

**Analisis tingkat efisiensi daya dan biaya penggunaan lampu neon
sistem elektronik terhadap neon sistem trafo berdasarkan desain
eksperimen faktorial**

Tugas Akhir

Sebagai Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Ditulis oleh :

Dhiasty Mahayanti

NIM. 1 0 3 9 8 0 4 7

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2004

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, penentuan tujuan penelitian dan manfaat penelitian. Bab ini juga membahas mengenai pembatasan masalah dalam penelitian, penetapan asumsi serta sistematika penulisan. Keseluruhan pokok bahasan dalam bab ini diharapkan dapat memberikan gambaran umum tentang penelitian ini dan perlunya penelitian ini dilakukan.

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi serta lahirnya inovasi-inovasi baru mengakibatkan banyak produk baru yang muncul, termasuk berbagai jenis peralatan rumah tangga yang serba elektrik. Peralatan tersebut, mulai dari lampu penerangan, televisi, kulkas hingga AC, kini sudah menjadi barang kebutuhan rumah tangga dan merupakan sumber pemborosan bila tidak digunakan secara efisien. Penggunaan listrik dapat menjadi boros ataupun hemat tergantung oleh cara pemakaiannya. Banyak terjadi, konsumsi listrik melambung tinggi untuk hal yang seharusnya dapat dikurangi. Disamping itu, tagihan listrik yang tinggi dapat disebabkan oleh pemakaiannya yang salah.

Pada dasarnya suatu Inovasi baru tidak mudah diserap oleh seluruh lapisan masyarakat seperti misal "Teknologi Energi Listrik", mula-mula diterima oleh masyarakat pada kalangan atas, bangsawan, feodal, maupun teknokrat, dan lama kelamaan kalangan menengah kebawah merasa butuh akan teknologi tersebut dan akhirnya lambat laun mau menerima, yang ternyata saat sekarang ini teknologi listrik merupakan kebutuhan pokok masyarakat di kota-kota besar (Gunawan, 1994).

Kenyataan yang dihadapi saat ini, masyarakat masih banyak yang belum mengenal atau belum memahami apa yang dimaksud dengan lampu hemat energi. Masyarakat cenderung memilih lampu yang murah dan mudah didapatkan di pasaran tanpa mengetahui dengan pasti konsumsi energi dari lampu tersebut. Hemat energi adalah suatu tema yang menarik perhatian penuh di seluruh masyarakat umum, tapi dalam hubungan ini jarang dipikirkan ke masalah penerangan (Pijpaert, 1995).

Pemilihan jenis lampu juga berpengaruh terhadap besar kecilnya biaya penggunaan listrik tersebut dan masyarakat terkadang kurang memperhatikan hal ini, karena menganggap konsumsi energi listrik untuk penggunaan lampu relatif lebih kecil dibandingkan penggunaan peralatan listrik lainnya, seperti televisi, kulkas, maupun AC. Asumsi ini muncul akibat adanya anggapan bahwa daya yang dibutuhkan oleh satu dari peralatan-peralatan tersebut lebih besar daripada daya sebuah lampu. Demikian pula dengan waktu penggunaannya, dimana beberapa peralatan listrik seperti kulkas dan AC harus hidup selama 24 jam *non-stop*, sedangkan lampu kurang lebih hanya 9 jam per hari. Namun, potensi penghematan energi listrik pada penggunaan lampu tersebut ternyata sangat besar dan lampu merupakan peralatan pengguna tenaga listrik yang utama dan penting. Rata-rata hampir 50 % dari tenaga listrik digunakan untuk penerangan (PT. PLN Persero, 2002).

Saat ini, berbagai jenis dan merk lampu penerangan telah beredar di pasaran dan digunakan oleh setiap rumah tangga, bisnis, industri maupun perkantoran di Indonesia, sehingga penting bagi masyarakat untuk selektif dalam memilih lampu yang tepat untuk digunakan. Banyak jenis lampu yang dijual di pasaran dengan klaim hemat energi, seperti lampu jenis neon atau lampu *fluorescent*, yang lebih dikenal sebagai lampu TL. Ada dua jenis lampu neon (*fluorescence*), yaitu lampu neon sistem trafo dan lampu neon sistem elektronik. Lampu neon sistem trafo menggunakan ballast berupa gulungan (kumparan) kawat pada suatu inti besi, sedangkan lampu neon sistem elektronik menggunakan sistem rangkaian elektronik. Ballast elektronik tidak memiliki rugi-rugi pada inti besi pada kumparan, dan hanya sedikit rugi saja karena rangkaian/sirkuit, sehingga menguntungkan dalam penghematan energi listrik yang diserapnya. Perlu dikatakan di sini, bahwa ballast elektronik baru diterima oleh masyarakat konsumen listrik setelah 10 tahun, sejak lahirnya produk elektronik ini. Di Amerika baru 3 tahun terakhir ballast elektronik dipakai, karena kurang informasi mengenai produk hemat energi tersebut (Pijpaert, 1995).

Oleh karena itu, perlu diteliti lebih lanjut aspek ekonomis dari penggunaan lampu neon berdasarkan pertimbangan teknis dan biaya. Hal tersebut menjadi sebab diadakannya penelitian terhadap lampu neon ini, dengan membedakannya berdasarkan perbedaan sistem, yaitu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik, untuk mencari rasio keuntungan berdasarkan konsumsi daya dan biaya penggunaan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara lampu neon sistem elektronik dan neon sistem trafo berdasarkan pengukuran yang dilakukan terhadap daya input dan daya output serta perhitungan efisiensi daya.
2. Berapakah rasio keuntungan antara neon sistem trafo dan neon sistem elektronik berdasarkan eksperimen tersebut.
3. Bagaimana keuntungan dan biaya dari penggunaan lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mencapai tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui signifikansi perbedaan berdasarkan daya input dan daya output serta perhitungan efisiensi daya.
2. Mengetahui rasio keuntungan antara lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik yang diteliti.
3. Mengetahui keuntungan dan biaya dari penggunaan lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan pertimbangan kepada konsumen dalam memilih lampu sebagai alat penerangan di rumah tangga, industri, bisnis, maupun perkantoran.
2. Memberikan estimasi biaya dan konsumsi daya penggunaan lampu neon sehingga konsumen dapat melakukan perencanaan yang baik dalam menerapkan sistem penerangan.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam teknis eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini secara keseluruhan dan keterkaitan dengan aspek yang tidak diteliti. Oleh karena itu, agar lebih fokus pada permasalahan yang ada, perlu ditetapkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan terhadap dua jenis lampu neon, yaitu neon sistem trafo dan elektronik. Ballast trafo yang digunakan adalah Philips, sedangkan ballast elektronik yang digunakan adalah Ballast NE.
2. Tabung neon menggunakan dua jenis lampu TL, yaitu Dop dan Phillips.
3. Tabung neon yang dipakai dalam penelitian ini adalah neon panjang.
4. Ukuran daya lampu neon adalah 10 Watt, 20 Watt, dan 40 Watt.
5. Jarak pengukuran daya output sejauh 50 cm.
6. Golongan yang dipakai sebagai pedoman dalam penentuan tarif dasar listrik adalah rumah tangga, industri, bisnis, dan perkantoran.

1.6 Asumsi-asumsi

Adanya aspek-aspek yang tidak diteliti serta keterbatasan alat dan metode yang digunakan dalam eksperimen sulit dikendalikan, maka untuk mendukung keyakinan terhadap hasil-hasil penelitian perlu ditetapkan asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Umur lampu neon sistem elektronik sama dengan umur lampu neon sistem trafo.
2. Alat ukur yang digunakan, yaitu Volt-Amperemeter, stop watch, lightmeter diasumsikan valid.
3. Pembacaan skala selama pengukuran valid.
4. Harga neon yang dipergunakan konstan.
5. Biaya pemasangan lampu tidak termasuk dalam perhitungan biaya.
6. Variabel bebas lain yang muncul pada saat pengukuran berkaitan dengan kondisi ruangan seperti warna cat dinding dan lantai diasumsikan tidak berpengaruh terhadap variabel respon, yaitu daya input dan daya output lampu neon.
7. Biaya Pajak Penerangan Jalan Umum (PPJU) ditetapkan sebesar 9 % dari biaya beban dan biaya pemakaian.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir yang bertujuan untuk memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pemahaman pembaca diorganisasikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, penentuan tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian,

manfaat penelitian, batasan-batasan masalah, asumsi-asumsi yang diperlukan, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai konsep atau teori yang menjadi landasan bagi penelitian baik *text book*, jurnal, majalah maupun sumber literatur lainnya. Pada bagian ini akan dibahas mengenai prinsip kerja kedua jenis lampu neon tersebut dan model rancangan percobaan desain faktorial berdasarkan eksperimen.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai kerangka atau langkah penelitian yang akan dilakukan beserta metode-metode yang digunakan dalam pemecahan masalah.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini membahas mengenai proses yang dilakukan dalam pengumpulan dan pengolahan data. Pembahasan tentang pengumpulan data secara rinci akan dikemukakan mulai dari waktu, tempat serta prosedur pengukuran daya input, daya output serta efisiensi daya yang dilakukan berdasarkan rancangan yang telah dibuat sebelumnya, hingga diperoleh data-data dari hasil penelitian. Pengolahan data dilakukan terhadap data hasil penelitian tersebut berdasarkan metode yang telah ditentukan dalam bab sebelumnya.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai analisis dari hasil pengolahan data serta interpretasi dari hasil yang didapatkan melalui penelitian tersebut.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian akhir dari keseluruhan penelitian yang dilakukan, membahas mengenai penarikan kesimpulan dari hasil yang diperoleh serta usulan atau saran bagi penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Bab ini membahas tentang konsep-konsep yang berkaitan dengan obyek penelitian yang dilakukan. Bagian pertama bab ini membahas gambaran umum tentang kondisi perlampuan di Indonesia. Bagian kedua bab ini membahas tentang konsep lampu neon sistem trafo maupun elektronik. Bagian ketiga bab ini membahas tentang konsep dasar desain eksperimen faktorial, dan anava yang digunakan sebagai perangkat analisa data hasil eksperimen, serta pengujian lanjutan yang perlu dilakukan setelah anava. Bagian akhir yang dibahas dalam bab ini adalah perhitungan biaya berkaitan dengan komponen biaya penggunaan lampu.

2.1 Gambaran Umum Sistem Perlampuan di Indonesia

Menurut Gunawan (1994), sejarah perkembangan perlampuan berawal sejak puluhan abad yang lalu dari suatu penemuan manusia yang membutuhkan penerangan (cahaya buatan) untuk malam hari dengan cara menggosok-gosokan batu hingga mengeluarkan api/cahaya, kemudian dari api dikembangkan dengan membakar benda-benda yang mudah menyala hingga membentuk sekumpulan cahaya dan seterusnya, sampai ditemukan bahan bakar minyak dan gas yang dapat digunakan sebagai bahan penyalaan untuk lampu obor, lampu minyak maupun lampu gas. Teknologi berkembang terus dengan ditemukannya lampu listrik oleh Thomas Alpha Edison pada tanggal 21 Oktober 1879 di laboratorium Edison-Menlo Park, Amerika Serikat. Prinsip kerja dari lampu listrik tersebut adalah dengan cara menghubungkan singkat listrik pada filamen Karbon (C), sehingga terjadi arus hubung singkat yang mengakibatkan timbulnya panas. Panas yang terjadi dibuat hingga suhu tertentu sampai mengeluarkan cahaya, dan cahaya yang dihasilkan pada waktu itu baru mencapai 3 Lumen/W (*Lumen = satuan arus cahaya*).

Lima puluh tahun kemudian, tepatnya tahun 1933, filamen karbon diganti dengan filamen tungsten atau Wolfram (=Wo) yang dibuat membentuk lilitan kumparan sehingga dapat meningkatkan *efficacy* lampu menjadi ± 20 Lumen/W. Sistem pembangkitan cahaya buatan ini disebut sistem pemijaran (*Incandescence*). Revolusi teknologi perlampuan berkembang dengan pesat, pada tahun 1910 pertama kali digunakan lampu luah (*discharge*) tegangan tinggi. Prinsip kerja lampu ini menggunakan sistem emisi-elektron yang bergerak dari katoda menuju anoda pada tabung lampu akan menumbuk atom-atom media gas yang ada di dalam tabung tersebut, akibat tumbukan akan menjadi pelepasan energi dalam bentuk cahaya. Sistem pembangkitan cahaya buatan

ini disebut *luminescence* (berpendarnya energi cahaya keluar tabung) (Gunawan, 1994).

Media gas yang digunakan dapat berbagai macam. Lampu luah dengan gas Sodium tekanan rendah ditemukan pada tahun 1932, lampu luah dengan gas Merkuri dikembangkan pada tahun 1935, dan kemudian tahun 1939 berhasil dikembangkan lampu *fluorescence*, yang biasa dikenal dengan lampu neon, hingga lampu Xenon tahun 1959. Khusus lampu sorot dengan warna yang lebih baik telah dikembangkan gas Metalhalide (Halogen yang dicampur dengan Iodine) pada tahun 1964, sampai pada akhirnya lampu Sodium tekanan tinggi tahun 1965. Prinsip emisi elektron ini yang dapat meningkatkan *efficacy* lampu diatas 50 Lumen/W, jauh lebih tinggi dibanding dengan prinsip pemijaran. Hal ini jelas karena rugi energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya melalui proses emisi elektron dapat dihemat banyak sekali dibanding dengan cara pemijaran dimana energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya banyak yang hilang terbuang menjadi energi panas (sebelum menjadi energi cahaya). Distribusi energi yang diubah menjadi energi cahaya (Gunawan, 1994).

Pada era yang terakhir telah dikembangkan lampu pijar dengan sistem induksi magnet yang mempunyai umur paling lama dari lampu-lampu jenis lain \pm 60.000 jam, namun hal ini masih dalam tahap penelitian. Penelitian dan pengembangan (*R & D*) guna mendapat nilai ekonomi yang lebih baik (*benefit/cost ratio*). Untuk sistem penerangan dekade 90-an yang banyak digunakan oleh masyarakat umum saat ini adalah jenis lampu *fluorescence* kompak model SL atau PL, yang dikenal lampu hemat energi (Gunawan, 1994).

2.2 Jenis Lampu TL

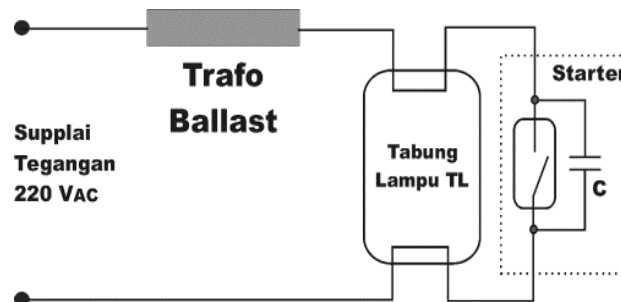
Penggunaan lampu *fluorescence*, dan selanjutnya disebut lampu TL ini sudah sangat luas dan sangat umum baik untuk penerangan rumah, perkantoran, ataupun penerangan pada industri-industri. Keuntungan dari lampu TL ini, seperti yang telah disebutkan di atas adalah menghasilkan cahaya output per watt daya yang digunakan lebih tinggi daripada lampu bolam biasa (*incandescence lamp*).

2.2.1 Lampu TL Standar

Operasi lampu TL standar hanya membutuhkan komponen yang sangat sedikit, yaitu : Ballast (berupa induktor), starter, dan sebuah kapasitor (pada umumnya tidak digunakan) dan sebuah tabung lampu TL. Konstruksi ini dapat dilihat pada gambar 2.1.

Tabung lampu TL ini diisi oleh semacam gas dimana pada saat elektrodanya mendapat tegangan tinggi, maka gas ini akan terionisasi,

sehingga menyebabkan elektron-elektron pada gas tersebut bergerak dan memendarkan lapisan *fluorescence* pada lapisan tabung lampu TL. *Starter* merupakan komponen penting pada sistem lampu TL ini karena starter akan menghasilkan suatu pulsa *trigger* agar ballast dapat menghasilkan *spike* tegangan tinggi. *Starter* merupakan komponen bimetal yang dibangun di dalam sebuah tabung *vacuum* yang biasanya diisi dengan gas neon (Elektro Indonesia, 1994).



Gambar 2.1 Blok diagram lampu TL standar

2.2.2 Operasi Lampu TL Standar

Operasi Lampu TL standar yaitu : ketika tegangan AC 220 volt di hubungkan ke satu set lampu TL maka tegangan diujung-ujung starter sudah cukup untuk menyebabkan gas neon didalam tabung starter untuk panas (terionisasi), sehingga menyebabkan starter yang pada kondisi normal adalah *normally open* ini akan '*closed*'. Hal ini menyebabkan gas neon di dalamnya dingin (deionisasi), dan dalam kondisi starter '*closed*' ini terdapat aliran arus yang memanaskan filamen tabung lampu TL sehingga gas yang terdapat didalam tabung lampu TL ini terionisasi.

Pada saat gas neon di dalam tabung starter sudah cukup dingin maka bimetal di dalam tabung starter tersebut akan '*open*' kembali sehingga ballast akan menghasilkan *spike* tegangan tinggi yang menyebabkan terdapat lompatan elektron dari kedua elektroda dan memendarkan lapisan *fluorescent* pada tabung lampu TL tersebut.

Peristiwa ini akan berulang, dan ketika gas di dalam tabung lampu TL tidak terionisasi penuh sehingga tidak terdapat cukup arus yang melewati filamen lampu neon tersebut, maka lampu neon akan tampak berkedip. Selain itu, jika tegangan induksi dari ballast tidak cukup besar, maka walaupun tabung neon TL tersebut sudah terionisasi penuh tetap tidak akan menyebabkan lompatan elektron dari salah satu elektroda tersebut.

Besarnya tegangan *spike* yang dihasilkan oleh *trafo ballast* dapat ditentukan oleh persamaan 2.1.

$$V = L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots (2.1)$$

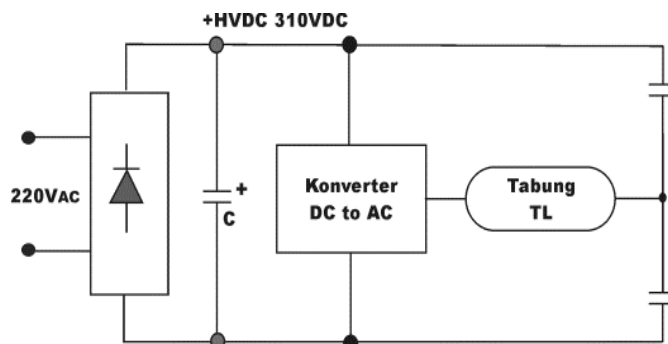
Jika proses '*starting up*' yang pertama tidak berhasil maka tegangan diujung-ujung *starter* akan cukup untuk menyebabkan gas neon di dalamnya untuk terionisasi (panas) sehingga *starter* '*closed*'. Dan seterusnya sampai lampu TL ini masuk pada kondisi *steady state*, yaitu pada saat impedansinya turun menjadi ratusan ohm. Impedansi dari tabung akan turun dari ratusan megaohm menjadi ratusan ohm saja pada saat kondisi '*steady state*'. Arus yang ditarik oleh lampu TL tergantung dari impedansi ballast trafo seri dengan impedansi tabung lampu TL.

Selain itu, karena tidak ada sinkronisasi dengan tegangan input, maka ada kemungkinan pada saat *starter* berubah kondisi dari '*closed*' ke '*open*' terjadi pada saat tegangan AC turun mendekati nol, sehingga tegangan yang dihasilkan oleh ballast tidak cukup untuk menyebabkan lompatan elektron pada tabung lampu TL.

2.2.3 Ballast Elektronik

Pada prinsipnya *controller* lampu TL (sering disebut sebagai ballast elektronik) terdiri dari komponen yang memberikan arus dengan frekuensi tinggi di atas 18KHz. Frekuensi yang biasa dipakai adalah frekuensi 20KHz sampai 60KHz. Blok diagram ballast elektronik dapat dilihat pada gambar 2.2 (Elektro Indonesia, 1994). Ada 3 macam tipe ballast elektronik yang sering digunakan, yaitu :

- ❖ *Flyback inverter*
- ❖ Rangkaian *Current Source Resonant*
- ❖ Rangkaian *Voltage Source Resonant*

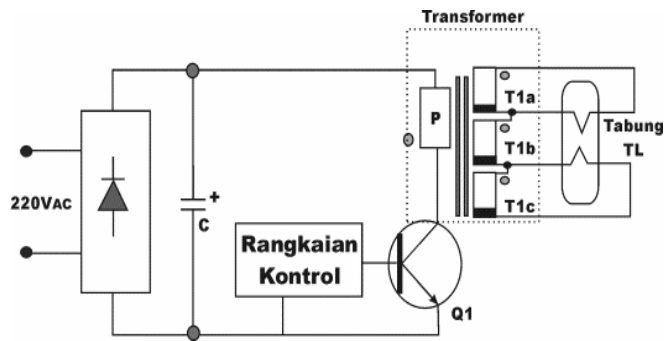


Gambar 2.2 Blok diagram ballast elektronik

A. Flyback Inverter

Tipe ini tidak terlalu populer karena adanya pendekatan transien tegangan tinggi, sehingga berdampak langsung dengan penggunaan tegangan rangkaian tegangan tinggi, begitu pula dengan penggunaan komponen-komponen transistor untuk tegangan tinggi.

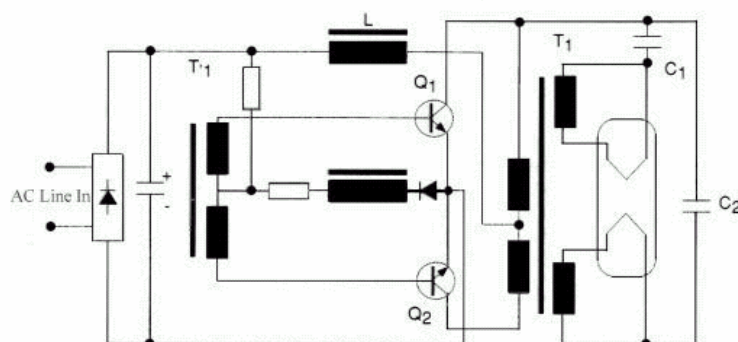
Selain itu rangkaian *flyback* akan menurunkan efisiensi transistor karena kerugian pada saat *switching*. Kerugian yang utama yaitu *flyback inverter* akan menghasilkan tegangan berbentuk kotak dan arus berbentuk segitiga. Tegangan dengan bentuk gelombang seperti ini tidak cukup baik untuk lampu TL. Rangkaian ini dapat menghasilkan sinyal berbentuk sinus, jika ditambahkan komponen induktor dan kapasitor. Blok diagram *flyback inverter* seperti pada gambar 2.3 (Elektro Indonesia, 1994).



Gambar 2.3 Blok diagram flyback inverter

B. Rangkaian Current Source Resonant

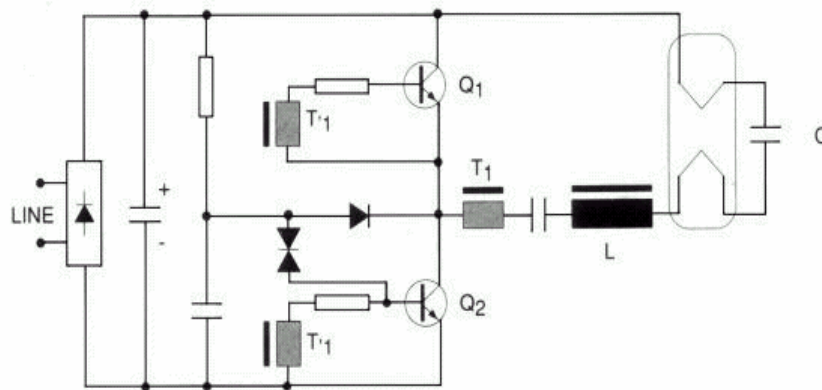
Rangkaian dengan menggunakan teknik ini membutuhkan komponen tambahan induktor yang dinamakan *feed choke*. Komponen ini juga harus menggunakan transistor tegangan tinggi. Oleh karena itu, rangkaian ballast elektronik ini membutuhkan biaya yang lebih tinggi. Komponen transistor yang digunakan harus mempunyai karakteristik tegangan *breakdown* (V_{BR}) harus lebih besar dari 784 volt dan harus mampu mengalirkan arus kolektor sebesar 1 sampai 2A. Gambar 2.4 adalah blok diagram rangkaian *current source resonant* (Elektro Indonesia, 1994).



Gambar 2.4 Blok diagram rangkaian *current source resonant*

C. Rangkaian *Voltage Source Resonant*

Rangkaian ini paling banyak dipakai oleh berbagai industri ballast elektronik saat ini. Tegangan AC sebagai tegangan suplai disearahkan dengan menggunakan *bridge DR* dan akan mengisi kapasitor bank C1. C1 akan menjadi sumber tegangan DC untuk tabung lampu TL. Sebuah input filter dibentuk untuk mencegah rangkaian dari tegangan transien dari tegangan suplai PLN dan melemahkan berbagai sumber *noise EMI (Electro Magnetic Interference)* yang dihasilkan oleh frekuensi tinggi dari tabung lampu TL. Filter input ini dibentuk dengan rangkaian induktor dan kapasitor. Blok diagram rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 2.5 (Elektro Indonesia, 1994).



Gambar 2.5 Blok diagram rangkaian *voltage source resonant*
 Input filter ini harus mempunyai spesifikasi yang baik karena harus dapat mencegah interferensi gelombang radio sehingga di Amerika input filter ini harus mempunyai sertifikat FCC.

Frekuensi resonansi yang dihasilkan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{L(C3 \times C4)}{(C3 + C4)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

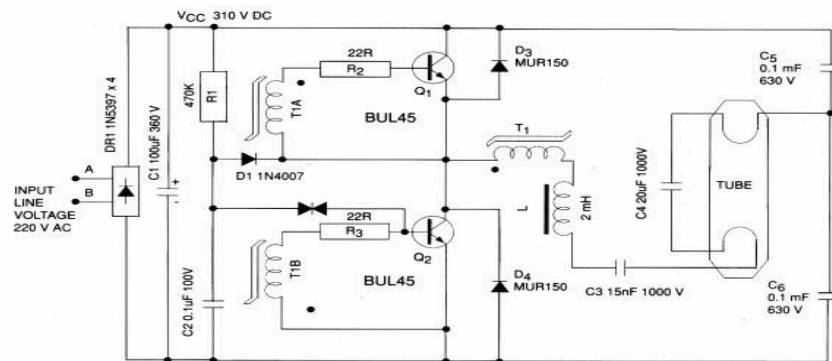
Pada saat rangkaian dihidupkan, maka tabung TL akan mempunyai impedansi yang sangat besar sehingga C4 seakan-akan seri dengan L dan C3 sehingga didapatkan persamaan di atas.

Resonansi yang dihasilkan ini mempunyai tegangan yang cukup besar agar dapat mengionisasi gas yang berada di dalam tabung lampu TL tersebut. Kondisi ini akan menyebabkan kondisi *strating* yang tiba-tiba sehingga dapat memperpendek umur dari filamen, karena filamen belum mendapatkan pemanasan yang cukup untuk mengemisikan elektron. Kondisi ini ditentukan oleh keadaan osilator.

Pada saat *starting up* ini pula terdapat arus *peak* yang sangat besar, sebesar 4 kali arus *steady state*. Oleh karena itu, harus dipilih transistor yang mempunyai karakteristik arus kolektor sebesar 4 x arus *steady state* yaitu sekitar 2.75 A. Arus *steady state* tersebut besarnya sekitar 0.75 A, sehingga Q1 dan Q2 harus mampu melewati arus sebesar 2.75 A.

Ketika tabung TL telah terionisasi dengan penuh, maka impedansinya akan turun menjadi ratusan ohm saja, sehingga akan membuang muatan pada C4. Kondisi ini akan menggeser frekuensi resonansi ke nilai yang ditentukan oleh C3 dan L. Energi yang sedang digunakan tersebut sekarang lebih kecil, begitu pula dengan tegangan di antara elektroda-elektroda yang menjadi kecil pula. Kondisi ini mengakhiri kondisi *start-up* dari lampu TL ini.

Gambar 2.6 merupakan contoh aplikasi untuk elektronik ballast dengan menggunakan *transistor power BUL45* (Elektro Indonesia, 1994).



Gambar 2.6 Skematik ballast elektronik

Pengontrolan pada ballast elektronik perlu memperhatikan parameter dari *transistor power* yang digunakan, yang mampu menggaransi terjadinya keadaan *steady state* dari lampu TL tersebut.

2.3 Desain Eksperimen

Eksperimen merupakan suatu test atau deretan test untuk melihat pengaruh perubahan variabel input dari suatu proses atau sistem terhadap variabel respon atau variabel output yang ingin diamati. Dalam konsep desain eksperimen, eksperimen biasanya dilakukan pada sistem nyata itu sendiri bukan pada model dari sistem. Dengan kata lain, eksperimen untuk mencari nilai variabel respon yang ingin diamati tidak bisa dilakukan dengan menggunakan model matematik seperti dalam simulasi atau optimasi (*operation research*).

Desain Eksperimen merupakan langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar supaya data yang diperoleh membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas (Sudjana, 1985).

Experiment is a study in which certain independent variables are manipulated, their effect on one or more dependent variables is determined, and the levels of these independent variables are assigned at random to the units in the study (Hicks, 1993).

2.3.1 Terminologi

Beberapa istilah atau pengertian yang harus dipahami sebelum mempelajari metode desain eksperimen (Sudjana, 1995; Montgomery, 1984) adalah sebagai berikut :

a. Unit Eksperimen

Objek eksperimen (kelinci percobaan) darimana nilai-nilai variabel respon diukur.

b. Universe

Merupakan daerah asal (populasi) sampel.

c. Pengacakan (randomisasi)

Merupakan sebuah upaya untuk memenuhi beberapa asumsi yang diambil dalam suatu percobaan. Pengacakan berupaya untuk memenuhi syarat adanya independensi yang sebenarnya hanya

memperkecil adanya korelasi antar pengamatan, menghilangkan "bias", dan memenuhi sifat probabilitas dalam pengukuran.

d. Kekeliruan Eksperimen

Merupakan kegagalan daripada dua unit eksperimen identik yang dikenai perlakuan untuk memberi hasil yang sama.

e. Variabel respon (*effect*)

Nama lainnya adalah *dependent variable*, *variable output*, atau ukuran performansi, yaitu output yang ingin diukur dalam eksperimen. Variabel respon dapat bersifat kualitatif atau kuantitatif.

f. Faktor (*causes*)

Sering disebut sebagai *independent variable*, variabel input, atau faktor penyebab, yaitu input yang nilainya akan diubah-ubah dalam eksperimen. Faktor bisa bersifat kualitatif atau kuantitatif, dan *fixed* atau *random*. Faktor bersifat *fixed* karena level-levelnya ditetapkan oleh eksperimenter. Faktor bersifat *random* jika level-level yang diuji dalam eksperimen dipilih secara random oleh eksperimenter.

g. Taraf (*levels*)

Merupakan nilai-nilai atau klasifikasi-klasifikasi dari sebuah faktor. Taraf (*levels*) faktor dinyatakan dengan bilangan 1, 2, 3 dan seterusnya. Misalkan dalam sebuah penelitian terdapat factor-faktor :

a : jenis kelamin

b : cara mengajar

Selanjutnya taraf untuk faktor *a* adalah 1 menyatakan laki-laki, 2 menyatakan perempuan (a_1, a_2). Bila cara mengajar ada tiga, maka dituliskan dengan b_1, b_2, b_3 .

h. Perlakuan (*treatment*)

Sekumpulan kondisi eksperimen yang akan digunakan terhadap unit eksperimen dalam ruang lingkup desain yang dipilih. Perlakuan merupakan kombinasi level-level dari seluruh faktor yang ingin diuji dalam eksperimen.

i. Replikasi

Pengulangan eksperimen dasar yang bertujuan untuk menghasilkan taksiran yang lebih akurat terhadap efek rata-rata suatu faktor ataupun terhadap kekeliruan eksperimen.

j. Faktor Pembatas/ Blok (*Restrictions*)

Sering disebut juga sebagai variabel kontrol (dalam Statistik Multivariat). Yaitu faktor-faktor yang mungkin ikut mempengaruhi variabel respon tetapi tidak ingin diuji pengaruhnya oleh eksperimenter karena tidak termasuk ke dalam tujuan studi.

k. Randomisasi

Yaitu cara mengacak unit-unit eksperimen untuk dialokasikan pada eksperimen. Metode randomisasi yang dipakai dan cara mengkombinasikan level-level dari faktor yang berbeda menentukan jenis desain eksperimen yang akan terbentuk.

2.3.2 Langkah-langkah Eksperimen

Langkah-langkah dalam setiap proyek eksperimen secara garis besar terdiri atas tiga tahapan, yaitu *planning phase*, *design phase* dan *analysis phase*. (Hicks, 1993).

A. *Planning Phase*

Tahapan dalam *planning phase* adalah :

1. Membuat *problem statement* se jelas-jelasnya.
2. Menentukan variabel bebas (*dependent variables*), yaitu efek yang ingin diukur, sering disebut sebagai kriteria atau ukuran performansi.
3. Menentukan *independent variables*.
4. Menentukan level-level yang akan diuji, tentukan sifatnya, yaitu :
 - a. Kualitatif atau kuantitatif ?
 - b. *Fixed* atau random ?
5. Tentukan cara bagaimana level-level dari beberapa faktor akan dikombinasikan (khusus untuk eksperimen dua faktor atau lebih).

B. *Design Phase*

Tahapan dalam *design phase* adalah :

1. Menentukan jumlah observasi yang diambil.
2. Menentukan urutan eksperimen (urutan pengambilan data).
3. Menentukan metode randomisasi.
4. Menentukan model matematik yang menjelaskan variabel respon.
5. Menentukan hipotesis yang akan diuji.

C. *Analysis Phase*

Tahapan dalam *analysis phase* adalah :

1. Pengumpulan dan pemrosesan data.
2. Menghitung nilai statistik-statistik uji yang dipakai.
3. Menginterpretasikan hasil eksperimen.

2.3.3 Eksperimen Faktorial (*Factorial Experiment*)

Eksperimen faktorial digunakan bilamana jumlah faktor yang akan diuji lebih dari satu. Eksperimen faktorial adalah eksperimen dimana semua (hampir semua) taraf (*levels*) sebuah faktor tertentu dikombinasikan dengan semua (hampir semua) taraf (*levels*) faktor lainnya yang terdapat dalam eksperimen. (Sudjana, 1985).

Di dalam eksperimen faktorial, bisa terjadi hasilnya dipengaruhi oleh lebih dari satu faktor, atau dikatakan terjadi interaksi antar faktor. Secara umum interaksi didefinisikan sebagai 'perubahan dalam sebuah faktor mengakibatkan perubahan nilai respon, yang berbeda pada tiap taraf untuk faktor lainnya, maka antara kedua faktor itu terdapat interaksi' (Sudjana, 1985).

Skema umum data sampel untuk desain eksperimen dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Skema umum data sampel eksperimen faktorial menggunakan 2 faktor dan 1 blok dengan n observasi tiap sel

Blok C	Faktor B	Faktor A				Jumlah
		1	2	...	a	
1	1	Y_{1111}	Y_{2111}	...	Y_{a111}	
		Y_{1112}	Y_{2112}	...	Y_{a112}	
		
		Y_{111n}	Y_{211n}	...	Y_{a11n}	
1	
	

	<i>b</i>	Y_{1b11}	Y_{2b11}	Y_{3b11}	Y_{4b11}	
		Y_{1b12}	Y_{2b12}	Y_{3b12}	Y_{4b12}	
		
		Y_{1b1n}	Y_{2b1n}	Y_{3b1n}	Y_{4b1n}	
...
...
<i>c</i>	<i>1</i>	Y_{1111}	Y_{2111}	...	Y_{a111}	
		Y_{1112}	Y_{2112}	...	Y_{a112}	
		
		Y_{111n}	Y_{211n}	...	Y_{a11n}	

	<i>b</i>	Y_{1bc1}	Y_{2bc1}	...	Y_{abc1}	
		Y_{1bc2}	Y_{2bc2}	...	Y_{abc2}	
		
		Y_{1bcn}	Y_{2bcn}	...	Y_{abcn}	
Total		$T_{...1}$	$T_{...2}$	$T_{...3}$	$T_{...a}$	

Sumber : Sudjana, 1985

Adapun model matematik yang digunakan untuk pengujian data eksperimen yang menggunakan dua faktor dan satu blok adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + \varepsilon_{m(ijk)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

i = 1, 2, ..., *a*

j = 1, 2, ..., *b*

k = 1, 2, ..., *c*

m = 1, 2, ..., *n* (replikasi)

Y_{ijkm} = variabel respon karena pengaruh bersama taraf ke-*i* faktor A dan taraf ke-*j* faktor B yang terdapat pada observasi ke-*m*

μ = efek rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

A_i = efek sebenarnya dari taraf ke-*i* faktor A

B_j = efek sebenarnya dari taraf ke-*j* faktor B

C_k = efek sebenarnya dari taraf ke-*k* faktor C

AB_{ij} = efek sebenarnya dari interaksi taraf ke-*i* faktor A dengan taraf ke-*j* faktor B

$\varepsilon_{m(ijk)}$ = efek sebenarnya dari unit eksperimen ke- k dalam kombinasi perlakuan (ijk)

Berdasarkan model persamaan (2.1), maka untuk keperluan anava dihitung harga-harga (Hicks, 1993) sebagai berikut :

Jumlah kuadrat total (SS_{total}) :

$$SS_{total} = \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^n Y_{ijkl}^2 - \frac{T_{....}^2}{nabc} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jumlah kuadrat nilai pengamatan yang terdapat dalam taraf ke- i faktor A (SS_A) :

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{T_{i...}^2}{nbc} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \dots\dots\dots (2.5)$$

Jumlah kuadrat nilai pengamatan yang terdapat dalam taraf ke- j faktor B (SS_B) :

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{T_{.j..}^2}{nac} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \dots\dots\dots (2.6)$$

Jumlah kuadrat nilai pengamatan yang terdapat dalam interaksi taraf ke- ij antara faktor A dan faktor B (SS_{AxB}) :

$$SS_{AxB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{m=1}^n \frac{T_{ij.m}^2}{n} - \sum_i^a \frac{T_{i...}^2}{nbc} - \sum_j^b \frac{T_{.j..}^2}{nac} + \frac{T_{....}^2}{nabc} \dots\dots\dots (2.7)$$

Jumlah kuadrat nilai pengamatan yang terdapat dalam taraf ke- k blok C (SS_C) :

$$SS_C = \sum_{c=1}^k \frac{T_{..k.}^2}{nab} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \dots\dots\dots (2.8)$$

Jumlah kuadrat error (SS_E) :

$$SS_E = SS_{total} - SS_A - SS_B - SS_{AxB} - SS_C \dots\dots\dots (2.9)$$

Tabel anava untuk eksperimen faktorial yang menggunakan dua faktor (a dan b) dan satu blok (c), dengan nilai-nilai perhitungan dalam bentuk diatas adalah sebagaimana Tabel 2.2 di bawah ini. Pada kolom terakhir Tabel 2.2, untuk menghitung harga F yang digunakan sebagai alat pengujian statistik, maka perlu diketahui model mana yang diambil. Model yang dimaksud ditentukan oleh sifat tiap faktor, apakah tetap atau acak. Model tetap menunjukkan di dalam eksperimen terdapat hanya m buah perlakuan, sedangkan model acak menunjukkan bahwa dilakukan pengambilan m buah perlakuan secara acak dari populasi yang ada.

Tabel 2.2 Anava eksperimen 2 faktor dengan satu blok desain acak sempurna

Sumber Variansi	Derajat Bebas (df)	Jumlah Kuadrat (SS)	Kuadrat Tengah (MS)	F
-----------------	--------------------	---------------------	---------------------	-----

Faktor A	$a - 1$	SS_A	SS_A/df_A	MS_A/MS_E
Faktor B	$b - 1$	SS_B	SS_B/df_B	MS_B/MS_E
Interaksi A x B	$(a - 1)(b - 1)$	SS_{AxB}	SS_{AxB}/df_{AxB}	MS_{AxB}/MS_E
Blok C	$(c - 1)$	SS_C	SS_C/df_C	MS_C/MS_E
Error	$abc(n - 1)$	SS_E	SS_E/df_E	
Total	abn	SS_{Total}		

Sumber : Sudjana, 1985

2.3.4 Pengujian Asumsi-Asumsi Anava

Apabila menggunakan analisis variansi sebagai alat analisa data eksperimen, maka seharusnya sebelum dilakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi-asumsi anava berupa uji normalitas, homogenitas variansi, dan independensi terhadap data hasil eksperimen (Sudjana, 1985).

A. Uji Normalitas

Untuk memeriksa apakah populasi berdistribusi normal atau tidak, dapat ditempuh uji normalitas dengan menggunakan metode lilliefors (kolmogorov-smirnov yang dimodifikasi), atau dengan *normal probability-plot*.

Pemilihan uji lilliefors sebagai alat uji normalitas didasarkan oleh :

- a. Uji lilliefors adalah uji kolmogorov-smirnov yang telah dimodifikasi dan secara khusus berguna untuk melakukan uji normalitas bilamana mean dan variansi tidak diketahui, tetapi merupakan estimasi dari data (sampel). Uji komogorov-smirnov masih bersifat umum karena berguna untuk membandingkan fungsi distribusi kumulatif data observasi dari sebuah variabel dengan sebuah distribusi teoritis, yang mungkin bersifat normal, seragam, poisson, atau eksponensial (Help SPSS 10.01).
- b. Uji lilliefors sangat tepat digunakan untuk data kontinu, jumlahnya kurang dari 50 data, dan data tidak disusun dalam bentuk interval (bentuk frekuensi). Apabila data tidak bersifat seperti di atas, maka uji yang tepat untuk digunakan adalah khi-kuadrat (JC Miller, 1991).

Langkah-langkah perhitungan uji lilliefors (Sudjana, 2002) adalah sebagai berikut

:

- a. Urutkan data dari yang terkecil sampai terbesar.
- b. Hitung rata-rata (\bar{x}) dan standar deviasi (s) data tersebut.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$s = \sqrt{\frac{x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}} \dots\dots\dots (2.11)$$

c. Transformasikan data tersebut menjadi nilai baku (z).

$$z_i = (x_i - \bar{x})/s \dots\dots\dots (2.12)$$

d. Dari nilai baku (z), tentukan nilai probabilitasnya P(z) berdasarkan sebaran normal baku, sebagai probabilitas pengamatan. Gunakan tabel standar luas wilayah di bawah kurva normal, atau dengan bantuan Ms. Excel dengan *function* NORMSDIST.

e. Tentukan nilai probabilitas harapan kumulatif P(x) dengan rumus sebagai berikut :

$$P(x_i) = i / n \dots\dots\dots (2.13)$$

f. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut P(z) dan P(x) sebagai nilai L_{hitung} yaitu

$$\text{maks } |P(z) - P(x)| \dots\dots\dots (2.14)$$

g. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan P(z) yaitu

$$\text{maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| \dots\dots\dots (2.15)$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah data observasi dalam beberapa kali replikasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L\alpha_{(k-1)}$. Apabila nilai $L_{hitung} < L_{tabel}$, maka terima H_0 dan simpulkan bahwa data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

B. Uji Homogenitas

Uji homogenitas bertujuan menguji apakah variansi error dari tiap level atau perlakuan bernilai sama. Alat uji yang sering dipakai adalah uji Bartlett. Namun, uji Bartlett dapat dilakukan setelah uji normalitas terlampaui. Untuk menghindari adanya kesulitan dalam urutan proses pengolahan, maka alat uji yang dipilih adalah uji levene. Uji levene dilakukan dengan menggunakan analisis

ragam terhadap selisih absolut dari setiap nilai pengamatan dalam, sampel dengan rata-rata sampel yang bersangkutan.

Prosedur uji homogenitas levene (Wijaya, 2000) adalah sebagai berikut :

- a. Kelompokkan data berdasarkan faktor yang akan diuji.
- b. Hitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya pada tiap level.
- c. Hitung nilai-nilai berikut ini :

i. Faktor koreksi (FK) = $\frac{(\sum x_i)^2}{n}$ (2.16)

Dimana x_i = dat hasil pengamatan
 $i = 1, 2, \dots, n$ (n banyaknya data)

ii. JK – Faktor = $(\frac{\sum x_i^2}{k}) - FK$ (2.17)

Dimana k = banyaknya data pada tiap level

iii. JK – Total(JKT) = $(\sum y_i^2) - FK$ (2.18)

Dimana y_i = selisih absolut data hasil pengamatan dengan rata-ratanya untuk tiap level

iv. JK-Error (JKE) = JKT – JK (Faktor) (2.19)

Nilai-nilai hasil perhitungan di atas dapat dirangkum dalam sebuah daftar analisis ragam sebagaimana Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 Skema umum daftar analisis ragam homogenitas

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F
Faktor	F	$JK_{(Faktor)}$	$JK_{(Faktor)} / Db$	$\frac{KT_{(faktor)}}{KT_{(error)}}$
Error	$n-1-f$	JKE	JKE / Db	
Total	$n-1$	JKT		

Sumber : Sudjana, 1985

- d. Hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut :

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

H_1 : Ragam seluruh level faktor tidak semuanya sama

- e. Taraf nyata yang dipilih adalah $\alpha = 0.01$
- f. Wilayah kritik : $F > F_{\alpha(v_1 ; v_2)}$ atau $F > F_{0.01(1;46)}$

C. Uji Independensi

Salah satu upaya mencapai sifat independen adalah dengan melakukan pengacakan terhadap observasi. Namun demikian, jika masalah acak ini diragukan maka dapat dilakukan pengujian dengan cara melakukan plot residual versus urutan pengambilan observasinya. Hasil plot tersebut akan memperlihatkan ada tidaknya pola tertentu. Jika ada pola tertentu, berarti ada korelasi antar residual atau error tidak independen. Apabila hal tersebut terjadi, berarti pengacakan urutan eksperimen tidak benar (eksperimen tidak terurut secara acak).

2.3.5 Uji Rata-rata Sesudah Anava

Uji setelah anava dilakukan apabila ada hipotesis nol (H_0) yang ditolak atau terdapat perbedaan yang signifikan antar level faktor, blok, atau interaksi faktor-faktor. Uji setelah anava bertujuan untuk menjawab manakah dari rata-rata taraf perlakuan yang berbeda.

Alat uji yang biasa digunakan adalah *contras orthogonal*, uji rentang Student Newman-Keuls, uji Dunnett dan uji Scheffe. Apabila ingin menggunakan uji *contras orthogonal*, maka pemakaian alat uji ini sudah harus ditentukan sejak awal (sebelum eksperimen dilakukan), termasuk model perbandingan rata-rata perlakuan. Adapun tiga alat uji lainnya dapat digunakan apabila perlu setelah hasil pengolahan data menunjukkan adanya perbedaan yang berarti antar perlakuan.

Uji Student Newman-Keuls (SNK) lebih tepat digunakan dibandingkan uji dunnett ataupun scheffe, untuk melihat pada level mana terdapat perbedaan dari suatu faktor yang dinyatakan berpengaruh signifikan oleh uji anava. Pemilihan uji dunnett atau scheffe tidak tepat untuk melihat pada level mana terdapat perbedaan terhadap suatu faktor, karena uji dunnett hanya digunakan untuk membandingkan suatu kontrol dengan perlakuan lainnya, sedangkan uji scheffe lebih ditujukan untuk membandingkan antara dua kelompok perlakuan (bukan level tunggal).

Prosedur uji Student Newman-Keuls (SNK) (Hicks, 1993) terhadap suatu level yang pengaruhnya dinyatakan cukup signifikan adalah sebagai berikut :

1. Susun rata-rata tiap level yang diuji dari kecil ke besar.
2. Ambil nilai $mean\ square_{error}$ dan df_{error} dari tabel anava.
3. Hitung nilai error standar untuk mean level dengan rumus berikut :

$$S_{\bar{y}_j} = \sqrt{\frac{MS_{error}}{k}} \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana k = jumlah level

4. Tetapkan nilai α dan ambil nilai-nilai *significant ranges* dari Tabel *Studentized range* dengan $n_2 = df_{error}$ dan $p = 2, 3, \dots, k$ sehingga diperoleh *significant range* (SR).

5. Kalikan tiap nilai *significant range* (SR) yang diperoleh dengan error standar sehingga diperoleh *least significant range* (LSR).

$$LSR = SR \times S_{\bar{y}_j} \dots\dots\dots (2.21)$$

6. Hitung beda (selisih) mean antar dua level (akan terbentuk ${}^kK_2 = k(k - 1)/2$ pasang), dimulai dari mean terbesar dengan sampai dengan mean terkecil. Bandingkan kembali beda *second largest* dan *next smallest* dengan LSR untuk $p = k - 1$, demikian seterusnya sampai diperoleh kK_2 perbandingan.

2.4 Komponen Biaya Penggunaan Listrik

Biaya-biaya yang timbul akibat penggunaan lampu neon tersebut adalah sebagai berikut :

- Biaya pembelian
- Biaya pemakaian

Biaya pemakaian sebuah lampu neon diketahui berdasarkan rumus :

$$RL = \frac{VI}{1000} \times TDL \text{ (pemakaian)} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana,

RL : Biaya pemakaian listrik dalam satu tahun (Rp)

V : Tegangan input (Volt) = 220 Volt

I : Arus (A)

T : Waktu pemakaian (jam) = 1 tahun = 4320 jam (12 jam/hari)

- Biaya beban

Biaya beban sebuah lampu neon diketahui berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$BB = \frac{VI}{1000} \times TDL \text{ (beban)} \times 12 \text{ bulan} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana,

BB : Biaya beban/ tahun (Rp)

V : Tegangan input (Volt) = 220 Volt

I : Arus (A)

- Pajak Penerangan Jalan Umum (PPJU)

PPJU untuk tiap lampu diketahui berdasarkan rumus :

$$PPJU = 9 \% \times (BB + RL) \dots\dots\dots (2.24)$$

PPJU : Pajak Penerangan Jalan Umum (Rp)

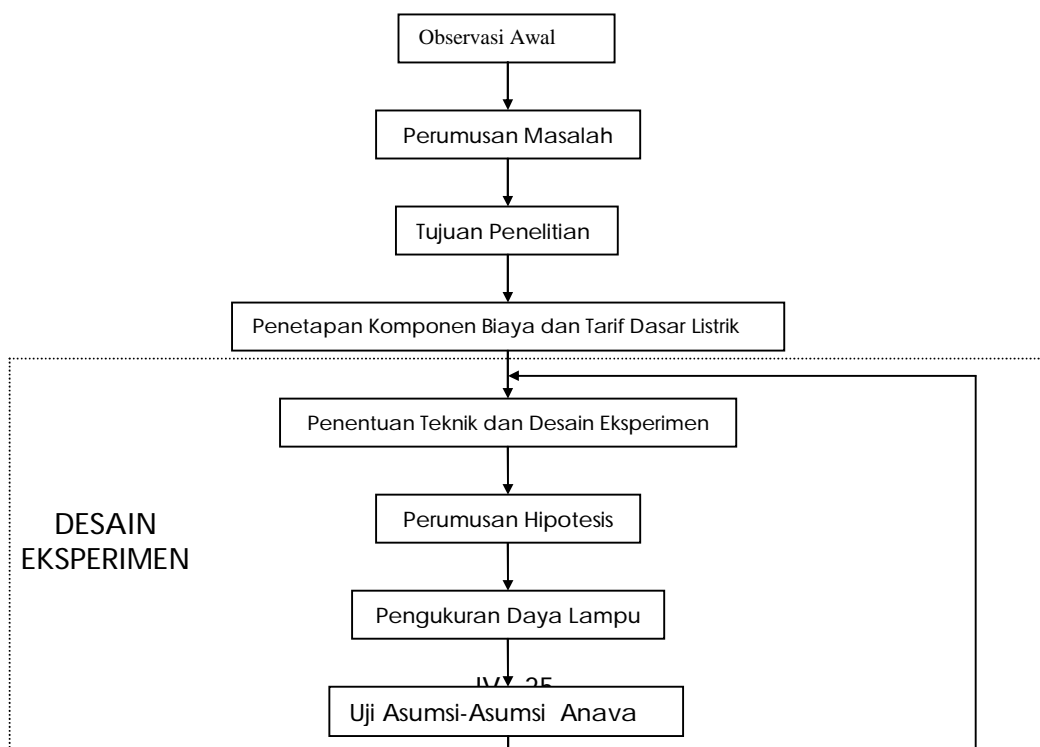
BB : Biaya beban/ tahun (Rp)

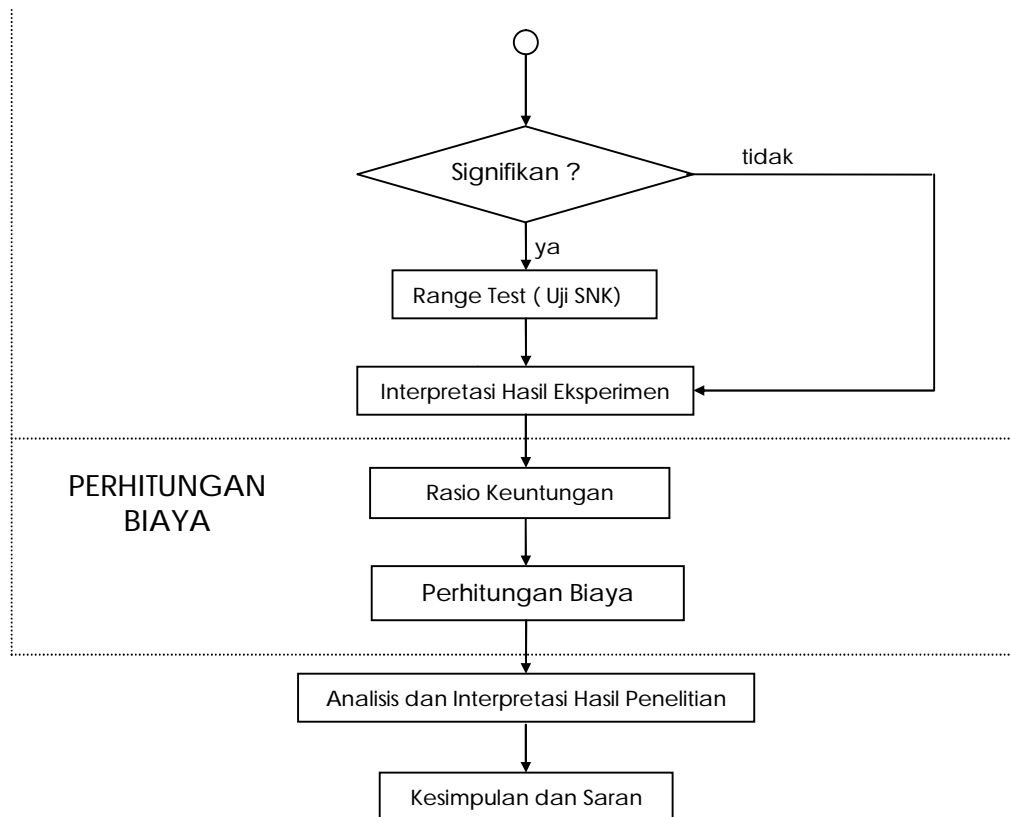
RL : Biaya pemakaian/ tahun (Rp)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Lampu neon sangat penting bagi masyarakat baik di lingkungan rumah tangga, bisnis, industri maupun perkantoran. Pemanfaatan lampu neon dengan efisien dapat menghemat biaya listrik. Penelitian ini akan mengukur daya input dan daya output serta menentukan rasio perbandingan konversi daya listrik ke cahaya yang dihasilkan oleh kedua jenis lampu neon, yaitu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik sampai dengan perhitungan biaya. Adapun langkah-langkah penyelesaian masalah adalah seperti dalam Gambar 3.1.





Gambar 3.1

Langkah-langkah penyelesaian masalah dalam pemilihan lampu neon

3.1 Observasi Awal

Tahap ini merupakan awal dari kegiatan studi dan merupakan dasar pemikiran pelaksanaan penelitian. Besar kecilnya konsumsi daya yang digunakan oleh sebuah lampu neon tergantung pada arus input dan tegangan yang digunakan, dimana untuk selanjutnya disebut sebagai daya input dalam penelitian ini. Konsumsi daya tersebut berkaitan secara langsung dengan biaya penggunaan lampu, yang meliputi biaya pembelian, biaya pemakaian, biaya

beban, dan biaya pajak. Oleh karena itu, semakin kecil daya input sebuah lampu neon, maka semakin kecil pula biaya penggunaannya.

Lampu neon yang secara umum telah banyak digunakan adalah jenis trafo. Lampu jenis ini telah tersedia dalam berbagai merk dengan harga yang berbeda-beda. Disamping itu, telah beredar pula lampu neon sistem elektronik sebagai alternatif pilihan selain lampu neon jenis trafo tersebut. Kedua jenis lampu tersebut memiliki sistem yang berbeda, namun belum diketahui dengan pasti manakah yang lebih menguntungkan bagi konsumen jika dilihat dari konsumsi daya dan biaya penggunaan.

Perbedaan jenis lampu neon tersebut mengakibatkan kemampuan menyerap serta menghasilkan daya yang berbeda pula. Oleh karena itu, perlu diadakan penelitian untuk mengetahui nilai daya dan rasio keuntungan serta signifikansi perbedaan dari kedua jenis lampu neon tersebut. Pertimbangan dari segi biaya dilakukan melalui analisis biaya dengan mengkonversikan hasil pengukuran daya tersebut ke dalam komponen-komponen biaya sesuai ketentuan PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero.

3.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan observasi awal tersebut, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah adakah perbedaan yang signifikan dari kedua jenis lampu neon tersebut melalui pengukuran terhadap daya input, daya output, serta perhitungan efisiensi daya yang memberikan rasio perbandingan konversi daya listrik ke cahaya. Pertimbangan dari segi biaya juga dilakukan untuk mengetahui jenis lampu neon yang paling hemat berdasarkan perhitungan biaya, sehingga akan terlihat manakah dari kedua jenis lampu neon tersebut yang memberikan keuntungan terbesar bagi konsumen.

3.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mencapai tujuan sebagai berikut :

1. Memilih jenis lampu neon yang terbaik dengan mengetahui signifikansi perbedaan efisiensi daya lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik yang diteliti berdasarkan pengukuran terhadap daya input dan daya output.

2. Melakukan perhitungan rasio keuntungan neon sistem trafo dan neon system elektronik berdasarkan perbandingan daya input dan daya output serta rasio perbandingan konvesi daya kedua jenis lampu tersebut.
3. Melakukan perhitungan biaya menurut hasil pengukuran daya melalui eksperimen terhadap lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik tersebut.

3.4 Penetapan Komponen Biaya dan Tarif Dasar Listrik (TDL)

Perhitungan biaya dilakukan berdasarkan biaya-biaya yang ditimbulkan oleh penggunaan lampu neon tersebut sehingga perlu ditetapkan komponen-komponen yang berpengaruh dan besarnya tarif dasar listrik yang berlaku saat penelitian dilakukan.

3.4.1 Komponen Biaya

Biaya-biaya yang timbul akibat penggunaan lampu neon tersebut adalah sebagai berikut :

- Biaya pembelian
- Biaya pemakaian
- Biaya beban
- Pajak Penerangan Jalan Umum (PPJU)

3.4.2 Tarif Dasar Listrik

Tarif dasar listrik (TDL) diperlukan dalam perhitungan biaya untuk mengetahui besarnya biaya pemakaian lampu neon. Besarnya tarif dasar listrik (TDL) yang digunakan dalam perhitungan biaya tersebut sesuai dengan keterangan PT. PLN (Persero) seperti pada Tabel 4.4.

3.5 Penentuan Teknik dan Desain Eksperimen

Desain dari eksperimen terhadap lampu neon ini adalah *Factorial Experiment Randomized Block Design*.

A. *Problem Statement*

Unit eksperimen adalah lampu neon yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu ballast dan tabung neon. Ballast neon yang akan diuji ada dua, yaitu ballast trafo dan ballast elektronik. Sedangkan tabung neon

yang digunakan adalah merk Dop dan Philips. Masalah yang akan diuji adalah adakah perbedaan yang signifikan antara kombinasi dari sistem neon tersebut. Eksperimen ini akan menguji signifikansi efisiensi daya melalui pengukuran terhadap daya input dan daya output pada saat lampu neon dalam kondisi *steady state*.

B. Variabel Respon

Variabel respon dari eksperimen ini adalah sebagai berikut :

- Daya input (VA), yaitu daya yang diserap oleh sistem untuk menyalakan lampu neon dengan ukuran daya tertentu.
- Daya Output (VA), yaitu daya dipancarkan oleh sistem pada saat menyalakan lampu neon dengan ukuran daya tertentu.
- Efisiensi daya yaitu perbandingan daya input serta daya output dengan ukuran daya yang dari masing-masing jenis lampu neon.

C. Variabel Bebas (faktor) dari eksperimen ini adalah ballast neon (A) dan tabung neon (B).

D. Level-level yang diuji adalah sebagai berikut :

- Faktor ballast neon (A) terdiri dari dua level, yaitu ballast trafo (A_1), dan ballast elektronik (A_2). Sifat levelnya adalah kuantitatif dan *fixed*.
- Faktor tabung neon (B) terdiri dari dua level, yaitu merk Dop (B_1) dan merk Philips (B_2). Sifat levelnya adalah kuantitatif dan *fixed*.

E. Pembatas (Blok/*Restrictions*) dalam eksperimen ini adalah ukuran daya lampu neon (C) yang terdiri dari tiga level, yaitu : ukuran daya 10 Watt (C_1), 20 Watt (C_2), dan 40 Watt (C_3).

F. Kombinasi Level

Kombinasi level dari eksperimen ini adalah sebagai berikut :

- Ballast trafo (A_1) x tabung neon merk Dop (B_1) x Ukuran daya 10 watt (C_1)
- Ballast trafo (A_1) x tabung neon merk Philips (B_2) x Ukuran daya 10 watt (C_1)
- Ballast elektronik (A_2) x tabung neon merk Dop (B_1) x Ukuran daya 10 watt (C_1)
- Ballast elektronik (A_2) x tabung neon merk Philips (B_2) x Ukuran daya 10 watt (C_1)
- Ballast trafo (A_1) x tabung neon merk Dop (B_1) x Ukuran daya 20 watt (C_2)

- Ballast trafo (A_1) x tabung neon merk Philips (B_2) x Ukuran daya 20 watt (C_2)
 - Ballast elektronik (A_2) x tabung neon merk Dop (B_1) x Ukuran daya 20 watt (C_2)
 - Ballast elektronik (A_2) x tabung neon merk Philips (B_2) x Ukuran daya 20 watt (C_2)
 - Ballast trafo (A_1) x tabung neon merk Dop (B_1) x Ukuran daya 40 watt (C_3)
 - Ballast trafo (A_1) x tabung neon merk Philips (B_2) x Ukuran daya 40 watt (C_3)
 - Ballast elektronik (A_2) x tabung neon merk Dop (B_1) x Ukuran daya 40 watt (C_3)
 - Ballast elektronik (A_2) x tabung neon merk Philips (B_2) x Ukuran daya 40 watt (C_3)
- G. Jumlah observasi : masing-masing kombinasi dilakukan empat kali pengukuran.
- H. Urutan eksperimen : secara random.
- I. Metode Pengacakan : acak sempurna, dimana dari anggota *universe* yang tidak terhingga untuk masing-masing jenis lampu neon dipilih secara acak untuk dilakukan pengukuran.
- J. Model Matematik untuk variabel respon dalam *factorial experiment randomized block design* ini adalah :
- $$Y_{ijkm} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + C_m + \varepsilon_{m(ijk)} \dots\dots\dots(3.4)$$
- Dimana,
- Y_{ijkm} : variabel respon
- A_i : faktor ballast neon
- B_j : faktor tabung kaca
- AB_{ij} : kombinasi faktor A dan faktor B
- C_k : blok ukuran daya
- $\varepsilon_{m(ijk)}$: *random error*
- i : jumlah faktor ballast neon (A), $i = 1, 2, 3$
- j : jumlah faktor tabung kaca (B), $j = 1, 2$
- k : jumlah blok/ pembatas (C), $k = 1, 2, 3$
- m : jumlah observasi $m = 1, 2, 3, 4$
- K. Tabulasi *Factorial Experiment Randomized Block Design* adalah seperti Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Factorial Experiment Randomized Block Design

Blok (C)	Tabung kaca (B)	Ballast neon (A)	
		Trafo (A ₁)	Elektronik (A ₂)
10 W (C ₁)	Dop (B ₁)	A ₁ B ₁ C ₁	A ₂ B ₁ C ₁
	Phillips (B ₂)	A ₁ B ₂ C ₁	A ₂ B ₂ C ₁
20 W (C ₂)	Dop (B ₁)	A ₁ B ₁ C ₂	A ₂ B ₁ C ₂
	Phillips (B ₂)	A ₁ B ₂ C ₂	A ₂ B ₂ C ₂
40 W (C ₃)	Dop (B ₁)	A ₁ B ₁ C ₃	A ₂ B ₁ C ₃
	Phillips (B ₂)	A ₁ B ₂ C ₃	A ₂ B ₂ C ₃

3.6 Perumusan Hipotesis

Hipotesis umum yang diajukan dalam eksperimen ini adalah faktor yang berpengaruh terhadap daya input, daya output, serta efisiensi daya, dimana faktor tersebut mungkin berdiri sendiri ataupun berinteraksi dengan faktor yang lain. Hipotesis umum ini disebut sebagai hipotesis satu (H_1).

Adapun hipotesis nol dari eksperimen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- H_{01} : Perbedaan jenis ballast tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai daya input.
- H_{02} : Perbedaan jenis ballast tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai daya output.
- H_{03} : Perbedaan jenis ballast tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai efisiensi daya .
- H_{04} : Perbedaan jenis tabung tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai daya input.
- H_{05} : Perbedaan jenis tabung tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai daya output.
- H_{06} : Perbedaan jenis tabung tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai efisiensi daya.
- H_{07} : Perbedaan jenis ukuran daya tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai daya output.

- H_{08} : Perbedaan jenis ukuran daya tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai daya output.
- H_{09} : Perbedaan jenis ukuran daya tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai daya output.
- H_{10} : Perbedaan interaksi jenis ballast dan jenis tabung tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai daya input.

Hipotesis ini dirumuskan untuk mengetahui signifikansi perbedaan kombinasi antar interaksi yang dilakukan dalam eksperimen terhadap lampu neon tersebut.

3.7 Pengukuran Daya Lampu

Penelitian ini mengukur daya input yang merupakan data input bagi pengolahan terhadap analisis biaya. Daya input diukur menggunakan Volt-Amperemeter (VAmeter). Adapun rumus daya tersebut adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{VI}{1000} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana,

- P : Daya (kVA)
- V : Tegangan (Volt) = 220 Volt
- I : Arus (A)

Pengukuran terhadap daya output lampu neon juga dilakukan untuk mengetahui besarnya intensitas cahaya lampu tersebut. Alat untuk mengukur daya output tersebut adalah *lightmeter*.

3.8 Uji Sebelum Anava

Uji asumsi anava yang dilakukan adalah uji kenormalan, uji homogenitas, dan uji independensi. Jika uji ini tidak terlewati maka berarti pengujian terhadap asumsi-asumsi anava tidak terpenuhi sehingga metode penelitian harus ditinjau kembali, dan selanjutnya dilakukan proses pengambilan data.

3.8.1 Uji kenormalan dengan metode *Lilliefors*

Uji normalitas dilakukan terhadap keseluruhan data hasil observasi, dengan tujuan untuk mengetahui apakah data hasil observasi tersebut berdistribusi secara normal.

3.8.2 Uji homogenitas dengan *levane test*

Uji homogenitas dilakukan secara berpasangan antara variabel respon dengan masing-masing faktor. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat apakah variansi *error* tiap faktor perlakuan dari data adalah sama atau data hasil eksperimen berdistribusi homogen terhadap masing-masing faktor. Uji *levane* dilakukan dengan menggunakan analisis ragam terhadap selisih absolut dari setiap nilai pengamatan dalam sampel dengan rata-rata sampel yang bersangkutan.

3.8.3 Uji Independensi

Uji independensi dalam penelitian ini menggunakan plot residual data terhadap urutan eksperimen (urutan pengambilan data).

Setelah dilakukan uji asumsi-asumsi anava dan data hasil observasi dinyatakan normal, homogen dan independen, maka uji signifikansi dalam hal ini adalah uji anava dapat dilakukan.

3.9 Uji Signifikansi

Uji signifikansi perbedaan kombinasi yang terbentuk dalam penelitian ini merupakan tahap analisis dalam desain eksperimen. Pengujian ini menggunakan metode *Analysis of Variance* dengan dua faktor dan satu blok (*Two Way Anava with Restrictions*). Rumus Anava untuk desain faktorial dengan dua faktor dan satu blok dengan n observasi tiap kondisi eksperimen adalah seperti Tabel 3.2 (Hicks, 1993).

Tabel 3.2 Anava untuk Faktorial Dua Faktor dan Satu Pembatas dengan n Replikasi

Sumber Daya	df	SS	MS
Faktor A _i	a - 1	$\sum_i \frac{T_{i...}^2}{nbc} - \frac{T^2}{nabc}$	Setiap SS dibagi oleh df masing-masing
Faktor B _j	b - 1	$\sum_j \frac{T_{.j..}^2}{nac} - \frac{T^2}{nabc}$	
AxB _{interaction}	(a - 1)(b - 1)	$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{T_{ijk.}^2}{n} - \sum_i \frac{T_{i...}^2}{nbc} - \sum_j \frac{T_{.j..}^2}{nac} + \frac{T^2}{nabc}$	
Blok C _k	c - 1	$\sum_c \frac{T_{...k.}^2}{nab} - \frac{T^2}{nabc}$	
Error ε _{m(ijk)}	abc(n - 1)	$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Y_{ijkl}^2 - \sum_i \sum_j \sum_k \frac{T_{ijk.}^2}{n}$	
Total	abcn - 1	$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Y_{ijkl}^2 - \frac{T^2}{nabc}$	

Selanjutnya akan diuji apakah variasi yang disebabkan oleh perbedaan sistem lampu neon tersebut sama besarnya dengan variasi yang disebabkan oleh random error. Jika Tidak, maka H₀ ditolak, dan jika ya, maka H₀ diterima. Statistik uji yang digunakan adalah :

$$F_{df_1, df_2} = \frac{MS_{treatment}}{MS_{error}} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana,

- df₁ : degree of freedom (derajat kebebasan) treatment
- df₂ : degree of freedom (derajat kebebasan) error
- MS : Mean Square (kuadrat tengah)

Berdasarkan tabel distribusi F akan diperoleh F_{tabel}, dan apabila F_{hitung} < F_{tabel} maka H₀ diterima, sedangkan apabila F_{hitung} > F_{tabel}, maka H₀ ditolak.

Pada tahap ini apabila terjadi perbedaan yang signifikan dari kombinasi yang ada, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji setelah ANOVA. Sedangkan apabila tidak terjadi perbedaan yang signifikan, maka langsung dilakukan penentuan rasio perbandingan konversi daya listrik ke cahaya yang dihasilkan.

3.10 Uji Setelah Anava

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan yang terjadi dari hasil eksperimen yang telah dilakukan, dimana dalam hal ini adalah untuk mengetahui jenis lampu neon yang terbaik dari segi daya. Oleh karena itu, pengujian yang dipilih adalah *Range Test* (Student-Newman-Keuls, SNK).

3.11 Interpretasi Hasil Eksperimen

Interpretasi hasil eksperimen ini merupakan tahap akhir dari desain eksperimen, dan merupakan langkah awal untuk melakukan analisis biaya. Informasi yang diperoleh dari hasil eksperimen akan diinterpretasikan secara lebih luas agar dapat dikonversikan untuk perhitungan biaya. Tahap ini juga akan menghitung rasio perbandingan konversi daya listrik ke cahaya yang dihasilkan oleh kedua jenis lampu neon dengan rumus sebagai berikut :

$$RP = \frac{RK_{trafo}}{RK_{elektronik}} \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana ,

RP : Rasio perbandingan konversi daya listrik ke cahaya yang dihasilkan

RK : Rasio Keuntungan, yaitu perbandingan antara daya input dan daya output

3.12 Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya dilakukan dengan menghitung selisih biaya penggunaan lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik sehingga diketahui nilai nominal keuntungan dari penggunaan masing-masing jenis lampu neon tersebut.

3.13 Analisis dan Interpretasi Hasil Penelitian

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan interpretasi hasil penelitian untuk memberikan gambaran secara menyeluruh sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan jenis neon yang dipilih, baik dari segi nilai daya maupun biaya.

3.14 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan bagian akhir dari penelitian yang membahas kesimpulan dari hasil yang diperoleh serta usulan atau rekomendasi untuk implementasi lebih lanjut dan bagi penelitian selanjutnya.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini membahas tentang proses pengambilan data dan dilanjutkan dengan proses pengolahan data sesuai arahan metodologi pada bab sebelumnya. Pada bagian awal akan dibahas karakteristik produk dan proses pelaksanaan eksperimen di industri rumah tangga 'DINATRON', sebuah perusahaan produsen lampu neon elektronik di Sukoharjo. Setelah itu dilanjutkan proses pengolahan data yang diawali dengan desain eksperimen faktorial dua faktor satu blok (*factorial experiment randomized block design*). Tahap selanjutnya adalah analisis variansi (anava) untuk mengetahui signifikansi perbedaan antar level dalam faktor-faktor pada eksperimen tersebut. Jika hasil uji anava tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar level pada setiap faktor, maka dilanjutkan dengan uji setelah anava. Bagian akhir pada bab ini membahas mengenai pengolahan rasio keuntungan serta perhitungan biaya penggunaan lampu neon.

4.1 Karakteristik Produk

Produk yang diteliti adalah lampu neon, yaitu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik. Neon sistem trafo telah banyak yang dikenal dan beredar di masyarakat, sedangkan tidak demikian halnya dengan neon sistem elektronik. Pada dasarnya, karakteristik yang dimiliki oleh neon sistem elektronik sama dengan neon sistem trafo. Perbedaan kedua sistem neon tersebut terdapat pada komponen pembangkit, dimana neon sistem trafo terdiri dari ballast trafo dan starter, sedangkan neon sistem elektronik terdiri dari komponen elektronik. Oleh karena itu, di bawah ini akan dijelaskan karakteristik kedua sistem lampu neon tersebut, yaitu :

4.1.1 Body

Body neon sistem elektronik terbuat dari pipa PVC, dengan spesifikasi seperti pada Tabel 4.1. Sedangkan *body* neon sistem trafo menggunakan spesifikasi standar.

Tabel 4.1 Spesifikasi *body* neon sistem elektronik

No	Keterangan	10 W	20 W	40 W
1	Diameter Pipa	1.5 inchi	1.5 inchi	1.5 inchi
2	Panjang Pipa	59 cm	85 cm	150 cm
3	Sistem Pemasangan	Drat Tempel	Drat Tempel	Tempel
4	Berat (tanpa kardus)	450 gr	600 gr	950 gr
5	Terminal Neon	Sekun Socket	Sekun Socket	Sekun Socket
6	Spare part pendukung, Kaki, Dop, Drat	Plastik PP	Plastik PP	Plastik PP
7	<i>Finishing Colour</i>	Cat Duco	Cat Duco	Cat Duco

Sumber : Dinatron, Solo

4.1.2 Sirkuit Elektronik

Sirkuit elektronik pada neon ini dirakit dengan komponen standar antara lain : kapasitor, resistor, transistor dan dioda. Spesifikasi sirkuit neon sistem elektronik dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Spesifikasi sirkuit neon sistem elektronik

No	Keterangan	10 W	20 W	40 W
1	Tegangan kerja AC	170 - 240 V	170 - 240 V	170 - 240 V
2	Frekuensi Listrik	50 Hz - 60 Hz	50 Hz - 60 Hz	50 Hz - 60 Hz
3	Disipasi panas	40°C	50°C	70°C
4	Sekring Pengaman	2 A - 3 A	2 A - 3 A	4 A

Sumber : Dinatron, Solo

4.1.3 Tabung Neon (TL)

Tabung neon yang digunakan oleh lampu neon sistem trafo maupun neon sistem elektronik dalam penelitian ini adalah neon standar dengan ketentuan seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Spesifikasi tabung neon

No	Keterangan	10 W	20 W	40 W
1	Panjang	33 cm	58.5 cm	119.5 cm

2	Diameter pipa neon	1 inchi	1 inchi	1 inchi
3	Diameter kaki neon	2.2 mm	2.2 mm	2.7 mm
4	Jarak kaki neon	15 mm	15 mm	15 mm

Sumber : Dinatron, Solo

4.2 Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen ini dilakukan terhadap dua jenis lampu neon, yaitu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik, sedangkan analisis biaya menggunakan data tarif dasar listrik (TDL) tahun 2003 hanya dilakukan terhadap empat kategori, yaitu :

1. Kategori I, yaitu golongan tarif untuk keperluan rumah tangga kecil dengan batas daya 900 VA blok III : > 60 kWh.
2. Kategori II, yaitu golongan tarif untuk keperluan bisnis kecil dengan batas daya 2200 VA blok II : > 264 kWh.
3. Kategori III, yaitu golongan tarif untuk keperluan industri kecil dengan batas daya 2200 VA-14 kVA blok II : > 80 jam nyala.
4. Kategori IV, yaitu golongan tarif untuk keperluan perkantoran kecil dan sedang dengan batas daya 2200 VA.

Besarnya tarif dasar listrik untuk masing-masing kategori tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Tarif Dasar Listrik (TDL) tahun 2003

Kategori	Januari		April		Juli		Oktober	
	Biaya Beban (Rp/kVA / bulan)	Biaya Pemakaian (Rp/kWh)	Biaya Beban (Rp/kVA/ bulan)	Biaya Pemakaian (Rp/kWh)	Biaya Beban (Rp/kVA / bulan)	Biaya Pemakaian (Rp/kWh)	Biaya Beban (Rp/kVA / bulan)	Biaya Pemakaian (Rp/kWh)
I	16.200	415	18.100	460	20.000	495	23.000	530
II	27.200	475	28200	497	29.200	518	30.500	540
III	28.700	410	30.400	435	32.200	460	34.000	495
IV	24.000	590	24.200	595	24.600	600	25.000	605

Sumber : PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DIY

Eksperimen tersebut dilaksanakan pada tanggal 1-3 Mei 2003, sedangkan data yang diambil adalah daya input dan daya output. Adapun waktu pelaksanaan eksperimen secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Waktu pelaksanaan eksperimen

Ballast	Tabung neon	Ukuran daya	Tanggal Pengambilan Data Eksperimen (Mei 2003)									
			1			2			3			
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Trafo	Dop	10 watt	◆							◆		
		20 watt		◆						◆		
		40 watt			◆						◆	
	Phillips	10 watt	◆							◆		
		20 watt		◆						◆		
		40 watt			◆						◆	
Elektronik	Dop	10 watt				◆					◆	
		20 watt					◆					◆
		40 watt						◆				◆
	Phillips	10 watt				◆					◆	
		20 watt					◆					◆
		40 watt						◆				◆

Eksperimen tersebut dilakukan untuk setiap sel, seperti pada tabel 4.5, dimana data diambil dalam kondisi *steady state* sesuai urutan yang telah ditentukan. Jarak pengambilan data antar urutan satu dan urutan berikutnya adalah dua jam, untuk menghindari adanya pengaruh (efek) panas dari pengukuran sebelumnya.

4.3 Prosedur Pengukuran

Prosedur pengukuran meliputi alat, bahan, serta langkah-langkah pelaksanaan penelitian.

4.3.1 Alat

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. *Lightmeter*
2. Volt-Amperemeter
3. *Stabilizer*
4. *Stopwatch*

4.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

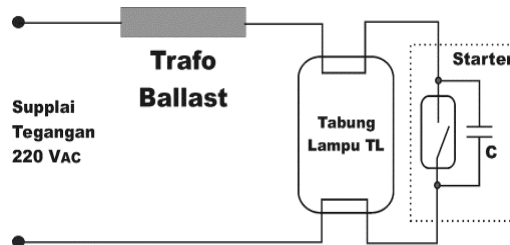
1. Ballast trafo 10 Watt, 20 Watt, dan 40 Watt.
2. Ballast elektronik 10 Watt, 20 Watt, dan 40 Watt.
3. Tabung kaca (neon TL) ukuran 10 watt, 20 Watt, dan 40 Watt.
4. Kabel.

4.3.3 Langkah-langkah Pengukuran

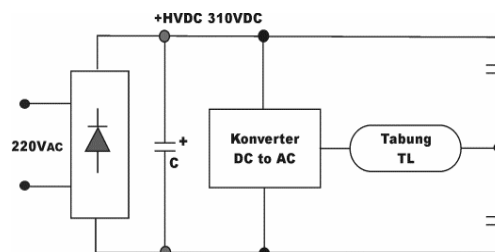
Besaran yang diukur dalam eksperimen ini adalah daya input dan output, dimana daya input dan daya output diukur saat neon dalam kondisi *steady state*.

A. Pengukuran daya input

Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran daya input yaitu volt-ampere meter yang dipasang seri terhadap satu set rangkaian lampu neon. Rangkaian untuk neon sistem trafo terdiri dari ballast trafo, tabung neon, dan *starter*, sedangkan rangkaian untuk neon sistem elektronik adalah ballast elektronik dan tabung neon. Disamping itu juga digunakan *stabilizer* untuk menjaga tegangan agar tetap stabil saat dilakukan pengukuran. Adapun rangkaian pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 4.1 untuk neon sistem trafo dan Gambar 4.2 untuk neon sistem elektronik (Gunawan,1994).



Gambar 4.1 Rangkaian pengukuran neon trafo



Gambar 4.2 Rangkaian pengukuran neon elektronik

Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.6 untuk arus input saat *steady state*.

Tabel 4.6 Data hasil pengukuran arus input (Ampere)

Ukuran Daya	Tabung Neon	Ballast	
		Trafo	Elektronik
10 W	DOP	195	80
		195	80
		195	80
		195	80
	PHILIPS	185	80
		185	80
		185	80
		185	80
20W	DOP	340	160
		340	160
		340	160
		340	160
	PHILIPS	340	150
		340	150
		340	150
		340	150
40W	DOP	375	240
		375	240
		375	240
		375	240
	PHILIPS	410	230
		410	230
		410	230
		410	230

B. Pengukuran daya output

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur daya output adalah luxmeter, yaitu alat untuk mengukur kekuatan cahaya. Jarak antara sumber cahaya dan *lightmeter* pada saat pengukuran adalah 50 cm. Pencatatan hasil pengukuran dilakukan setelah mencapai angka yang stabil sesuai yang terbaca pada *lightmeter*. Data hasil pengukuran daya output dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data hasil pengukuran daya output saat *steady state* (Lux/m³)

Ukuran Daya	Tabung Neon	Ballast	
		Trafo	Elektronik
10 W	DOP	260	606
		258	603
		255	602
		261	607
	PHILIPS	258	508
		256	510
		254	504
20 W	DOP	717	1055
		707	1059
		705	1055
		710	1056
	PHILIPS	730	1083
		728	1080
		727	1080
40 W	DOP	1200	1471
		1194	1453
		1198	1460
		1200	1455
	PHILIPS	1150	1643
		1152	1648
		1146	1646
		1148	1646

4.4 Pengolahan Data

Pengolahan data melalui dua tahap, yaitu desain eksperimen dan perhitungan biaya. Pada tahap desain eksperimen dilakukan uji sebelum anava, uji anava, dan uji setelah anava untuk mengetahui tingkat signifikansi variabel respon. Tahap perhitungan biaya dilakukan untuk mengetahui nilai ekonomis produk dilihat dari segi keuntungan biaya penggunaan.

4.4.1 Uji Sebelum Anava

Uji sebelum anava merupakan pengujian asumsi-asumsi anava, meliputi uji kenormalan, uji homogenitas, dan uji independensi. Apabila seluruh hasil pengujian terhadap asumsi anava tidak terpenuhi, maka akan ditinjau kembali metode eksperimen dan selanjutnya akan dilakukan kembali proses

pengambilan data. Proses pengujian asumsi anava dilakukan terhadap data hasil pengukuran daya input, daya output, dan efisiensi daya.

Pembahasan uji asumsi dimulai dari pembahasan uji normalitas data dengan metode lilliefors, kemudian pembahasan uji homogenitas dengan metode levene test, dan terakhir adalah uji independensi dengan metode plot residual data terhadap urutan pengambilan data.

4.4.1.1 Pengujian normalitas

Uji normalitas dilakukan terhadap data observasi yang merupakan sampel dari populasi. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah data observasi dari empat kali pengambilan (replikasi), berdistribusi secara normal. Cara penghitungan uji normalitas sampel data observasi dengan metode lilliefors dapat dilihat pada pembahasan di bawah ini.

A. Pengujian normalitas daya input

Pengujian normalitas daya input dilakukan untuk setiap kombinasi yang terjadi dalam observasi. Kombinasi tersebut merupakan interaksi antara faktor ballast dan faktor tabung, sehingga diperoleh empat kombinasi dalam pengujian normalitas daya input ini.

1. Kombinasi ballast trafo dan tabung DOP

Langkah-langkah perhitungan uji lilliefors adalah sebagai berikut :

- a. Urutkan data observasi dari yang terkecil sampai terbesar sebagaimana pada kolom x Tabel 4.8.
- b. Hitung rata-rata (\bar{x}) dan standar deviasi (s) data tersebut.

$$\bar{x} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{42.9 + 42.9 + \dots + 82.5}{12} = 66.73333333$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(42.9^2 + 42.9^2 + \dots + 82.5^2) - \frac{(800.8)^2}{12}}{12-1}} = 17.9056788$$

Tabel 4.8 Perhitungan uji normalitas data untuk daya input, kombinasi ballast trafo dan tabung DOP

No.	x	z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(x-1)-P(z)
1	42.9	-1.331048859	0.09158653	0.08333333	0.008253197	0.09158653

2	42.9	-1.331048859	0.09158653	0.16666667	0.075080137	0.0082532
3	42.9	-1.331048859	0.09158653	0.25	0.15841347	0.07508014
4	42.9	-1.331048859	0.09158653	0.33333333	0.241746803	0.15841347
5	74.8	0.450508844	0.67382819	0.41666667	0.257161524	0.34049486
6	74.8	0.450508844	0.67382819	0.5	0.17382819	0.25716152
7	74.8	0.450508844	0.67382819	0.58333333	0.090494857	0.17382819
8	74.8	0.450508844	0.67382819	0.66666667	0.007161524	0.09049486
9	82.5	0.880540014	0.810716622	0.75	0.060716622	0.14404995
10	82.5	0.880540014	0.810716622	0.83333333	0.022616712	0.06071662
11	82.5	0.880540014	0.810716622	0.91666667	0.105950045	0.02261671
12	82.5	0.880540014	0.810716622	1	0.189283378	0.10595005

- c. Transformasikan data (x) tersebut menjadi nilai baku (z).

$$z_i = (x_i - \bar{x})/s$$

dimana x_i = nilai pengamatan ke-l

\bar{x} = rata-rata

s = standar deviasi

misal :

$$z_1 = (42.9 - 66.73333333) / (17.9056788) = -1.331048859$$

dengan cara yang sama diperoleh seluruh nilai baku sebagaimana pada kolom z Tabel 4.8 di atas.

- d. Dari nilai baku (z), tentukan nilai probabilitasnya P(z) berdasarkan sebaran normal baku, sebagai probabilitas pengamatan. Gunakan tabel standar luas wilayah di bawah kurva normal, atau dengan bantuan Ms. Excel dengan *function* NORMSDIST.

- e. Tentukan nilai probabilitas harapan kumulatif P(x) dengan cara sebagai berikut :

$$P(X_i) = i/n$$

Misal :

$$P(x_1) = 1/12 = 0.08333333$$

Dengan cara yang sama akan diperoleh seluruh nilai P(x) sebagaimana pada kolom P(x) tabel 4.8 di atas.

- f. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut P(z) dan P(x), yaitu

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)|, \text{ sebagai nilai } L_{\text{hitung}}$$

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)| = 0.257161524$$

- g. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan P(z), yaitu

$$\text{Maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| = 0.340494857$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah ke-12 sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(n)}$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L_{\alpha(k-1)} = L_{0.01(12)} = 0.275$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai L_{hitung} (0.257161524) < L_{tabel} (0.275), maka terima H_0 dan simpulkan bahwa ke-12 sampel data observasi dari daya input kombinasi ballast trafo dan tabung DOP berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

2. Kombinasi ballast trafo dan tabung Philips

Langkah-langkah pengujian normalitas untuk kombinasi ballast trafo dan tabung Philips sama dengan kombinasi sebelumnya, seperti yang terlihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan uji normalitas data untuk daya input, kombinasi ballast trafo dan tabung Philips

No.	x	z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(x-1)-P(z)
1	40.7	-1.289939151	0.098535958	0.083333333	0.015202625	0.09853596
2	40.7	-1.289939151	0.098535958	0.166666667	0.068130708	0.01520263
3	40.7	-1.289939151	0.098535958	0.25	0.151464042	0.06813071
4	40.7	-1.289939151	0.098535958	0.333333333	0.234797375	0.15146404
5	74.8	0.288539021	0.613532854	0.416666667	0.196866187	0.28019952
6	74.8	0.288539021	0.613532854	0.5	0.113532854	0.19686619
7	74.8	0.288539021	0.613532854	0.583333333	0.03019952	0.11353285
8	74.8	0.288539021	0.613532854	0.666666667	0.053133813	0.03019952
9	90.2	1.00140013	0.841683293	0.75	0.091683293	0.17501663
10	90.2	1.00140013	0.841683293	0.833333333	0.00834996	0.09168329
11	90.2	1.00140013	0.841683293	0.916666667	0.074983374	0.00834996
12	90.2	1.00140013	0.841683293	1	0.158316707	0.84168329

Selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(z)$ dan $P(x)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)|, \text{ sebagai nilai } L_{hitung}$$

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)| = 0.234797375$$

- b. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan $P(z)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| = 0.841683293$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah ke-12 sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L\alpha(n)$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L\alpha(k-1) = L_{0.01(12)} = 0.275$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai L_{hitung} (0.234797375) < L_{tabel} (0.275), maka terima H_0 dan simpulkan bahwa ke-12 sampel data observasi dari daya input kombinasi ballast trafo dan tabung Philips berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

3. Kombinasi ballast elektronik dan tabung DOP

Langkah-langkah pengujian normalitas untuk kombinasi ballast elektronik dan tabung DOP sama dengan kombinasi sebelumnya, seperti yang terlihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan uji normalitas data untuk daya input, kombinasi ballast elektronik dan tabung DOP

No.	x	z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(x-1)-P(z)
1	17.6	-1.17260394	0.120477392	0.08333333	0.037144058	0.12047739
2	17.6	-1.17260394	0.120477392	0.16666667	0.046189275	0.03714406
3	17.6	-1.17260394	0.120477392	0.25	0.129522608	0.04618927
4	17.6	-1.17260394	0.120477392	0.33333333	0.212855942	0.12952261
5	35.2	0	0.5	0.41666667	0.083333333	0.16666667
6	35.2	0	0.5	0.5	2.18279E-10	0.08333333
7	35.2	0	0.5	0.58333333	0.083333334	2.1828E-10
8	35.2	0	0.5	0.66666667	0.166666667	0.08333333
9	52.8	1.17260394	0.879522608	0.75	0.129522608	0.21285594
10	52.8	1.17260394	0.879522608	0.83333333	0.046189275	0.12952261
11	52.8	1.17260394	0.879522608	0.91666667	0.037144058	0.04618927
12	52.8	1.17260394	0.879522608	1	0.120477392	0.03714406

Selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(z)$ dan $P(x)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)|, \text{ sebagai nilai } L_{hitung}$$

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)| = 0.212855942$$

- b. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan $P(z)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| = 0.212855942$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah ke-12 sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L\alpha(n)$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L\alpha(k-1) = L_{0.01(12)} = 0.275$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai L_{hitung} (0.212855942) < L_{tabel} (0.275), maka terima H_0 dan simpulkan bahwa ke-12 sampel data observasi dari daya input kombinasi ballast elektronik dan tabung DOP berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

4. Kombinasi ballast elektronik dan tabung Philips

Langkah-langkah pengujian normalitas untuk kombinasi ballast elektronik dan tabung Philips sama dengan kombinasi sebelumnya, seperti yang terlihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan uji normalitas data untuk daya input, kombinasi ballast elektronik dan tabung Philips

No.	x	z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(x-1)-P(z)
1	17.6	-1.145697724	0.125960175	0.083333333	0.042626842	0.12596018
2	17.6	-1.145697724	0.125960175	0.166666667	0.040706491	0.04262684
3	17.6	-1.145697724	0.125960175	0.25	0.124039825	0.04070649
4	17.6	-1.145697724	0.125960175	0.333333333	0.207373158	0.12403982
5	33	-0.052077169	0.479233534	0.416666667	0.062566867	0.1459002
6	33	-0.052077169	0.479233534	0.5	0.020766466	0.06256687
7	33	-0.052077169	0.479233534	0.583333333	0.104099799	0.02076647
8	33	-0.052077169	0.479233534	0.666666667	0.187433133	0.1040998
9	50.6	1.197774893	0.884497607	0.75	0.134497607	0.21783094
10	50.6	1.197774893	0.884497607	0.833333333	0.051164273	0.13449761
11	50.6	1.197774893	0.884497607	0.916666667	0.03216906	0.05116427
12	52.8	1.17260394	0.879522608	1	0.120477392	0.03714406

Selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(z)$ dan $P(x)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)|, \text{ sebagai nilai } L_{hitung}$$

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)| = 0.207373158$$

- b. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan $P(z)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| = 0.21783094$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah ke-12 sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(n)}$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L_{\alpha(k-1)} = L_{0.01(12)} = 0.275$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai L_{hitung} (0.207373158) < L_{tabel} (0.275), maka terima H_0 dan simpulkan bahwa ke-12 sampel data observasi dari daya input kombinasi ballast elektronik dan tabung Philips berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

B. Pengujian normalitas daya output

Pengujian normalitas daya output dilakukan untuk setiap kombinasi yang terjadi dalam observasi. Kombinasi tersebut merupakan interaksi antara faktor ballast dan faktor tabung, sehingga diperoleh empat kombinasi dalam pengujian normalitas daya output seperti halnya pengujian normalitas daya input.

1. Kombinasi ballast trafo dan tabung DOP

Langkah-langkah perhitungan uji normalitas daya output sama dengan uji normalitas daya input, sedangkan hasil perhitungannya adalah seperti yang terlihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan uji normalitas data untuk daya output, kombinasi ballast trafo dan tabung DOP

No.	x	z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(x-1)-P(z)
1	255	-1.165603895	0.121887372	0.083333333	0.038554039	0.12188737
2	258	-1.158117412	0.123408117	0.166666667	0.043258549	0.04007478
3	260	-1.153126423	0.124429303	0.25	0.125570697	0.04223736
4	261	-1.150630928	0.124942105	0.333333333	0.208391228	0.12505789
5	705	-0.042631365	0.482997633	0.416666667	0.066330966	0.1496643
6	707	-0.037640376	0.484987148	0.5	0.015012852	0.06832048
7	710	-0.030153892	0.487972107	0.583333333	0.095361226	0.01202789
8	717	-0.01268543	0.494939353	0.666666667	0.171727313	0.08839398
9	1194	1.177665452	0.880534939	0.75	0.130534939	0.21386827
10	1198	1.18764743	0.882513769	0.833333333	0.049180435	0.13251377
11	1200	1.192638419	0.883494433	0.916666667	0.033172234	0.0501611
12	1200	1.192638419	0.883494433	1	0.116505567	0.03317223

Selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(z)$ dan $P(x)$, yaitu

Maks $|P(z) - P(x)|$, sebagai nilai L_{hitung}

Maks $|P(z) - P(x)| = 0.208391228$

- b. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan $P(z)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| = 0.213868272$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah ke-12 sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(n)}$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L_{\alpha(k-1)} = L_{0.01(12)} = 0.275$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai L_{hitung} (0.208391228) < L_{tabel} (0.275), maka terima H_0 dan simpulkan bahwa ke-12 sampel data observasi dari daya output kombinasi ballast trafo dan tabung DOP berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

2. Kombinasi ballast trafo dan tabung Philips

Langkah-langkah pengujian normalitas untuk kombinasi ballast trafo dan tabung Philips sama dengan kombinasi sebelumnya, seperti yang terlihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan uji normalitas data untuk daya output, kombinasi ballast trafo dan tabung Philips

No.	x	z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(x-1)-P(z)
1	253	-1.201070059	0.114862075	0.08333333	0.031528741	0.11486207
2	254	-1.198447635	0.11537146	0.16666667	0.051295207	0.03203813
3	256	-1.193202788	0.116395042	0.25	0.133604958	0.05027162
4	258	-1.187957941	0.11742505	0.33333333	0.215908283	0.13257495
5	727	0.041958779	0.516734284	0.41666667	0.100067617	0.18340095
6	728	0.044581203	0.517779502	0.5	0.017779502	0.10111284
7	730	0.04982605	0.519869564	0.58333333	0.063463769	0.01986956
8	730	0.04982605	0.519869564	0.66666667	0.146797103	0.06346377
9	1146	1.140754314	0.87301386	0.75	0.12301386	0.20634719
10	1148	1.145999161	0.874102198	0.83333333	0.040768865	0.1241022
11	1150	1.151244009	0.875184014	0.91666667	0.041482652	0.04185068
12	1152	1.156488856	0.876259318	1	0.123740682	0.04040735

Selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut P(z) dan P(x), yaitu

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)|, \text{ sebagai nilai } L_{hitung}$$

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)| = 0.215908283$$

- b. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan P(z), yaitu

$$\text{Maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| = 0.206347194$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah ke-12 sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(n)}$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L_{\alpha(k-1)} = L_{0.01(12)} = 0.275$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai L_{hitung} (0.215908283) < L_{tabel} (0.275), maka terima H_0 dan simpulkan bahwa ke-12 sampel data observasi dari daya input kombinasi ballast trafo dan tabung Philips berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

3. Kombinasi ballast elektronik dan tabung DOP

Langkah-langkah pengujian normalitas untuk kombinasi ballast elektronik dan tabung DOP sama dengan kombinasi sebelumnya, seperti yang terlihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perhitungan uji normalitas data untuk daya output, kombinasi ballast elektronik dan tabung DOP

No.	x	z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(x-1)-P(z)
1	602	-1.200782506	0.114917851	0.083333333	0.031584518	0.11491785
2	603	-1.198042036	0.115450388	0.166666667	0.051216279	0.03211705
3	606	-1.189820627	0.11705851	0.25	0.13294149	0.04960816
4	607	-1.187080157	0.117598062	0.333333333	0.215735271	0.13240194
5	1055	0.040650302	0.516212721	0.416666667	0.099546055	0.18287939
6	1055	0.040650302	0.516212721	0.5	0.016212721	0.09954605
7	1056	0.043390771	0.517305047	0.583333333	0.066028286	0.01730505
8	1059	0.051612181	0.520581211	0.666666667	0.146085455	0.06275212
9	1453	1.131357272	0.871047577	0.75	0.121047577	0.20438091
10	1455	1.136838211	0.872196987	0.833333333	0.038863653	0.12219699
11	1460	1.15054056	0.875039297	0.916666667	0.041627369	0.04170596
12	1471	1.180685727	0.881136144	1	0.118863856	0.03553052

Selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut P(z) dan P(x), yaitu

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)|, \text{ sebagai nilai } L_{hitung}$$

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)| = 0.215735271$$

- b. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan P(z), yaitu

$$\text{Maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| = 0.20438091$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah ke-12 sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(n)}$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L_{\alpha(k-1)} = L_{0.01(12)} = 0.275$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai L_{hitung} (0.215735271) < L_{tabel} (0.275), maka terima H_0 dan simpulkan bahwa ke-12 sampel data observasi dari daya output kombinasi ballast elektronik dan tabung DOP berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

4. Kombinasi ballast elektronik dan tabung Philips

Langkah-langkah pengujian normalitas untuk kombinasi ballast elektronik dan tabung Philips sama dengan kombinasi sebelumnya, seperti yang terlihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perhitungan uji normalitas data untuk daya output, kombinasi ballast elektronik dan tabung Philips

No.	x	z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(x-1)-P(z)
1	502	-1.184490044	0.118109627	0.083333333	0.034776294	0.11810963
2	504	-1.18037485	0.118925639	0.16666667	0.047741028	0.03559231
3	508	-1.172144462	0.120569588	0.25	0.129430412	0.04609708
4	510	-1.168029268	0.121397536	0.333333333	0.211935797	0.12860246
5	1080	0.00480106	0.50191535	0.41666667	0.085248683	0.16858202
6	1080	0.00480106	0.50191535	0.5	0.00191535	0.08524868
7	1082	0.008916254	0.503557044	0.583333333	0.079776289	0.00355704
8	1083	0.010973851	0.50437787	0.66666667	0.162288797	0.07895546
9	1643	1.163228208	0.877631482	0.75	0.127631482	0.21096482
10	1646	1.169400999	0.878878889	0.833333333	0.045545556	0.12887889
11	1646	1.169400999	0.878878889	0.91666667	0.037787777	0.04554556
12	1648	1.173516193	0.879705509	1	0.120294491	0.03696116

Selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(z)$ dan $P(x)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)|, \text{ sebagai nilai } L_{hitung}$$

$$\text{Maks } |P(z) - P(x)| = 0.211935797$$

- b. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan $P(z)$, yaitu

$$\text{Maks } |P(x_{i-1}) - P(z)| = 0.210964815$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah ke-12 sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ke-12 sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(n)}$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L_{\alpha(k-1)} = L_{0.01(12)} = 0.275$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai L_{hitung} (0.211935797) < L_{tabel} (0.275), maka terima H_0 dan simpulkan bahwa ke-12 sampel data observasi dari daya output kombinasi ballast elektronik dan tabung Philips berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Berdasarkan perhitungan uji normalitas di atas, maka diperoleh hasil bahwa data observasi untuk daya input dan daya output berdistribusi normal, sehingga data tersebut dapat digunakan pada analisis variansi (anava).

4.4.1.2 Pengujian homogenitas

Pengujian homogenitas dilakukan dengan metode levene test, yaitu menguji kesamaan ragam data observasi antar level faktornya. Uji homogenitas dilakukan terhadap data yang dikelompokkan berdasarkan jenis ballast, tabung neon dan ukuran daya.

A. Uji homogenitas data antar level ballast

Hipotesis yang diajukan adalah :

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

H_1 : Data antar level ballast memiliki ragam yang tidak sama

Taraf nyata $\alpha = 0.01$ dan wilayah kritik $F > F_{0.01} (1 ; 46)$

Prosedur pengujian uji homogenitas tersebut adalah bahwa data untuk daya input, daya output, dan efisiensi daya dikelompokkan berdasarkan jenis ballast.

1. Daya input

Uji homogenitas data antar level ballast untuk daya input dapat dilihat sebagaimana Tabel 4.16, kemudian dicari rata-rata tiap level ukuran faktor dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya sebagaimana diperoleh pada Tabel 4.17.

Tabel 4.16 Data daya input, dikelompokkan berdasarkan jenis ballast

Ukuran Daya	Jenis Ballast (Watt)	
	Trafo	Elektronik
10 Watt	42.9	17.6
	42.9	17.6
	42.9	17.6
	42.9	17.6
	40.7	17.6
	40.7	17.6
	40.7	17.6
	40.7	17.6
20 Watt	74.8	35.2
	74.8	35.2
	74.8	35.2
	74.8	35.2
	74.8	33
	74.8	33
	74.8	33
	74.8	33
40 Watt	82.5	52.8
	82.5	52.8
	82.5	52.8
	82.5	52.8
	90.2	50.6
	90.2	50.6
	90.2	50.6
	90.2	50.6
Rata-rata	67.65	34.46667

Tabel 4.17 Selisih absolut data daya input dengan rata-ratanya dikelompokkan berdasarkan jenis ballast

Jenis Ballast (Watt)	
Trafo	Elektronik
24.75	16.86666667
24.75	16.86666667
24.75	16.86666667
24.75	16.86666667
26.95	16.86666667
26.95	16.86666667

Tabel 4.17 Lanjutan

Jenis Ballast (Watt)	
Trafo	Elektronik
26.95	16.86666667
26.95	16.86666667
7.15	0.7333333333
7.15	0.7333333333
7.15	0.7333333333

7.15	0.733333333
7.15	1.466666667
7.15	1.466666667
7.15	1.466666667
7.15	1.466666667
14.85	18.33333333
14.85	18.33333333
14.85	18.33333333
14.85	18.33333333
22.55	16.13333333
22.55	16.13333333
22.55	16.13333333
22.55	16.13333333
413.6	281.6

Selanjutnya dihitung nilai-nilai berikut :

a. Faktor koreksi (FK) = $(413.6 + 281.6)^2/48$
 = 10068.81333

b. JK-Ballast = $(413.6^2 + 281.6^2)/24 - FK$
 = 363

c. JK-Total (JKT) = $(24.75^2 + \dots + 16.13333333^2) - FK$
 = 3283.94

d. JK-Error (JKE) = $JKT - JK_{(Ballast)}$
 = 2920.94

Tabel 4.18 Hasil uji homogenitas data daya input, dikelompokkan berdasarkan jenis ballast

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Ballast	1	363	363	5.716653	7.241
Error	46	2920.94	63.4987		
Total	47	3283.94			

Berdasarkan Tabel 4.18, nilai F_{hitung} sebesar 5.716653 lebih kecil dari F_{tabel} (7.241), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data daya input antar level ballast memiliki ragam yang sama (homogen).

2. Daya output

Uji homogenitas data antar level ballast untuk daya output dapat dilihat sebagaimana Tabel 4.19, kemudian dicari rata-rata tiap level ukuran faktor dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya sebagaimana diperoleh pada Tabel 4.20.

Tabel 4.19 Data daya output, dikelompokkan berdasarkan jenis ballast

Ukuran Daya	Jenis Ballast (Lux)	
	Trafo	Elektronik
10 Watt	260	606
	258	603
	255	602
	261	607
	258	508
	256	510
	254	504
	253	502
20 Watt	717	1055
	707	1059
	705	1055
	710	1056
	730	1083
	728	1080
	727	1080
	730	1082
40 Watt	1200	1471
	1194	1453
	1198	1460
	1200	1455
	1150	1643
	1152	1648
	1146	1646
	1148	1646
Rata-rata	716.5417	1058.917

Tabel 4.20 Selisih absolut data daya output dengan rata-ratanya dikelompokkan berdasarkan jenis ballast

Jenis Ballast (Lux)	
Trafo	Elektronik
456.541667	452.9166667
458.541667	455.9166667
461.541667	456.9166667
455.541667	451.9166667
458.541667	550.9166667
460.541667	548.9166667

Tabel 4.20 Lanjutan

Jenis Ballast (Lux)	
Trafo	Elektronik
462.541667	554.9166667
463.541667	556.9166667
0.45833333	3.916666667

9.54166667	0.083333333
11.54166667	3.916666667
6.54166667	2.916666667
13.45833333	24.08333333
11.45833333	21.08333333
10.45833333	21.08333333
13.45833333	23.08333333
483.458333	412.0833333
477.458333	394.0833333
481.458333	401.0833333
483.458333	396.0833333
433.458333	584.0833333
435.458333	589.0833333
429.458333	587.0833333
431.458333	587.0833333
7409.91667	8080.166667

Selanjutnya dihitung nilai-nilai berikut :

- a. Faktor koreksi (FK) = $(7409.91667 + 8080.166667)^2/48$
= 4998805.868
- b. JK-Ballast = $(7409.91667^2 + 8080.166667^2)/24 - FK$
= 9359.063802
- c. JK-Total (JKT) = $(456.541667^2 + \dots + 587.0833333^2) - FK$
= 2439115.923
- d. JK-Error (JKE) = $JKT - JK_{(Ballast)}$
= 2429756.86

Tabel 4.21 Hasil uji homogenitas data daya output, dikelompokkan berdasarkan jenis ballast

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Ballast	1	9359.063802	9359.064	0.177185	7.241
Error	46	2429756.86	52820.8		
Total	47	2439115.923			

Berdasarkan Tabel 4.21, nilai F_{hitung} sebesar 0.177185 lebih kecil dari F_{tabel} (7.241), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data daya output antar level ballast memiliki ragam yang sama (homogen).

B. Uji homogenitas data antar level tabung neon

Hipotesis yang diajukan adalah :

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

$H_1 : \text{Data antar level ballast memiliki ragam yang tidak sama}$

Taraf nyata $\alpha = 0.01$ dan wilayah kritik $F > F_{0.01} (1 ; 46)$

Prosedur pengujian uji homogenitas tersebut adalah bahwa data untuk daya input, daya output, dan efisiensi daya dikelompokkan berdasarkan jenis tabung neon.

1. Daya input

Uji homogenitas data antar level tabung neon untuk daya input dapat dilihat sebagaimana Tabel 4.22, kemudian dicari rata-rata tiap level ukuran faktor dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya sebagaimana diperoleh pada Tabel 4.23.

Tabel 4.22 Data daya input, dikelompokkan berdasarkan jenis tabung neon

Ukuran Daya	Jenis Tabung Neon (Watt)	
	DOP	Phillips
10 Watt	42.9	40.7
	42.9	40.7
	42.9	40.7
	42.9	40.7
	17.6	17.6
	17.6	17.6
	17.6	17.6
	17.6	17.6
20 Watt	74.8	74.8
	74.8	74.8
	74.8	74.8
	74.8	74.8
	35.2	33
	35.2	33
	35.2	33
	35.2	33
40 Watt	82.5	90.2
	82.5	90.2
	82.5	90.2
	82.5	90.2
	52.8	50.6
	52.8	50.6
	52.8	50.6
	52.8	50.6
Rata-rata	50.96666667	51.15

Tabel 4.23 Selisih absolut data daya input dengan rata-ratanya dikelompokkan berdasarkan jenis tabung neon

Jenis Tabung Neon (Watt)	
DOP	Philips
8.066666667	10.45
8.066666667	10.45

8.06666667	10.45
8.06666667	10.45
33.36666667	33.55
433.36666667	33.55
33.36666667	33.55
33.36666667	33.55
23.83333333	23.65
23.83333333	23.65
23.83333333	23.65
23.83333333	23.65
15.76666667	18.15
15.76666667	18.15
15.76666667	18.15
15.76666667	18.15
31.53333333	39.05
31.53333333	39.05
31.53333333	39.05
31.53333333	39.05
1.83333333	0.55
1.83333333	0.55
1.83333333	0.55
1.83333333	0.55
457.6	501.6

Selanjutnya dihitung nilai-nilai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Faktor koreksi (FK)} &= (457.6 + 501.6)^2/48 \\
 &= 19168.01333 \\
 \text{b. JK-Tabung Neon} &= (501.6^2 + 457.6^2)/24 - \text{FK} \\
 &= 40.33333333 \\
 \text{c. JK-Total (JKT)} &= (8.06666667^2 + \dots + 0.55^2) - \text{FK} \\
 &= 7397.94 \\
 \text{d. JK-Error (JKE)} &= \text{JKT} - \text{JK}_{(\text{Tabung Neon})} \\
 &= 7357.606667
 \end{aligned}$$

Tabel 4.24 Hasil uji homogenitas data daya input, dikelompokkan berdasarkan jenis tabung neon

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Tabung Neon	1	40.33333333	40.33333	0.252165	7.241
Error	46	7357.606667	159.948		
Total	47	7397.94			

Berdasarkan Tabel 4.24, nilai F_{hitung} sebesar 0.252165 lebih kecil dari F_{tabel} (7.241), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data daya input antar level tabung neon memiliki ragam yang sama (homogen).

2. Daya output

Uji homogenitas data antar level tabung neon untuk daya output dapat dilihat sebagaimana Tabel 4.25, kemudian dicari rata-rata tiap level ukuran faktor dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya sebagaimana diperoleh pada Tabel 4.26.

Tabel 4.25 Data daya output, dikelompokkan berdasarkan jenis tabung neon

Ukuran Daya	Jenis Tabung Neon (Lux)	
	DOP	Phillips
10 Watt	260	258
	258	256
	255	254
	261	253
	606	508
	603	510
	602	504
	607	502
20 Watt	717	730
	707	728
	705	727
	710	730
	1055	1083
	1059	1080
	1055	1080
40 Watt	1056	1082
	1200	1150
	1194	1152
	1198	1146
	1200	1148
	1471	1643
	1453	1648
1460	1646	
1455	1646	
Rata-rata	881.125	894.3333333

Tabel 4.26 Selisih absolut data daya output dengan rata-ratanya dikelompokkan berdasarkan jenis tabung neon

Jenis Tabung Neon (Lux)	
DOP	Phillips
621.125	636.3333333
623.125	638.3333333
626.125	640.3333333

620.125	641.3333333
275.125	386.3333333
278.125	384.3333333
279.125	390.3333333
274.125	392.3333333
164.125	164.3333333
174.125	166.3333333
176.125	167.3333333
171.125	164.3333333
173.875	188.6666667
177.875	185.6666667
173.875	185.6666667
174.875	187.6666667
318.875	255.6666667
312.875	257.6666667
316.875	251.6666667
318.875	253.6666667
589.875	748.6666667
571.875	753.6666667
578.875	751.6666667
573.875	751.6666667
8565	9544

Selanjutnya dihitung nilai-nilai berikut :

- a. Faktor koreksi (FK) = $(8565+9544)^2/48$
 = 6831997.521
- b. JK-Tabung neon = $(8565^2 + 9544^2)/24 - FK$
 = 19967.52083
- c. JK-Total (JKT) = $(621.125^2 + \dots + 751.6666667^2) - FK$
 = 2010478.438
- d. JK-Error (JKE) = $JKT - JK(\text{Tabung Neon})$
 = 1990510.917

Tabel 4.27 Hasil uji homogenitas data daya output, dikelompokkan berdasarkan jenis tabung neon

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Tabung Neon	1	19967.52083	19967.52	0.461442	7.241
Error	46	1990510.917	43271.98		
Total	47	2010478.438			

Berdasarkan Tabel 4.27, nilai F_{hitung} sebesar 0.461442 lebih kecil dari F_{tabel} (7.241), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data daya output antar level tabung neon memiliki ragam yang sama (homogen).

- C. Uji homogenitas data antar level ukuran daya
 Hipotesis yang diajukan adalah :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$$

H_1 : Data antar level ukuran daya memiliki ragam yang tidak sama

Taraf nyata $\alpha = 0.01$ dan wilayah kritik $F > F_{0.01} (2 ; 45)$

Prosedur pengujian uji homogenitas tersebut adalah bahwa data untuk daya input, daya output, dan efisiensi daya dikelompokkan berdasarkan jenis ukuran daya.

1. Daya input

Uji homogenitas data antar level ukuran daya untuk daya input dapat dilihat sebagaimana Tabel 4.28, kemudian dicari rata-rata tiap level ukuran faktor dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya sebagaimana diperoleh pada Tabel 4.29.

Tabel 4.28 Data daya input, dikelompokkan berdasarkan jenis ukuran daya

	Ukuran Daya		
	10 Watt	20 Watt	40 Watt
Daya (Watt)	42.9	74.8	82.5
	42.9	74.8	82.5
	42.9	74.8	82.5
	42.9	74.8	82.5
	40.7	74.8	90.2
	40.7	74.8	90.2
	40.7	74.8	90.2
	40.7	74.8	90.2
	17.6	35.2	52.8
	17.6	35.2	52.8
	17.6	35.2	52.8
	17.6	35.2	52.8
	17.6	33	50.6
	17.6	33	50.6
	17.6	33	50.6
17.6	33	50.6	
Rata-rata	29.7	54.45	69.025

Tabel 4.29 Selisih absolut data daya input dengan rata-ratanya dikelompokkan berdasarkan jenis ukuran daya

Ukuran Daya		
10 Watt	20 Watt	40 Watt
42.9	74.8	82.5
42.9	74.8	82.5
42.9	74.8	82.5
42.9	74.8	82.5

40.7	74.8	90.2
40.7	74.8	90.2
40.7	74.8	90.2
40.7	74.8	90.2
17.6	35.2	52.8
17.6	35.2	52.8
17.6	35.2	52.8
17.6	35.2	52.8
17.6	33	50.6
17.6	33	50.6
17.6	33	50.6
17.6	33	50.6
475.2	871.2	1104.4

Selanjutnya dihitung nilai-nilai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Faktor koreksi (FK)} &= (475.2 + 871.2 + 1104.4)^2 / 48 \\
 &= 125133.763 \\
 \text{b. JK-Ukuran daya} &= (475.2^2 + 871.2^2 + 1104.4^2) / 36 - \text{FK} \\
 &= 12647.72667 \\
 \text{c. JK-Total (JKT)} &= (42.9^2 + \dots + 50.6^2) - \text{FK} \\
 &= 26566.35667 \\
 \text{d. JK-Error (JKE)} &= \text{JKT} - \text{JK}_{(\text{ukuran daya})} \\
 &= 13918.63
 \end{aligned}$$

Tabel 4.30 Hasil uji homogenitas data daya input, dikelompokkan berdasarkan jenis ukuran daya

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Ukuran Daya	2	12647.72667	6323.863333	20.44554	4.93
Error	45	13918.63	309.3028889		
Total	47	26566.35667			

Berdasarkan Tabel 4.30, nilai F_{hitung} sebesar 20.44554 lebih besar dari F_{tabel} (4.93), sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa data daya input antar level ukuran daya memiliki ragam yang tidak sama (tidak homogen). Namun demikian, dalam eksperimen terhadap daya input ini tetap dianggap layak digunakan pada analisis variansi karena dua uji homogenitas lainnya terpenuhi.

2. Daya output

Uji homogenitas data antar level ukuran daya untuk daya output dapat dilihat sebagaimana Tabel 4.31, kemudian dicari rata-rata tiap level ukuran faktor dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya sebagaimana diperoleh pada Tabel 4.32.

Tabel 4.31 Data daya output, dikelompokkan berdasarkan jenis ukuran daya

	Ukuran Daya		
	10 Watt	20 Watt	40 Watt
Daya (Watt)	260	717	1200
	258	707	1194
	255	705	1198
	261	710	1200
	258	730	1150
	256	728	1152
	254	727	1146
	253	730	1148
	606	1055	1471
	603	1059	1453
	602	1055	1460
	607	1056	1455
	508	1083	1643
	510	1080	1648
	504	1080	1646
502	1082	1646	
Rata-rata	406.0625	894	1363.125

Tabel 4.32 Selisih absolut data daya output dengan rata-ratanya dikelompokkan berdasarkan jenis ukuran daya

Ukuran Daya		
10 Watt	20 Watt	40 Watt
146.0625	177	163.125
148.0625	187	169.125
151.0625	189	165.125
145.0625	184	163.125
148.0625	164	213.125
150.0625	166	211.125
152.0625	167	217.125
153.0625	164	215.125
199.9375	161	107.875
196.9375	165	89.875
195.9375	161	96.875

Tabel 4.32 Lanjutan

Ukuran Daya		
10 Watt	20 Watt	40 Watt
200.9375	162	91.875
101.9375	189	279.875
103.9375	186	284.875
97.9375	186	282.875
95.9375	188	282.875
2387	2796	3034

Selanjutnya dihitung nilai-nilai berikut :

a. Faktor koreksi (FK) = $(2387 + 2796 + 3034)^2/48$
 = 1406648

b. JK-Ukuran daya = $(2387^2 + 2796^2 + 3034^2)/16 - FK$
 = 13386.13

c. JK-Total (JKT) = $(146.0625^2 + \dots + 282.875^2) - FK$
 = 109229

d. JK-Error (JKE) = $JKT - JK_{(Ukuran\ Daya)}$
 = 95842.88

Tabel 4.33 Hasil uji homogenitas data daya output, dikelompokkan berdasarkan jenis ukuran daya

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Ukuran Daya	2	13386.13	6693.063	3.142516	4.93
Error	45	95842.88	2129.842		
Total	47	109229			

Berdasarkan Tabel 4.33, nilai F_{hitung} sebesar 3.142516 lebih kecil dari F_{tabel} (4.93), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data daya output antar level ballast memiliki ragam yang sama (homogen).

4.4.1.3 Pengujian independensi

Pengujian independensi eksperimen dilakukan dengan membuat plot residual data untuk setiap perlakuan berdasarkan urutan pengambilan data pada eksperimen. Nilai residual tersebut merupakan selisih data observasi dengan rata-rata tiap perlakuan.

1. Daya Input

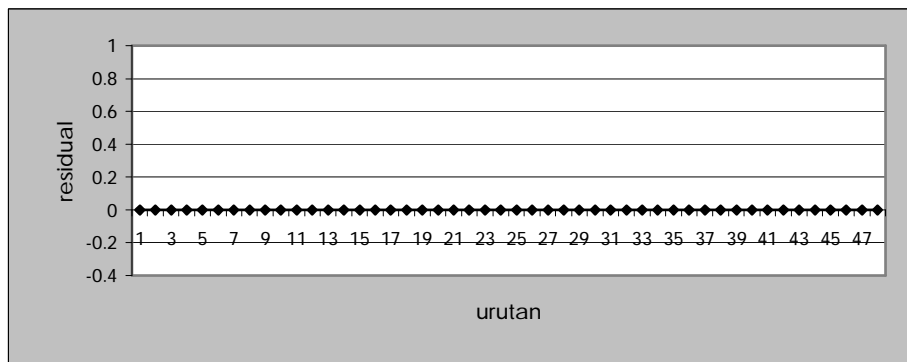
Nilai residual daya input dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Residual data daya input

No	Perlakuan	Data Daya Input				Rerata	Residual			
1	A1B1C1	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	0	0	0	0
2	A1B1C2	74.8	74.8	74.8	74.8	74.8	0	0	0	0
3	A1B1C3	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	0	0	0	0
4	A1B2C1	40.7	40.7	40.7	40.7	40.7	0	0	0	0

5	A1B2C2	74.8	74.8	74.8	74.8	74.8	0	0	0	0
6	A1B2C3	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	0	0	0	0
7	A2B1C1	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	0	0	0	0
8	A2B1C2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	0	0	0	0
9	A2B1C3	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	0	0	0	0
10	A2B2C1	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	0	0	0	0
11	A2B2C2	33	33	33	33	33	0	0	0	0
12	A2B2C3	50.6	50.6	50.6	50.6	50.6	0	0	0	0

Data daya input yang terukur adalah sama pada replikasi untuk setiap perlakuan, sehingga nilai residual data yang dihasilkan 0 (nol). Data residual tersebut kemudian diplotkan berdasarkan urutan pengambilan data saat eksperimen sebagaimana Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Plot residual data daya input

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat bahwa seluruh nilai residual data observasi daya input berada tepat pada titik nol, sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil eksperimen memenuhi syarat independen.

2. Daya Output

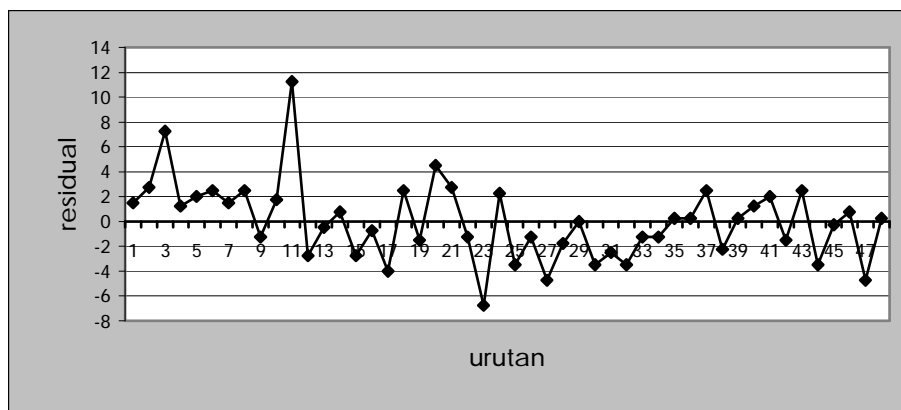
Nilai residual data daya output dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Residual data daya output

No	Perlakuan	Data Daya Input				Rerata	Residual			
1	A1B1C1	260	258	255	261	258.5	1.5	-0.5	-3.5	2.5
2	A1B1C2	717	707	705	710	709.75	7.25	-2.75	-4.75	0.25
3	A1B1C3	1200	1194	1198	1200	1198	2	-4	0	2
4	A1B2C1	258	256	254	253	255.25	2.75	0.75	-1.25	-2.25

5	A1B2C2	730	728	727	730	728.75	1.25	-0.75	-1.75	1.25
6	A1B2C3	1152	1152	1146	1148	1149.5	2.5	2.5	-3.5	-1.5
7	A2B1C1	606	603	602	607	604.5	1.5	-1.5	-2.5	2.5
8	A2B1C2	1055	1059	1055	1056	1056.25	-1.25	2.75	-1.25	-0.25
9	A2B1C3	1471	1453	1460	1455	1459.75	11.25	-6.75	0.25	-4.75
10	A2B2C1	508	510	502	502	505.5	2.5	4.5	-3.5	-3.5
11	A2B2C2	1083	1080	1080	1082	1081.25	1.75	-1.25	-1.25	0.75
12	A2B2C3	1643	1648	1646	1646	1645.75	-2.75	2.25	0.25	0.25

Data residual kemudian diplotkan berdasarkan urutan pengambilan data eksperimen seperti Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Plot residual data daya output

Berdasarkan Gambar 4.4 terlihat bahwa nilai residual tersebar di sekitar garis nol dan tidak membentuk pola khusus, sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil eksperimen memenuhi syarat independensi.

Hasil uji normalitas, uji homogenitas, dan uji independensi yang telah dibahas di atas menunjukkan bahwa data observasi yang telah dilakukan memenuhi asumsi anava. Oleh karena itu, data observasi tersebut dapat digunakan untuk pengolahan analisis variansi (Anava).

4.4.2 Pengujian Analisis Variansi (Anava)

Pengujian analisis variansi dilakukan terhadap daya input, daya output, dan efisiensi daya lampu neon untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang diteliti berpengaruh signifikan terhadap variabel respon tersebut. Hipotesis umum yang diajukan adalah ada perbedaan yang signifikan antar faktor maupun level dalam setiap faktor yang diteliti. Hipotesis umum ini disebut sebagai hipotesis satu (H_1).

4.4.2.1 Pengujian Anava Daya Input

Prosedur pengujian anava diperlihatkan sebagaimana pembahasan di bawah ini. Adapun hipotesis nol yang diajukan dalam analisis variansi adalah :

- H_{01} : Pengaruh ballast neon terhadap daya input tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{02} : Pengaruh tabung kaca neon terhadap daya input tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{03} : Pengaruh ukuran daya terhadap daya input tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{04} : Pengaruh interaksi ballast dan tabung kaca neon terhadap daya input tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.

Model matematik yang dipakai dalam analisis ini adalah :

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + \varepsilon_{m(ijk)} \dots\dots\dots(4.1)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, a$ $k = 1, 2, \dots, c$
 $j = 1, 2, \dots, b$ $m = 1, 2, \dots, n$

Keterangan :

- A : jenis ballast
- B : jenis tabung kaca
- C : Ukuran daya lampu neon
- a : Jumlah level untuk faktor A
- b : Jumlah level untuk faktor B
- c : Jumlah level untuk faktor C
- n : Jumlah replikasi

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai-nilai yang dibutuhkan untuk perhitungan anava. Prosedur perhitungan nilai-nilai tersebut dijelaskan oleh pembahasan di bawah ini. Adapun data yang digunakan adalah konversi data eksperimen arus input yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 dengan persamaan 4.4.

Tabel 4.36 Data desain dua faktor dengan satu blok untuk pengujian daya input (Watt)

Ukuran Daya (C)	Tabung Neon (B)	Ballast (A)		Total
		Trafo	Elektronik	
10 W	DOP	42.9	17.6	242
		42.9	17.6	
		42.9	17.6	
		42.9	17.6	
10 W	PHILIPS	40.7	17.6	233.2
		40.7	17.6	
		40.7	17.6	
		40.7	17.6	
20W	DOP	74.8	35.2	440
		74.8	35.2	
		74.8	35.2	
		74.8	35.2	
20W	PHILIPS	74.8	33	431.2
		74.8	33	
		74.8	33	
		74.8	33	
40W	DOP	82.5	52.8	541.2
		82.5	52.8	
		82.5	52.8	
		82.5	52.8	
40W	PHILIPS	90.2	50.6	563.2
		90.2	50.6	
		90.2	50.6	
		90.2	50.6	
Total		1623.6	827.2	2450.8

Selanjutnya
Tabel
4.36
digunakan untuk

perhitungan jumlah kuadrat/ *sum of square* (SS) sebagaimana di bawah ini.

Jumlah kuadrat total (SS_{total}) :

$$\begin{aligned}
 SS_{total} &= \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^n Y_{ijkl}^2 - \frac{T_{\dots}^2}{nabc} \\
 &= 42.9^2 + 42.9^2 + \dots + 50.6^2 - \frac{2450.8^2}{48} \\
 &= 26566.36
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat faktor ballast neon (SS_A) :

$$\begin{aligned}
 SS_A &= \sum_{i=1}^a \frac{T_{i\dots}^2}{nbc} - \frac{T_{\dots}^2}{nabc} \\
 &= \frac{1623^2 + 827.2^2}{24} - \frac{2450.8^2}{48} \\
 &= 13213.6
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat faktor tabung neon (SS_B) :

$$\begin{aligned}
 SS_B &= \sum_{j=1}^b \frac{T_{.j..}^2}{nac} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= \frac{1223.2^2 + 1227.6^2}{24} - \frac{2450.8^2}{48} \\
 &= 0.403333
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat interaksi antara faktor ballast neon dan faktor tabung kaca (SS_{AxB}) :

$$\begin{aligned}
 SS_{AxB} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{m=1}^n \frac{T_{ij.m}^2}{n} - \sum_i \frac{T_{i...}^2}{nbc} - \sum_j \frac{T_{.j..}^2}{nac} + \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= 800.8^2 + 822.8^2 + 422.4^2 + 404.8^2 - \frac{2450.8^2}{48} + (13213.6 + 0.403333) \\
 &= 32.67
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat blok ukuran daya (SS_C) :

$$\begin{aligned}
 SS_C &= \sum_{c=1}^k \frac{T_{..k.}^2}{nab} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= \frac{475.2^2 + 871.2^2 + 1104.4^2}{16} - \frac{2450.8^2}{48} \\
 &= 12647.73
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error (SS_E) :

$$\begin{aligned}
 SS_E &= SS_{total} - SS_A - SS_B - SS_{AxB} - SS_C \\
 &= 26566.36 - 13213.6 - 0.403333 - 32.67 - 12647.73 \\
 &= 671.9533
 \end{aligned}$$

Mean of square (MS) atau disebut juga kuadrat tengah (KT), dihitung dengan membagi antara jumlah kuadrat (SS) yang diperoleh dengan derajat bebasnya (df).

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$MS_A = \frac{SS_A}{(a-1)} = \frac{13213.6}{2-1} = 13213.6$$

Berpedoman pada contoh di atas, maka didapat MS semua faktor selengkapnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Besarnya F_{hitung} didapat dari pembagian antara MS faktor yang ada dengan MS_{error} dari eksperimen. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$MS_A = \frac{SS_A}{SS_E} = \frac{13213.6}{671.9533} = 825.907563$$

Berpedoman pada contoh di atas, maka didapat F_{hitung} semua faktor selengkapnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Keputusan terhadap hipotesis nol didasarkan pada nilai F_{hitung} , yakni hipotesis nol (H_0) ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$. F_{tabel} diperoleh dari tabel distribusi F kumulatif, dengan $df_1 = df$ yang bersangkutan dan $df_2 = df_{error}$, yang dapat dilihat pada lampiran. Apabila df yang dibutuhkan tidak tercantum dalam tabel, maka dapat dilakukan interpolasi. Contoh perhitungan interpolasi F_{tabel} adalah sebagai berikut:

F_{tabel} untuk tabung neon, $df_1 = 1$ dan $df_2 = 42$

Berdasarkan tabel distribusi F kumulatif diperoleh :

□ $F_{(0,99)} = 7.31$, untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 40$

□ $F_{(0,99)} = 7.08$, untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 60$

Sehingga $F_{(0,99)}$ untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 42$ adalah :

$$F_{(1,42)} = 7.31 + \frac{42 - 40}{60 - 40} (7.08 - 7.31)$$

$$= 7.287$$

Selain dengan menggunakan perhitungan secara manual seperti di atas, dapat menggunakan software SPSS untuk melakukan uji analisis variansi. Hasil uji anava dengan SPSS dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.37 Hasil perhitungan anava, daya input

Sumber Variasi	Derajat Bebas (df)	Jumlah Kuadrat (SS)	Kuadrat Tengah (MS)	F_{hitung}	F_{tabel}	H_0
Ballast (A)	1	13213.6	13213.6	825.907563	7.287	Tolak
Tabung (B)	1	0.403333	0.403333	0.025210084	7.287	Terima
Ukuran Daya (C)	2	12647.73	6323.863	395.2689076	5.16	Tolak
Interaksi A x B	1	32.67	32.67	2.042016807	7.287	Terima
Error (E)	42	671.9533	15.99889			
Total	47	26566.36				

Tabel 4.38 Hasil perhitungan anava menggunakan SPSS, daya input

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: DAYA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25894.403 ^a	5	5178.881	323.703	.000
Intercept	125133.763	1	125133.763	7821.403	.000
BALLAST	13213.603	1	13213.603	825.908	.000
TABUNG	.403	1	.403	.025	.875
UK_DAYA	12647.727	2	6323.863	395.269	.000
BALLAST * TABUNG	32.670	1	32.670	2.042	.160
Error	671.953	42	15.999		
Total	151700.120	48			
Corrected Total	26566.357	47			

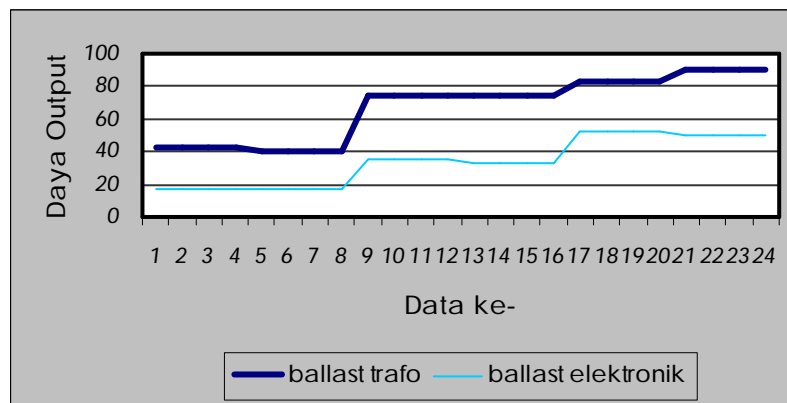
a. R Squared = .975 (Adjusted R Squared = .972)

Berdasarkan Tabel 4.38, untuk memutuskan diterima atau ditolaknya H_0 adalah dengan melihat nilai-nilai pada kolom sig (signifikansi). Nilai signifikansi tersebut menyatakan besarnya peluang menolak H_0 padahal H_0 benar. Perlu diingat bahwa :

$$1 = P(H_0 \text{ ditolak } H_0 \text{ memang tidak benar}) + P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar})$$

dimana, $P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar}) = \alpha = \text{signifikansi}$

Apabila nilai signifikansi 0,000 berarti α sangat kecil, maka peluang H_0 ditolak karena H_0 memang tidak benar menjadi besar, sehingga keputusan yang diambil adalah menolak H_0 .



Gambar 4.5

Grafik nilai daya input untuk ballast trafo dan ballast elektronik

Besarnya nilai daya input yang diukur untuk ballast trafo maupun ballast elektronik dapat dilihat pada Gambar 4.5, sehingga perbedaan antara kedua sistem neon tersebut dapat diketahui secara grafis.

Penggunaan F_{hitung} dan taraf signifikansi akan memberikan kesimpulan yang sama tentang hasil uji hipotesis analisis variansi. Keputusan yang diambil terhadap hasil analisis variansi data eksperimen untuk daya input adalah :

1. Ditinjau dari faktor ballast neon (faktor A), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ballast neon terhadap daya input berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
2. Ditinjau dari faktor tabung neon (faktor B), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh tabung neon terhadap daya input tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
3. Ditinjau dari ukuran daya yang berfungsi sebagai blok (blok C), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ukuran daya neon terhadap daya input berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.

4. Ditinjau dari interaksi antara faktor ballast neon (faktor *A*) dan tabung neon (faktor *B*), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh interaksi antara faktor ballast neon (faktor *A*) dan tabung neon (faktor *B*) terhadap daya input tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.

4.4.2.2 Pengujian Anava Daya Output

Prosedur pengujian anava diperlihatkan sebagaimana pembahasan di bawah ini. Adapun hipotesis nol yang diajukan dalam analisis variansi adalah :

- H_{01} : Pengaruh ballast neon terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{02} : Pengaruh tabung kaca neon terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{03} : Pengaruh ukuran daya terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{04} : Pengaruh interaksi ballast dan tabung kaca neon terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.

Model matematik yang dipakai dalam analisis ini adalah :

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

$$\begin{array}{lll} \text{dimana} & i & = 1, 2, \dots, a & k & = 1, 2, \dots, c \\ & j & = 1, 2, \dots, b & m & = 1, 2, \dots, n \end{array}$$

Keterangan :

A : jenis ballast

B : jenis tabung kaca

C : Ukuran daya lampu neon

a : Jumlah level untuk faktor *A*

b : Jumlah level untuk faktor *B*

c : Jumlah level untuk faktor *C*

n : Jumlah replikasi

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai-nilai yang dibutuhkan untuk perhitungan anava. Prosedur perhitungan nilai-nilai tersebut dijelaskan oleh pembahasan di bawah ini. Adapun data yang digunakan adalah data eksperimen daya output yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.39 Data desain dua faktor dengan satu blok untuk pengujian daya output (Lux)

Ukuran Daya (C)	Tabung Neon (B)	Ballast (A)		Total	
		Trafo	Elektronik		
10 W	DOP	260	606	3452	
		258	603		
		255	602		
		261	607		
	PHILIPS	258	508		3045
		256	510		
		254	504		
		253	502		
20W	DOP	717	1055	7064	
		707	1059		
		705	1055		
		710	1056		
	PHILIPS	730	1083		7240
		728	1080		
		727	1080		
		730	1082		
40W	DOP	1200	1471	10631	
		1194	1453		
		1198	1460		
		1200	1455		
	PHILIPS	1150	1643		11179
		1152	1648		
		1146	1646		
		1148	1646		
Total		17197	25414	42611	

Selanjutnya
Tabel
4.39
digunakan
untuk

perhitungan jumlah kuadrat/ *sum of square* (SS) sebagaimana di bawah ini.

Jumlah kuadrat total (SS_{total}) :

$$\begin{aligned}
 SS_{total} &= \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^n Y_{ijkl}^2 - \frac{T^2}{nabc} \\
 &= 260^2 + 258^2 + \dots + 1646^2 - \frac{42611^2}{48} \\
 &= 8844569
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat faktor ballast neon (SS_A) :

$$\begin{aligned}
 SS_A &= \sum_{i=1}^a \frac{T_{i\dots}^2}{nbc} - \frac{T^2}{nabc} \\
 &= \frac{17197^2 + 25414^2}{24} - \frac{42611^2}{48} \\
 &= 1406648
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat faktor tabung neon (SS_B) :

$$\begin{aligned}
 SS_B &= \sum_{j=1}^b \frac{T_{.j..}^2}{nac} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= \frac{21147^2 + 21464^2}{24} - \frac{42611^2}{48} \\
 &= 2093.521
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat interaksi antara faktor ballast neon dan faktor tabung kaca (SS_{AxB}) :

$$\begin{aligned}
 SS_{AxB} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{m=1}^n \frac{T_{ij.m}^2}{n} - \sum_i \frac{T_{i...}^2}{nbc} - \sum_j \frac{T_{.j..}^2}{nac} + \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= 8665^2 + 8532^2 + 12482^2 + 12932^2 - \frac{42611^2}{48} + (1406648 + 7328693) \\
 &= 7081.020833
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat blok ukuran daya (SS_C) :

$$\begin{aligned}
 SS_C &= \sum_{c=1}^k \frac{T_{..k.}^2}{nab} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= \frac{6497^2 + 14304^2 + 21810^2}{16} - \frac{42611^2}{48} \\
 &= 7328693
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error (SS_E) :

$$\begin{aligned}
 SS_E &= SS_{total} - SS_A - SS_B - SS_{AxB} - SS_C \\
 &= 8844569 - 1406648 - 2093.521 - 7081.020833 - 7328693 \\
 &= 100054.5
 \end{aligned}$$

Mean of square (MS) atau disebut juga kuadrat tengah (KT), dihitung dengan membagi antara jumlah kuadrat (SS) yang diperoleh dengan derajat bebasnya (df).

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$MS_A = \frac{SS_A}{(a-1)} = \frac{2093.521}{2-1} = 2093.521$$

Berpedoman pada contoh di atas, maka didapat MS semua faktor selengkapnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Besarnya F_{hitung} didapat dari pembagian antara MS faktor yang ada dengan MS_{error} dari eksperimen. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$MS_A = \frac{SS_A}{SS_E} = \frac{2093.521}{2382.249} = 0.87880017$$

Berpedoman pada contoh di atas, maka didapat F_{hitung} semua faktor selengkapnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Keputusan terhadap hipotesis nol didasarkan pada nilai F_{hitung} , yakni hipotesis nol (H_0) ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$. F_{tabel} diperoleh dari tabel distribusi F kumulatif, dengan $df_1 = df$ yang bersangkutan dan $df_2 = df_{error}$, yang dapat dilihat pada lampiran. Apabila df yang dibutuhkan tidak tercantum dalam tabel, maka dapat dilakukan interpolasi. Contoh perhitungan interpolasi F_{tabel} adalah sebagai berikut:

F_{tabel} untuk tabung neon, $df_1 = 1$ dan $df_2 = 42$

Berdasarkan tabel distribusi F kumulatif diperoleh :

□ $F_{(0,99)} = 7.31$, untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 40$

□ $F_{(0,99)} = 7.08$, untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 60$

Sehingga $F_{(0,99)}$ untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 42$ adalah :

$$F_{(1,42)} = 7.31 + \frac{42 - 40}{60 - 40} (7.08 - 7.31) = 7.287$$

Selain dengan menggunakan perhitungan secara manual seperti di atas, dapat menggunakan software SPSS untuk melakukan uji analisis variansi. Hasil uji anava dengan SPSS dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4.40 Hasil perhitungan anava, daya output

Sumber Variasi	Derajat Bebas (df)	Jumlah Kuadrat (SS)	Kuadrat Tengah (MS)	F_{hitung}	F_{tabel}	H_0
Ballast (A)	1	1406648	1406648	590.4704684	7.287	Tolak
Tabung (B)	1	2093.521	2093.521	0.87880017	7.287	Terima
Ukuran Daya (C)	2	7328693	3664346	1538.187815	5.16	Tolak
Interaksi A x B	1	7081.021	7081.021	2.972410025	7.287	Terima
Error (E)	42	100054.5	2382.249			
Total	47	8844569				

Tabel 4.41 Hasil perhitungan anava menggunakan SPSS, daya output

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: DAYA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8744515.021 ^a	5	1748903.004	734.139	.000
Intercept	37827027.5	1	37827027.52	15878.704	.000
BALLAST	1406647.688	1	1406647.688	590.470	.000
TABUNG	2093.521	1	2093.521	.879	.354
UK_DAYA	7328692.792	2	3664346.396	1538.188	.000
BALLAST * TABUNG	7081.021	1	7081.021	2.972	.092
Error	100054.458	42	2382.249		
Total	46671597.0	48			
Corrected Total	8844569.479	47			

a. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .987)

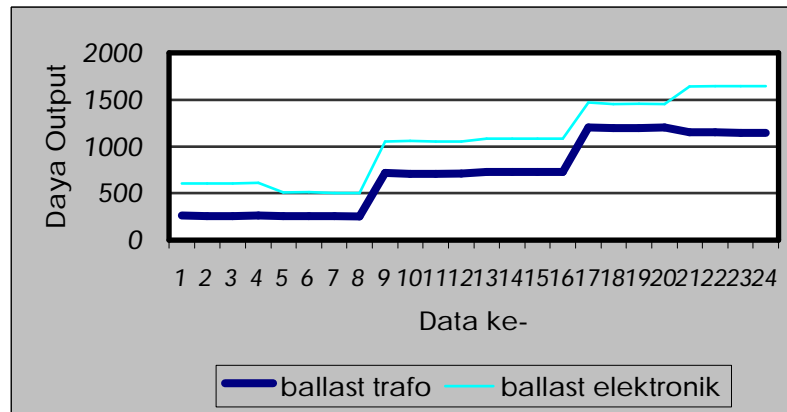
Berdasarkan Tabel 4.41, untuk memutuskan diterima atau ditolaknya H_0 adalah dengan melihat nilai-nilai pada kolom sig (signifikansi). Nilai signifikansi tersebut menyatakan besarnya peluang menolak H_0 padahal H_0 benar. Perlu diingat bahwa :

$$1 = P(H_0 \text{ ditolak } H_0 \text{ memang tidak benar}) + P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar})$$

dimana,

$$P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar}) = \alpha = \text{signifikansi}$$

Apabila nilai signifikansi 0,000 berarti α sangat kecil, maka peluang H_0 ditolak karena H_0 memang tidak benar menjadi besar, sehingga keputusan yang diambil adalah menolak H_0 .



Gambar 4.6

Grafik nilai daya output untuk ballast trafo dan ballast elektronik

Besarnya nilai daya output yang diukur untuk ballast trafo maupun ballast elektronik dapat dilihat pada Gambar 4.6, sehingga perbedaan antara kedua sistem neon tersebut dapat diketahui secara grafis.

Penggunaan F_{hitung} dan taraf signifikansi akan memberikan kesimpulan yang sama tentang hasil uji hipotesis analisis variansi. Keputusan yang diambil terhadap hasil analisis variansi data eksperimen untuk daya input adalah :

1. Ditinjau dari faktor ballast neon (faktor A), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ballast neon terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
2. Ditinjau dari faktor tabung neon (faktor B), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh tabung neon terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
3. Ditinjau dari ukuran daya yang berfungsi sebagai blok (blok C), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ukuran daya

neon terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.

4. Ditinjau dari interaksi antara faktor ballast neon (faktor A) dan tabung neon (faktor B), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh interaksi antara faktor ballast neon (faktor A) dan tabung neon (faktor B) terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.

4.4.2.3 Pengujian Anava Efisiensi Daya

Prosedur pengujian anava diperlihatkan sebagaimana pembahasan di bawah ini. Adapun hipotesis nol yang diajukan dalam analisis variansi adalah :

- H_{01} : Pengaruh ballast neon terhadap efisiensi daya tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{02} : Pengaruh tabung kaca neon terhadap efisiensi daya tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{03} : Pengaruh ukuran daya terhadap efisiensi daya tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.
- H_{04} : Pengaruh interaksi ballast dan tabung kaca neon terhadap efisiensi daya tidak berbeda secara signifikan untuk setiap levelnya.

Model matematik yang dipakai dalam analisis ini adalah :

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

dimana $i = 1, 2, \dots, a$

$j = 1, 2, \dots, b$

$k = 1, 2, \dots, c$

$m = 1, 2, \dots, n$

Keterangan :

A : jenis ballast

B : jenis tabung kaca

C : Ukuran daya lampu neon

a : Jumlah level untuk faktor A

b : Jumlah level untuk faktor B

c : Jumlah level untuk faktor C

n : Jumlah replikasi

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai-nilai yang dibutuhkan untuk perhitungan anava. Prosedur perhitungan nilai-nilai tersebut dijelaskan oleh pembahasan di bawah ini. Adapun data yang digunakan adalah data eksperimen daya input yang dapat dilihat pada Tabel 4.6. Efisiensi daya didapatkan dengan membagi daya input dengan ukuran dayanya.

Tabel 4.42 Data desain dua faktor dengan satu blok untuk pengujian efisiensi daya

Ukuran Daya (C)	Tabung Neon (B)	Ballast (A)		Total	
		Trafo	Elektronik		
10 W	DOP	0.233100233	0.568181818	3.205128	
		0.233100233	0.568181818		
		0.233100233	0.568181818		
		0.233100233	0.568181818		
	PHILIPS	0.245700246	0.568181818		3.255528
		0.245700246	0.568181818		
		0.245700246	0.568181818		
		0.245700246	0.568181818		
20W	DOP	0.267379679	0.568181818	3.342246	
		0.267379679	0.568181818		
		0.267379679	0.568181818		
		0.267379679	0.568181818		
	PHILIPS	0.267379679	0.606060606		3.493761
		0.267379679	0.606060606		
		0.267379679	0.606060606		
		0.267379679	0.606060606		
40W	DOP	0.484848485	0.757575758	4.969697	
		0.484848485	0.757575758		
		0.484848485	0.757575758		
		0.484848485	0.757575758		
	PHILIPS	0.44345898	0.790513834		4.935891
		0.44345898	0.790513834		
		0.44345898	0.790513834		
		0.44345898	0.790513834		
Total		7.767469208	15.43478261	23.20225182	

Selanjutnya Tabel 4.42 digunakan untuk perhitungan jumlah kuadrat/ *sum of square* (SS) sebagaimana di bawah ini.

Jumlah kuadrat total (SS_{total}) :

$$\begin{aligned}
 SS_{total} &= \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^n Y_{ijkl}^2 - \frac{T^2}{nabc} \\
 &= 0.233100233^2 + 0.233100233^2 + \dots + 0.790513834^2 - \frac{23.20225182^2}{48} \\
 &= 1.680715322
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat faktor ballast neon (SS_A) :

$$\begin{aligned}
 SS_A &= \sum_{i=1}^a \frac{T_{i\dots}^2}{nbc} - \frac{T^2}{nabc} \\
 &= \frac{7.767469208^2 + 15.43478261^2}{24} - \frac{23.20225182^2}{48} \\
 &= 1.224743641
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat faktor tabung neon (SS_B) :

$$\begin{aligned}
 SS_B &= \sum_{j=1}^b \frac{T_{.j..}^2}{nac} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= \frac{11.5170711 \cdot 6^2 + 11.6851806 \cdot 5^2}{24} - \frac{23.2022518 \cdot 2^2}{48} \\
 &= 0.000588767
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat interaksi antara faktor ballast neon dan faktor tabung kaca (SS_{AxB}) :

$$\begin{aligned}
 SS_{AxB} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{m=1}^n \frac{T_{ij.m}^2}{n} - \sum_i \frac{T_{i...}^2}{nbc} - \sum_j \frac{T_{.j..}^2}{nac} + \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= 3.941313588^2 + 3.82615562^2 + 7.575757576^2 + 7.859025033^2 \\
 &\quad - \frac{23.20225182^2}{48} - (1.224743641 + 0.000588767) \\
 &= 0.003307142
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat blok ukuran daya (SS_C) :

$$\begin{aligned}
 SS_C &= \sum_{c=1}^k \frac{T_{.k.}^2}{nab} - \frac{T_{....}^2}{nabc} \\
 &= \frac{6.460656461^2 + 6.83600713^2 + 9.905588226^2}{16} - \frac{23.20225182^2}{48} \\
 &= 0.446474398
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error (SS_E) :

$$\begin{aligned}
 SS_E &= SS_{total} - SS_A - SS_B - SS_{AxB} - SS_C \\
 &= 1.680715322 - 1.224743641 - 0.000588767 - 0.003307142 - 0.446474398 \\
 &= 0.005601374
 \end{aligned}$$

Mean of square (MS) atau disebut juga kuadrat tengah (KT), dihitung dengan membagi antara jumlah kuadrat (SS) yang diperoleh dengan derajat bebasnya (df). Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$MS_A = \frac{SS_A}{(a-1)} = \frac{1.224743641}{2-1} = 1.224743641$$

Berpedoman pada contoh di atas, maka didapat MS semua faktor selengkapnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Besarnya F_{hitung} didapat dari pembagian antara MS faktor yang ada dengan MS_{error} dari eksperimen. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$F_{hitung} = \frac{MS_A}{MS_E} = \frac{1.224743641}{0.005601374} = 9183.324114$$

Berpedoman pada contoh di atas, maka didapat F_{hitung} semua faktor selengkapnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Keputusan terhadap hipotesis nol didasarkan pada nilai F_{hitung} , yakni hipotesis nol (H_0) ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$. F_{tabel}

diperoleh dari tabel distribusi F kumulatif, dengan $df_1 = df$ yang bersangkutan dan $df_2 = df_{\text{error}}$. Apabila df yang dibutuhkan tidak tercantum dalam tabel, maka dapat dilakukan interpolasi. Contoh perhitungan interpolasi F_{tabel} adalah sebagai berikut:

F_{tabel} untuk tabung neon, $df_1 = 1$ dan $df_2 = 42$

Berdasarkan tabel distribusi F kumulatif diperoleh :

□ $F_{(0,99)} = 7.31$, untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 40$

□ $F_{(0,99)} = 7.08$, untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 60$

Sehingga $F_{(0,99)}$ untuk $df_1 = 1$ dan $df_2 = 42$ adalah :

$$F_{(1,42)} = 7.31 + \frac{42 - 40}{60 - 40}(7.08 - 7.31)$$

$$= 7.287$$

Selain dengan menggunakan perhitungan secara manual seperti di atas, dapat menggunakan software SPSS untuk melakukan uji analisis variansi. Hasil uji anava dengan SPSS dapat dilihat pada Tabel 4.44.

Tabel 4.43 Hasil perhitungan anava, efisiensi daya

Sumber Variasi	Derajat Bebas (df)	Jumlah Kuadrat (SS)	Kuadrat Tengah (MS)	F_{hitung}	F_{tabel}	H_0
Ballast (A)	1	1.224743641	0.000588767	9183.324114	7.287	Tolak
Tabung(B)	1	0.000588767	1.224743641	4.414666841	7.287	Terima
Ukuran Daya (C)	2	0.446474398	0.223237199	1673.868296	5.16	Tolak
Interaksi A x B	1	0.003307142	0.003307142	24.79748139	7.287	Tolak
Error (E)	42	0.005601374	0.000133366			
Total	47	1.680715322				

Tabel 4.44 Hasil perhitungan anava menggunakan SPSS, efisiensi daya

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: DAYA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.675 ^a	5	.335	2512.055	.000
Intercept	11.216	1	11.216	84095.693	.000
BALLAST	1.225	1	1.225	9183.324	.000
TABUNG	5.888E-04	1	5.888E-04	4.415	.042
UK_DAYA	.446	2	.223	1673.868	.000
BALLAST * TABUNG	3.307E-03	1	3.307E-03	24.797	.000
Error	5.601E-03	42	1.334E-04		
Total	12.896	48			
Corrected Total	1.681	47			

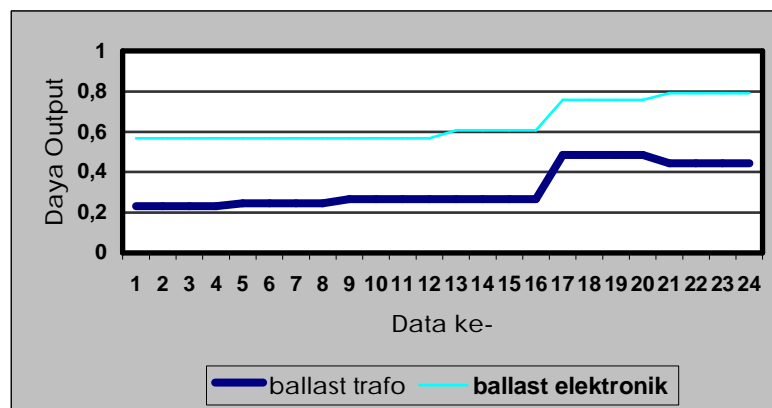
a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

Berdasarkan Tabel 4.44, untuk memutuskan diterima atau ditolaknya H_0 adalah dengan melihat nilai-nilai pada kolom sig (signifikansi). Nilai signifikansi tersebut menyatakan besarnya peluang menolak H_0 padahal H_0 benar. Perlu diingat bahwa :

$1 = P(H_0 \text{ ditolak } H_0 \text{ memang tidak benar}) + P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar})$

dimana, $P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar}) = \alpha = \text{signifikansi}$

Apabila nilai signifikansi 0,000 berarti α sangat kecil, maka peluang H_0 ditolak karena H_0 memang tidak benar menjadi besar, sehingga keputusan yang diambil adalah menolak H_0 .



Gambar 4.7

Grafik efisiensi daya untuk ballast trafo dan ballast elektronik

Besarnya nilai daya output yang diukur untuk ballast trafo maupun ballast elektronik dapat dilihat pada Gambar 4.7, sehingga perbedaan antara kedua sistem neon tersebut dapat diketahui secara grafis.

Penggunaan F_{hitung} dan taraf signifikansi akan memberikan kesimpulan yang sama tentang hasil uji hipotesis analisis variansi. Keputusan yang diambil terhadap hasil analisis variansi data eksperimen untuk daya input adalah :

1. Ditinjau dari faktor ballast neon (faktor A), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ballast neon terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
2. Ditinjau dari faktor tabung neon (faktor B), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh tabung neon terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
3. Ditinjau dari interaksi antara faktor ballast neon (faktor A) dan tabung neon (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh interaksi antara faktor ballast neon (faktor A) dan tabung neon (faktor B) terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
4. Ditinjau dari ukuran daya yang berfungsi sebagai blok (blok C), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ukuran daya neon terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.

4.4.3 Uji Setelah Anava

Uji anava yang telah dilakukan, hanya memberikan informasi ada tidaknya pengaruh signifikan dari faktor-faktor dan interaksi antar faktor terhadap variabel respon. Namun demikian, bilamana terdapat faktor yang dinyatakan berpengaruh signifikan terhadap variabel respon, maka anava belum memberikan informasi tentang level mana saja dari faktor tersebut yang memberikan perbedaan, atau anava belum bisa menggambarkan model matematis akibat pengaruh suatu faktor terhadap variabel respon.

Informasi yang belum diberikan anava, akan diberikan oleh uji setelah anava. Uji setelah anava banyak jenisnya. Penggunaan salah satu jenis uji setelah anava disesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai atau informasi yang ingin diperoleh lebih jauh. Misalnya ingin diketahui bentuk pengaruh suatu faktor (variabel bebas/ *independent*) terhadap variabel respon (*dependent*), maka model regresi bisa menjadi pilihan tepat.

Tujuan ataupun informasi lebih jauh terhadap hasil pengujian daya lampu neon, setelah diketahui adanya faktor-faktor ataupun blok yang pengaruhnya

signifikan terhadap daya input, daya output, dan efisiensi daya lampu neon (variabel respon) adalah :

1. Ditinjau dari ukuran daya (blok), bilamana berpengaruh signifikan terhadap daya lampu neon, maka perlu diketahui pada level mana dan manakah yang terbaik dari ballast neon yang memiliki perbedaan kemampuan terhadap daya input, daya output, dan efisiensi dayanya.
2. Ditinjau dari ballast neon dan tabung neon, tidak dilakukan uji setelah anava meskipun terdapat hasil anava yang menyatakan bahwa kedua faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap daya input, daya output, dan efisiensi daya lampu neon. Hal ini dilakukan karena level yang diuji pada kedua faktor tersebut hanyalah dua level, sehingga dengan mudah dinyatakan level mana yang lebih baik bila hasil uji anava menyatakan bahwa pengaruh ballast neon dan tabung neon signifikan terhadap daya lampu.

Sebagaimana telah dibahas di atas, bahwa tujuan atau informasi utama yang akan dicari lebih jauh dari hasil anava adalah pada blok ukuran daya neon. Dengan demikian uji setelah anava yang akan digunakan adalah uji Student Newman-Keuls (SNK) untuk mengetahui pada level mana dari ukuran daya yang memberikan perbedaan nilai daya dan juga menentukan level yang terbaik dari ukuran daya tersebut.

4.4.3.1 Uji Student Newman-Keuls daya input terhadap ukuran daya

Uji student Newman-Keuls (SNK) terhadap ukuran daya, dilakukan untuk perhitungan daya input lampu neon, dimana hasil eksperimen menunjukkan bahwa pengaruh ukuran daya terhadap daya input berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji. Prosedur uji SNK akan dibahas pada pembahasan selanjutnya.

Tabel 4.45 adalah rata-rata variabel respon daya input yang dikelompokkan berdasarkan ukuran daya, kemudian diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.45 Rata-rata daya input eksperimen dikelompokkan berdasarkan ukuran daya

10 Watt	20 Watt	40 Watt
29.7	54.45	69.025

Selanjutnya dihitung beberapa nilai untuk keperluan perbandingan SNK :

a. $Mean Square_{error} = 15.99889$ dengan $df_{error} = 42$, diperoleh dari proses perhitungan uji anava.

b. Nilai $error$ standar untuk mean level :

$$S_{\bar{Y}.j} = \sqrt{\frac{MS_{error}}{k}} \quad , k = \text{jumlah level}$$

$$S_{\bar{Y}.j} = \sqrt{\frac{0.000133366}{3}} = 0.00667483$$

c. Untuk $\alpha = 0.01$ dan $n_2 = 42$ diperoleh *significant range* (dari tabel SNK)

P	:	2	3
Range	:	3.814	4.361

d. Nilai *Least Significant Range* (LSR) diperoleh dengan mengalikan *significant range* dengan $error$ standar.

P	:	2	3
LSR	:	0.025429781	0.029076895

e. Menghitung beda (selisih) antar-level secara berpasangan dan membandingkannya dengan nilai LSR. Jika nilai selisih $>$ LSR menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata interaksi tersebut. Proses perhitungan beda antar level adalah sebagai berikut :

- 40 Watt versus 10 Watt 39.325 $>$ 0.029076895
- 40 Watt versus 20 Watt 14.575 $>$ 0.025429781
- 20 Watt versus 10 Watt 24.75 $>$ 0.025429781

Hasil uji SNK di atas menunjukkan bahwa ketiga level ukuran daya dari daya input dalam eksperimen ini berbeda secara signifikan satu sama lain.

4.4.3.2 Uji Student Newman-Keuls daya output terhadap ukuran daya

Uji student Newman-Keuls (SNK) terhadap ukuran daya, dilakukan untuk perhitungan daya output lampu neon, dimana hasil eksperimen menunjukkan bahwa pengaruh ukuran daya terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji. Prosedur uji SNK akan dibahas pada pembahasan selanjutnya.

Tabel 4.46 adalah rata-rata variabel respon daya output yang dikelompokkan berdasarkan ukuran daya, kemudian diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.46 Rata-rata daya output eksperimen dikelompokkan berdasarkan ukuran daya

10 Watt	20 Watt	40 Watt
406.0625	894	1363.125

Selanjutnya dihitung beberapa nilai untuk keperluan perbandingan SNK :

a. $Mean Square_{error} = 2382.249$ dengan $df_{error} = 42$, diperoleh dari proses perhitungan uji anava.

b. Nilai $error$ standar untuk mean level :

$$S_{\bar{Y}_j} = \sqrt{\frac{MS_{error}}{k}} \quad , k = \text{jumlah level}$$

$$S_{\bar{Y}_j} = \sqrt{\frac{0.000133366}{3}} = 0.00667483$$

c. Untuk $\alpha = 0.01$ dan $n_2 = 42$ diperoleh *significant range* (dari tabel SNK)

P	:	2	3
Range	:	3.814	4.361

d. Nilai *Least Significant Range* (LSR) diperoleh dengan mengalikan *significant range* dengan $error$ standar.

P	:	2	3
LSR	:	0.025429781	0.029076895

e. Menghitung beda (selisih) antar-level secara berpasangan dan membandingkannya dengan nilai LSR. Jika nilai selisih $>$ LSR menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata interaksi tersebut. Proses perhitungan beda antar level adalah sebagai berikut :

- 40 Watt versus 10 Watt 39.325 $>$ 0.029076895
- 40 Watt versus 20 Watt 14.575 $>$ 0.025429781
- 20 Watt versus 10 Watt 24.75 $>$ 0.025429781

Hasil uji SNK di atas menunjukkan bahwa ketiga level ukuran daya dari daya output dalam eksperimen ini berbeda secara signifikan satu sama lain.

4.4.3.3 Uji Student Newman-Keuls efisiensi daya terhadap ukuran daya

Uji Student Newman-Keuls (SNK) terhadap ukuran daya, dilakukan untuk perhitungan efisiensi daya lampu neon, dimana hasil eksperimen menunjukkan bahwa pengaruh ukuran daya terhadap efisiensi daya berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji. Prosedur uji SNK akan dibahas pada pembahasan selanjutnya.

Tabel 4.47 adalah rata-rata variabel respon efisiensi daya yang dikelompokkan berdasarkan ukuran daya, kemudian diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.47 Rata-rata efisiensi daya eksperimen dikelompokkan berdasarkan ukuran daya

10 Watt	20 Watt	40 Watt
0.403791029	0.427250446	0.619099264

Selanjutnya dihitung beberapa nilai untuk keperluan perbandingan SNK :

a. $Mean\ Square_{error} = 0.000133366$ dengan $df_{error} = 42$, diperoleh dari proses perhitungan uji anava.

b. Nilai $error$ standar untuk mean level :

$$S_{\bar{Y}.j} = \sqrt{\frac{MS_{error}}{k}} \quad , k = \text{jumlah level}$$

$$S_{\bar{Y}.j} = \sqrt{\frac{0.000133366}{3}} = 0.000667483$$

c. Untuk $\alpha = 0.01$ dan $n_2 = 42$ diperoleh *significant range* (dari tabel SNK)

P	:	2	3
Range	:	3.814	4.361

d. Nilai *Least Significant Range* (LSR) diperoleh dengan mengalikan *significant range* dengan $error$ standar.

P	:	2	3
LSR	:	0.025429781	0.029076895

e. Menghitung beda (selisih) antar-level secara berpasangan dan membandingkannya dengan nilai LSR. Jika nilai selisih $>$ LSR menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata interaksi tersebut. Proses perhitungan beda antar level adalah sebagai berikut :

- 40 Watt versus 10 Watt 0.215308235 $>$ 0.029076895
- 40 Watt versus 20 Watt 0.191848818 $>$ 0.025429781
- 20 Watt versus 10 Watt 0.023459417 $<$ 0.025429781

Hasil uji SNK di atas menunjukkan bahwa ada dua kelompok data yang berbeda dari hasil uji SNK tersebut, yaitu :

$$\underline{\quad 10\text{ Watt} \quad 20\text{ Watt} \quad} \quad \underline{\quad 40\text{ Watt} \quad}$$

Level 10 Watt sama dengan level 20 Watt, sehingga berada dalam satu kelompok. Sedangkan level 40 Watt berbeda dengan kedua level tersebut.

4.4.3.4 Uji Student Newman-Keuls efisiensi daya terhadap interaksi faktor

Uji student Newman-Keuls (SNK) terhadap interaksi faktor, dilakukan untuk perhitungan efisiensi daya lampu neon, dimana hasil eksperimen menunjukkan bahwa pengaruh interaksi faktor terhadap efisiensi daya berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji. Prosedur uji SNK akan dibahas pada pembahasan selanjutnya.

Tabel 4.48 adalah rata-rata variabel respon efisiensi daya yang dikelompokkan berdasarkan interaksi faktor, kemudian diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.48 Rata-rata efisiensi daya eksperimen dikelompokkan berdasarkan ukuran daya

A_1B_2	A_1B_1	A_2B_1	A_2B_2
0.318846	0.328443	0.631313	0.654919

Selanjutnya dihitung beberapa nilai untuk keperluan perbandingan SNK :

a. $Mean Square_{error} = 0.000133366$ dengan $df_{error} = 42$, diperoleh dari proses perhitungan uji anava.

b. Nilai $error$ standar untuk mean level :

$$S_{\bar{Y}_j} = \sqrt{\frac{MS_{error}}{k}} \quad , k = \text{jumlah level}$$

$$S_{\bar{Y}_j} = \sqrt{\frac{0.000133366}{4}} = 0.005774$$

c. Untuk $\alpha = 0.01$ dan $n_2 = 42$ diperoleh *significant range* (dari tabel SNK)

P	:	2	3	4
Range	:	3.814	4.361	4.71

d. Nilai *Least Significant Range* (LSR) diperoleh dengan mengalikan *significant range* dengan $error$ standar.

P	:	2	3	4
LSR	:	0.022022	0.02518	0.027196

e. Menghitung beda (selisih) antar-level secara berpasangan dan membandingkannya dengan nilai LSR. Jika nilai selisih $>$ LSR menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata interaksi tersebut. Proses perhitungan beda antar level adalah sebagai berikut :

- A_2B_2 versus A_1B_2 $0.336072 > 0.027196$
- A_2B_2 versus A_1B_1 $0.326476 > 0.02518$
- A_2B_2 versus A_2B_1 $0.023606 > 0.022022$
- A_2B_1 versus A_1B_2 $0.312467 > 0.02518$
- A_2B_1 versus A_1B_1 $0.30287 > 0.022022$
- A_1B_1 versus A_1B_2 $0.009596 < 0.022022$

Hasil uji SNK di atas menunjukkan bahwa interaksi level faktor dalam efisiensi daya ini terbagi menjadi tiga kelompok data yang berbeda secara signifikan satu sama lain. Pengelompokan interaksi level faktor untuk efisiensi daya dari nilai terkecil ke nilai terbesar tersebut adalah sebagai berikut :

$$\underline{A_1B_2} \quad \underline{A_1B_1} \quad \underline{A_2B_1} \quad \underline{A_2B_2}$$

4.5 Rata-rata Hasil Eksperimen

Eksperimen yang telah dilakukan memberikan hasil yang diperlukan sebagai input dalam perhitungan rasio keuntungan dan analisis biaya. Data-data tersebut berupa daya input, daya output dan efisiensi daya lampu neon yang diperoleh dari nilai rata-rata masing-masing data.

a. Hasil eksperimen daya input

Nilai rata-rata hasil eksperimen daya input adalah seperti yang terdapat pada Tabel 4.49.

Tabel 4.49 Rata-rata hasil eksperimen daya input

Ukuran Daya	Tabung Neon	Ballast (Watt)	
		Trafo	Elektronik
10 Watt	DOP	42.9	17.6
	Philips	40.7	17.6
20 Watt	DOP	74.8	35.2
	Philips	74.8	33
40 Watt	DOP	82.5	52.8
	Philips	90.2	50.6

b. Hasil eksperimen daya output

Nilai rata-rata hasil eksperimen daya output adalah seperti yang terdapat pada Tabel 4.50.

Tabel 4.50 Rata-rata hasil eksperimen daya output

Ukuran Daya	Tabung Neon	Ballast (Lux)	
		Trafo	Elektronik
10 W	DOP	258.5	604.5
	Philips	255.25	506
20 W	DOP	709.75	1056.25
	Philips	728.75	1081.25
40 W	DOP	1198	1459.75
	Philips	1149	1645.75

c. Hasil eksperimen efisiensi daya

Nilai rata-rata hasil eksperimen efisiensi daya adalah seperti yang terdapat pada Tabel 4.51.

Tabel 4.51 Rata-rata hasil eksperimen efisiensi daya

Ukuran	Tabung	Ballast
--------	--------	---------

Daya	Neon	Trafo	Elektronik
10 W	DOP	0.233100233	0.568181818
	Philips	0.245700246	0.568181818
20 W	DOP	0.267379679	0.568181818
	Philips	0.267379679	0.606060606
40 W	DOP	0.484848485	0.757575758
	Philips	0.44345898	0.790513834

Sedangkan rangkuman hasil perumusan hipotesis dari eksperimen ini adalah sebagai berikut :

- i. Ditinjau dari faktor ballast neon (faktor *A*), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ballast neon terhadap daya input berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- ii. Ditinjau dari faktor tabung neon (faktor *B*), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh tabung neon terhadap daya input tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- iii. Ditinjau dari ukuran daya yang berfungsi sebagai blok (blok *C*), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ukuran daya neon terhadap daya input berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- iv. Ditinjau dari interaksi antara faktor ballast neon (faktor *A*) dan tabung neon (faktor *B*), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh interaksi antara faktor ballast neon (faktor *A*) dan tabung neon (faktor *B*) terhadap daya input tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- v. Ditinjau dari faktor ballast neon (faktor *A*), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ballast neon terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- vi. Ditinjau dari faktor tabung neon (faktor *B*), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh tabung neon terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- vii. Ditinjau dari ukuran daya yang berfungsi sebagai blok (blok *C*), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ukuran daya neon terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- viii. Ditinjau dari interaksi antara faktor ballast neon (faktor *A*) dan tabung neon (faktor *B*), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh interaksi antara faktor ballast neon (faktor *A*) dan

tabung neon (faktor B) terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.

- ix. Ditinjau dari faktor ballast neon (faktor A), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ballast neon terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- x. Ditinjau dari faktor tabung neon (faktor B), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh tabung neon terhadap daya output tidak berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- xi. Ditinjau dari interaksi antara faktor ballast neon (faktor A) dan tabung neon (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh interaksi antara faktor ballast neon (faktor A) dan tabung neon (faktor B) terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.
- xii. Ditinjau dari ukuran daya yang berfungsi sebagai blok (blok C), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh ukuran daya neon terhadap daya output berbeda secara signifikan untuk setiap level yang diuji.

4.6 Rasio Perbandingan Konversi Daya

Rasio perbandingan konversi daya didapat dari perbandingan rasio keuntungan lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik. Sedangkan rasio keuntungan adalah perbandingan antar daya input dan daya output masing-masing jenis lampu neon tersebut. Berdasarkan Tabel 4.49 dan Tabel 4.50, maka rasio keuntungan neon sistem trafo dan neon sistem elektronik adalah seperti pada Tabel 4.52.

Tabel 4.52 Rasio keuntungan

Ukuran Daya	Tabung Neon	Rasio Keuntungan	
		Trafo	Elektronik
10 W	DOP	6.025641026	34.34659091
	Philips	6.271498771	28.75
20 W	DOP	9.488636364	30.00710227
	Philips	9.742647059	32.76515152
40 W	DOP	14.52121212	27.6467803
	Philips	12.7383592	32.52470356

Selanjutnya rasio perbandingan konversi daya input dan daya output lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik adalah seperti pada Tabel 4.53.

Tabel 4.53 Rasio perbandingan konversi daya

Ukuran Daya	Tabung Neon	Rasio Perbandingan Konversi Daya
10 W	DOP	5.700072534
	Philips	4.584231146
20 W	DOP	3.16242515
	Philips	3.363064608
40 W	DOP	1.903889295
	Philips	2.553288304

4.7 Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk dapat memberikan nilai perbandingan keuntungan biaya antara kedua jenis lampu neon yang diteliti. Perhitungan biaya dilakukan terhadap empat kategori kelas tarif seperti pada Tabel 4.4.

Perhitungan biaya penggunaan lampu neon meliputi biaya pembelian dan biaya pemakaian. Biaya pembelian didapat berdasarkan harga jual lampu di pasaran, sedangkan biaya pemakaian dihitung berdasarkan rumus-rumus yang terdapat dalam Bab II. Salah satu komponen yang berpengaruh terhadap perhitungan biaya adalah daya input, berdasarkan hasil desain eksperimen, jenis tabung tidak berpengaruh secara signifikan terhadap daya input yang terukur. Oleh karena itu, perhitungan biaya hanya dilakukan terhadap jenis ballast dan ukuran daya. Besarnya daya input menurut jenis ballast dan ukuran daya dapat dilihat pada Tabel 4.54.

Tabel 4.54 Daya input untuk perhitungan biaya

Ukuran Daya	Ballast (Watt)	
	Trafo	Elektronik
10 Watt	41.8	17.6
20 Watt	74.8	34.1
40 Watt	86.35	51.7

4.7.1 Perhitungan biaya kategori I

Perhitungan biaya kategori I adalah untuk kelas rumah tangga, dimana setiap tahun dibagi menjadi empat periode. Data yang menunjang dalam perhitungan biaya kategori I ini adalah daya input seperti pada Tabel 4.54 dan tarif dasar listrik (TDL) tahun 2003 seperti pada Tabel 4.4. Adapun perhitungan biaya penggunaan lampu neon periode I (Januari-Maret) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.55.

Tabel 4.55 Biaya penggunaan untuk kategori I, periode I (Rp)

Kategori I	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Pembelian	15000	33000	-18000	22000	37000	-15000	45000	80000	-35000
Biaya beban	2031	855	1176	3635	1657	1978	4197	2513	1684
Biaya pemakaian	18735	7888	10846	33525	15284	18242	38702	23172	15530
Biaya PPJU	1869	787	1082	3344	1525	1820	3861	2312	1549
Total biaya	37635	42531	-4895	62505	55466	7040	91760	107996	-16237

Biaya pembelian tidak termasuk dalam perhitungan biaya untuk periode selanjutnya. Perhitungan biaya penggunaan lampu neon untuk periode II, periode III, dan periode IV, dimana masing-masing perinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.56, Tabel 4.57, dan Tabel 4.58.

Tabel 4.56 Biaya penggunaan untuk kategori I, periode II (Rp)

Kategori I	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	2270	956	1314	4062	1852	2210	4689	2807	1881
Biaya pemakaian	20766	8744	12023	37161	16941	20220	42899	25685	17214
Biaya PPJU	2073	873	1200	3710	1691	2019	4283	2564	1719
Total biaya	25109	10572	14537	44932	20484	24448	51870	31056	20814

Tabel 4.57 Biaya penggunaan untuk kategori I, periode III (Rp)

Kategori I	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	2508	1056	1452	4488	2046	2442	5181	3102	2079
Biaya pemakaian	22346	9409	12937	39988	18230	21758	46163	27639	18524
Biaya PPJU	2237	942	1295	4003	1825	2178	4621	2767	1854
Total biaya	27091	11407	15684	48479	22101	26378	55965	33507	22457

Tabel 4.58 Biaya penggunaan untuk kategori I, periode IV (Rp)

Kategori I	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	2884	1214	1670	5161	2353	2808	5958	3567	2391
Biaya pemakaian	23926	10074	13852	42816	19519	23297	49427	29593	19834
Biaya PPJU	2413	1016	1397	4318	1968	2349	4985	2984	2000
Total biaya	29223	12305	16919	52295	23840	28454	60370	36145	24225

4.7.2 Perhitungan biaya kategori II

Perhitungan biaya kategori II adalah untuk kelas bisnis, dimana setiap tahun dibagi menjadi empat periode. Data yang menunjang dalam perhitungan biaya kategori II ini adalah daya input seperti pada Tabel 4.54 dan tarif dasar listrik (TDL) tahun 2003 seperti pada Tabel 4.4. Adapun perhitungan biaya penggunaan lampu neon periode I (Januari-Maret) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.59.

Tabel 4.59 Biaya penggunaan untuk kategori II, periode I (Rp)

Kategori II	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya Pembelian	15000	33000	-18000	22000	37000	-15000	45000	80000	-35000
Biaya beban	3411	1436	1975	6104	2783	3321	7046	4219	2827
Biaya pemakaian	21443	9029	12415	38372	17493	20879	44298	26522	17775
Biaya PPJU	2237	942	1295	4003	1825	2178	4621	2767	1854
Total biaya	42091	44407	-2316	70479	59101	11378	100965	113507	-12543

Biaya pembelian tidak termasuk dalam perhitungan biaya untuk periode selanjutnya. Perhitungan biaya penggunaan lampu neon untuk periode II, periode III, dan periode IV masing-masing dapat dilihat pada Tabel 4.61, Tabel 4.62, dan Tabel 4.63.

Tabel 4.61 Biaya penggunaan untuk kategori II, periode II (Rp)

Kategori II	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	3536	1489	2047	6328	2885	3443	7305	4374	2931
Biaya pemakaian	22437	9447	12990	40150	18304	21846	46349	27750	18599
Biaya PPJU	2338	984	1353	4183	1907	2276	4829	2891	1938
Total biaya	28310	11920	16390	50661	23095	27565	58483	35016	23468

Tabel 4.62 Biaya penggunaan untuk kategori II, periode III (Rp)

Kategori II	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	3662	1542	2120	6552	2987	3565	7564	4529	3035
Biaya pemakaian	23385	9846	13538	41846	19077	22769	48308	28923	19385
Biaya PPJU	2434	1025	1409	4356	1986	2370	5028	3011	2018
Total biaya	29480	12413	17068	52754	24050	28705	60900	36463	24438

Tabel 4.63 Biaya penggunaan kategori II, periode IV (Rp)

Kategori II	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	3825	1610	2214	6844	3120	3724	7901	4731	3170
Biaya pemakaian	24378	10264	14113	43623	16084	27539	50359	30151	20208
Biaya PPJU	2538	1069	1469	4542	1728	2814	5243	3139	2104
Total biaya	30741	12943	17797	55010	20932	34077	63504	38021	25482

4.7.3 Perhitungan biaya kategori III

Perhitungan biaya kategori III adalah untuk kelas industri, dimana setiap tahun dibagi menjadi empat periode. Data yang menunjang dalam perhitungan biaya kategori III ini adalah daya input seperti pada Tabel 4.54 dan tarif dasar listrik (TDL) tahun 2003 seperti pada Tabel 4.4. Adapun perhitungan biaya penggunaan lampu neon periode I (Januari-Maret) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.64.

Tabel 4.64 Biaya penggunaan untuk kategori III, periode I (Rp)

Kategori III	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya Pembelian	15000	33000	-18000	22000	37000	-15000	45000	80000	-35000
Biaya beban	3599	1515	2084	6440	2936	3504	7435	4451	2983
Biaya pemakaian	18509	7793	10716	33121	15099	18022	38236	22893	15343
Biaya PPJU	1990	838	1152	3561	1623	1937	4110	2461	1649
Total biaya	39098	43146	-4049	65122	56659	8464	94781	109805	-15024

Biaya pembelian tidak termasuk dalam perhitungan biaya untuk periode selanjutnya. Perhitungan biaya untuk periode II, periode III, dan Periode IV masing-masing dapat dilihat pada Tabel 4.65, Tabel 4.66, dan Tabel 4.67.

Tabel 4.65 Biaya penggunaan untuk kategori III, periode II (Rp)

Kategori III	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	3812	1605	2207	6822	3110	3712	7875	4715	3160
Biaya pemakaian	19638	8268	11369	35141	16020	19121	40567	24289	16279
Biaya PPJU	2110	889	1222	3777	1722	2055	4360	2610	1749
Total biaya	25560	10762	14798	45739	20852	24888	52802	31614	21188

Tabel 4.66 Biaya penggunaan untuk kategori III, periode III (Rp)

Kategori III	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	4038	1700	2338	7226	3294	3932	8341	4994	3347
Biaya pemakaian	20766	8744	12023	37161	16941	20220	42899	25685	17214
Biaya PPJU	2232	940	1292	3995	1821	2174	4612	2761	1851
Total biaya	27036	11384	15653	48381	22056	26325	55852	33440	22412

Tabel 4.67 Biaya penggunaan kategori III, periode IV (Rp)

Kategori III	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	4264	1795	2468	7630	3478	4151	8808	5273	3534
Biaya pemakaian	22346	9409	12937	39988	18230	21758	46163	27639	18524
Biaya PPJU	2395	1008	1387	4286	1954	2332	4947	2962	1985
Total biaya	29005	12213	16792	51903	23662	28241	59918	35874	24043

4.7.4 Perhitungan biaya kategori IV

Pendahuluan

Perhitungan biaya kategori IV adalah untuk kelas perkantoran, dimana setiap tahun dibagi menjadi empat periode. Data yang menunjang dalam perhitungan biaya kategori IV ini adalah daya input seperti pada Tabel 4.54 dan tarif dasar listrik (TDL) tahun 2003 seperti pada Tabel 4.4. Adapun perhitungan biaya penggunaan lampu neon periode I (Januari-Maret) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.68.

Tabel 4.68 Biaya penggunaan untuk kategori IV, periode I (Rp)

Kategori IV	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya Pembelian	15000	33000	-18000	22000	37000	-15000	45000	80000	-35000
Biaya beban	3010	1267	1742	5386	2455	2930	6217	3722	2495
Biaya pemakaian	26635	11215	15420	47663	21729	25934	55022	32943	22079
Biaya PPJU	2668	1123	1545	4774	2177	2598	5512	3300	2212
Total biaya	47313	46605	707	79822	63360	16462	111751	119966	-8215

Biaya pembelian tidak termasuk dalam perhitungan biaya untuk periode selanjutnya. Perhitungan biaya penggunaan lampu neon untuk periode II, periode III, dan periode IV masing-masing dapat dilihat pada Tabel 4.69, Tabel 4.70, dan Tabel 4.71.

Tabel 4.69 Biaya penggunaan untuk kategori IV, periode II (Rp)

Kategori IV	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	3035	1278	1757	5430	2476	2955	6269	3753	2516
Biaya pemakaian	26861	11310	15551	48066	21913	26154	55489	33222	22266
Biaya PPJU	2691	1133	1558	4815	2195	2620	5558	3328	2230
Total biaya	32586	13720	18866	58312	26583	31728	67316	40304	27012

Tabel 4.70 Biaya penggunaan untuk Kategori IV, periode III (Rp)

Kategori IV	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	3085	1299	1786	5520	2517	3004	6373	3815	2557
Biaya pemakaian	27086	11405	15682	48470	22097	26374	55955	33502	22453
Biaya PPJU	2715	1143	1572	4859	2215	2644	5609	3359	2251
Total biaya	32887	13847	19040	58850	26829	32021	67937	40676	27261

Tabel 4.71 Biaya penggunaan kategori IV, periode IV (Rp)

Kategori IV	Neon 10 Watt		Selisih	Neon 20 Watt		Selisih	Neon 40 Watt		Selisih
	Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik		Trafo	Elektronik	
Biaya beban	3135	1320	1815	5610	2558	3053	6476	3878	2599

Biaya pemakaian	27312	11500	15812	48874	22281	26593	56421	33781	22640
Biaya PPJU	2740	1154	1586	4904	2235	2668	5661	3389	2272
Total biaya	33187	13974	19214	59388	27074	32314	68558	41048	27511

Berdasarkan hasil perhitungan biaya dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini penggunaan neon sistem elektronik lebih menguntungkan daripada penggunaan neon sistem trafo. Hal ini berlaku untuk setiap kategori yang diteliti, baik rumah tangga, bisnis, industri, maupun perkantoran, dalam jangka waktu satu tahun. Total biaya penggunaan lampu tersebut memperlihatkan bahwa neon elektronik lebih hemat daripada neon trafo karena biaya penggunaan neon sistem elektronik lebih kecil daripada biaya penggunaan neon sistem trafo.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini membahas tentang analisis dan interpretasi hasil pengolahan data. Pembahasan diawali dengan analisis dan interpretasi hasil desain eksperimen yang dilakukan sesuai urutan yang telah dilakukan, meliputi hasil pengujian asumsi-asumsi anava, hasil pengujian anava, dan hasil pengujian setelah anava. Setelah pembahasan tentang desain eksperimen, dilanjutkan dengan analisis dan interpretasi hasil perhitungan rasio keuntungan, perhitungan rasio perbandingan konversi daya, dan perhitungan biaya. Di samping itu, bab ini juga membahas kelebihan dan kekurangan lampu neon sistem elektronik terhadap lampu neon sistem trafo.

5.1 Desain Eksperimen

Pengujian daya input, daya output dan efisiensi daya dilakukan dengan metode eksperimen faktorial dengan alat analisisnya adalah analisis variansi. Penggunaan alat analisis variansi ini memerlukan syarat pemenuhan terhadap asumsi normalitas, homogenitas dan independensi. Analisis variansi memberikan informasi berupa ada tidaknya signifikansi pengaruh yang berbeda antar perlakuan dalam percobaan terhadap daya input, daya output, dan efisiensi daya. Oleh karena itu, uji setelah anava diperlukan untuk mengetahui sejauhmana perbedaan perlakuan tersebut dinyatakan berpengaruh secara signifikan terhadap daya input, daya output, dan efisiensi daya.

5.1.1 Hasil Uji Asumsi-asumsi Anava

Syarat dilakukan analisis variansi adalah data observasi memenuhi asumsi berdistribusi normal, variansi antar sampel homogen, dan sampel diambil secara random. Hal ini diperlukan karena analisis variansi melakukan perbandingan variansi dari n sampel yang berasal dari k kategori secara berpasangan, dimana agar hasil analisis variansi tersebut valid, maka diharapkan n sampel tersebut mempunyai variansi (ragam) dan bentuk kesimetrian (normalitas) yang sama.

Eksperimen terhadap lampu neon ini terdiri dari 48 sampel yang masing-masing berasal dari interaksi 3 kategori, yaitu dua faktor berupa ballast dan tabung neon, serta satu blok berupa ukuran daya. Faktor ballast memiliki dua level, tabung neon memiliki dua level, dan ukuran daya memiliki tiga level. Ke-48 sampel tersebut merupakan interaksi antara level-level yang dimiliki oleh setiap faktor maupun blok, dimana dalam desain eksperimen 48 sampel disebut sebagai perlakuan. Misal eksperimen dengan perlakuan pertama adalah eksperimen yang menggunakan ballast level ke-1 (trafo), tabung neon level ke-1 (Dop), dan ukuran daya level ke-1 (10 Watt). Setiap perlakuan dalam eksperimen ini dilakukan sebanyak empat kali (empat replikasi), sehingga terdapat 48 data dalam setiap percobaan.

Berdasarkan konsep dan proses eksperimen yang dikemukakan di atas, dalam kaitannya dengan uji normalitas, maka data hasil eksperimen diharapkan berdistribusi normal. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah data pada tiap perlakuan berdistribusi normal, maka dilakukan uji normalitas. Rangkuman hasil uji normalitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rangkuman hasil uji normalitas

Kombinasi	Hasil uji normalitas terhadap	
	Daya Input	Daya Output
Trafo x Dop	normal	normal
Trafo x Philips	normal	normal
Elektronik x Dop	normal	normal
Elektronik x Philips	normal	normal

Hasil uji normalitas data yang telah dilakukan terhadap daya input dan daya output untuk keempat kombinasi faktor ballast dan tabung neon menunjukkan, bahwa seluruh data sampel diambil dari populasi yang berdistribusi normal. Oleh karena data sampel berdistribusi normal, maka berdasarkan syarat normalitas, analisis variansi valid untuk dipakai dalam

mengolah data, sehingga tidak perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap metode eksperimen.

Selain asumsi kenormalan, perlu dipenuhi asumsi lain sebagai syarat analisis variansi, yaitu asumsi homogenitas. Asumsi homogenitas dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan kaidah *levene* yang menyatakan perlu adanya variansi antar sampel yang homogen. Variansi antar sampel homogen, artinya data antara level-level pada setiap faktor memiliki variansi yang sama. Misal, variabel respon pada level trafo memiliki variansi yang sama dengan level elektronik. Demikian juga untuk variabel respon pada tiap level tabung neon dan ukuran daya, diharapkan memiliki variansi yang sama untuk memenuhi asumsi homogenitas.

Tabel 5.2 Rangkuman hasil uji homogenitas

Faktor	Hasil uji homogenitas terhadap	
	Daya Input	Daya Output
Ballast	homogen	homogen
Tabung Kaca	homogen	homogen
Ukuran Daya	tidak homogen	homogen

Tabel 5.2 merupakan rangkuman hasil uji homogenitas terhadap daya input dan daya output untuk faktor-faktor dalam eksperimen. Hasil pengujian homogenitas menunjukkan adanya variansi (ragam) yang sama, kecuali pengujian homogenitas terhadap daya input untuk ukuran daya. Hal ini memperkuat fungsi ukuran daya dalam penentuan desain eksperimen untuk dikelompokkan sebagai blok, sedangkan ballast dan tabung neon berfungsi sebagai faktor.

Meskipun tidak seluruh kelompok data dalam pengujian homogenitas menunjukkan adanya variansi (ragam) yang sama, namun sebagian besar memenuhi asumsi homogenitas, maka data eksperimen cukup valid untuk digunakan dalam analisis variansi pada pengolahan data selanjutnya.

Pengujian asumsi selanjutnya adalah uji independensi, atau dapat dikatakan bahwa sampel diambil secara random. Uji independensi dilakukan berdasarkan urutan pengambilan data dengan melakukan plot residual. Urutan pengambilan data tersebut dilampirkan pada Lampiran A, dimana data diambil berdasarkan pengukuran terhadap daya input dan daya output. Seluruh grafik plot residual data menunjukkan nilai-nilai residual tersebar merata di sekitar titik nol (sumbu x) dan tidak terdapat pola secara khusus. Hasil pengujian independensi menunjukkan bahwa data eksperimen independen, sehingga dapat dilanjutkan ke pengolahan analisis variansi.

5.1.2 Hasil Analisis Variansi

Analisis variansi memberikan informasi tentang ada tidaknya perbedaan pengaruh yang signifikan antar level dari faktor ballast, tabung neon, dan ukuran daya yang diteliti beserta interaksi antar level faktor ballast dan tabung neon. Analisis variansi pada dasarnya adalah menguraikan variasi (ketidakteraturan) ke dalam beberapa sumber variasi. Dalam eksperimen ini terdapat empat sumber variasi data di luar *random error*, yaitu A, B, C, dan AB. Signifikan atau tidak signifikannya hasil analisis variansi berdasarkan sumber variasi tersebut ditunjukkan oleh variabel respon yang diuji menggunakan uji F. Jika dari hasil uji F terbukti suatu sumber variasi hasilnya adalah signifikan, maka dapat dikatakan bahwa sumber variasi tersebut benar-benar menjadi salah satu penyebab adanya variasi dalam variabel respon.

Tabel 5.3 Hasil analisis variansi

Faktor, Blok, dan Interaksinya	Analisis variansi terhadap		
	Daya Input	Daya Output	Efisiensi Daya
Ballast (A)	signifikan	signifikan	signifikan
Tabung Neon (B)	tidak signifikan	tidak signifikan	tidak signifikan
Ukuran Daya (C)	signifikan	signifikan	signifikan
A x B	tidak signifikan	tidak signifikan	signifikan

Tabel 5.3 merupakan rangkuman hasil analisis variansi yang dilakukan terhadap daya input, daya output dan efisiensi daya. Signifikan berarti ada perbedaan pengaruh antar level pada faktor maupun interaksi faktor. Faktor ballast hasil analisis variansi terhadap daya input, daya output dan efisiensi daya adalah signifikan, maka antara ballast elektronik dan ballast trafo memiliki perbedaan yang signifikan terhadap ketiga variabel respon tersebut.

Besarnya daya input menunjukkan nilai konsumsi daya lampu neon. Semakin besar daya input sebuah lampu, maka semakin besar pula konsumsi daya lampu tersebut. Berdasarkan hasil analisis variansi diketahui bahwa faktor ballast dan ukuran daya berpengaruh secara signifikan terhadap daya input. Sebagai contoh, rata-rata daya input ballast trafo dengan tabung Dop dan ukuran daya 10 Watt ($A_1B_1C_1$) adalah 42.9, sedangkan rata-rata daya input ballast elektronik dengan tabung Dop dan ukuran daya 10 Watt ($A_2B_1C_1$) adalah 17.6. Rata-rata hasil anava tersebut menunjukkan bahwa ballast elektronik memiliki konsumsi daya lebih kecil daripada ballast trafo dengan prosentase

perbedaan sebesar 41 %. Prosentase perbedaan antara ballast elektronik dan ballast trafo dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Prosentase perbedaan daya input ballast elektronik terhadap ballast trafo

Ukuran Daya	Tabung Neon	Ballast		Prosentase Perbedaan
		Trafo	Elektronik	
10 Watt	DOP	42.9	17.6	41 %
	Philips	40.7	17.6	43 %
20 Watt	DOP	74.8	35.2	47 %
	Philips	74.8	33	44 %
40 Watt	DOP	82.5	52.8	64 %
	Philips	90.2	50.6	56 %
Rata-rata				49 %

Rata-rata prosentase perbedaan daya input ballast elektronik terhadap ballast trafo adalah 49 %, artinya rata-rata konsumsi daya ballast elektronik lebih hemat 49 % daripada konsumsi daya ballast trafo. Menurut hasil analisis variansi perbedaan ini cukup signifikan, sehingga faktor ballast benar-benar merupakan penyebab adanya perbedaan konsumsi daya kedua sistem lampu neon yang diteliti. Perbedaan tabung neon, yaitu Dop dan Philips tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (daya input) dalam analisis variansi. Prosentase perbedaan daya input terkecil dicapai oleh sistem lampu neon dengan komponen ballast kombinasi tabung neon Dop untuk ukuran daya 10 Watt, yaitu 41 %. Sedangkan prosentase perbedaan daya input terbesar dicapai oleh sistem lampu neon dengan komponen ballast kombinasi tabung neon Dop untuk ukuran daya 40 Watt, yaitu 64 %. Oleh karena itu, keuntungan terbesar diperoleh dari penggunaan sistem lampu neon dengan komponen ballast elektronik, tabung neon Dop dengan ukuran daya 40 Watt berdasarkan hasil eksperimen daya input.

Hasil analisis variansi daya output sama dengan hasil analisis variansi daya input. Semakin besar nilai daya output, maka semakin besar kekuatan cahaya sistem lampu neon. Sebagai contoh, rata-rata daya output ballast trafo dengan tabung Dop dan ukuran daya 10 watt ($A_1B_1C_1$) adalah 258.5, sedangkan rata-rata daya output ballast elektronik dengan tabung Dop dan ukuran daya 10 Watt adalah 604.5. Rata-rata daya output hasil anava tersebut menunjukkan bahwa pada level tersebut, daya output ballast elektronik lebih besar daripada daya output ballast trafo, dengan prosentase perbedaan 43 %. Perbedaan hasil daya output yang signifikan diperoleh untuk faktor ballast dan blok ukuran daya,

dengan prosentase perbedaan antara ballast elektronik dan ballast trafo seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Prosentase perbedaan daya output ballast elektronik terhadap ballast trafo

Ukuran Daya	Tabung Neon	Ballast		Prosentase Perbedaan
		Trafo	Elektronik	
10 W	DOP	258.5	604.5	43 %
	Philips	255.25	506	50 %
20 W	DOP	709.75	1056.25	67 %
	Philips	728.75	1081.25	67 %
40 W	DOP	1198	1459.75	82 %
	Philips	1149	1645.75	70 %
Rata-rata				63 %

Rata-rata prosentase perbedaan daya output antara ballast trafo dan ballast elektronik adalah 63 %, artinya lampu neon dengan ballast elektronik rata-rata lebih besar kekuatan cahayanya atau lebih terang 63 % daripada lampu neon sistem trafo. Menurut hasil analisis variansi perbedaan ini cukup signifikan, sehingga faktor ballast benar-benar merupakan penyebab adanya perbedaan kedua sistem lampu neon yang diteliti. Perbedaan tabung neon, yaitu Dop dan Philips tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (daya output) dalam analisis variansi. Perbedaan daya output terkecil dicapai oleh sistem lampu neon dengan komponen ballast kombinasi tabung Dop untuk ukuran daya 10 Watt, yaitu 43 %. Sedangkan prosentase perbedaan daya output terbesar dicapai oleh sistem lampu neon dengan komponen ballast kombinasi tabung Dop untuk ukuran daya 40 Watt, yaitu 82 %. Oleh karena itu, keuntungan terbesar untuk daya output diperoleh dari penggunaan sistem lampu neon dengan komponen ballast elektronik, tabung Dop dengan ukuran daya 40 Watt berdasarkan hasil eksperimen daya output.

Hasil analisis variansi efisiensi daya berdasarkan tabel 5.3 menunjukkan pengaruh yang signifikan untuk faktor ballast, blok ukuran daya, dan interaksi faktor ($A \times B$). Perbedaan tabung neon, yaitu Dop dan Philips tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (daya output) dalam analisis variansi. Perbedaan ballast berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon. Sebagai contoh, rata-rata efisiensi daya ballast trafo dengan tabung Dop dan ukuran daya 10 watt ($A_1B_1C_1$) adalah 0.233100233, sedangkan rata-rata efisiensi daya ballast elektronik dengan tabung Dop dan ukuran daya 10 Watt ($A_2B_1C_1$) adalah 0.568181818. Rata-rata hasil analisis variansi efisiensi daya

tersebut menunjukkan bahwa efisiensi daya ballast elektronik lebih besar daripada ballast trafo, dengan prosentase perbedaan 41 %. Nilai efisiensi maksimal adalah 1, sehingga hasil yang terbaik adalah nilai yang paling mendekati 1. Prosentase perbedaan efisiensi daya antara ballast elektronik terhadap ballast trafo, serta interaksi antar faktor ($A \times B$) masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.7 Prosentase perbedaan efisiensi daya ballast elektronik terhadap ballast trafo

Ukuran Daya	Tabung Neon	Ballast		Prosentase Perbedaan
		Trafo	Elektronik	
10 W	DOP	0.233100233	0.568181818	41 %
	Philips	0.245700246	0.568181818	43 %
20 W	DOP	0.267379679	0.568181818	47 %
	Philips	0.267379679	0.606060606	44 %
40 W	DOP	0.484848485	0.757575758	64 %
	Philips	0.44345898	0.790513834	56 %
Rata-rata				49 %

Rata-rata prosentase perbedaan efisiensi daya antara ballast trafo dan ballast elektronik adalah 49 %, artinya konsumsi daya ballast elektronik rata-rata lebih efisien 49% daripada konsumsi daya ballast trafo. Menurut hasil analisis variansi perbedaan ini cukup signifikan, sehingga faktor ballast benar-benar merupakan penyebab adanya perbedaan kedua sistem lampu neon yang diteliti. Prosentase perbedaan efisiensi daya terkecil dicapai oleh sistem lampu neon komponen ballast kombinasi tabung neon Dop, yaitu 41 %. Sedangkan prosentase terbesar dicapai oleh sistem lampu komponen ballast kombinasi tabung neon Dop, yaitu 64 %. Oleh karena itu, keuntungan terbesar diperoleh dari penggunaan sistem lampu neon dengan komponen ballast elektronik, tabung neon Dop dengan ukuran daya 40 Watt berdasarkan hasil eksperimen efisiensi daya.

5.1.3 Hasil Uji Setelah Anava

Uji SNK digunakan dalam eksperimen ini untuk mengetahui pada level mana dari suatu faktor maupun interaksinya, dimana oleh anava dinyatakan berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Apabila hanya ada dua level pada suatu faktor, seperti pada ballast dan tabung neon, jika dinyatakan berpengaruh secara signifikan, maka dengan melihat rata-rata variabel respon akan diketahui pada level mana nilai daya input, daya output, dan efisiensi daya yang terbaik.

Berdasarkan hasil anava, faktor maupun interaksi faktor dengan level lebih dari dua yang berpengaruh signifikan adalah ukuran daya pada ketiga variabel respon, serta interaksi faktor ballast dan faktor tabung neon pada efisiensi daya. Besarnya ukuran daya untuk daya input, daya output, dan efisiensi daya serta pengelompokan hasil uji SNK tersebut masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9.

Tabel 5.8 Ukuran daya untuk variabel respon

Ukuran Daya	Variabel Respon			
	Daya Input		Daya Output	Efisiensi Daya
	Nilai	% Kenaikan		
10 Watt	29.7	297	406.0625	0.403791029
20 Watt	54.45	272.25	894	0.427250446
40 Watt	69.025	172.5625	1363.125	0.619099264

Tabel 5.8 Pengelompokan hasil uji SNK

Kelompok	Variabel Respon			
	Ukuran Daya			Interaksi Faktor
	Daya Input	Daya Output	Efisiensi Daya	
I	10 Watt	10 Watt	10 Watt 20 Watt	$A_1 \times B_2$ $A_1 \times B_1$
II	20 Watt	20 Watt	40 Watt	$A_2 \times B_1$
III	40 Watt	40 Watt	-	$A_2 \times B_2$

Hasil uji SNK mengelompokkan blok ukuran daya dengan variabel respon daya input dan daya output menjadi tiga kelompok dari tiga level yang dimiliki. Menurut hasil analisis variansi ketiga level pada daya input dan daya output berbeda secara signifikan, dan lebih lanjut dalam uji SNK ketiga level tersebut berbeda satu sama lain. Rata-rata daya input untuk ukuran daya 10 Watt, 20 Watt, dan 40 Watt, masing-masing adalah 29.7, 54.45, dan 69.025. Besarnya kenaikan daya input dibandingkan ukurannya adalah 297 % untuk ukuran daya 10 Watt, 272.25 % untuk ukuran daya 20 Watt, dan 172.5625 % untuk ukuran daya 40 Watt. Artinya, untuk menghidupkan lampu dengan ukuran daya 10

Watt, rata-rata konsumsi dayanya adalah 29.7 Watt atau 297 % lebih besar daripada ukuran daya yang tertera pada label. Demikian juga untuk ukuran daya 20 Watt dan 40 Watt.

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa blok ukuran daya berpengaruh secara signifikan terhadap daya output. Uji SNK memperlihatkan lebih lanjut perbedaan ketiga level ukuran daya tersebut menjadi tiga kelompok, artinya ketiga level yaitu 10 Watt, 20 Watt, dan 40 Watt memiliki daya output yang berbeda satu sama lain. Berdasarkan hasil analisis variansi tersebut, maka semakin besar watt daya sebuah lampu, semakin besar pula daya outputnya.

Hasil analisis variansi efisiensi daya menunjukkan pengaruh yang signifikan pada level ukuran daya dan level interaksi faktor. Setelah dilakukan uji SNK, diketahui bahwa perbedaan antar level pada ukuran daya dapat dikelompokkan menjadi dua. Kelompok pertama terdiri dari level ukuran daya 10 Watt (C_1) dan ukuran daya 20 Watt (C_2), sedangkan kelompok kedua terdiri dari level ukuran daya 40 Watt (C_3). Ukuran daya 10 Watt (C_1) dan 20 Watt (C_2) menjadi satu kelompok, artinya efisiensi daya kedua level tersebut tidak berbeda secara signifikan, sedangkan efisiensi daya kedua level tersebut berbeda secara signifikan dengan level ukuran daya 40 Watt (C_3). Efisiensi daya antara kelompok pertama lebih kecil daripada efisiensi daya kelompok kedua.

Ada empat kombinasi interaksi antar faktor, yaitu antara ballast dan tabung neon seperti pada tabel 5.8. Menurut hasil uji SNK, keempat kombinasi tersebut tersebut terbagi menjadi tiga kelompok. Kelompok pertama adalah $A_1 \times B_2$ dan $A_1 \times B_1$, maka interaksi faktor ballast trafo dan tabung Philips tidak berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi daya.

5.2 Hasil Perhitungan Rasio Perbandingan Konversi Daya

Rasio perbandingan konversi daya adalah besarnya perbandingan lampu neon sistem elektronik terhadap lampu neon sistem trafo berdasarkan perbandingan daya input dan daya outputnya. Langkah awal dari perhitungan rasio perbandingan konversi daya adalah mencari rasio keuntungan masing-masing jenis lampu neon, dimana rasio keuntungan merupakan perbandingan daya output terhadap daya input masing-masing sistem lampu neon. Semakin besar rasio keuntungan sebuah lampu, berarti semakin besar keuntungan yang diperoleh konsumen.

Tabel 5.9 Rasio keuntungan

Ukuran Daya	Tabung Neon	Rasio Keuntungan		Selisih	Prosentase Perbedaan
		Trafo	Elektronik		
10 W	DOP	6.025641026	34.34659091	28.320949884	82.46%
	Philips	6.271498771	28.75	22.478501229	78.19%
20 W	DOP	9.488636364	30.00710227	20.518465906	68.38%
	Philips	9.742647059	32.76515152	23.022504461	70.27%
40 W	DOP	14.52121212	27.6467803	13.125568180	47.48%
	Philips	12.7383592	32.52470356	19.786344360	60.83%

Menurut Tabel 5.9, rasio keuntungan penggunaan lampu neon ballast trafo dengan tabung Dop dan ukuran daya 10 Watt adalah 6.025641026, sedangkan untuk ballast elektronik dengan tabung Dop dan ukuran daya 10 Watt adalah 34.34659091. Rasio keuntungan lampu neon 6.025641026, maka setiap watt daya inputnya menghasilkan daya output sebesar 6.025641026. Artinya, keuntungan yang diperoleh dari penggunaan neon sistem elektronik lebih besar daripada penggunaan neon sistem trafo, karena proporsi daya output terhadap daya inputnya lebih besar. Prosentase perbedaan kedua sistem lampu neon tersebut adalah 82.46%.

Tabel 5.11 Rasio perbandingan konversi daya

Ukuran Daya	Tabung Neon	Rasio Perbandingan Konversi Daya
10 W	DOP	5.700072534
	Philips	4.584231146
20 W	DOP	3.16242515
	Philips	3.363064608
40 W	DOP	1.903889295
	Philips	2.553288304

Menurut Tabel 5.11, rasio perbandingan konversi daya neon elektronik terhadap neon sistem trafo untuk ukuran daya 10 Watt dan tabung Dop adalah 5.700072534. Hal ini berarti keuntungan yang diperoleh dari penggunaan neon sistem elektronik, berdasarkan daya input dan daya outputnya, lebih besar daripada neon sistem trafo. Total keuntungan dari pemakaian neon sistem elektronik sebesar 5.700072534, atau hampir mencapai 6 kali lipat dibanding neon sistem trafo. Jadi, untuk pemakaian satu unit neon sistem elektronik sebanding dengan pemakaian 5 – 6 unit neon sistem trafo.

5.3 Hasil Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya dilakukan dengan memperhatikan empat komponen biaya, yang dikenakan kepada konsumen energi listrik, khususnya untuk penerangan. Adapun empat komponen biaya tersebut antara lain : biaya pembelian, biaya pemakaian, biaya beban, dan PPJU, dengan empat kategori kelas pembayaran rekening seperti pada Tabel 4.4. Biaya-biaya tersebut dikenakan terhadap dua kondisi gedung, yaitu gedung lama dan gedung baru, untuk mengetahui efisiensi biaya penggunaan lampu neon. Sebelumnya telah dibahas keuntungan teknis (efisiensi) mengenai daya input dan daya output kedua sistem lampu neon.

Tabel 5.12 Rekapitulasi biaya penggunaan neon untuk gedung baru, kategori I

Periode	Kategori I		
	10 Watt	20 Watt	40 Watt
I	-4895	7040	-16237
II	14537	24448	20814
III	15684	26378	22457
IV	16919	28454	24225
Total	42245	86321	51259

Tabel 5.13 Rekapitulasi biaya penggunaan neon untuk gedung lama, kategori I

Periode	Kategori I		
	10 Watt	20 Watt	40 Watt
I	-19895	-14960	-61237
II	14537	24448	20814
III	15684	26378	22457
IV	16919	28454	24225
Total	27245	64321	6259

Tabel 5.12 merupakan rekapitulasi perhitungan biaya penggunaan neon sistem elektronik terhadap neon sistem trafo gedung baru, untuk kategori I, yaitu golongan rumah tangga kecil dengan batas daya 900 VA blok III : > 60 kWh. Gedung baru artinya gedung tersebut belum menentukan sistem lampu neon yang akan dipasang, sedangkan gedung lama adalah gedung yang telah memasang lampu neon sistem trafo. Oleh karena itu, biaya pembelian tidak termasuk dalam perhitungan biaya penggunaan untuk lampu neon sistem trafo pada gedung lama.

Pada periode I penggunaan lampu neon untuk gedung baru, nilai surplus hanya ditunjukkan oleh ukuran daya 20 Watt, yaitu Rp 7.040,00/ lampu, dengan total biaya penggunaan sebesar Rp 86.321,00/lampu. Artinya angka tersebut menunjukkan keuntungan finansial penggunaan lampu neon sistem elektronik dibanding neon sistem trafo. Pada ukuran daya 10 Watt dan 40 Watt, hanya periode pertama yang menunjukkan nilai minus, karena periode selanjutnya dapat menutup kerugian yang dialami saat periode I. Secara keseluruhan, secara finansial, penggunaan neon sistem elektronik lebih menguntungkan daripada penggunaan neon sistem trafo. Keuntungan finansial tersebut meliputi seluruh kategori yang diteliti untuk penggunaan neon yang diteliti dalam satu tahun.

Pada periode I untuk gedung lama, semua ukuran daya menunjukkan nilai minus, jadi lebih menguntungkan penggunaan neon sistem trafo. Tetapi pada periode selanjutnya terjadi nilai surplus dari penggunaan lampu neon tersebut, sehingga dapat menutup kerugian pada periode awal. Keuntungan finansial yang diperoleh dari penggunaan neon sistem elektronik tersebut adalah Rp 64.321,00. Demikian juga untuk ukuran daya yang lain, dimana keuntungan finansial terbesar didapat dari penggunaan lampu untuk ukuran daya 20 Watt, baik untuk gedung baru maupun gedung lama.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan hasil yang diperoleh dan saran untuk implementasi hasil lebih lanjut, serta rekomendasi tema riset lain, yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan-tujuan yang ditetapkan sebelumnya, maka berikut ini adalah kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil eksperimen lampu neon sistem elektronik terhadap lampu neon sistem trafo.

1. Berdasarkan pengujian analisis variansi, maka :
 - a. Perbedaan faktor ballast dan ukuran daya berpengaruh secara signifikan terhadap daya input, sedangkan perbedaan faktor tabung dan interaksi faktor tidak berpengaruh secara signifikan. Uji setelah anava mengelompokkan ukuran daya menjadi tiga, dimana level-level dalam ukuran daya berbeda secara signifikan satu sama lain. Rata-rata hasil eksperimen menunjukkan bahwa daya input lampu neon dengan ballast trafo lebih besar daripada lampu neon dengan balast elektronik, dengan rata-rata prosentase perbedaan sebesar 49 %.
 - b. Perbedaan faktor ballast dan ukuran daya berpengaruh secara signifikan terhadap daya output, sedangkan perbedaan faktor tabung dan interaksi faktor tidak berpengaruh secara signifikan. Uji setelah anava mengelompokkan ukuran daya menjadi tiga, dimana level-level dalam ukuran daya berbeda secara signifikan satu sama lain. Rata-rata hasil eksperimen menunjukkan bahwa daya output lampu neon dengan ballast elektronik lebih besar daripada lampu neon dengan ballast trafo, dengan rata-rata prosentase perbedaan sebesar 63 %.
 - c. Perbedaan faktor ballast, ukuran daya, dan interaksi faktor berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi daya, sedangkan perbedaan faktor tabung tidak berpengaruh secara signifikan. Uji setelah anava mengelompokkan ukuran daya menjadi tiga, dimana level-level dalam ukuran daya berbeda secara signifikan satu sama lain. Level-level dalam interaksi faktor terbagi menjadi tiga kelompok, dimana kelompok I adalah $A_1 \times B_2$ dan $A_1 \times B_1$, kelompok II adalah $A_2 \times B_1$, dan kelompok III adalah $A_2 \times B_2$. Rata-rata hasil eksperimen menunjukkan bahwa efisiensi daya lampu neon dengan ballast elektronik lebih besar daripada lampu neon dengan ballast trafo, dengan rata-rata prosentase perbedaan sebesar 49%.

2. Rasio keuntungan yang diperoleh berdasarkan perbandingan antara daya output dan daya input masing-masing neon yang diteliti adalah seperti pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Rasio keuntungan

Ukuran Daya	Tabung Neon	Rasio Keuntungan		Selisih	Prosentase Perbedaan
		Trafo	Elektronik		
10 W	DOP	6.025641026	34.34659091	28.320949884	82.46%
	Philips	6.271498771	28.75	22.478501229	78.19%

20 W	DOP	9.488636364	30.00710227	20.518465906	68.38%
	Philips	9.742647059	32.76515152	23.022504461	70.27%
40 W	DOP	14.52121212	27.6467803	13.125568180	47.48%
	Philips	12.7383592	32.52470356	19.786344360	60.83%

Berdasarkan rasio keuntungan tersebut, maka dari segi teknis penggunaan neon sistem elektronik lebih menguntungkan daripada neon sistem trafo.

- Berdasarkan hasil perhitungan biaya, maka biaya penggunaan lampu neon sistem trafo lebih besar daripada biaya penggunaan lampu neon sistem elektronik, dengan perincian seperti pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Rekapitulasi perhitungan biaya (Rp)

Periode	Kategori I			Kategori II			Kategori III			Kategori IV		
	10 Watt	20 Watt	40 Watt	10 Watt	20 Watt	40 Watt	10 Watt	20 Watt	40 Watt	10 Watt	20 Watt	40 Watt
I	-4895	7040	-16237	-2316	11378	-12543	-4049	8464	-15024	707	16462	-8215
II	14537	24448	20814	16390	27565	23468	14798	24888	21188	18866	31728	27012
III	15684	26378	22457	17068	28705	24438	15653	26325	22412	19040	32021	27261
IV	16919	28454	24225	17797	34077	25482	16792	28241	24043	19214	32314	27511
Total	42245	86321	51259	48939	101725	60845	43194	87918	52619	57826	112526	73569

Berdasarkan perhitungan biaya tersebut, maka pemakaian lampu neon yang paling hemat adalah neon sistem elektronik untuk ukuran daya 20 Watt, dengan tabung Dop.

6.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil penelitian, sebaiknya konsumen menggunakan lampu neon sistem elektronik karena lebih hemat daripada neon sistem trafo, dimana perbandingan konversi dayanya mencapai hampir 6 kali lipat.
- Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mempertimbangkan nilai *Break Event Point* (BEP) dan umur lampu neon.

