

Analisis Tingkat Efisiensi Daya dan Biaya Penggunaan Lampu Neon Sistem Elektronik Terhadap Neon Sistem Trafo Berdasarkan Desain Eksperimen Faktorial

Rr. Dhiasty Mahayanti, Bambang Suhardi dan Rahmadiyah Dwi Astuti
Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstrak

New innovation of electric technology is not basically easy to permeated by society, including saving energy lamp. In fact, these topics are interesting for the researchers. Reducing of electric consumption in usage of lamp almost 50% from total cost usage of electric energy. This research aims to choose the best tube lamp by considering of energy efficiency and reduce expense of electric. Measuring input energy and output energy is conducted to two lamp types taken as this research namely transformer system lamp (NST) and electronic system lamp (NSE).

Measuring of input energy and output energy is conducted by two factors experimental design with one block (Factorial Experiment Randomized Block Design). These factors are tube type and ballast type, while energy size as block. Result of research is analysed by using analysis of variant (Anova). Calculation of usage expense is conducted by considering four categories according to electric basic tariff (TDL). Based on analysis of variant, it is known that tube type and factor interaction do not have an effect significantly to input energy and output energy. While for the efficiency of energy, only tube type factor which do not show influence significantly.

Percentage differentiation average of input energy, output energy, and energy efficiency NSE each 49%, 63%, and 49% bigger than NST. NSE more beneficial than NST as technically and economically. Most economical NSE is 20 watt.

Keywords : tube lamp, energy efficiency, factorial experimental design, cost calculation.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi serta lahirnya inovasi-inovasi baru mengakibatkan banyak produk baru yang muncul, termasuk berbagai jenis peralatan rumah tangga yang serba elektrik, mulai dari lampu penerangan, televisi, kulkas hingga AC. Penggunaan listrik dapat menjadi boros ataupun hemat tergantung oleh cara pemakaiannya. Disamping itu, tagihan listrik yang tinggi dapat disebabkan oleh pemakaiannya yang salah.

Kenyataan yang dihadapi saat ini, masyarakat masih banyak yang 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

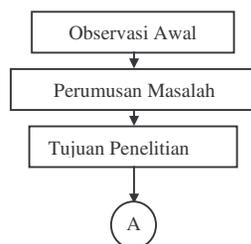
anggapan bahwa daya yang dibutuhkan oleh satu dari peralatan-peralatan tersebut lebih besar daripada daya sebuah lampu. Demikian pula dengan waktu penggunaannya, dimana beberapa peralatan listrik seperti kulkas dan AC harus hidup selama 24 jam non-stop, sedangkan lampu kurang lebih hanya 9 jam per hari. Namun, potensi penghematan energi listrik pada penggunaan lampu ternyata sangat besar. Rata-rata hampir 50% dari tenaga listrik digunakan untuk penerangan (PT. PLN Persero, 2002).

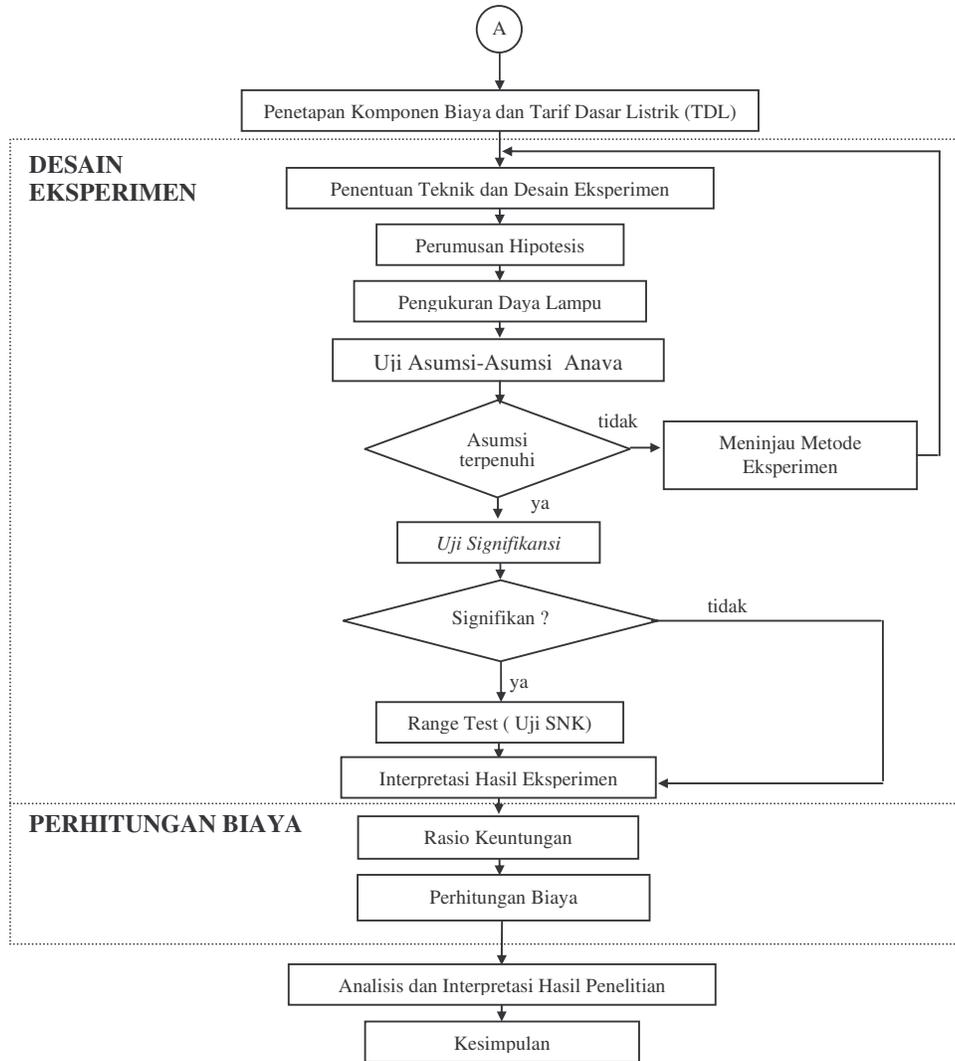
Banyak jenis lampu yang dijual di pasaran dengan klaim hemat energi, seperti lampu jenis neon (fluorescent), yang lebih dikenal sebagai lampu TL. Ada dua jenis lampu, yaitu lampu neon sistem trafo (NST) dan lampu neon sistem elektronik (NSE). Perlu diteliti lebih lanjut aspek ekonomis dari penggunaan lampu neon berdasarkan pertimbangan teknis dan biaya. Hal tersebut menjadi sebab diadakannya penelitian terhadap lampu neon ini, dengan membedakannya berdasarkan perbedaan sistem, yaitu NST dan NSE, untuk mencapai tujuan penelitian 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, dan (3) Mengetahui keuntungan dan biaya dari penggunaan lampu neon sistem trafo dan neon sistem elektronik.

Fokus penelitian ini dibatasi pada beberapa hal berikut (1) Penelitian dilakukan terhadap dua jenis lampu neon, yaitu NST dan NSE, dengan ballast trafo yang digunakan Philips, sedangkan ballast elektronik yang digunakan 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, dan (6) Golongan yang dipakai sebagai pedoman dalam penentuan tarif dasar listrik adalah rumah tangga, industri, bisnis, dan perkantoran.

Dasar asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) Umur lampu NSE sama dengan umur lampu NST, (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, dan (7) Biaya Pajak Penerangan Jalan Umum (PPJU) ditetapkan sebesar 9% dari biaya beban dan biaya pemakaian.

2. Metodologi Penelitian





Gambar 1. Metodologi penyelesaian masalah

3. Karakteristik Produk

Body

Body neon sistem elektronik terbuat dari pipa PVC, dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1. Sedangkan body neon sistem trafo menggunakan spesifikasi standar.

Tabel 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 | Finishing Colour | Cat Duco | Cat Duco | Cat Duco |

Sumber : Dinatron, Solo

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 2.

Tabel 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*

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 3.

Tabel 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. Penentuan Komponen Biaya dan TDL

Komponen Biaya

Biaya-biaya yang timbul akibat penggunaan lampu neon tersebut adalah (1) Biaya pembelian, (2) Biaya pemakaian, (3) Biaya beban, dan (4) Pajak Penerangan Jalan Umum (PPJU)

Tarif Dasar Listrik

Tarif dasar listrik (TDL) diperlukan dalam perhitungan biaya untuk mengetahui besarnya biaya pemakaian lampu neon. Besarnya TDL yang digunakan dalam perhitungan biaya tersebut sesuai dengan keterangan PT. PLN (Persero) seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Tarif Dasar Listrik (TDL) tahun 2003

| Kategori | Januari | | April | | Juli | | Oktober | |
|----------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | 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*

5. Penentuan Teknik dan Desain Eksperimen

Desain dari eksperimen terhadap lampu neon ini adalah *Factorial Experiment Randomized Block Design*. Dengan desain blok eksperimen seperti pada table 6.

Tabel 6. *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 |

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.

7. Pelaksanaan Eksperimen

Pengukuran Daya Input

Tabel 7. 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 |
| 20W | DOP | 340 | 160 |
| | | 340 | 160 |
| | | 340 | 160 |
| | | 340 | 160 |
| | PHILIPS | 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 |

Pengukuran Daya Output

Tabel 8. 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 | 730 | 1082 |
| | | 1200 | 1471 |
| | | 1194 | 1453 |
| | | 1198 | 1460 |
| | PHILIPS | 1200 | 1455 |
| | | 1150 | 1643 |
| | | 1152 | 1648 |
| | | 1146 | 1646 |
| | | 1148 | 1646 |

8. Pengujian Asumsi Anava

Uji Normalitas

Uji normalitas daya dilakukan dengan metode Liliefors pada berbagai kombinasi antara faktor ballast dan faktor tabung, meliputi: ballast trafo vs tabung DOP, ballast trafo vs tabung Philips, ballast elektronik vs tabung DOP, dan ballast elektronik vs tabung Philips. Hasil uji normalitas kedua belas data eksperimen baik untuk daya input maupun daya output pada berbagai kombinasi menunjukkan bahwa data eksperimen berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan metode Lavene pada setiap level faktor, yaitu: level ballast, level tabung, dan level ukuran daya. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa hanya satu data eksperimen yang tidak homogen, yaitu untuk level ukuran daya pada uji homogenitas untuk daya input. Meski demikian sebagian besar memenuhi asumsi homogenitas sehingga data eksperimen cukup valid digunakan untuk uji anava.

Uji Independensi

Pengujian independensi eksperimen dilakukan dengan membuat plot residual data untuk setiap perlakuan berdasarkan urutan pengambilan data pada eksperimen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data eksperimen daya input dan daya output bersifat independent.

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).

9. 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).

Model matematik yang dipakai dalam analisis ini adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + \varepsilon_{m(ijk)} \quad (1)$$

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

Pengujian anava untuk Faktorial Dua Faktor dan Satu Pembatas dengan n Replikasi ditunjukkan pada Table 9. 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 H_0 ditolak, dan jika ya, maka H_0 diterima. Statistik uji yang digunakan adalah :

$$F_{df_1, df_2} = \frac{MS_{treatment}}{MS_{error}} \quad (2)$$

Dimana,

df_1 : *degree of freedom* (derajat kebebasan) *treatment*

df_2 : *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 H_0 diterima, sedangkan apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak.

Tabel 9. 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 | $b - 1$ | $\sum_j \frac{T_{.j..}^2}{nac} - \frac{T^2}{nabc}$ | |
| $A \times B$ 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 | $c - 1$ | $\sum_k \frac{T_{...k.}^2}{nab} - \frac{T^2}{nabc}$ | |
| Error $\epsilon_{m(ijk)}$ | $abc(n - 1)$ | $\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Y_{ijkl}^2 - \sum_i \sum_j \sum_k \frac{T_{ijk.}^2}{n}$ | |
| Total | $abcn - 1$ | $\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Y_{ijkl}^2 - \frac{T^2}{nabc}$ | |

Uji Anava Daya Input

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.

Desain untuk pengujian anava daya output dapat dilihat pada Tabel 10. Hasil perhitungan anava untuk daya output dapat dilihat pada Tabel 11.

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.

Tabel 10. 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 | 171.6 | | 70.4 |
| | | 42.9 | 17.6 | | |
| | PHILIPS | 40.7 | 17.6 | 233.2 | |
| | | 40.7 | 17.6 | | |
| | | 40.7 | 162.8 | | 70.4 |
| | | 40.7 | 17.6 | | |
| 20W | DOP | 74.8 | 35.2 | 440 | |
| | | 74.8 | 35.2 | | |
| | | 74.8 | 299.2 | | 140.8 |
| | | 74.8 | 35.2 | | |
| | PHILIPS | 74.8 | 33 | 431.2 | |
| | | 74.8 | 33 | | |
| | | 74.8 | 299.2 | | 132 |
| | | 74.8 | 33 | | |
| 40W | DOP | 82.5 | 52.8 | 541.2 | |
| | | 82.5 | 52.8 | | |
| | | 82.5 | 330 | | 211.2 |
| | | 82.5 | 52.8 | | |
| | PHILIPS | 90.2 | 50.6 | 563.2 | |
| | | 90.2 | 50.6 | | |
| | | 90.2 | 360.8 | | 202.4 |
| | | 90.2 | 50.6 | | |
| Total | | 1623.6 | 827.2 | 2450.8 | |

Tabel 11. 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 | | | | |

Uji Anava Daya Output

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.

Desain untuk pengujian anava daya output dapat dilihat pada Tabel 12. Hasil perhitungan anava untuk daya output dapat dilihat pada Tabel 13.

Keputusan yang diambil terhadap hasil analisis variansi data eksperimen 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.

Tabel 12. 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 | |

Tabel 13. 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 | | | | |

Uji Anava Efisiensi Daya

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.

Desain untuk pengujian anava daya output dapat dilihat pada Tabel 14. Hasil perhitungan anava untuk daya output dapat dilihat pada Tabel 15.

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.

Tabel 14. Data desain dua faktor dengan satu blok untuk pengujian efisiensi daya

| Ukuran Daya (<i>C</i>) | Tabung Neon (<i>B</i>) | Ballast (<i>A</i>) | | 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 |

Tabel 15. 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 | | | | |

10. 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 yang digunakan adalah uji Student-Newman-Keuls (SNK).

Uji SNK daya input terhadap ukuran daya

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

Uji SNK daya output terhadap ukuran daya

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

Uji SNK efisiensi daya terhadap ukuran daya

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

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

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

Uji SNK efisiensi daya terhadap interaksi faktor

Hasil uji SNK 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 :

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

11. Rasio Keuntungan

Tabel 16. 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% |

12. 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. Berikut ini disajikan contoh rekapitulasi perhitungan biaya untuk kategori I; rumah tangga kecil.

Tabel 17. 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 18. 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 |

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.

Tabel 19. Rekapitulasi perhitungan biaya gedung baru (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.

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.

13. Kesimpulan

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

3. Berdasarkan hasil perhitungan biaya, maka biaya penggunaan lampu neon sistem trafo lebih besar daripada biaya penggunaan lampu neon sistem elektronik. Berdasarkan perhitungan biaya tersebut, maka pemakaian lampu neon yang paling hemat adalah neon sistem elektronik untuk ukuran daya 20 Watt, dengan tabung Dop.

Daftar Pustaka

- Boylestad, Robert., Nashelsky, Louis.(1995). *Electronics A Survey of Electrical Engineering Principles*. New York: Prentice Hall International, Inc.
- Budiyono.(2000). *Statistik Dasar untuk Penelitian*. Surakarta: UNS Press.
- Gunawan. (1994). *Manfaat Lampu Hemat Energi dan Ballast Elektronik*. Jakarta: www.elektroindonesia.com.
- Hicks, Charles R. (1993). *Fundamental Concept in the Design of Experiments*. New York: Sounders Collage Publishing.
- Pijpaert, Karel. (1995). *Program Hemat Energi untuk Penerangan yang Lebih Efisien*. Jakarta: www.elektroindonesia.com.
- Miller, JC. (1991). *Statistik untuk Kimia Analitik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Montgomery, Douglas C. (1984). *Design and Analysis of Experiments*. New York: John Willey and Sons.
- Nazir, Moh. (1998). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Santosa, Singgih. (2000). *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Sudjana. (1985). *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Sudjana. (2000). *Metode Penelitian Statistik*. Bandung: Tarsito.
- Sumanto. (1996). *Teori Transformator*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wibisono, Susanto. (2001). *Lampu Hemat Energi*. Jakarta: www.elektroindonesia.com.
- Wijaya. (2000). *Analisis Statistik dengan Program SPSS 10.0*. Bandung: Alfabeta.
- Zuhal. (1995). *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia Pustaka Ilmu.