

# Perbaikan Faktor Daya Lampu TL menggunakan Rangkaian Hubungan Duo

Irman, Latifah, & Ruskardi

*Program Studi Teknik Elektro, Politeknik Negeri Pontianak*

*Jalan Ahmad Yani Pontianak 78124*

*E-mail: irmanpolnep@gmail.com*

**Abstrak:** Penggunaan lampu tabung flouresent (lampu TL) dengan kumparan hambat (*ballast*) masih cukup banyak digunakan seperti di pusat-pusat perbelanjaan. Hal ini dimungkinkan karena sebaran cahaya dari tabung lampu flouresent yang panjang akan lebih merata. Selain itu efikasi cahaya lampu flouresent hampir sama dengan lampu LHE. Faktor daya lampu TL dengan kumparan hambat (*ballast*) tergolong sangat buruk yaitu antara 0,35 – 0,5. Untuk memperbaiki faktor daya lampu TL dapat dilakukan dengan merangkai lampu TL dengan *Hubungan Duo* atau *Tandem*. Dari hasil pengujian, pengukuran dan perhitungan yang dilakukan pada lampu TL Hubungan Duo didapat bahwa lampu TL dirangkai dengan hubungan duo tidak begitu besar faktor daya yang dapat ditingkatkannya, yaitu hanya sebesar 0,6. Akan tetapi konsumsi dayanya tetap berkurang.

**Kata Kunci:** Lampu TL, Kumparan Hambat, Faktor Daya, Hubungan Duo

Penggunaan lampu tabung flouresent (lampu TL) dengan kumparan hambat (*ballast*) masih cukup banyak digunakan seperti di pusat-pusat perbelanjaan. Hal ini dimungkinkan karena sebaran cahaya dari tabung lampu flouresent yang panjang akan lebih merata. Selain itu efikasi cahaya lampu flouresent hampir sama dengan lampu LHE.

Kumparan hambat (*ballast*) pada lampu T, akan mengakibatkan arus tabung tertinggal dengan tegangannya sehingga faktor dayanya ( $\cos \phi$ ) menjadi rendah yaitu berkisar antara 0,35 – 0,5.

Nilai faktor daya lampu tabung flouresent masih jauh dari nilai faktor daya yang direkomendasikan oleh PLN yaitu 0,85. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk memperbaiki faktor daya lampu tabung flouresent (lampu TL), yaitu: dengan menambahkan kapasitor pada rangkaian

lampu TL dan merangkai lampu TL dalam *hubungan duo* dan *hubungan tandem*.

Penambahan kapasitor pada lampu TL dapat dipasang secara paralel dengan jaringan. Akan tetapi dapat mengganggu frekuensi sinyal-sinyal yang digunakan PLN untuk menyalakan lampu-lampu jalan. Sebaliknya juga dapat dipasang secara seri dengan ballast, tetapi rangkaian lampu menjadi cukup kapasitif, jadi harus diimbangi atau dipasangkan dengan lampu TL lainnya. Rangkaian ini disebut Hubungan Duo.

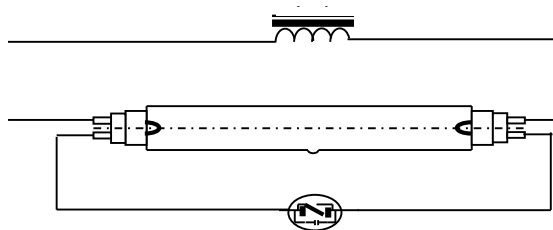
Oleh karena itu untuk mengetahui sejauh mana faktor daya lampu TL dapat diperbaiki pada lampu TL hubungan duo, maka perlu dilakukan penelitian, sehingga akan didapat berapa prosentase penurunan konsumsi energi listriknya.

**Lampu Tabung *Flouresent*. Tabung flouresen.** Bentuk standar tabung flouresen dipasarkan oleh philips dengan kode TL.

Diameter tabungnya 38 mm; panjangnya tergantung pada daya tabung. Sebelah dalam tabung diberi lapisan serbuk flouresen. Pada setiap ujung tabung terdapat sebuah elektroda. Elektroda ini terdiri dari kawat pijar dari wolfram dengan sebuah emiter untuk memudahkan emisi elektron-elektron. Tabung flouresen diisi dengan uap air raksa dan gas mulia argon.

**Kumparan hambatan (*ballast*).** Kumparan hambatan atau balas untuk lampu flouresen terdiri dari kawat tembaga, bahan isolasi, teras besi, massa pengisi poliester. Kumparan hambatan ini membatasi arus tabung. Selain itu alat ini juga membangkitkan suatu tegangan induksi kejutan yang tinggi untuk memulai penyalaan tabung.

**Starter dan penyalaan.** Starter untuk tabung flouresen terdiri dari sebuah balon kaca kecil yang diisi dengan gas mulia. Di dalam balon terdapat dua elektroda bimetal (gambar 1).



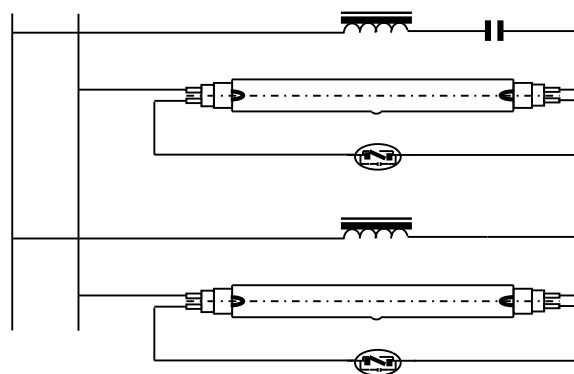
**Gambar 1. Rangkaian lampu TL**

Jarak antara elektroda-elektroda A dan B tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga starternya akan menyala pada tegangan 100 – 200 V.

**Kompensasi.** Karena induktansi kumparan hambatan, arus tabung akan tertinggal dengan tegangannya. Faktor dayanya antara 0,35 sampai 0,5.

Untuk kompensasi  $\cos \phi$  lampu TL digunakan kondensator yang dihubungkan seri dengan kumparan hambatan.

Kapasitansi kondensator ini dipilih demikian rupa, sehingga membuat rangkaianannya cukup kapasitif untuk juga mengimbangi  $\cos \phi$  dari suatu rangkaian kedua yang induktif. Hubungan demikian disebut hubungan duo (gambar 2).



**Gambar 2. Hubungan Duo**

Hubungan duo ini tidak hanya memberi kompensasi bagi  $\cos \phi$  kedua rangkaian, tetapi juga mengurangi efek stroboskop.

**Daya.** Daya dalam sistem arus bolak-balik dikenal ada tiga macam, yaitu daya aktif (P) dengan satuan watt, daya reaktif (Q) dengan satuan Var dan daya semu (S) dengan satuan Va.

Dimana masing-masing daya tersebut adalah: Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Daya ini digunakan secara umum dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (1)$$

Dimana:  $P$  = Daya aktif (Watt);  $V$  = Tegangan (Volt);  $I$  = Arus (Ampere).

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk *fluks* medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain-lain.

$$Q = V.I. \sin \phi \quad (2)$$

Daya semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA, maka dapat diturunkan persamaannya seperti di bawah ini:

$$S = V.I \quad (3.)$$

Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah: (1) Mendapatkan nilai kapasitansi kapasitor yang tepat untuk lampu TL hubungan duo; (2) Mengetahui faktor daya yang terbaik dan konsumsi energi listrik lampu TL hubungan duo.

## METODE

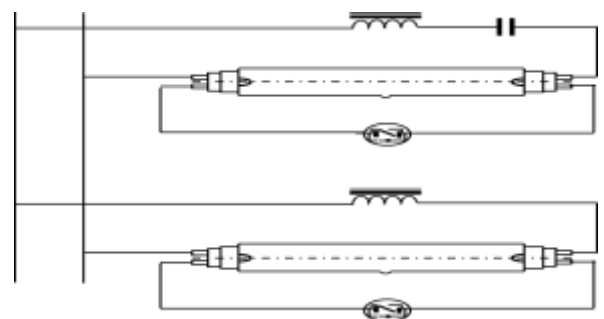
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah berdasarkan tahapan-tahapan sebagai berikut: a) **Studi Literatur**. Studi literatur ini meliputi hal-hal sebagai berikut: Mempelajari literatur yang berhubungan dengan kinerja lampu TL; Mempelajari literatur tentang faktor daya lampu TL; dan b) **Pengumpulan Data**. Pengumpulan data dilakukan dengan membuat rangkaian lampu TL hubungan duo untuk salah satu merk

lampu TL, dan kemudian melakukan pengukuran. Adapun besaran-besaran yang diukur adalah: Arus (ampere), Tegangan (volt), Faktor Daya ( $\cos \phi$ ), Daya Aktif (Watt), Daya Semu (VA) dan Daya Reaktif (VAR) lampu TL sebelum dan sesudah dihubungkan duo.

**Analisa Data.** 1) Membandingkan besarnya arus, faktor daya, daya aktif, daya semu dan daya reaktif untuk lampu TL sebelum dan sesudah dihubungkan duo; 2) Membandingkan besaran konsumsi daya untuk setiap kapasitas daya lampu TL sebelum dan sesudah dihubungkan duo; dan 3) Membuat karakteristik faktor daya untuk setiap nilai kapasitor pada lampu TL hubungan duo.

**Pengambilan simpulan.** 1) Mendapatkan gambaran karakteristik faktor daya, dan konsumsi daya lampu TL dalam hubungan duo; dan 2) Mengetahui nilai kapasitansi kapasitor yang tepat untuk lampu TL hubungan duo dalam mendapatkan faktor daya yang optimal.

## Rangkaian Pengukuran.



Gambar 3. Rangkaian Hubungan Duo

## HASIL

Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pengukuran pada 2 (dua) merk lampu TL dengan

rangkaian hubungan duo untuk kapasitas daya lampu 18W dan 36W. Adapun besaran-besaran yang diukur adalah Arus (ampere), Tegangan (volt), Faktor Daya ( $\cos \phi$ ), Daya Aktif (Watt), Daya Semu (VA) dan Daya Reaktif (VAR).

### Hasil Pengukuran. Lampu TL 18W (Tipe A).

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Lampu TL 18W tunggal Tipe A (Tanpa Kapasitor)**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,320	221,5	0,3589	25,43	70,86	66,14
2.	09.00	0,317	221,5	0,3691	26,00	70,29	65,33
3.	10.00	0,315	221,5	0,3719	25,96	69,84	64,83
4.	11.00	0,317	221,7	0,3724	26,18	70,30	65,25
5.	12.00	0,318	221,7	0,3728	26,26	70,45	65,37
6.	13.00	0,318	221,7	0,3731	26,32	70,54	65,45
7.	14.00	0,317	221,7	0,3739	26,33	70,42	65,31
Rata-rata		0,317	221,61	0,3703	26,07	70,39	65,38

**Tabel 2. Hasil Pengukuran Lampu TL 18W tunggal Tipe A (dengan Kapasitor 4 $\mu$ F)**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,121	221,0	0,9236	24,58	26,62	10,21
2.	09.00	0,120	221,0	0,9287	24,61	26,49	09,80
3.	10.00	0,120	221,0	0,9276	24,59	26,51	09,90
4.	11.00	0,121	221,1	0,9259	24,81	26,79	10,12
5.	12.00	0,120	221,1	0,9301	24,71	26,57	09,76
6.	13.00	0,121	221,1	0,9310	24,93	26,77	09,77
7.	14.00	0,120	221,1	0,9324	24,81	26,60	09,62
Rata-rata		0,120	221,06	0,9285	24,72	26,62	09,88

**Tabel 3. Hasil Pengukuran Lampu TL 18W (tipe A) hubungan duo**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,440	221,5	0,5310	50,01	97,48	76,35
2.	09.00	0,437	221,5	0,5229	50,61	96,78	75,13
3.	10.00	0,435	221,5	0,5246	50,55	96,35	74,73
4.	11.00	0,438	221,7	0,5252	50,99	97,09	75,37
5.	12.00	0,438	221,7	0,5254	50,97	97,02	75,13
6.	13.00	0,439	221,7	0,5267	51,25	97,31	75,22
7.	14.00	0,438	221,7	0,5271	51,14	97,02	74,93
Rata-rata		0,438	221,61	0,5236	50,79	97,01	75,26

### Lampu TL 18W (Tipe B).

**Tabel 4. Hasil Pengukuran Lampu TL 18W tunggal Tipe B (Tanpa Kapasitor)**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,325	221,2	0,3686	26,54	71,99	66,92
2.	09.00	0,328	221,2	0,3729	27,05	72,54	67,31
3.	10.00	0,329	221,2	0,3734	27,21	72,88	67,61
4.	11.00	0,329	221,3	0,3751	27,29	72,75	67,44
5.	12.00	0,330	221,3	0,3755	27,47	73,16	67,81
6.	13.00	0,331	221,2	0,3769	27,58	73,18	67,78
7.	14.00	0,331	221,3	0,3770	27,62	73,27	67,87
Rata-rata		0,329	221,24	0,3742	27,25	72,82	67,53

**Tabel 5. Hasil Pengukuran Lampu TL 18W tunggal Tipe B (dengan Kapasitor 4 $\mu$ F)**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,320	221,5	0,9257	25,30	27,33	10,34
2.	09.00	0,317	221,5	0,9243	25,27	27,34	10,43
3.	10.00	0,315	221,5	0,9227	25,62	27,77	10,71
4.	11.00	0,317	221,7	0,9237	25,66	27,78	10,65
5.	12.00	0,318	221,7	0,9257	25,73	27,79	10,51
6.	13.00	0,318	221,7	0,9316	25,86	27,76	10,09
7.	14.00	0,317	221,7	0,9267	25,88	27,93	10,50
Rata-rata		0,317	221,61	0,9258	25,62	27,67	10,46

**Tabel 6. Hasil Pengukuran Lampu TL 18W (tipe B) hubungan duo**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,4490	221,2	0,5219	51,84	99,32	77,26
2.	09.00	0,4515	221,2	0,5238	52,32	99,88	77,74
3.	10.00	0,4550	221,2	0,5249	52,83	100,65	78,32
4.	11.00	0,4543	221,3	0,5267	52,95	100,53	78,09
5.	12.00	0,4562	221,3	0,5270	53,20	100,95	78,32
6.	13.00	0,4563	221,2	0,5294	53,44	100,94	77,87
7.	14.00	0,4573	221,3	0,5287	53,5	101,20	78,37
Rata-rata		0,4542	221,24	0,5261	52,87	100,49	77,99

### Lampu TL 36W (Tipe A).

**Tabel 7. Hasil Pengukuran Lampu TL 36W tunggal Tipe A (Tanpa Kapasitor)**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,3439	221	0,5238	39,81	76,01	64,75
2.	09.00	0,3363	221	0,5426	40,32	74,32	62,42
3.	10.00	0,3343	221	0,5450	40,26	73,87	61,94
4.	11.00	0,3374	221,1	0,5440	40,59	74,61	62,60
5.	12.00	0,3361	221	0,5461	40,56	74,27	62,22
6.	13.00	0,3380	221	0,5463	40,81	74,70	62,56
7.	14.00	0,3400	221,1	0,5453	40,99	75,17	63,01
Rata-rata		0,3380	221,03	0,5419	40,47	74,71	62,79

**Tabel 8. Hasil Pengukuran Lampu TL 36W tunggal Tipe A (dengan Kapasitor 4 $\mu$ F)**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,1871	221	0,9271	38,34	41,35	15,50
2.	09.00	0,1838	221	0,9781	39,72	40,61	08,44
3.	10.00	0,1827	221	0,9803	39,59	40,38	07,97
4.	11.00	0,1809	221	0,9809	39,22	39,98	07,77
5.	12.00	0,1801	221	0,9819	39,09	39,81	07,54
6.	13.00	0,1806	221	0,9822	39,20	39,91	07,49
7.	14.00	0,1801	221	0,9830	39,12	39,79	07,30
Rata-rata		0,1822	221	0,9734	39,18	40,26	08,86

**Tabel 9. Hasil Pengukuran Lampu TL 36W (tipe A) hubungan dua**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,5310	221	0,6659	78,15	117,36	80,25
2.	09.00	0,5201	221	0,6964	80,04	114,93	70,86
3.	10.00	0,5170	221	0,6989	79,85	114,25	69,91
4.	11.00	0,5185	221	0,6965	79,81	114,59	70,37
5.	12.00	0,5162	221	0,6982	79,65	114,08	69,76
6.	13.00	0,5186	221	0,6981	80,01	114,61	70,05
7.	14.00	0,5202	221	0,6969	80,11	114,96	70,31
Rata-rata		0,5202	221	0,6928	79,65	114,97	71,65

#### Lampu TL 36W (Tipe B).

**Tabel 10. Hasil Pengukuran Lampu TL 36W tunggal Tipe B (Tanpa Kapasitor)**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,353	221	0,5096	39,70	77,91	67,04
2.	09.00	0,341	221	0,5415	40,83	75,40	63,39
3.	10.00	0,344	221	0,5399	41,01	75,95	63,93
4.	11.00	0,342	221	0,5409	40,88	75,59	63,58
5.	12.00	0,342	221	0,5421	40,99	75,61	63,53
6.	13.00	0,343	221	0,5409	41,03	75,85	63,80
7.	14.00	0,345	221	0,5402	41,13	76,14	64,07
Rata-rata		0,344	221	0,5364	40,80	76,06	64,19

**Tabel 11. Hasil Pengukuran Lampu TL 36W tunggal Tipe B (dengan Kapasitor 4 $\mu$ F)**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,178	221	0,9621	37,92	39,42	10,75
2.	09.00	0,180	221	0,9730	38,74	39,82	09,18
3.	10.00	0,181	221	0,9718	38,82	39,95	09,43
4.	11.00	0,183	221	0,9697	39,13	40,35	09,86
5.	12.00	0,181	221	0,9725	38,90	40,00	09,32
6.	13.00	0,182	221	0,9728	39,11	40,21	09,32
7.	14.00	0,182	221	0,9732	39,15	40,23	09,26
Rata-rata		0,181	221	0,9707	38,82	39,997	09,59

**Tabel 12. Hasil Pengukuran Lampu TL 36W (tipe B) hubungan dua**

No.	Waktu Pengukuran	I (A)	V (volt)	PF	P (watt)	S (VA)	Q (VAR)
1.	08.00	0,531	221	0,6616	77,62	117,33	77,79
2.	09.00	0,521	221	0,6906	79,57	115,22	72,57
3.	10.00	0,524	221	0,6888	79,83	115,90	73,36
4.	11.00	0,525	221	0,6901	80,01	115,94	73,44
5.	12.00	0,523	221	0,6910	79,89	115,61	72,85
6.	13.00	0,525	221	0,6905	80,14	116,06	73,12
7.	14.00	0,527	221	0,6899	80,28	116,37	73,33
Rata-rata		0,525	221	0,6860	79,62	116,06	73,78

## PEMBAHASAN

Dari data-data tabel 1 dan 3 menunjukkan bahwa faktor daya lampu TL 18W (tipe A) yang semula adalah 0,3703 setelah dirangkai dalam hubungan dua menjadi 0,5236. Nilai faktor daya 0,5236 masih jauh dibawah nilai faktor daya standar yang direkomendasikan yaitu 0,85. Demikian juga untuk lampu TL 18W tipe B dalam rangkaian hubungan dua, hanya memperbaiki faktor daya dari 0,3742 menjadi 0,5261.

Untuk lampu TL 36W tipe A, rangkaian hubungan dua hanya memperbaiki faktor daya lampu dari 0,5419 menjadi 0,6928. Demikian juga untuk lampu TL 36W tipe B, rangkaian hubungan dua hanya memperbaiki faktor daya lampu dari 0,5364 menjadi 0,6860.

Dari hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa faktor daya lampu TL dalam hubungan dua hanya sedikit mengalami kenaikan dibanding tanpa dihubungkan dua. Dengan kata lain lampu TL dalam rangkaian hubungan dua hanya sedikit menurunkan konsumsi dayanya dibanding dengan konsumnsi daya lampu TL dalam rangkaian normal. Jadi dapat disimpulkan bahwa lampu TL hubungan dua

lebih tepat digunakan untuk mengurangi efek stroboskop yang ditimbulkan oleh cahaya lampu TL.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

### **Simpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada lampu TL yang dirangkai dalam hubungan duo hanya sedikit meningkatkan faktor daya lampu.

### **Saran**

Lampu TL hubungan duo lebih tepat jika digunakan untuk pencahayaan di pabrik (industri), khususnya untuk mengurangi efek stroboskop pada mata saat melihat mesin-mesin yang berputar.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Balai Besar Teknologi Energi BPPT. 2012. *Perencanaan Efisiensi dan Elastisitas Energi 2012*. Jakarta: BPPT.
- Coaton, J.R., Marsden, A.M. 1997. *Lamps and Lighting*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Gupta, Soni., Bhatnagar. 1977. *Electrical Power*. Delhi: Dhanpat Rai & Sons.
- Houghton Mifflin Company. 2005. *LED The American Heritage Science Dictionary*.
- Muhaimin. 1995. *Instalasi Listrik 1*, Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik Bandung.
- Setiawan, E. 1991. *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Jakarta: PT. Bina Cipta.
- Suryatno, F. 1996. *Teknik Listrik Instalasi Penerangan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.