
- Anonim. 2009d. *Post-Hoc Test*. <http://faculty.unefsu.edu/dwallace/lesson%2016.pdf>
- Anonim. 2009e. *Tukey's Method*.
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/prc/section4/prc436.htm#example1>
- Antony, J. 2003. *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. Elsevier Science and Technology Books. Newport.
- Berthovex, P. M., et al. 2002. *Statistics for Environmental Engineers Second Edition*. Lewis Publishers. USA.
- Dean, A. and D. Voss. 1999. *Design and Analysis of Experiments*. Springer. New York.
- Djunaidi. 2008. *Pengujian Hipotesis Dua Rata-rata Berpasangan*. <http://nyobaya.blogspot.com/2008/09/analisis-lanjut-one-way-anova.html>
- Furqon. 2004. *Statistika Terapan untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung.
- Hanafiah, K. A. 2003. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Hines, W. W. and D. C. Montgomery. 1989. *Probabilita dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Hinkelmann, K. and O. Kempthorne. 1955. *Design and Analysis of Experiments Volume 1 Introduction to Experimental Design Second Edition*. John Wiley and Sons. Canada.
- Lentner, M. and T. Bishop. 1986. *Experimental Design and Analysis*. Valey Book Company. Blacksburg.
- Montgomery, D. C. 1997. *Design and Analysis of Experiments Fifth Edition*. John Wiley and Sons. New York.
- Nugroho, S. 2008a. *Dasar-dasar Rancangan Percobaan Edisi Pertama*. UNIB Press. Bengkulu.
- Nugroho, S. 2008b. *Statistika Matematika*. UNIB Press. Bengkulu.
- Ryan, T. P. 2007. *Modern Experimental Design*. Wiley. Canada.

- Santoso, A. 2008. *ANAVA Identity Post Hoc dan Kontras*.
<http://psikologistatistik.blogspot.com/2008/04/anava-identity-post-hoc-dan-kontras.html>
- Seaman, MA. 1991. *How do I Decide between the Tukey and Newman-Keuls Multiple Comparison Test?*. <http://www1.graphpad.com/faq/viewfaq.cfm?faq=1093>
- Soetomboz. 2009. *Uji Lanjutan BNT untuk RAL Tunggal*.
http://analistat.com/old/index.php?id=artikel/rancangan_percobaan/RAL_Tunggal/Uji_Duncan
- Stevens. 1999. *Post Hoc Tests in ANOVA*.
<http://www.uoregon.edu/~stevensj/posthoc.pdf>