

Analisa Pengasutan Motor Induksi Tiga (3) Fasa 30 HP Menggunakan Metode Bintang Segitiga di PT. Pertamina EP Field Tarakan

Frisdian Vhanatha Yudana¹, Sugeng Riyanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Jl. Amal lama no 1, Indonesia

Email: frisdian0@gmail.com¹, sugeng072.sr@gmail.com²

Abstrak - Motor induksi merupakan motor listrik yang banyak digunakan pada industri-industri besar maupun industri kecil di mana motor jenis ini memiliki beberapa keuntungan di antaranya konstruksi yang sederhana dan kokoh harga relatif murah dan tidak memerlukan pemeliharaan yang rumit. Dari hasil analisis yang didapat bahwa motor induksi yang beroperasi di lokasi pertambangan PT. Pertamina EP Field total Z impedansinya 13,3 ohm, total daya hubung bintang 20,022 kW, arus hubung bintang 41,7 ampere, total daya hubung segitiga 10,672 kW, arus hubung segitiga 28,2 ampere, rugi-rugi daya inti stator 1,432 kW, daya yang dikonversi dari listrik ke mekanik 31,722 kW, rugi-rugi daya total yang ditimbulkan oleh geser dan angin 30,652 kW, daya total yang masuk ke stator 30,652 kW serta efisiensi dari hubungan bintang 88,26 %, hubungan segitiga 93,55 %

Kata Kunci - motor induksi tiga fasa, rugi-rugi inti stator, dan efisiensi.

Abstract - An induction motor is an electric motor that is widely used in large and small industries where this type of motor has several advantages including simple and sturdy construction, relatively cheap price and does not require complicated maintenance. From the analysis results obtained that the induction motor operating at the mining site of PT. Pertamina EP Field's total Z impedance is 13.3 ohms, total star power is 20.022 kW, star circuit current is 41.7 amperes, total delta connection power is 10.672 kW, delta circuit current is 28.2 amperes, stator core power losses are 1.432 kW, power converted from electricity to mechanics 31,722 kW, total power losses caused by shear and wind 30,652 kW, total power input to the stator 30,652 kW and the efficiency of the star connection 88.26% and the delta connection 93.55%.

Keywords - three-phase induction motor, stator core losses, and efficiency.

I. PENDAHULUAN

Motor-motor listrik yang ada di lokasi pertambangan sebagai penggerak *pumping unit* untuk menaikkan minyak bumi yang ada di perut bumi naik ke permukaan dan ditampung pada stasiun penampungan minyak mentah. Motor induksi merupakan motor listrik yang banyak digunakan pada industri-industri besar maupun industri kecil. Penggunaan motor induksi di dalam suatu sistem kelistrikan sangat dibutuhkan di dalam dunia industri adalah sebagai penggerak, terutama motor induksi tiga fasa yang paling banyak digunakan di perindustrian [1],[2]. Motor induksi tiga fasa banyak dipakai sebagai penggerak di perindustrian karena banyak memiliki keuntungan, tetapi ada juga kelemahannya. Keuntungannya motor induksi tiga fasa yaitu mempunyai konstruksi sederhana, harganya relatif murah bila dibandingkan dengan jenis motor yang lainnya, tidak membutuhkan sikat-sikat (brush) sehingga rugi gesekan berkurang, mudah perawatannya, menghasilkan putaran yang konstan, untuk pengasutan tidak memerlukan motor lain sebagai penggerak awal, sedangkan kelemahannya merupakan arus pengasutan awal yang mencapai 5 sampai 7 kali dari arus nominal kerja motor beban penuh

[4],[5], terutama untuk motor berdaya besar. Di dalam permasalahan akan dilakukan analisis seberapa besar arus pengasutan dan daya yang mengalir pada saat terhubung bintang dan segitiga pada motor penggerak *pumping unit* pompa minyak yang ada di lapangan, sehingga akan diketahui seberapa besar tahanan, arus pengasutan dan daya pada motor induksi tersebut pada saat hubung bintang dan delta.

II. METODE

Perputaran motor pada mesin arus bolak balik (AC) ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam fasa banyak, umumnya 3 fasa. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta (Y/Δ). Oleh karena itu mesin dengan jumlah kutub lebih dari dua, kecepatan sinkron [4].

$$n_s = \frac{120 f}{p} \tag{1}$$

Di mana

p : Jumlah kutub

n_s : Kecepatan stator pada motor (rpm)

f : Frekuensi (Hz)

Kecepatan rotor tanpa beban arusnya lebih kecil karena ada perbedaan atau selisih dari kecepatan sinkron dengan adanya tegangan induksi pada rotor, maka akan menghasilkan arus di rotor, arus induksi ini akan berinteraksi dengan fluks. Selisih antara kecepatan rotor (*N_r*) dengan kecepatan stator (*N_s*) disebut slip (*S*) [4][5]. Slip dapat dinyatakan dalam putaran setiap menit, dinyatakan sebagai persen dari kecepatan sinkron. Seperti pada Persamaan 2 dibawah ini

$$slip = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \tag{2}$$

Di mana:

n_s : Kecepatan sinkron medan stator (rpm)

n_r : Kecepatan poros rotor (rpm)

Slip (s) : Selisih kecepatan stator dan rotor

Impedansi pada rangkaian motor induksi terdapat nilai R dan X. Nilai Z (impedansi) pada rangkaian motor induksi seperti pada Persamaan 3.

$$Z_{(R,S,T)} = \frac{V_{L-N}}{\sqrt{3} \times I_{L-N}} \tag{3}$$

Di mana:

Z : Impedansi (Ω)

V_{L-N} : Tegangan yang mengalir pada hubungan line to netral (Volt)

I_{L-N} : Arus stator yang mengalir pada hubungan line to netral (A)

Besarnya daya yang dihasilkan pada hubung bintang (Y) dan (Δ)

$$P_{Y(R,S,T)} = \sqrt{3} \times V_{L-N} \times I_{L-N} \times \cos \varphi \tag{4}$$

$$P_{\Delta(R,S,T)} = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I_{L-L} \times \cos \varphi \tag{5}$$

Di mana:

V_{L-N} : Tegangan per fasa line to netral (volt) hubungan bintang (Y)

I_{L-N} : Arus per fasa line to netral (ampere) hubungan bintang (Y)

V_{L-L} : Tegangan per fasa line to line (volt) hubungan segitiga (Δ)

I_{L-L} : Arus per fasa line to line (ampere) hubungan segitiga (Δ)

Maka daya total keseluruhan $P_{R,S,T}$ pada hubungan bintang (Y) dan (Δ) [4][5].

$$P_{total} = P_R + P_S + P_T \tag{6}$$

Besarnya arus nominal (I_n) yang mengalir pada hubung bintang (Y)

$$I_{n(R,S,T)} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{L-N} \cdot \cos \phi} \times 1000 \tag{7}$$

Besarnya arus nominal (I_n) yang mengalir pada hubung delta (Δ)

$$I_{n(R,S,T)} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot \cos \phi} \times 1000 \tag{8}$$

Di mana:

I_N : Arus normal (ampere)

V_{L-N} : Tegangan line to line pada hubungan bintang (Y)

V_{L-L} : Tegangan line to netral pada hubung segitiga (Δ)

P : Daya (watt)

Daya masuk tiga fasa disuplai ke stator melalui terminal tiga fasa, dikarenakan rugi-rugi tembaga lilitan stator, maka daya sebesar $PSCL$ didisipasikan sebagai panas pada belitan. Bagian lainnya P_{core} didisipasikan sebagai panas pada inti stator, yaitu sebagai rugi-rugi inti besi. Daya aktif sisa P_{AG} ditransfer ke rotor melalui celah udara dengan induksi elektromagnetik. Dengan adanya rugi-rugi pada rotor, maka bagian daya $PRCL$ didisipasikan sebagai panas, dan sisa akhirnya terdapat dalam bentuk daya mekanik P_m . Karena daya tidak berubah besarnya ketika rangkaian motor dinyalakan terhadap sisi stator. Dalam bentuk rangkaian ekuivalen transformator ideal. Setelah rugi-rugi tembaga stator, rugi-rugi stator, rugi-rugi inti stator, dan rugi-rugi tembaga rotor dikurangi dengan daya masukan motor, maka daya yang tertinggal adalah daya yang dikonversikan ke bentuk mekanik [1],[3]. Untuk itu semakin kecil slip motor, semakin kecil juga rugi-rugi pada udara seluruhnya dipakai pada rotor, hal ini juga memberikan hubungan pada daya celah udara dan daya yang dikonversikan dari bentuk listrik ke mekanik. Sehingga jika rugi-rugi gesekan dan angin P_{fw} dan rugi lainnya [4],[5]. P_{misc} (*stray load losses*) diketahui, dan dikurangi dengan daya mekanik P_m , maka akan didapat daya keluaran P_{out} atau daya yang memutar poros.

Rugi-rugi daya pada inti stator (Watt)

$$P_{Cu\ stator}(\Delta)(Y) = I^2 \times R \tag{10}$$

Di mana:

$P_{Cu\ stator}(Y)$ = Rugi daya inti stator (Watt)

I = Arus starting (A)

R = Tahanan (Ω)

Daya yang dikonversikan dari bentuk listrik ke mekanik (Watt),

$$P_m(Y)(\Delta) = P_{in}(\ motor) \times (1 - S) \tag{11}$$

Rugi –rugi daya yang ditimbulkan oleh geser dan angin 3 %, pada

$$P_{out}(Y)(\Delta) = P_m - (gaya geser dan rugi angin) \tag{12}$$

Daya yang masuk pada stator

$$P_{in(stator)} = P_{in rotor} + P_{cu stator} \tag{13}$$

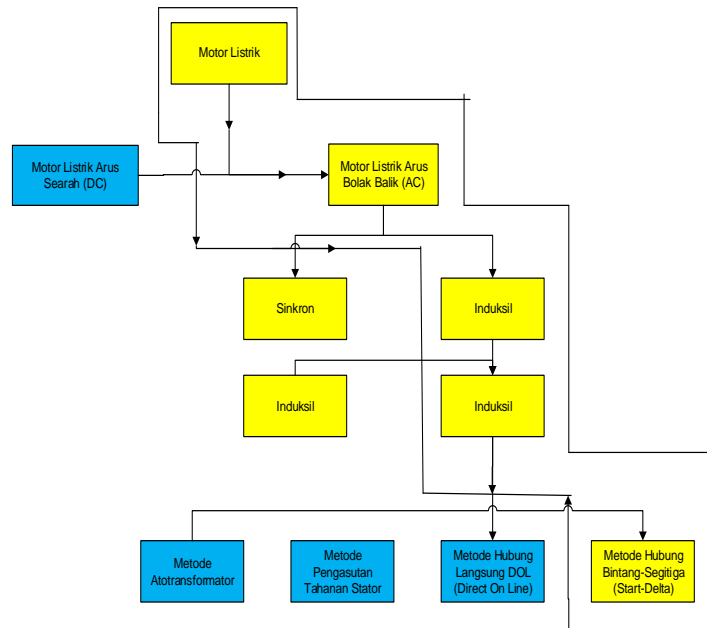
Maka efisiensi pada hubungan bintang

$$\eta_{(Y)(\Delta)} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{14}$$

Di mana:

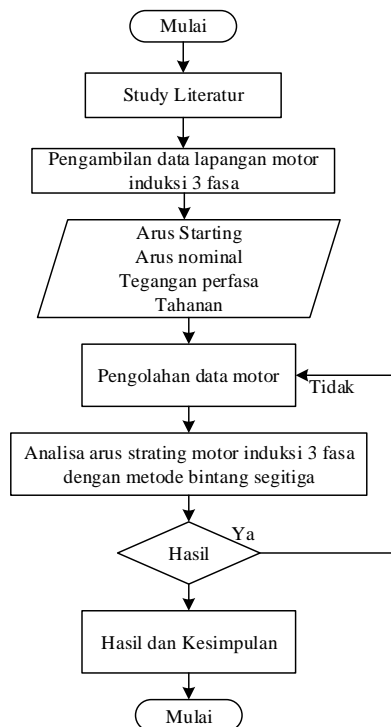
P_{out} : Daya yang keluar pada rotor hubung bintang(Y)

P_{in} : Daya yang masuk pada rotor hubung bintang(Y)



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian Motor Listrik

Flowcard penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Flowchart Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Motor mesin arus bolak balik (motor induksi) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, di mana tenaga gerak ini berupa perputaran pada poros motor. Data motor listrik pada *nameplate* sebagai berikut:

Daya : 30 HP
 Factor daya (cosφ) : 0,85
 Frekuensi : 50 Hz
 Kecepatan : 1450 Rpm

TABEL 1. PENGUKURAN HUBUNG BINTANG (Y)

Kutub Motor Induksi	Tahanan/Resistansi (R)	Tegangan (Volt)	Arus Starting (Ampere)	Arus nominal (Ampere)
4	0,5	R=360	R=45	R=13,7
		S=366	S=45	S=14,7
		T=350	T=45	T=13,8

Sumber: Hasil Pengukuran Hubung Bintang

TABEL 2. PENGUKURAN HUBUNG SEGITIGA (Δ)

Kutub Motor Induksi	Tahanan/Resistansi (R)	Tegangan (Volt)	Arus Starting (Ampere)	Arus nominal (Ampere)
4	0,5	R=250	R=29	R=9,7
		S=256	S=29	S=9,4
		T=261	T=29	T=9,3

Sumber: Hasil Pengukuran Hubung Segitiga

Kecepatan sinkron pada motor listrik 30 Hp

$$n_s = \frac{120 f}{p} \tag{15}$$

$$\frac{120 \cdot 50}{4} = 1500 \text{ Rpm}$$

Selisih antara kecepatan rotor (Nr) dengan kecepatan stator (NS) disebut slip (S)

$$slip = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% = \frac{1500 - 1450}{1500} \times 100\% = 3\%$$

Maka besarnya nilai Z pada motor induksi

$$Z_{(R,S,T)} = \frac{V_{L-N}}{\sqrt{3} \times I_{L-N}}$$

$$R_1(R) = \frac{360}{\sqrt{3} \times 45} = 4,2 \Omega$$

$$R_2(S) = \frac{366}{\sqrt{3} \times 45} = 4,7 \Omega$$

$$R_3(T) = \frac{350}{\sqrt{3} \times 45} = 4,4 \Omega$$

TABEL 3. NILAI IMPEDANSI MOTOR INDUKSI

Impedansi	R _{1(R)} ohm	R _{2(S)} ohm	R _{3(T)} ohm
Z	4,2	4,7	4,4
Total	13,3 ohm		

Sumber: Hasil Perhitungann Impedansi

Besarnya daya yang dihasilkan pada hubung bintang (Y)

$$P_{Y(R,S,T)} = \sqrt{3}xV_{L-N}xI_{L-N} \text{Cos}\phi \quad P_{Y(R)} = \sqrt{3} x 360 x 13,7 x 0,85 = 7,261 \text{ kW}$$

$$P_{Y(S)} = \sqrt{3} x 366 x 14,2 x 0,85 = 7,651 \text{ kW} \quad P_{Y(T)} = \sqrt{3} x 350 x 13,8 x 0,85 = 7,110 \text{ kW}$$

Maka daya total keseluruhan R,S,T pada hubungan bintang(Y)

$$P_{total} = P_R + P_S + P_T$$

$$7,261 + 7,651 + 7,110 = 22,022 \text{ kW}$$

TABEL. 4 DAYA HUBUNG BINTANG

Daya	R _(Y) (kW)	S _(Y) (kW)	T _(Y) (kW)
P	7,261	7,651	7,110
Total	22,022 kW		

Sumber: Hasil Perhitungan Hubung Bintang

Besarnya arus nominal (I_n) yang mengalir pada hubung bintang (Y)

$$I_{n(R,S,T)Y} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{L-N} \cdot \text{Cos}\phi} \times 1000 \tag{16}$$

$$I_{n(R)Y} = \frac{7,261}{\sqrt{3} \cdot 360 \cdot 0,85} \times 1000 = 13,7 \text{ Ampere} \quad I_{n(S)Y} = \frac{7,651}{\sqrt{3} \cdot 366 \cdot 0,85} \times 1000 = 14,2 \text{ Ampere}$$

$$I_{n(T)Y} = \frac{7,110}{\sqrt{3} \cdot 350 \cdot 0,85} \times 1000 = 13,8 \text{ Ampere}$$

TABEL 5. ARUS HUBUNG BINTANG

Arus	R _(Y) (Ampere)	S _(Y) (Ampere)	T _(Y) (Ampere)
I	13,7	14,2	13,8
Total	41,7 Ampere		

Sumber: Hasil Perhitungan Hubung Bintang

Besarnya daya yang dihasilkan pada hubung bintang (Δ)

$$P_{\Delta(R,S,T)} = \sqrt{3}xV_{L-L}xI_{L-L} \text{Cos}\phi \quad P_{\Delta(R)} = \sqrt{3} x 250 x 9,7 x 0,85 = 3,565 \text{ kW}$$

$$P_{\Delta(S)} = \sqrt{3} x 256 x 9,4 x 0,85 = 3,538 \text{ kW} \quad P_{\Delta(T)} = \sqrt{3} x 261 x 9,3 x 0,85 = 3,569 \text{ kW}$$

Maka daya total keseluruhan R,S,T pada hubungan segitiga (Δ),

$$P_{total} = P_R + P_S + P_T$$

$$7,261 + 7,651 + 7,110 = 10,672 \text{ kW}$$

TABEL. 6 DAYA HUBUNG SEGITIGA/DELTA

Daya	R _(Y) (kW)	S _(Y) (kW)	T _(Y) (kW)
P	3,565	3,538	3,569
Total	10,672 kW		

Sumber: Hasil Perhitungan Hubung Bintang

Besarnya arus nominal (I_n) yang mengalir pada hubung bintang Persamaan 16.

$$I_{n(R,S,T)\Delta} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{L-N} \cdot \text{Cos}\phi} \times 1000$$

$$I_{n(R)\Delta} = \frac{3,565}{\sqrt{3} \cdot 250 \cdot 0,85} \times 1000 = 9,7 \text{ Ampere} \quad I_{n(S)\Delta} = \frac{3,538}{\sqrt{3} \cdot 256 \cdot 0,85} \times 1000 = 9,3 \text{ Ampere}$$

$$I_{n(T)\Delta} = \frac{3,569}{\sqrt{3} \cdot 261 \cdot 0,85} \times 1000 = 9,2 \text{ Ampere}$$

TABEL. 7 ARUS HUBUNG SEGITIGA/DELTA

Arus	R _(Δ) (Ampere)	S _(Δ) (Ampere)	T _(Δ) (Ampere)
I	9,7	9,3	9,2
Total	28,2 Ampere		

Sumber: Hasil Perhitungan Hubung Segitiga/Delta

Rugi-rugi daya pada inti stator (Watt), pada Persamaan 17.

$$P_{CU\ Stator(Y)} = I^2 \times R \tag{17}$$

$$45^2 \times 0,5 = 1,012\ kW$$

$$P_{CU\ Stator(\Delta)} = I^2 \times R$$

$$= 29^2 \times 0,5 = 0,420\ kW$$

TABEL. 8 RUGI-RUGI DAYA INTI STATOR

Daya	P _{CU stator (Y)} (kW)	P _{CU stator (Δ)} (kW)	Total (kW)
P	1,012	0,420	1,432

Sumber: Hasil Perhitungann Hubung Bintang Segitiga/Delta

Daya yang dikonversikan dari bentuk listrik ke mekanik (Watt)

$$P_{m(Y)} = P_{in\ rotor} \times (1 - S) \tag{18}$$

$$22,022 \times (1 - 0,03) = 21,361\ kW$$

$$P_{m(\Delta)} = P_{in\ rotor} \times (1 - S) \tag{19}$$

$$10,672 \times (1 - 0,03) = 10,351\ kW$$

TABEL 9 DAYA YANG DIKONVERSIKAN DARI LISTRIK KE MEKANIK (WATT)

Daya	P _{m(Y)} (kW)	P _{m(Δ)} (kW)	Total (kW)
P	21,361	10,351	31,712

Sumber: Hasil Perhitungan Hubung Bintang Segitiga/Delta

Rugi-rugi daya yang ditimbulkan oleh geser dan angin 3 %, pada Persamaan 18 dan 19.

$$P_{out(Y)} = P_m - (\text{gaya geser dan rugi angin})\ 21,361 - 0,03 = 20,331\ kW$$

$$P_{out(\Delta)} = P_m - (\text{gaya geser dan rugi angin})\ 10,351 - 0,03 = 10,321\ kW$$

TABEL 10. RUGI DAYA YANG DITIMBULKAN OLEH GESER DAN ANGIN

Daya	P _{out (Y)} (kW)	P _{out (Δ)} (kW)	Total (kW)
P	20,331	10,321	30,652

Sumber: Hasil Perhitungan Hubung Bintang Segitiga/Delta

Daya yang masuk pada stator

$$P_{in\ stator(Y)} = P_{in\ rotor} + P_{CU\ stator}$$

$$22,022 + 1,012 = 23,034\ kW$$

$$P_{in\ stator(\Delta)} = P_{in\ rotor} + P_{CU\ stator}$$

$$10,672 + 0,420 = 11,032\ kW$$

TABEL 11. DAYA YANG MASUK PADA STATOR

Daya	P _{out (Y)} (kW)	P _{out (Δ)} (kW)	Total (kW)
P	20,331	10,321	30,652

Sumber: Hasil Perhitungan Hubung Bintang Segitiga/Delta

Maka efisiensi pada hubungan bintang segitiga Persamaan 14.

$$\eta_{(Y)(\Delta)} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Maka efisiensi pada hubungan bintang

$$\frac{20,331}{23,034} \times 100 \% = 88,26 \%$$

Maka efisiensi pada hubungan segitiga

$$\frac{10,321}{11,032} \times 100 \% = 93,55 \%$$

TABEL 12 EFISIENSI PADA HUBUNGAN BINTANG SEGITIGA

Efisiensi	Hubungan Bintang (y)	Hubungan Segitiga (Δ)
	88,26 %	93,55 %

Sumber: Hasil Perhitungan Hubung BintangSegitiga/Delta

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungann diketahui total impedansi (Z) 13,3 ohm Total daya pada bintang (Y)= 22,022kW, dan total daya pada hubung Delta (Δ)=10,72 kW. Total arus pada hubung bintang (Y)=41,7 Ampere, dan total arus pada hubung delta (Δ) 28,2 ohm. Rugi-rugi total daya inti stator 1,432 kW. Daya yang dikonversi dalam bentuk listrik ke mekanik 31,722 kW. Rugi-rugi daya yang ditimbulkan oleh geser dan angin 30,652 kW Daya yang masuk ke stator 30,52 kW. Efisiensi dari hubungan bintang 88,2 % dan hubungan delta 93,55 %

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini terutama rekan-rekan sejawat Universitas Borneo Tarakan khususnya fakultas teknik elektro yang telah banyak memberikan dukungannya.

REFERENSI

- [1] Agus. Analisis Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Konveyor Pada Bandara Juwata Tarakan. Skripsi. Universitas Borneo Tarakan, Tarakan. 2017.
- [2] Nazir, R. Teori Dan Aplikasi Motor Dan Generator Induksi. ITB Press, Bandung. 2017.
- [3] Sirait, D.H. Analisa Starting Motor InduksiTiga Fasa Pada PT. Berlian Unggas Sakti TJ. Morawa, Tugas Akhir. Universitas Sumatra Utara, Medan. 2008.
- [4] Zuhul. Dasar Tenaga Listrik, ITB Press, Bandung. 1991.
- [5] Zuhul. Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya, ITB Press, Bandung. 1988.