

ANALISIS KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA TRANSFORMATOR *NEON SIGN*

Melaty R.J.Sitanggang, Surya Tarmizi Kasim
Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: melatysitanggang@yahoo.com, surya_et@yahoo.com

Abstrak

Neon sign memerlukan daya listrik untuk bisa menghasilkan cahaya. Daya listrik tersebut diperoleh dari transformator *neon sign*. Transformator *neon sign* menghasilkan tegangan tinggi yang akan digunakan untuk proses ionisasi gas isian tabung *neon sign*. Tabung *neon sign* pada umumnya diisi dengan gas Neon dan Argon yang besar energi pengionannya berbeda-beda. Pada percobaan yang dilakukan, digunakan *neon sign* dengan ukuran diameter dan gas isian yang sama tetapi dengan panjang yang berbeda, yaitu 103 cm, 128 cm, 170 cm, 231 cm, 273 cm, 298 cm dan 401 cm. Dari hasil percobaan, didapat bahwa transformator *neon sign* mengkonsumsi energi paling banyak dengan panjang tabung 401 cm, dan paling sedikit pada panjang tabung 103 cm.

Kata Kunci: transformator, *neon sign*

1. Pendahuluan

Transformator *neon sign* adalah transformator yang digunakan untuk mencatu daya lampu *neon sign*. Lampu *neon sign* biasanya digunakan untuk periklanan dan dekorasi. Lampu neon bukan hanya terdiri dari tabung neon tapi juga terdiri dari transformator yang mengubah tegangan jala-jala dari tegangan rendah menjadi tegangan tinggi untuk mengionisasi gas isian yang terdapat dalam tabung neon sehingga tabung bersinar menghasilkan cahaya. Variasi cahaya lampu *neon sign* tergantung dari gas isian dalam tabung sedangkan tegangan breakdown gas dipengaruhi jenis gas, panjang dan diameter tabung.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui besar konsumsi energi listrik transformator *neon sign* pada penggunaan *neon sign* dan mengetahui harga dari pemakaian energi yang digunakan tersebut.

2. *Neon sign*

Neon adalah suatu unsur kimia yang memiliki lambang Ne dan nomor atom 10. Neon termasuk kelompok gas mulia yang tak berwarna dan lembam (inert) [1]. Zat ini memberikan pendar cahaya khas kemerahan jika digunakan di tabung hampa (vacuum discharge

tube) dan lampu neon. Sifat ini membuat neon terutama dipergunakan sebagai bahan pembuatan tanda (*sign*)[2].

Neon sign adalah lampu pajangan yang terbuat dari tabung kaca yang telah diisi dengan gas dan dibentuk dalam bentuk huruf atau model dekoratif. Saat tegangan tinggi diterapkan pada tabung berisi neon, tabung akan menghasilkan cahaya[2].

Adapun prinsip kerjanya adalah ketika tegangan tinggi disambungkan, pengisian terjadi pada tiap ujung tabung, dimana pada satu ujung terjadi pengisian positif dan di ujung lainnya terjadi pengisian negatif. Karena pengisian ini saling berhubungan, elektroda akan terhubung dengan terbentuknya medan listrik antara elektroda. Tegangan yang keluar dari elektroda akan menembak gas neon, mempercepat pergerakan elektron bebas dan meningkatkan energi kinetik dalam tabung. Saat energi mencapai level pengionan gas neon, berarti gas telah breaking down. Ion positif menuju ke elektroda negatif sementara itu elektron negatif menuju ke elektroda positif. Pada saat ini elektron yang tereksitasi kembali ke tingkat energi awal dan masing-masing elektron melepaskan photon. Photon ini yang kita sebut sebagai cahaya neon[3].

Tabung kaca yang biasa digunakan pada lampu neon dibuat dari kaca timah lunak yang mudah dibengkokkan dan dibentuk. Berkisar dari diameter 0.3 inci (8mm) hingga 1.0 inci (25 mm) dan panjang hingga 4-5 kaki (1.2-1.5 meter)[2].

Elektroda pada tiap ujung tabung yang diterangi terbuat dari besi murni yang dikelilingi oleh tabung silinder atau penutup dengan satu bagian terbuka. Kawat dilekatkan pada elektroda logam dan dilewatkan pada salah satu bagian yang tertutup pada tabung. Ujung penutup disegel ke dalam tabung lampu dengan ujung terbuka menonjol ke tabung [2].

Pembuatan *neon sign* sama seperti seni karena merupakan proses mekanika. Pertimbangan diameter tabung, radius minimal tabung yang bisa dibengkokkan, dan total panjang tabung yang bisa disuplai transformator membatasi model akhirnya. Contohnya, semakin kecil diameter tabung, semakin terang cahayanya. Sebaliknya, diameter tabung yang kecil membutuhkan daya yang banyak sehingga membatasi panjang seluruh tabung yang mampu disuplai oleh transformator.

3. Perancangan

Pembuatan *neon sign* merupakan proses manual. Terdiri dari pembengkokkan tabung, pemasangan elektroda, pembuangan kotoran dari tabung lalu pemindahan udara dan penambahan gas seperti berikut[2]:

a. Penyiapan Tabung

Tabung kaca dibersihkan dan diletakkan secara vertikal pada mesin pelapis. Mesin menghembuskan cairan fosfor ke dalam tabung melalui bagian atasnya dan dibiarkan mengalir hingga bagian bawah. Tabung diletakkan secara vertikal dalam oven yang mengeringkan lapisan tersebut. Sepuhan warna juga digunakan dengan cara yang sama. Tabung yang diisi dengan neon, menghasilkan warna merah atau jingga muda atau argon untuk menghasilkan biru terang[2].

b. Pembengkokkan Tabung

Model *neon sign* diletakkan pada lembaran asbes yang tahan panas. Tabung kaca dipanaskan dan dilunakkan dengan menggunakan alat pembakar. Pembakar berbahan gas 24 inci (61 cm) atau lebih digunakan untuk membuat lengkungan pada huruf dan meluruskan lengkungan. Obor tangan yang lebih kecil digunakan untuk memanaskan tabung yang pendek. Dengan menggunakan template asbes sebagai panduan, tabung

dibengkokkan dengan tangan. Untuk yang membengkokkan tabung, tidak perlu memakai sarung tangan karena tabung itu harus bisa dipegang untuk merasakan panas yang ditransfer dan suhu pelunakan tabung untuk menentukan waktu yang tepat untuk membengkokkan tabung. Kebanyakan *neon sign* terbuat dari beberapa bagian tabung kaca. Untuk membuat tiap bagian, ujung dua tabung dipanaskan dan disambung. Ketika bentuk huruf atau desain telah terbentuk, elektroda dipanaskan dan dipasang pada tiap ujungnya. Sebuah port kecil yang disebut tabulasi, ditambahkan agar tabung dapat dievakuasi dengan menggunakan pompa vakum. Port tabulasi ini merupakan salah satu bagian elektroda atau bagian terpisah yang disambung pada tabung[2].

c. Proses bombardemen.

Dimaksudkan untuk menghilangkan kotoran dari kaca, fosfor dan elektroda. Pertama, udara dalam tabung dibuang. Kemudian udara kering dimasukkan kembali ke dalam tabung hingga mencapai tekanan berkisar 0.02 – 0.04 inci (0.5-1.00mm) air raksa. Semakin panjang tabung, semakin rendah tekanannya. Transformator arus tinggi dihubungkan pada elektroda. Untuk tabung biasanya bekerja pada 30 mA sedangkan untuk bombardemen, digunakan 400-750 mA. Arus yang tinggi memanaskan kaca sekitar 420°F (216°C) dan logam elektroda dipanaskan dengan suhu sekitar 1400°F (76°C). Panas ini menyebabkan kotoran-kotoran keluar dari material dan pompa vakum membawa keluar kotoran-kotoran ini[2].

d. Pengisian Tabung

Saat tabung telah dingin, gas dimasukkan pada tekanan rendah. Gas tersebut harus bersih dari kotoran agar *neon sign* dapat bekerja dengan baik dan tahan lama. Tekanan pengisian tabung normal untuk tabung dengan diameter 0.6 inci (15mm) sekitar 0.5 inci (12mm) air raksa. Port tubulasi dipanaskan lalu ditutup[2].

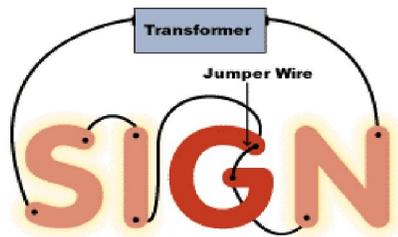
e. Penuaan Tabung

Kadang lebih disebut “pembakaran tabung”. Tujuannya adalah supaya gas pada tabung stabil dan bekerja dengan baik. Sebuah transformator yang lebih tinggi arus kerja normalnya dipasang ke elektroda. Tabung harus memenuhi iluminasi sekitar 15 menit jika neonnya bagus. Butuh beberapa jam iluminasi untuk argon. Jika sedikit air raksa ditambahkan pada tabung argon, tetesan pertama harus dimasukkan pada port tabulasi sebelum port ditutup. Tetesan itu kemudian berpindah dari satu ujung ke ujung lain untuk melapisi elektroda setelah proses

penuaan. Masalah seperti kedipan pada gas atau hot spot pada tabung mengindikasikan bahwa tabung harus dibuka sehingga bombardemen dan pengisian diulang lagi[2].

f. Instalasi dan Pemasangan

Lampu *neon sign* yang kecil dipasang pada kerangka dan dikawat. *Neon sign* berukuran besar dipasang satu persatu dan diletakkan pada bangunan atau struktur pendukung lainnya dimana *neon sign* saling dihubungkan dan dikawat[2]. Pemasangan terlihat pada Gambar 1 [4].



Gambar 1. Instalasi *Neon sign*

4. Pengaruh Warna pada *Neon sign* Terhadap Konsumsi Daya

Penghasil warna pada *neon sign* adalah gas mulia yang dimasukkan ke dalam tabung neon. Selain neon gas mulia yang lain adalah Helium, Argon, Krypton, Xenon dan Radon. Semua unsur gas mulia (kecuali Radon) terdapat di udara[1].

Setiap gas mulia yang dipakai pada *neon sign* untuk menghasilkan warna membutuhkan energi yang berbeda – beda dalam melakukan proses ionisasi untuk menghasilkan cahaya yang berwarna. Perhatikan Tabel 1 di bawah ini [1].

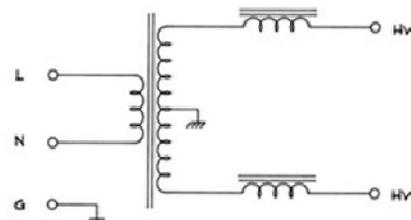
Tabel 1. Data Fisis Unsur Gas Mulia

Sifat	He	Ne	Ar
Nomor atom	2	10	18
Elektron Valensi	2	8	8
Jari-jari Atom (A)	0.5	0.65	0.85
Titik Leleh (°C)	-272.2	-248.6	-189.4
Titik Didih (°C)	-268	-246.0	-185.9
Energi pengionan (kJ/mol)	2640	2080	1520
Afinitas elektron (kJ.mol)	21	29	35
Rapatan (g/L)	0.178	0.9	1.78

5. Perbedaan Transformator *Neon sign* dengan Tranformator Daya

Transformator adalah suatu peralatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah daya listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui suatu gandengan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya [5].

Neon sign membutuhkan transformator *neon sign* untuk menghasilkan tegangan tinggi, untuk menyalakan lampu *neon sign*. Transformator *neon sign* memiliki kumparan primer dan kumparan sekunder. Kumparan ini dililitkan pada inti besi dan kumparan primer dihubungkan pada inti sedangkan yang sekunder dihubungkan ke beban. Kumparan sekunder menghasilkan tegangan tinggi yang berkisar antara 2- 15 kV. Tegangan jala-jala berkisar 120-240 V dan arus keluaran antara 30mA hingga 60 mA. Bentuk transformator *neon sign* dan diagram listriknya dapat dilihat pada Gambar 2[6].



Gambar 2. Bentuk dan Diagram Listrik Transformator *Neon sign*

Transformator daya memiliki regulasi tegangan yang baik untuk berbagai kondisi beban. Hal ini berarti output tegangan transformator hanya kehilangan tegangan dalam jumlah yang kecil untuk keadaan beban penuh.

Namun pada trafo *neon sign* dirancang untuk memiliki nilai regulasi yang buruk dengan cara memparalelkan magnet di transformator[4]. Pengaturan regulasi yang buruk diperlukan untuk membatasi arus dalam tabung neon. Dengan perubahan besar dalam tegangan output beban, transformator *neon sign* mempertahankan beban arus keluaran dalam kisaran yang relatif kecil. Magnet yang diparalelkan akan memotong beberapa fluks magnet jauh dari sekunder. Hal ini memungkinkan tegangan yang lebih rendah pada saat seluruh beban terpasang untuk sementara membatasi arus yang dibutuhkan[7].

6. Konsumsi Energi Listrik Pada Transformator Neon sign

Energi yang dikonsumsi oleh sebuah transformator *neon sign* tergantung oleh beban yang dihubungkan pada transformator tersebut. Beban yang dipasang pada transformator *neon sign* berupa lampu neon yang biasa dipakai untuk periklanan. Besar energi yang dikonsumsi oleh sebuah transformator *neon sign* tergantung oleh seberapa panjang dan diameter dari tabung *neon sign*.

Jumlah daya yang dikonsumsi oleh trafo *neon sign* dapat didapat dari persamaan (1) di bawah ini[7]:

$$P = V \times I \times pf \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- P : Daya (watt)
- V : Tegangan (volt)
- I : Arus (ampere)
- pf : Faktor daya

a. Biaya Energi Yang Dikonsumsi Oleh Transformator Neon sign

Untuk mengetahui biaya yang dipakai, dapat dilihat dari persamaan (2) berikut[7]:

$$$/day = \frac{V_p \times I_p \times Pf \times (hrs/day) \times (\$/kilowatt-hrs)}{1000} \dots (2)$$

Dimana :

- Vp : tegangan primer (volt)
- Ip : arus primer (ampere)
- \$/day : biaya per hari
- \$/kilowatt-hrs : harga per kilowatt
- Hrs/day : waktu pemakaian per hari (jam)

7. Kegunaan lain

Selain untuk mensuplai lampu *neon sign*, transformator ini sering juga digunakan untuk :

1. Sumber daya Tesla Coil : penggunaannya pada Tesla Coil ukuran kecil hingga medium sebagai sumber utama tegangan tinggi.
2. Jacob’s Ladder : peralatan “climbing arc” yang sering ditampilkan dalam film horor.
3. Pengisian ulang kapasitor : transformator *neon sign* menghasilkan sumber tegangan tinggi yang berguna untuk mengisi kapasitor tegangan tinggi. Walaupun keluaran transformator *neon sign* adalah AC, dapat juga disearahkan dengan menggunakan penyearah tunggal dan penyearah jembatan[8].

8. Pengujian Transformator Neon sign

Dalam percobaan kali ini akan diambil data untuk mendapatkan parameter untuk menghitung jumlah daya yang dikonsumsi oleh sebuah transformator *neon sign* dengan beban yang berbeda.

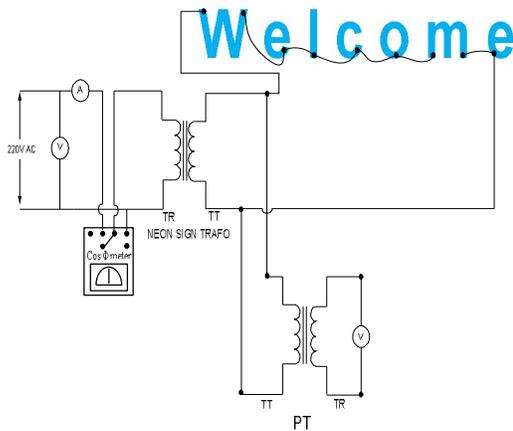
a. Peralatan Percobaan

Adapun peralatan yang digunakan didalam percobaan ini adalah :

1. Trafo *Neon sign*
 - Primer : 110 / 220 V
 - Sekunder : 15000 V
 - F : 50 Hz
 - VA : 450
 - A primer : 4.50 / 2.25 A
 - A sekunder : 30 mA
2. Amper meter
3. Cos fi meter
4. Volt meter
5. Trafo tegangan
 - Primer : 22000 V
 - Sekunder : 110 V
 - F : 50 Hz
 - VA : 50
6. Beban : Lampu *Neon sign* Berbentuk Tulisan WELCOME

b. Rangkaian Percobaan

Gambar 3 menunjukkan rangkaian Percobaan.



Gambar 3. Rangkaian Percobaan

c. Data Hasil Percobaan

Data hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

$$\text{Rasio trafo tegangan : } a = \frac{V_2}{V_1} = \frac{22000}{110} = 200$$

Tabel 2. Data Hasil Percobaan

Beban	Panjang Neon(Cm)	V _p (volt)	I _p (A)	P _t	V _s (Volt)	V _s x a (Volt)
W	103	204	2.07	0.63	1	200
ELC	128	205	2.08	0,63	1	200
OME	170	206	2.1	0,63	2	400
W + ELC	231	209	2.23	0,63	4	800
W + OME	273	210	2.26	0,63	4	800
ELC + OME	298	211	2.3	0,63	5	1000
WELCOME	401	213	2.42	0,64	7	1400

d. Analisis Data

Dengan menggunakan Persamaan (1) dan (2), maka :

1. Beban “W”

Panjang neon = 103 Cm

$$\begin{aligned} \$/\text{day} &= (204 \times 2.07 \times 0,63 \times 1 \times (\$/\text{kilowatt-hrs}))/1000 \\ &= 0.266 \text{ kWh} \times (\$/\text{kilowatt-hrs}) \end{aligned}$$

2. Beban “ELC”

Panjang neon = 128 Cm

$$\begin{aligned} \$/\text{day} &= (205 \times 2.08 \times 0,63 \times 1 \times (\$/\text{kilowatt-hrs}))/1000 \\ &= 0.268 \text{ kWh} \times (\$/\text{kilowatt-hrs}) \end{aligned}$$

3. Beban “OME”

Panjang neon = 170 Cm

$$\begin{aligned} \$/\text{day} &= (206 \times 2.1 \times 0,63 \times 1 \times (\$/\text{kilowatt-hrs}))/1000 \\ &= 0.2725 \text{ kWh} \times (\$/\text{kilowatt-hrs}) \end{aligned}$$

4. Beban “W + ELC”

Panjang neon = 231 Cm

$$\begin{aligned} \$/\text{day} &= (209 \times 2.23 \times 0,63 \times 1 \times (\$/\text{kilowatt-hrs}))/1000 \\ &= 0.2936 \text{ kWh} \times (\$/\text{kilowatt-hrs}) \end{aligned}$$

5. Beban “W + OME”

Panjang neon = 273Cm

$$\begin{aligned} \$/\text{day} &= (210 \times 2.26 \times 0,63 \times 1 \times (\$/\text{kilowatt-hrs}))/1000 \\ &= 0.299 \text{ kWh} \times (\$/\text{kilowatt-hrs}) \end{aligned}$$

6. Beban “ELC + OME”

Panjang neon = 298 Cm

$$\begin{aligned} \$/\text{day} &= (211 \times 2.3 \times 0,63 \times 1 \times (\$/\text{kilowatt-hrs}))/1000 \\ &= 0.30574 \text{ kWh} \times (\$/\text{kilowatt-hrs}) \end{aligned}$$

7. Beban “WELCOME”

Panjang neon = 401 Cm

$$\begin{aligned} \$/\text{day} &= (213 \times 2.43 \times 0,63 \times 1 \times (\$/\text{kilowatt-hrs}))/1000 \\ &= 0.326 \text{ kWh} \times (\$/\text{kilowatt-hrs}) \end{aligned}$$

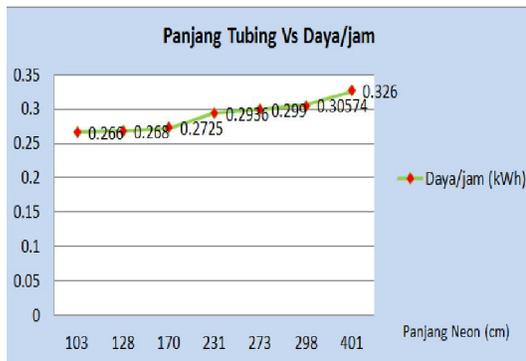
Dari hasil analisis didapat konsumsi energi listrik seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Analisis

Beban	Panjang Neon(Cm)	P / Jam (kWh)
W	103	0,266
ELC	128	0,268
OME	170	0,2725
W + ELC	231	0,2936
W + OME	273	0,299
ELC + OME	298	0,30574
WELCOME	401	0,326

e. Kurva Analisis Data

Kurva hasil analisis data dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Hubungan Panjang Tubing dan Daya

9. Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan dari data yang diperoleh, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin panjang lampu neon yang dipakai maka transformator *neon sign* mengkonsumsi energi yang lebih banyak pada saat beroperasi. Hal ini disebabkan oleh besar beban yang dipikul transformator bergantung pada panjang neon yang dipakai.
2. Daya input yang dibutuhkan transformator *neon sign* untuk beroperasi menjadi lebih besar seiring dengan pertambahan panjang lampu neon karena dibutuhkan tegangan yang lebih tinggi untuk proses ionisasi gas isian tabung neon.

10. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Surya Tarmizi Kasim, M.Si selaku dosen pembimbing, juga Ir. A.Rachman Hasibuan, MT, Ir. Syahrawardi dan Ir. Windalina Syafiar selaku dosen penguji penulis yang memberikan masukan dan koreksi dalam penyelesaian paper ini, serta semua pihak yang turut mendukung.

11. Daftar Pustaka

- [1]. Ariawan, Putu Rusdi, "Sifat Dan Manfaat Gas Neon" Paper, Bali : Fakultas Teknik Udayana, 2010.
- [2]. Dava, Paul."How Products Are Made, Volume2". <http://www.madehow.com/Volume-2/Neon-Sign.html>, 2012.
- [3]. Aana, Whitney."How does a Neon Light Bulb Work?". http://www.ehow.com/how-does_5003177_neon-light-bulb-work.html, 2011.
- [4]. Sdn, Bhd. "Neon Transformer Q & A". <http://www.neonlighting.com/articles/neon%20transformer%20FAQ.htm>, 2000.
- [5]. Wijaya, Mochtar, "Dasar-Dasar Mesin Listrik", Jakarta : Djembatan, 2001.
- [6]. Dorr, Telford. "Determining Proper Loading for Neon Sign Transformer". <http://www.iaei.org/magazine/2000/01/determining-proper-loading-for-neon-sign-transformers/>, 2000.
- [7]. Fetzer, Scott Company. "France Power Solution for Lighting". <http://www.franceformer.com/products-neon/FAQ/NeonFAQ.html>, 2009
- [8]. Wikipedia, "Neon Sign Transformer". http://en.wikipedia.org/wiki/Neon-sign_transformer, 2011.