

# Manfaat Kondensator Dalam Menghemat Energi

Oleh :

Drs. T.S. Pakan

*Intisari. Pertumbuhan industri di Indonesia dari Pelita demi Pelita memberikan sumbangan yang tidak sedikit terhadap pembangunan Nasional. Namun keberhasilan industri yang telah dicapai selama ini tidak luput dari pemecahan-persoalan baru yang dihadapi, di mana pertumbuhan industri energi pada umumnya merupakan faktor yang cukup penting yang mempengaruhi kelancaran produksi pada industri.*

*Oleh sebab itu kita harus menghemat penggunaan energi dan memanfaatkannya sebesar-besarnya.*

*Salah satu penghematan energi di industri ialah dengan pemakaian kondensator.*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di industri dari tahun ke tahun meningkat sejalan dengan meningkatnya industri-industri. Hal itu mengharuskan kita untuk menghemat energi yang ada untuk mendapatkan daya yang semaksimal mungkin. Pemakaian energi di industri ada yang berbentuk fuel, sebagai pemanas atau pembangkit tenaga. Dalam pembangkit tenaga, energi dari bahan bakar minyak dipergunakan untuk memutar generator-generator tenaga, yang akan memberikan daya yang berguna untuk industri. Besarnya daya yang timbul tergantung dari pemakaian energi BBM serta kapasitas dari generator-generator tenaga.

Umumnya dalam industri pemakaian motor-motor atau lampu-lampu TL, Neon, Natrium, Mercury, Xenon dan lain-lain mempunyai power faktor yang rendah atau lebih kecil dari satu, sehingga daya yang dihasilkan oleh motor-motor itu maupun lampu-lampu TL rendah sekali.

Pada penelitian ini dengan pemasangan kondensator yang tepat pada motor-motor atau lampu-lampu TL akan mempengaruhi Power Faktor sehingga menaikkan daya dan menghemat energi.

Data dari penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi untuk penghematan energi di industri dan di rumah-rumah.

## 2. PENGGUNAAN DAN PEMANFAATAN ENERGI DI INDUSTRI

Penggunaan energi di industri berupa minyak bumi, batu bara, gas bumi. Sedangkan dari minyak bumi yang paling banyak digunakan adalah minyak solar (ADO), minyak diesel (IDO) dan minyak bakar (FO). Pemanfaatan minyak bumi dan gas bumi oleh industri selain sebagai bahan bakar langsung, pembangkit tenaga, juga digunakan untuk transportasi.

Untuk jelasnya di bawah ini diuraikan kegunaan dari produk minyak bumi tersebut.

### — Bensin (Mogas)

Bahan bakar minyak untuk kendaraan bermotor yang menggunakan motor bakar busi biasa juga disebut mogas (motor gasoline). Di Indonesia ada dua jenis bahan bakar minyak tersebut yaitu Premium dengan angka oktan 87 dan Super dengan angka oktan 98.

### — Minyak Solar (ADO)

Minyak solar adalah bahan bakar minyak yang digunakan dalam motor bakar diesel berputaran tinggi ( $\pm$  di atas 1.000 putaran per menit). Motor bakar ini menggunakan sistem penyalan kompresi (tidak menggunakan busi) yang digunakan kendaraan-kendaraan truk, bus dan industri-industri sebagai pembangkit tenaga dan lain-lain. Minyak solar juga dikenal dengan nama HSD (High Speed Diesel Oil) atau Automotive Diesel Oil (ADO).

### — Minyak Diesel (IDO)

Minyak diesel adalah bahan bakar minyak yang digunakan untuk motor bakar diesel yang berputaran rendah (kira-kira di bawah 1.000 rpm). Motor-motor ini menggunakan sistem penyalan kompresi dan biasanya digunakan dalam mesin-mesin besar seperti kapal atau mesin-mesin yang tidak bergerak.

Minyak diesel dikenal juga dengan nama Industrial Diesel Oil (IDO) atau Marine Diesel Fuel (MDF).

### — Minyak Bakar (FO)

Minyak bakar ialah bahan bakar minyak yang komponen utamanya adalah sisa-sisa pengolahan dan ditujukan untuk penggunaan dalam tungku-tungku industri.

Minyak bakar ini dikenal dengan nama Fuel Oil (FO).

### — Minyak Tanah

Bahan bakar minyak untuk kompor-kompor yang bersumbu dan dikenal dengan nama Kerosine.

## 3. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Hasil penelitian pemakaian kondensator di industri ditinjau dari Perbaikan Power Faktor yang disingkat dengan PF.

Banyaknya bahan bakar minyak dan gas bumi yang dibutuhkan untuk menjalankan generator pembangkit tenaga tergantung dari kapasitas pembangkit tersebut. Dengan bahan bakar minyak tertentu diharapkan menghasilkan daya semaksimal mungkin dan diuraikan sebagai berikut :

Sebuah AC Generator pembangkit tenaga dengan phase tunggal beroperasi pada tegangan 1200 Volt dan melepaskan tenaga sebesar 240 KVA sebagai tenaga semu *apparent power*.

Bila Generator ini dihubungkan dengan suatu rangkaian, maka arus yang dibebaskan ialah:  $I = S/V$ .

di mana:  $I$  = Arus  
 $S$  = Tenaga Semu  
 $V$  = Tegangan

Tenaga yang sebenarnya dari rangkaian itu adalah sebagai berikut:

$$P = V.I. \cos Q = 1200.200 \cos Q$$

di mana  $\cos Q$  adalah Power Faktor.

Untuk beban yang terdiri dari tahanan murni maka  $\cos Q = 1$

$$P = V.I. \cos Q = 1200 \times 200 \times 1 = 240 \text{ KVA}$$

Untuk beban yang bertahanan murni dan induktansi mempunyai  $\cos Q < 1$  antara lain:  $\cos Q = 0,8$

$$\text{jadi } P = V.I. \cos Q = 1200 \times 200 \times 0,8 = 192 \text{ KVA}$$

Apabila Generator itu melepaskan lebih kecil dari ketetapan tenaganya sendiri, walaupun arus dalam kumparan Generator itu tetap 200 A, akan menyebabkan tenaga output arusnya naik dan akan membahayakan kumparan Generator karena akan menimbulkan panas yang berlebihan.

Misalnya suatu beban dengan faktor kerja = 0,5

$$P = VI \cos Q = 1200 \times 200 \times 0,5 = 120 \text{ KW.}$$

Jadi tenaga total yang diberikan oleh suatu sumber, tenaganya turun dengan turunnya faktor kerja, seraya *reactive power*nya naik.

Konsekuensi dari suatu Power Faktor yang rendah adalah sebagai berikut:

- a. Tenaga semu dari generator dan transformator akan naik.

Dengan rumus  $\cos Q = P/S \rightarrow S = P/\cos Q$

Contoh: Sebuah motor di bengkel dengan tenaga 80 KW mempunyai PF = 0,8. Jadi tenaga semu,  $S = P/\cos Q = 80/0,8 = 100 \text{ KVA}$ .

Ternyata tenaga semu naik dari 80 KW menjadi 100 KW.

Bila PF = 0,6, maka  $S = 80/0,6 = 133 \text{ KW}$ .

Di sini terlihat bahwa tenaga semu menjadi 133 KW, lebih besar dari yang di atas.

- b. Efisiensi dari generator dan transformator turun. Dalam hal ini, beban dan PF rendah, generator atau transformator mendapat arus penuh tanpa pelepasan tenaga ke dalam rangkaian sistem.
- c. Tenaga dan tegangan yang hilang bertambah.

Dari rumus:  $P = VI \cos Q$

$$I = P/V \cos Q$$

Jadi untuk  $P = 1 \text{ KW}$ ,  $PF = 0,9$ , dan  $V = 200$ .

$$I = 1000/(200 \times 0,9) = 5,55 \text{ A.}$$

Untuk  $PF = 0,6$ ;  $I = 1000/(200 \times 0,6) = 8,35 \text{ A.}$

Ternyata dengan tenaga yang sama tetapi PF yang tidak sama akan menarik arus yang tidak sama pula yang mengakibatkan penambahan panas sebesar  $I^2R$  serta menderita kehilangan tegangan sebesar  $IR = V_d$  yang semakin besar karena PF yang semakin turun.

Turunnya PF dari konsumen disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

- a. Motor AC yang beroperasi pada beban rendah. Dalam hal ini tenaga yang sebenarnya dipakai oleh motor turun sebanding langsung dengan beban. Misalnya dengan tenaga 400 KW dan RPM = 1000, motor mempunyai PF = 0,83 dalam keadaan beban penuh. Pada beban 75% akan menjadi 0,8 beban 50% PF = 0,7 serta 25% PF nya = 0,5. Sedang motor yang beroperasi tanpa beban PF-nya 0,1 s/d 0,3; tergantung dari typenya, besarnya tenaga dan RPM-nya.

- b. Pemilihan dari type motor. Motor dengan kecepatan tinggi tenaganya tinggi; mempunyai PF lebih tinggi dari pada motor kecepatan rendah dengan tenaga rendah.

- c. Naiknya tegangan induk PLN. Dalam periode beban rendah, waktu makan siang misalnya, tiba-tiba tegangan induk PLN naik beberapa volt. Kenaikan ini menyebabkan naiknya arus magnetik dari induktive reactances dan mengakibatkan turunnya PF dari PLN.

- d. Ketidaktepatan maintenance dan reparasi dari motor. Dalam menggulung kembali dari motor yang telah rusak, kurangnya gulungan yang dipasang dari aslinya akan menyebabkan kebocoran flux magnetik yang lebih besar dan mengakibatkan PF turun.

Perbaikan dari PF yang rendah itu dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

- a. Dengan pemilihan yang tepat dari type, rating dan RPM dalam pemakaian sebuah motor.
- b. Motor running sesuai dengan tingkatan bebannya.
- c. Dengan mengurangi operasi motor tanpa beban.
- d. Maintenance yang tepat waktunya dan reparasi motor yang benar.
- e. Dengan memakai kondensator.

Pemakaian kondensator memberikan sejumlah keuntungan seperti koreksi PF, ringan sekali, tidak mempu-

nyai bagian yang berputar, sehingga gampang dan aman dipakai serta membuang tenaga sedikit sekali.

Kondensator yang dihubungkan dengan rangkaian arus bolak-balik, I memegang peranan penting, di mana dalam pemakaian yang baik arusnya (I)  $90^\circ$  terdahulu terhadap tegangan (V) serta arus magnetik oleh induktansi yang baik  $90^\circ$  terlambat terhadap tegangan (V). Oleh kondensator keterlambatan itu pada RF rendah dapat dikompensasi sehingga sudut phase dapat direduksi menjadi nol.

Pemeliharaan PF dari 0,9 ke 0,95, praktis ditinjau dari segi ekonomi. Lebih jauh aksi dari kondensator sebagai tempat persediaan tenaga terpakai, untuk perubahan di antara medan listrik dan medan magnet yang diinginkan dalam rangkaian di antara kondensator dan induktansi.

Harga yang dikoreksi oleh kondensator dapat dihitung sebagai berikut: Pada Gbr. 1 berikut sebuah rangkaian AC yang mempunyai beban induktansi. Kondensator dipasang paralel dengan beban induktansi untuk mengoreksi PF rangkaian tersebut.

Diagram vektor dibentuk oleh vektor tegangan V, vektor induksi beban ( $I_1$ ), terlambat terhadap tegangan (V) dengan sudut  $Q_1$ .

Dari rangkaian tersebut diinginkan sudut phase  $Q$ , untuk menaikkan PF. Dengan dipasangnya kondensator yang memberikan arus  $I_c$ , resultant antara vektor  $I_1$  dan vektor  $I_c$  diperoleh I dengan sudut phase Q.

Itu berarti menaikkan PF dari  $\text{Cos } Q_1$  menjadi  $\text{Cos } Q$ . Besarnya koreksi PF dalam pemakaian kondensator ini tergantung dari  $\text{Cos } Q$ . Power Faktor ini bergerak dari 0 sampai dengan 1 dan mencapai maksimum bila  $\text{Cos } Q = 1$ .

Umumnya dalam industri setiap motor listrik telah ditentukan PF nya yang biasanya rendah atau kurang dari satu, sehingga untuk menaikkan PF yang rendah itu dipasang kondensator yang sesuai.

Pada Gbr. 1 berikut kita dapat uraikan komponen-komponen vektornya sebagai berikut :

Vektor OC adalah komponen arus  $I_1$  :

$$OC = I_1 \text{ Cos } Q_1 = Oa \text{ Cos } Q_1$$

Dari rumus a-b power,  $p = V I \text{ Cos } Q$ , kita dapatkan :

$$Oc = I_1 \text{ Cos } Q_1 = P/V$$

Arus total I dari rangkaian sama dengan penjumlahan vektor  $I_1$  dan vektor  $I_c$ . Dari segitiga O a c dan O b c diperoleh:

$$ac = Oc \tan Q_1$$

$$bc = Oc \tan Q$$

Selanjutnya dari diagram diperoleh :

$$ab = Od = ac - bc = Oc \tan Q_1 - Oc \tan Q = Oc (\tan Q_1 - \tan Q)$$

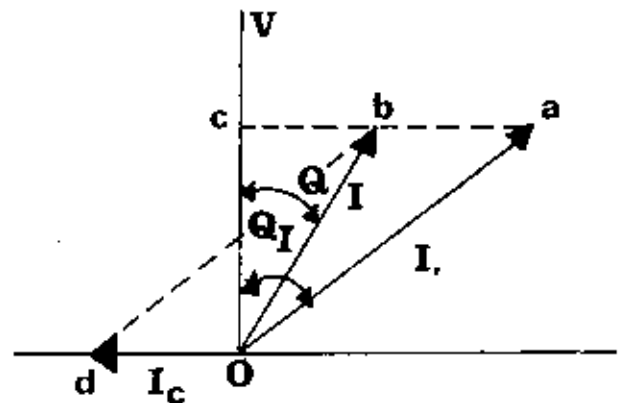
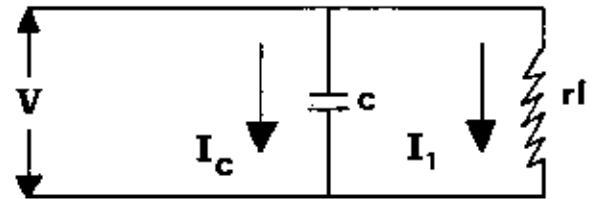
Jadi  $Oc = P/V$  dan  $ab = I_c$

$$Ic = P/V (\tan Q_1 - \tan Q)$$

Pada waktu bersama  $Ic = VWC$

$$\text{Jadi } C = (P/WV^2) (\tan Q_1 - \tan Q)$$

Dengan rumus di atas kita dapat mencari berapa besarnya kondensator yang akan kita pasang yang dapat menaikkan PF sebesar-besarnya.



Gbr. 1. Power Faktor Koreksi dari sebuah Kondensator Statik.

#### Contoh 1.

Sebuah motor listrik dengan tenaga 2000 KW, tegangan mempunyai PF 0,6. Hitunglah kapasitas kondensator yang akan dipasang pada motor tersebut untuk menaikkan PF nya menjadi 0,9 pada  $f = 50$  cycle/detik.

#### Penyelesaian :

$$\text{Cos } Q_1 = 0,6 \rightarrow Q_1 = 53^\circ 10'; \tan Q_1 = 1,335$$

$$\text{Cos } Q = 0,9 \rightarrow Q = 25^\circ 50'; \tan Q = 0,484$$

$$W = 2 f = 2.3.14 .50 = 314 \text{ sec}^{-1}$$

$$\begin{aligned} C &= (P/WV^2) (\tan Q_1 - \tan Q) \\ &= 2.000.000/314 \times 6000^2 (1.335 - 0,484) = \\ &= 0,00015 \text{ PF} \\ &= 150 \text{ M.F.} \end{aligned}$$

Dengan demikian untuk menaikkan PF 0,9 perlu kondensator dengan nilai 150 M.F.

**Contoh II :**

Sebuah generator/Trafo PLN dengan kapasitas 1000 KVA, faktor kerja konsumen hanya 0,5 (50%) Jadi daya yang dibangkitkan dan dijual:  $1000 \times 0,5 = 500$  KVA.

Apabila faktor kerja ditingkatkan menjadi 0,9 dengan bantuan kondensator maka daya yang terjual =  $1000 \times 0,9 = 900$  KVA.

Jadi ternyata dengan pemakaian kondensator di-tingkatkan daya sebesar  $900 - 500$  KVA = 400 KVA. Dengan kata lain kita menghemat tenaga sebesar 400 KVA.

Selain motor-motor listrik dalam pemakaian, lampu-lampu TL, Merkuri, Natrium, Neon, Xenon dan lain-lain juga mempunyai power factor yang rendah dan dengan memasang kondensator-kondensator yang tepat akan memberikan penghematan energi yang cukup berarti.

Sebuah contoh dari instalasi dengan pemasangan daya PLN sebesar 450 VA untuk sebuah rumah yang memasang lampu TL 20 watt sebanyak 8 buah. Ternyata sekering induk rumah itu jatuh, lampu seluruhnya padam.

Kalau kita hitung jumlah watt yang dipakai oleh 8 buah lampu di atas ( $8 \times 20 = 160$  watt) baru 160 watt masih di bawah daya yang terpasang, masih ada kelebihan sebesar 290 watt, tetapi mengapa sekering induk jatuh?

Dari uraian terdahulu jelas bahwa hal ini disebabkan karena adanya beban induktif dengan PF rendah mengakibatkan penyedotan tenaga atau daya yang lebih besar dari daya yang terpasang.

Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa lampu TL 20 watt menyedot daya sebesar 60 VA dan lampu TL 40 watt menyedot sebesar 80 VA.

Jadi 8 lampu TL 20 watt rumah tersebut di atas akan menyedot daya listrik sebanyak 480 watt, berarti melebihi daya terpasang yang menyebabkan sekering induk jatuh.

Akan tetapi bila pada lampu-lampu itu dipasang kondensator yang sesuai dan berfungsi untuk menaikkan PF maka sekering tidak akan jatuh dan lampu-lampu menyala. Dan dari penelitian diperoleh bahwa lampu TL 20 watt bila dipasang kondensator 4,5 MF hanya menyedot 28 watt, berarti menghemat 32 watt kalau dibandingkan dengan lampu tanpa kapasitor (kondensator) atau dapat kita menambah paling sedikit 8 buah TL lagi.

Dari hasil penelitian dapat disusun Tabel 1 sebagai berikut, yang menggambarkan berapa besar lampu yang ditambahkan sesudah memakai kondensator atau dengan kata lain berapa besar energi yang telah dihemat oleh kondensator tersebut.

Tabel 1.

Jumlah Lampu TL Yang Dapat Dipasang Sebelum dan Sesudah Memakai Kondensator

Uraian		Lampu TL Tanpa Kondensator Sistim Tegangan 220 Volt				Lampu TL Dengan Kondensator Sistim Tegangan 220 Volt			
		Watt				Watt			
Daya Dari	Tersambung PLN (VA)	1300	2200	3500	4400	1300	2200	3500	4400
		Daya Lampu TL	10 watt	30	50	80	100	54	90
15 watt	30		50	80	100	54	90	145	180
20 watt	21		36	58	73	46	78	125	157
30 watt	17		29	46	58	29	50	80	100
40 watt	16		27	44	54	27	45	72	90
65 watt	10		17	28	35	15	25	41	50
2 x 20 watt	10		18	29	36	24	40	64	80
2 x 40 watt	8		13	22	27	13	22	36	45
2 x 65 watt	5	8	14	17	7	13	20	26	

**Tabel 2**  
Pemilihan Kondensator Untuk Lampu TL

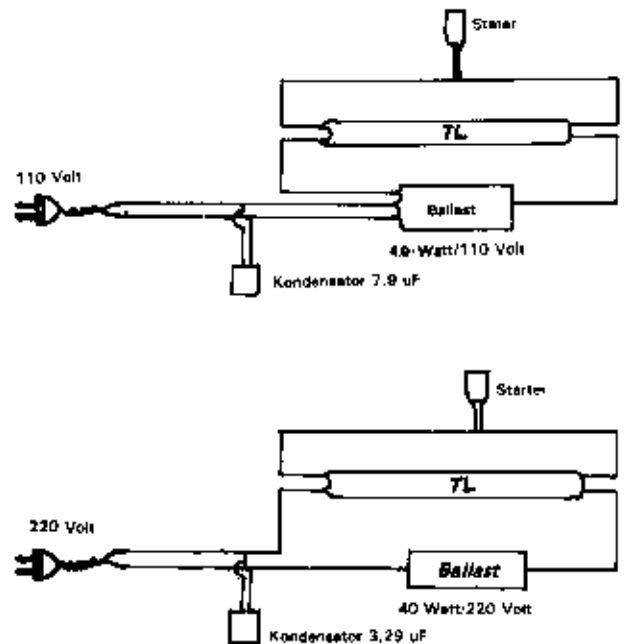
Tegangan	Watt Lampu TL	Kondensator
	1 x 10 watt	4,5 MF
	1 x 15 watt	4,6 MF
	1 x 20 watt	4,6 MF
	1 x 40 watt	7,5 MF
	2 x 20 watt	9,0 MF
	2 x 40 watt	2 x 7,5 MF
220/200 V	1 x 10 watt	3,25 MF
	1 x 15 watt	3,25 MF
	1 x 20 watt	4,50 MF
	1 x 40 watt	3,25 MF
	1 x 66 watt	7,50 MF
	2 x 20 watt	8,00 MF
	2 x 40 watt	7,50 MF
220/200 V	Untuk Lampu TL Tanpa Starter (Rapid Start)	
	1 x 20 watt	4,50 MF
	1 x 40 watt	3,25 MF
	1 x 66 watt	7,50 MF
	2 x 66 watt	9,00 MF

**Tabel 3.**  
Pemilihan Kondensator Untuk Air Conditioner

Motor Rating HP	Motor Starting Capacitors		Motor Run Capacitors	
	MF	@ VAC	MF	@ VAC
1/2	38-46	125	10	370
3/4	72-88	125	15	370
1	38-48	125	15-20	370
	72-88	125		
1 1/2	121-146	260	25	370
	124-149	250	20	440
	130-156	250		
	135-152	250		
2	130-156	250	35	370
	135-152	250	20	440
3	135-156	330	25	440
	130-156	330	40	440
			60	440
			80	440

**Tabel 4.**  
Pemilihan Kondensator Electrofit untuk Kondensator Start Motor

Motor Rating HP	MF	VAC
1/8	72-88	125
1/8	88-108	125
1/4	108-130	125
1/3	161-193	125
1/2	200-240	125
	218-268	125
3/4	378-440	125
	378-440	125
1	400-480	125
	72-88	250
1 1/2	124-149	250
	130-156	250
1 3/4	135-152	250
	130-156	330
2	130-156	330
3	130-156	330



Gbr. 2 Skema Pemasangan Kondensator Pada Lampu TL

#### 4. KESIMPULAN

a. Dari Tabel I, didapatkan bahwa :

- Untuk tiap lampu 10 watt menyedot daya sebesar 43 watt tanpa kondensator dan 24 watt dengan kondensator.

Penghematan yang diberikan oleh kondensator sebesar  $(43-24) \text{ watt} = 19 \text{ watt}$  atau  $19/43 \times 100\% = 44\%$ .

Dengan cara yang sama di atas didapatkan :

- Untuk tiap lampu 15 watt, penghematan 19 watt atau 44%
- Untuk tiap lampu 20 watt, penghematan 32 watt atau 53,3%

- Untuk tiap lampu 30 watt, penghematan 32 watt atau 42%
- Untuk tiap lampu 40 watt, penghematan 32 watt atau 40%
- Untuk tiap lampu 65 watt, penghematan 44 watt atau 33,8% dan seterusnya.

- b. Dengan pemakaian kondensator mengurangi panas yang tidak normal dalam kumparan motor.
- c. Dengan memakai kondensator umur motor-motor atau trafo-trafo lebih panjang.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

b. *Edwin P. Anderson*  
Andles Power Calculation

a. *Edwin P. Anderson*  
Andles Electrical Motor Guide

c. *Herbert W. Jackson*  
Introduction to Electrical Circuits

d. Majalah Eksekutif Januari 1980

e. Majalah Ekonomi Tahun 1975.



Our directional MWD survey service  
is proven.

## And now we have gamma MWD.

Over 1,600 wells serviced  
More than our competitors  
combined.

Wireless. Replaces steering tools  
and single shots.

Saves time. Can take directional  
surveys in less than 2 minutes.

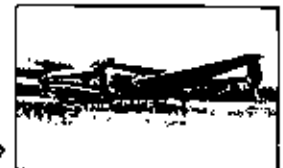
Reliable. Typically operates for  
two weeks downhole without  
maintenance.

**TELECO**  
INDONESIA

**P.T. TELECO PRATAMA INDONESIA**

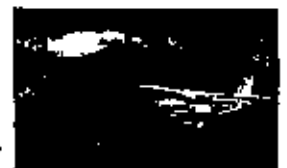
5 WIDJJO CEKUTRE, 9th Floor, Jalan Jenderal Sudirman 57 - Jakarta - Indonesia  
Telephone: 580356-587751 ext. 242 Telex 44429 TELIND IA

**BEECH SUPER H18**  
Equipped with Caterpillar Helo  
Full instrumented for all weather flights (IFR)



**BRITTON NORMAN ISLANDER BN7A**  
STDL (Short Take Off/Landing) Aircraft  
Fully instrumented for all weather flights (IFR)

**BOEING KEYSE EVANT DD-28D1**  
STDL (Short Take Off/Landing) Aircraft  
Equipped with camera helo



#### OUR SERVICE :

Charter flights on a cost or long term basis

OUR SERVICE :

Charter flights on a cost or long term basis  
Charter flights for passengers & cargo to support  
Oil Companies/Mining Companies  
Aerial photography flights

**PT. INDOANAVIATION CORPORATION**  
(PT. INDOAVIA)

Kemayoran Airport, | Angkasa 14, Jakarta, Indonesia  
Mailing address: Kotak Pos 3173 JKT  
Phone : 411 444, 418 807  
Telex : 38189 INAVIA IA.