

Analisis Kualitas Daya Akibat Beban Reaktansi Induktif (X_L) di Industri

Maharani Putri¹⁾, Faisal Irsan Pasaribu²⁾

¹⁾Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Panca Budi
maharaniputri.amin@gmail.com

²⁾Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
fais.irsan@gmail.com

Abstrak

Pemakaian daya reaktif di perindustrian sangatlah tinggi sehingga menyebabkan faktor daya menurun. Rendahnya faktor daya mengakibatkan rugi-rugi daya pada pemakaian energi listrik di Industri. Rugi daya ini disebabkan oleh peralatan-peralatan listrik di Industri yang menggunakan daya reaktif induktif (X_L), sehingga daya listrik akan tertekan dan daya kerja menurun serta arus pemakaian menjadi meningkat dalam melakukan usaha. Pemakaian daya reaktif yang tinggi mengakibatkan faktor daya menjadi rendah, efek dari faktor daya yang rendah, daya kerja akan menurun. Pada penelitian ini jaringan listrik dengan daya yang tersedia $S = 1745$ KVA, memiliki faktor daya $\cos\phi = 0.726$, daya yang dapat disuplai dengan faktor daya tersebut adalah $= 1274$ KW, persentase daya yang disuplai sebesar 73%. Setelah diberi kapasitor bank sebesar 1200 KVAR, faktor daya naik menjadi 0.99, besar daya yang dapat disuplai dengan faktor daya tersebut adalah 1600 KW. Kenaikan daya yang dapat dibangkitkan setelah faktor daya ditinggikan menjadi $\cos\phi = 0.99$ adalah sebesar 333 KW dan % kenaikan daya dari 1274 KW menjadi 1600 KW sebesar 21%. Jadi Dengan aplikasi kapasitor bank faktor daya dapat dinaikan dan daya yang disuplai akan semakin tinggi dan kualitas daya menjadi lebih baik.

Kata Kunci : Kapasitor bank, Faktor Daya, Rugi-Rugi Daya

I. PENDAHULUAN

Kualitas daya listrik pada industri sangat penting, karena sangat mempengaruhi proses dan hasil akhir produksi. Ketika semakin sensitifnya suatu peralatan baik di industri maupun di rumah tangga, kualitas daya listrik menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan. Hal ini untuk mengurangi kemungkinan kerusakan-kerusakan peralatan sensitif tersebut. Beban-beban non-linier juga menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya listrik. Beban tersebut merupakan sumber harmonik yang dapat menurunkan kualitas daya listrik. Beban non-linier adalah beban di mana bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dalam setiap setengah siklus, sehingga gelombang keluaran arus dan tegangannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beberapa beban non linier adalah inti magnet pada trafo dan mesin berputar, mesin-mesin sinkron, pengelasan, photovoltaic inverter, dan peralatan elektronik kantor. Selain itu, masih banyak akibat yang dihasilkan jika kualitas daya listrik dalam industri buruk (Hamdani Rizal.M, 2017). Apabila nilai sudut faktor daya melebar maka efektivitas dari daya aktif (KW) atau daya kerja akan rendah. Untuk memperbaiki dari menurunnya daya listrik yang dikarenakan pengaruh faktor daya yang tinggi, dengan menggunakan aplikasi kapasitor bank. Kapasitor bank berfungsi menaikkan daya reaktif, dengan menggunakan kapasitor bank pemakaian daya reaktif pada jaringan instalasi listrik dapat diperbaiki. karena pemakaian daya reaktif yang

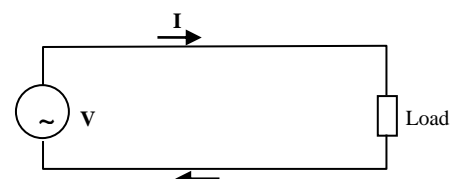
dibutuhkan tidak sepenuhnya disuplai melalui jaringan instalasi listrik. Dengan aplikasi kapasitor bank rugi-rugi daya yang mempengaruhi kualitas dari daya listrik dapat diperbaiki sehingga efektivitas dari daya kerja (KW) dapat bekerja secara optimal (penangsang dkk, 1995, susanto dkk, 1993).

Adapun yang menjadi tujuan pada penelitian ini adalah mengetahui besarnya kompensasi X_C (reaktansi kapasitif) akibat beban X_L (reaktansi induktif) untuk perbaikan faktor daya dan menganalisa pengaruh X_C (reaktansi kapasitif) dari bank kapasitor untuk perbaikan kualitas daya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Daya reaktif dan Daya Nyata

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya memiliki satuan Watt, yang merupakan perkalian dari Tegangan (volt) dan arus (ampere). Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan :



Gambar 1. Arah aliran arus listrik
Sumber: (Sumardjati Prih, dkk, 2008)

Daya reaktif (VAR), haruslah serendah mungkin untuk keluaran KW yang sama dalam rangka meminimalkan kebutuhan daya total (VA). Untuk menghitung daya reaktif yang dibutuhkan suatu jaringan listrik dirumuskan dengan:

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi \quad (1)$$

Di mana:

- Q = Daya reaktif (VAR)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Amper)
- Sinφ = Faktor Daya

Sedangkan daya nyata adalah daya yang terpakai untuk alat-alat listrik dapat beroperasi. Daya nyata merupakan daya yang sebenarnya digunakan, daya nyata atau daya kerja dipengaruhi oleh tegangan dan faktor daya, semakin baik tegangan dan faktor daya maka daya kerja mesin tersebut akan semakin baik dan sebaliknya semakin buruk tegangan dan faktor daya maka daya kerja mesin akan buruk. setiap alat-alat listrik biasanya tertera papan nama yang mencantumkan daya yang dibutuhkan, untuk menghitung daya nyata di rumuskan dengan

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \quad (2)$$

Di mana,

- P = Daya nyata (Watt)
- V = Tegangan 3 fasa (Volt)
- I = Kuat arus (Ampere)
- Cosφ = Faktor daya

B. Faktor Daya

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau sudut phasa antara daya aktif dan daya semu/daya total. Semakin tinggi faktor daya maka efektifitas dari alat-alat listrik akan semakin baik dan sebaliknya semakin rendah faktor daya berdampak pada rendahnya efektifitas dari alat-alat listrik, untuk menghitung faktor daya dirumuskan dengan (Rahardjo, Yadi Yunus, 2010):

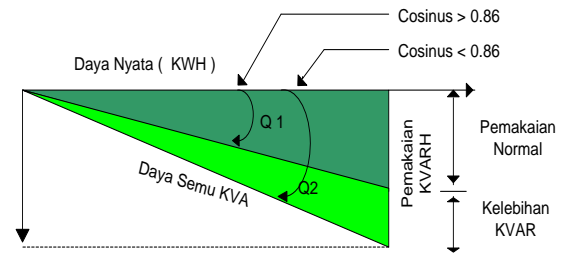
$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad (3)$$

Di mana:

- Cosφ = Faktor daya
- P = Daya nyata
- S = Daya semu

Faktor daya sangat besar pengaruhnya terhadap kualitas dari sumber listrik dan kinerja dari alat-alat listrik. Akibat pemakaian KVARH yang tinggi menyebabkan pembentukan sudut faktor daya yang besar. hasil dari melebarnya sudut daya tersebut berdampak pada rendahnya nilai faktor daya, kerugian-kerugian terhadap daya listrik dan menurunnya daya kerja efektif dari sumber listrik. Faktor daya yang lebih rendah dari < 0,99 atau 0,86

menurunkan efisiensi kerja alat listrik. Daya kerja (KW) tidak dapat berkerja secara optimal atau sebanding dengan daya yang tersedia. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Sudut Faktor Daya
Sumber: (Rahardjo, Yadi Yunus, 2010)

C. Reaktansi Kapasitif (Xc) dan Reaktansi Induktif (XL)

a. Reaktansi Kapasitif (Xc)

Tentukan ukuran kapasitas kapasitor Qc berdasarkan kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya. Daya reaktif kapasitor (Qc) adalah:

$$Q_C = P \{ \tan(\cos^{-1} pf_1) - \tan(\cos^{-1} pf_2) \}$$

Di mana:

- P : daya aktif (kW).
- pf₁ : faktor daya mula-mula sebelum diperbaiki.
- pf₂ : faktor daya setelah diperbaiki.

- Tentukan Reaktansi kapasitor (X_C)

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} \quad (4)$$

Di mana:

- X_C : Reaktansi kapasitif (Ω).
- V : Tegangan RMS (Volt).
- Q_C : Daya reaktif kapasitor (VAR).

- Tentukan kapasitas dari kapasitor (C)

$$C = \frac{1}{2\pi f_0 X_C} \quad (5)$$

Di mana :

- C : Kapasitansi kapasitor (Farad)
- F₀ : Frekuensi fundamental (Hz).

b. Reaktansi Induktif (X_L)

Dari gambar rangkaian didapat persamaan tegangan (Würth Elektronik, 2004) :

$$V_{in} = V_L + V_0 \quad (6)$$

Tegangan pada kapasitor didapat :

$$V_0 = I_L \cdot X_C \quad (7)$$

Dimana :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_c} \quad (8)$$

Jadi :

$$V_0 = I_L \times \frac{1}{2\pi f_c} \quad (9)$$

Arus I_L yang mengalir adalah

$$I_L = \frac{V_0}{X_L} \quad (10)$$

Di mana :

$$X_L = \frac{V_0}{I_L} \tag{11}$$

Jadi, Induksi dari Induktor (L)

$$L = \frac{X_L}{2\pi f_0} \tag{12}$$

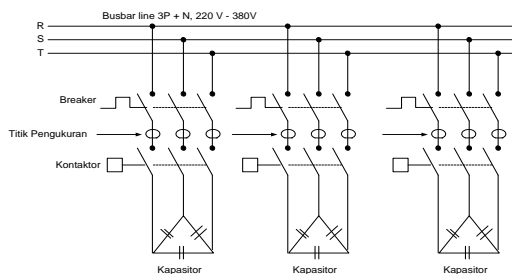
Di mana :

- V_0 = Tegangan input
- I_L = arus yang mengalir
- X_C = reaktansi kapasitif
- X_L = reaktansi induktif
- V_{in} = tegangan input sumber
- V_L = Tegangan pada induktif

III. METODE PENELITIAN

A. Titik Pengukuranj Kapasitor Bank

Pengukuran arus pada kapasitor bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya reaktif yang dapat di bangkitkan oleh kapasitor bank, dan cara ini juga digunakan untuk mengetahui kapasitor masih baik atau tidak dalam membangkitkan daya reaktif. Dari pengukuran tersebut akan terlihat nilai daya reaktif yang dapat di bangkitkan kapasitor bank dalam memperbaiki dan menaikan daya reaktif pada suatu jaringan listrik. Pengukuran arus pada kapasitor bank dilakukan pada kabel instalasi kapasitor bank yang aktif. Pada Gambar 3. memperlihatkan titik pengukuran arus pada kapasitor bank.



Gambar 3. Titik pengukuran arus kapasitor bank

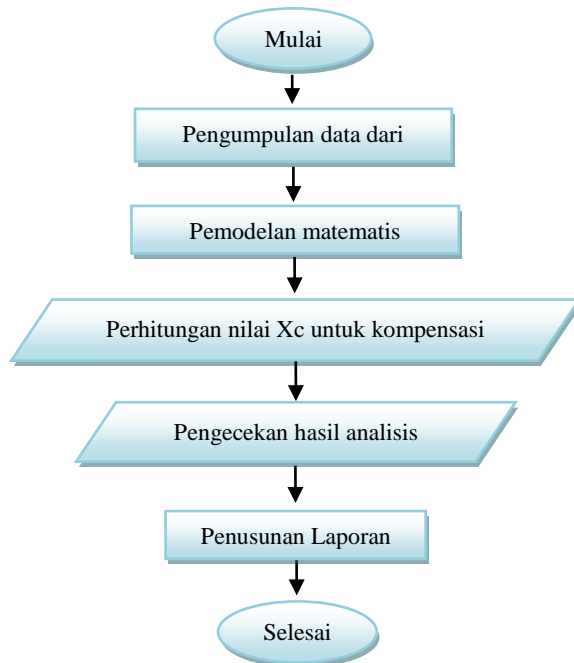
Pada Tabel 1. berikut ini adalah data hasil pengukuran daya yang terukur pada saat proses produksi sebelum menggunakan kompensasi dari kapasitor bank. dari Tabel 1 terlihat penurunan daya kerja produksi dengan faktor daya $\text{Cos}\phi=0.726$.

Tabel 1. Data hasil pengukuran daya

PARAMETER	SATUAN	BEBAN PRODUKSI
S (Apparent Power)	KVA	1745
P (Active Power)	KW	1267
Q (Reactive Power)	Var	1189
PF (Power Factor)	-	0.726
Frekuensi	HZ	50
V (Phase voltage)	Volt	378
I (Phase Current)	Ampere	2647

B. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan penelitian dilakukan menggunakan tahapan-tahapan yang akan dijelaskan dalam bentuk flow chart sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram alir pelaksanaan penelitian

C. Pengaruh Kapasitor Bank Pada Daya Kerja

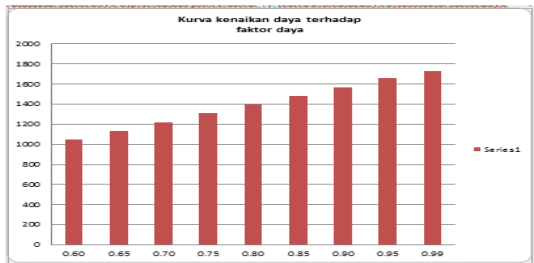
Faktor daya sangat besar pengaruhnya terhadap daya kerja. Faktor daya yang rendah menyebabkan daya kerja menurun dan meningkatkan arus pemakaian. Pada instalasi yang memiliki kompensasi kapasitor bank daya kerja mengalami kenaikan karena sebahagian daya di suplay oleh panel kapasitor bank. dari hasil pengolahan data pemakaian daya sebelum kompensasi kapasitor bank dengan faktor daya $\text{Cos}\phi = 0,726$ diperoleh daya kerja sebesar 1274 KW, dan setelah kompensasi kapasitor bank terdapat kenaikan pada faktor daya menjadi $\text{Cos}\phi = 1$, maka diperoleh daya sebesar 1600 KW.

Tabel 2. Perbandingan daya kerja dengan faktor daya berbeda

Arus (Amper)	Faktor daya (Cosφ)	Tegangan (Volt)	√3 (3phasa)	Daya (KW)
2647	0.60	381	1.73	1047
2647	0.65	381	1.73	1134
2647	0.70	381	1.73	1221
2647	0.75	381	1.73	1308
2647	0.80	381	1.73	1396
2647	0.85	381	1.73	1483
2647	0.90	381	1.73	1570
2647	0.95	381	1.73	1657
2647	0.99	381	1.73	1727

Ini menunjukkan perubahan kenaikan daya setelah kompensasi kapasitor bank. Jika kita urutkan faktor daya dengan daya kerja maka pada

Tabel 2 menunjukkan besar daya kerja berdasarkan faktor daya. Dari Tabel 2 dapat dilihat semakin tinggi faktor daya maka daya kerja semakin tinggi dan sebaliknya semakin rendah faktor daya kemampuan daya kerjanya semakin rendah. Apabila faktor daya dapat mencapai $\text{Cos}\phi = 1$, maka daya kerja akan maksimum sama dengan daya yang tersedia. Pada Kurva di bawah ini adalah kenaikan daya berdasarkan faktor daya, diperlihatkan pada Gambar 5. Kurva kenaikan daya berdasarkan faktor daya.



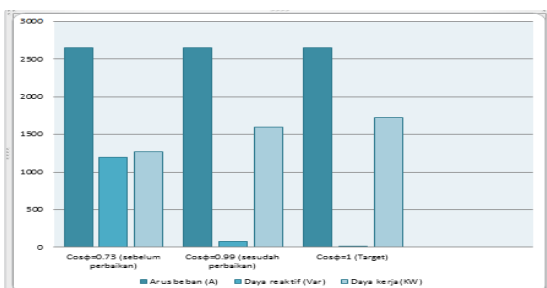
Gambar 5. Kurva kenaikan terhadap faktor daya

Pada Gambar 5 Kurva kenaikan daya berikut ini menunjukkan faktor daya berpengaruh pada daya kerja. Daya kerja akan tinggi apabila faktor daya tinggi dan sebaliknya. Oleh karena itu faktor daya haruslah tinggi agar memperoleh daya kerja yang tinggi.

D. Pengaruh Kapasitor Bank Pada Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang digunakan untuk pembentukan medan magnet. Pemakaian daya reaktif yang tinggi mengakibatkan pembentukan sudut daya yang besar. Untuk menekan agar sudut faktor daya tidak melebar karena pemakaian daya reaktif yang tinggi maka perlu adanya kompensasi kapasitor bank pada suatu instalasi listrik. Dari Tabel 2 dan Gambar 5 Kurva, menunjukkan faktor daya yg rendah menyebabkan penurunan efisien daya kerja dan sebaliknya faktor daya yang tinggi efektifitas daya kerja akan optimal.

Sebelum kompensasi kapasitor bank faktor daya instalasi $\text{Cos}\phi = 0.73$. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 6 diagram balok hubungan antara daya reaktif, $\text{Cos}\phi$, dan daya kerja sebelum dan setelah kompensasi.



Gambar 6. Diagram perbandingan daya kerja Sebelum dan setelah kompensasi kapasitor bank

Penurunan yang terjadi pada faktor daya di karenakan pemakaian daya reaktif yang langsung berasal dari sumber, sehingga persediaan daya dari sumber menurun. Dengan adanya kompensasi kapasitor bank pada suatu jaringan instalasi listrik, sangat membantu dalam penyediaan daya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini memiliki kesimpulan bahwa pemakaian daya reaktif yang tinggi mengakibatkan faktor daya menjadi rendah, efek dari faktor daya yang rendah, daya kerja akan menurun. Suatu jaringan listrik dengan daya yang tersedia $S = 1745$ KVA, memiliki faktor daya $\text{Cos}\phi = 0.726$, daya yang dapat disuplai dengan faktor daya tersebut adalah $= 1274$ KW, persentase daya yang disuplay sebesar 73%. Setelah diberi kapasitor bank sebesar 1200 Kvar, faktor daya naik menjadi 0.99, besar daya yang dapat disuplai dengan faktor daya tersebut adalah 1600 KW. Kenaikan daya yang dapat dibangkitkan setelah faktor daya ditinggikan menjadi $\text{Cos}\phi = 0.99$ adalah sebesar 333 KW dan % kenaikan daya dari 1274KW menjadi 1600KW sebesar 21%. Jadi Dengan aplikasi kapasitor bank faktor daya dapat dinaikan dan daya yang disuplai akan semakin tinggi.

B. Saran

Bagi pemakai energi listrik 3phasa yang cenderung memanfaatkan daya reaktif yang tinggi, terutama konsumen energi listrik yang banyak menggunakan motor induksi seperti industri khususnya, hendaknya memiliki aplikasi kapasitor bank guna membantu menaikkan faktor daya. Karena faktor daya yang rendah menimbulkan rugi-rugi dan kualitas pada daya listrik, daya kerja akan menurun dan efektif kerja dari mesin akan menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Assaffat Luqman, 2010, *Analisa Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Harmonisa Pada Motor Induksi Tiga Fasa Tipe Rotor Sangkar Tupai*, Prosiding Seminar Nasional UNIMUI 2010 ISBN:978.979.704.883.9.
- [2] Hamdani Rizal. M, 2017, *Kualitas Daya Listrik Industri*, Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- [3] J. Jufry, 2008, *Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank 25 MVAR Di Gardu Induk BANDA ACEH*.http://contoh.in/wp-content/2012/07/Pengaruh_pemasangan_Kapasitor_Bank_di_Gardu_Induk_banda_Aceh.
- [4] Cerdas, Gerai, *Bluetooth Module HC-05*. <http://www.geraicerdas.com/produk-terbaru/bluetooth-module-hc-05detail>.

- [5] J.S. Rinaldo, Warman Eddy, 2013, *Studi Kualitas Listrik dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor*, SINGUDA ENSIKOM DTE FT USU. Vol.3.No.2/Agustus 2013.
- [6] Lubis Arrifat,....., *Analisa dan Simulasi Kualitas Daya: Faktor Daya, Tegangan Kedip dan Harmonisa pada Perencanaan Sistem Kelistrikan P.T. Semen Turban IV*. Proceeding Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS
- [7] Penangsang, O. Anam, S., 1997, *Analisis dan Simulasi peningkatan kualitas energi listrik serta pengaruhnya terhadap penghematan pemakaian energi pada komponen utama beban industri*. Laporan penelitian, PPSLPT, ADB Loan No. 1253-Ino, Anggaran 1996/1997 (small Matching Grant); 1998, Majalah IPTEK, Lembaga Penelitian.
- [8] Prayoga Aditya, dkk, 2010, *Teknik Tenaga Listrik Transformer*, Universitas, Depok. [http://staff.ui.ac.id/chairul.hudaya/material/Transformer paper](http://staff.ui.ac.id/chairul.hudaya/material/Transformer%20paper).
- [9] Rahardjo, Yadi Yunus, 2010, *Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi 3Phasa*, SDM. Teknologi Nuklir Yogyakarta. [http://Papers.Sttn batan.ac.id/Prosiding/2010/54](http://Papers.Sttn%20batan.ac.id/Prosiding/2010/54)
- [10] Rijono, Yon. 1997. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. ANDI. Yogyakarta
- [11] Sulasno, 2009, *Teknik Konversi Energi Listrik dan Sistem Pengaturan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [12] Schneider Electric Manual Book, 2012, *Breaker pemutus tegangan Untuk kapasitor Bank*.
- [13] Schneider Electric Manual Book, 2012, *Kapasitor Koreksi Faktor Daya*.
- [14] Sulistyowati, 2012, *Aplikasi Analisis Pemasangan Kapasitor di jaringan Yang terpolusi Harmonisa*, jurnal eltek, vol 10 no 02. [http:// eltek polinema.ac.id/ 5.Sulistyowati_ Okt 2012](http://eltek.polinema.ac.id/5.Sulistyowati_Okt2012).
- [15] Sumardjati Prih, dkk, 2008, *Teknik Pemanfaatan tenaga Listrik*. [http:// bse.mahani.com/data/smk_12/teknik_pemanfaatan_ tenaga listrik_ jilid_3_ kelas_12_ Prih_ sumardjati_ dkk_2008](http://bse.mahani.com/data/smk_12/teknik_pemanfaatan_tenaga_listrik_jilid_3_kelas_12_Prih_sumardjati_dkk_2008).
- [16] Wijaya Mochtar. 2001. *Dasar-dasar Mesin Listrik*. Djambatan. Jakarta.
- [17] Würth Elektronik, 2004, *Filters Chaltungen*.
- [18] Zuhail, 1988, *Dasar teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, PT. Gramedia, Jakarta.