

PENGGUNAAN MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR ARUS BOLAK BALIK.

Ferdinand Sekeroney*

ABSTRAK

Motor induksi merupakan salah satu motor listrik arus bolak-balik yang luas penggunaannya baik di industri maupun rumah tangga. Penggunaannya yang utama adalah sebagai prime mover pada alat-alat rumah tangga atau peralatan produksi di industri. Bilamana slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan putar rotor (n_r) lebih besar dari pada kecepatan medan putar (n_s) maka motor akan berfungsi sebagai generator. Penggunaan motor induksi sebagai generator memiliki beberapa keunggulan yaitu ; menghasilkan tegangan sinewave yang murni , karena tidak menggunakan sikat arang maka tidak menghasilkan gangguan RFI (radio frequency interference). Agar dapat berfungsi sebagai generator dibutuhkan tegangan kapasitif yang akan menghasilkan arus induksi pada rotor untuk keperluan excitasi. Arus kapasitif disediakan oleh kapasitor tambahan yang dipasang paralel dengan output generator. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam mengoperasikan suatu motor induksi sebagai generator arus bolak-balik yang meliputi : daya generator, daya dan rpm prime mover, kapasitas dan konfigurasi kondensator, kapasitas beban serta bagaimana karakteristik generator tersebut.

Key words : motor induksi, generator induksi, kapasitor, excitasi

1. Pendahuluan

Hampir disetiap rumah tangga dan industri dewasa ini terdapat suatu mesin listrik yang dapat beroperasi sebagai generator baik satu fasa maupun tiga fasa. Mesin listrik ini tidak diberi label generator namun dapat berfungsi sebagai generator. Mesin dimaksud adalah "squirrel cage motors" atau lebih dikenal dengan sebutan motor induksi dan terdapat pada pompa air, mesin cuci, mesin pengering, blower dan mesin mesin industri lain sebagainya

Bila slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan berputar rotor (n_r) dibuat lebih besar dari kecepatan sinkron (n_s) maka mesin akan berfungsi sebagai generator dan tegangan out put akan dikembalikan ke jala-jala. Kerja mesin pada fase ini disebut pengereman regeneratif. Dengan demikian bila mesin digerakan oleh suatu penggerak mula diatas putaran sinkronnya maka mesin akan bertindak sebagai sebuah generator.[Zuhul 1988].

Disamping banyak dan murah mesin ini juga bila digunakan sebagai generator akan menghasilkan tegangan sinewave yang murni dan karena tidak menggunakan slip ring dan sikat arang, tegangan yang dihasilkan tidak menimbulkan gangguan RFI (radio frequency interference).

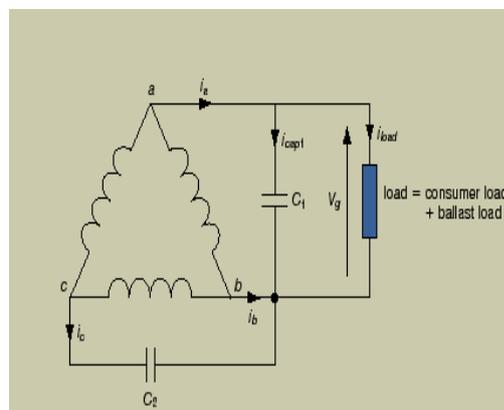
Untuk dapat berfungsi sebagai generator, disamping slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan putar rotor (n_r) dibuat lebih besar dari kecepatan medan putar (n_s) juga dibutuhkan sumber tegangan kapasitif yang

akan menginduksikan arus ke rotor untuk keperluan *excitasi*

Excitasi rotor menimbulkan medan magnet yang akan memotong belitan konduktor pada stator sehingga menghasilkan tegangan output generator. Tegangan kapasitif dihasilkan oleh kondensator yang dipasang secara paralel dengan beban generator.

Generator tiga fasa dapat dikonversikan menjadi generator satu fasa dan menghasilkan daya sekitar 80% dari rating daya tiga fasa [Dr. Ekanayake. 2002] .

Untuk menkonversikannya maka generator induksi tiga fasa dihubungkan seperti pada gambar berikut ini.

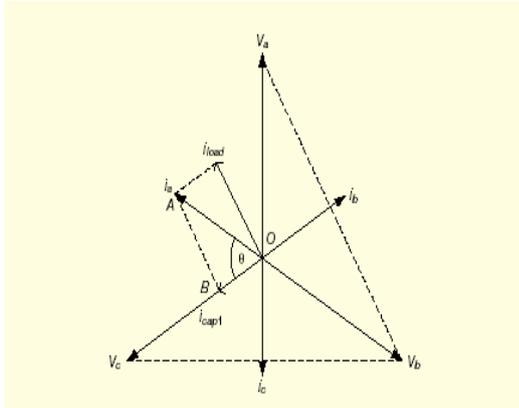


Gbr.1.1 Hub. generator satu fasa yang diperoleh dari generator tiga fasa

*Ferdinand Sekeroney, Dosen Politeknik Negeri Ambon.

Hubungan ini dikenal dengan hubungan C-2C [Nigel smith 2001] dimana $C_2 = 2C_1$. Analisis vektor diagramnya diperlihatkan pada gambar 1.2 berikut ini :

Gbr.1.2. Vektor diagram generator hub.C-2C



Dari gambar 1.1 kita dapatkan :

$$\hat{I}_a = \hat{I}_{load} + \hat{I}_{cap1} \dots\dots\dots (1)$$

$$\hat{I}_b = -(\hat{I}_a + \hat{I}_c) \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan 1 dan 2 diasumsikan mesin beroperasi sebagai generator tiga fasa yang seimbang diagram fasor dapat digambarkan seperti pada gambar 1.2 berikut ini :

Karena C_2 terhubung pada pahasa b dan c maka I_c tegak lurus vektor tegangan V_{bc} . Untuk mendapatkan operasi yang balans, dua kondisi berikut harus terpenuhi :

$$\Theta = 60^\circ \text{ dan } \hat{I}_c = \hat{I}_a \text{ (3)}$$

Satu dari dua kondisi yang telah terpenuhi adalah :

$$\hat{I}_a = I < 0^\circ \text{ dan } \hat{I}_c = I < -240^\circ$$

Dari persamaan 2 diperoleh :

$$\hat{I}_b = I < -120^\circ$$

dimana I adalah nilai RMS dari arus tiga fasa setimbang. Kondisi balans operasi dapat dinyatakan pada terminologi arus pada persamaan berikut : (J.B.Ekanayake.Power Engineering Journal. April 2002)

$$\hat{I}_c = 2 \hat{I}_{cap1} \dots\dots\dots (4)$$

$$\hat{I}_{load} = \sqrt{3} \hat{I}_{cap1} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Out put power generator} = V_g I_{load} = \sqrt{3} V_g I_{cap1}$$

$$V_g I_{cap1} = \sqrt{3} V_g^2 \omega C_1 \text{ (watt)} \dots\dots (6)$$

Dari persamaan (4) dan (5) untuk mendapatkan operasi yang balans C_1 dipilih berdasarkan pers (5) dan dari persamaan (4) diperoleh C_2 akan sebesar $2C_1$

2. Metode Penelitian

Berdasarkan data dan analisa pada study literatur dilakukan langkah langkah percobaan sebagai berikut :

- ✓ Pemilihan motor induksi yang akan digunakan sebagai generator induksi
- ✓ Pemilihan motor listrik yang akan digunakan sebagai motor penggerak
- ✓ Pemilihan jenis kapasitor yang digunakan sebagai catu daya kapasitif
- ✓ Membuat rangkaian percobaan
- ✓ Pengujian dan pengambilan data

3. DATA DAN PENGOLAHAN DATA

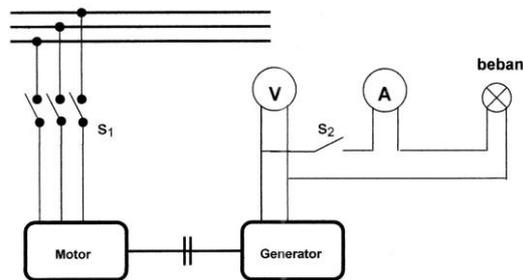
3.1 Data generator.

- ✓ Motor induksi 3 phasa rotor sangkar
- ✓ P = 0.3 KW
- ✓ V = 220/380
- ✓ Rpm =
- ✓ Jumlah kutub = 4

3.2. Data penggerak

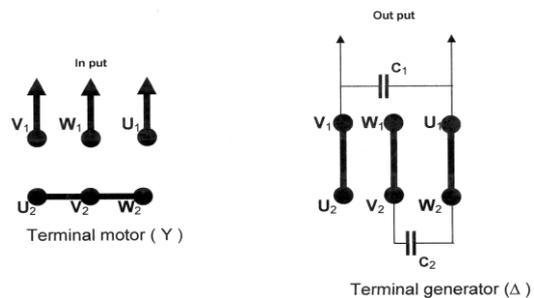
- ✓ Motor induksi tiga fasa rotor belit
- ✓ P = 0.35 KW
- ✓ V = 220/380
- ✓ Rpm =
- ✓ Jumlah kutub = 4

3.3. Gambar rangkaian percobaan



Gbr.4.1. Rangkaian percobaan generator induksi

3.4 Hubungan terminal motor dan generator



4. Cara pelaksanaan pengujian

- Pertama motor induksi yang akan digunakan sebagai generator dihubungkan ke sumber tegangan tiga fasa dan dijalankan tanpa beban untuk beberapa saat. Hal ini agar motor tersebut mempunyai magnet remanen pada saat nanti digunakan sebagai generator
- Setelah itu motor dan generator dihubungkan seperti pada gambar 4.1
- Hubungkan terminal motor dan generator sesuai gambar 4.2
- Hubungkan saklar S1 motor mulai bekerja dan generator mulai membangkitkan tegangan
- Tegangan generator dapat terbaca pada Volt meter
- Masukkan saklar S2 untuk setiap beban yang terdapat pada tabel pengujian dan catat setiap pembacaan meter pada tabel pengujian

4.1 Data pengujian generator

Tabel.1 C = 16 - 20 μ F

NO	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	RPM
1	0	250	0	1396.8
2	15	237	0.08	1395
3	25	233	0.10	1394.4
4	40	220	0.18	1394
5	60	212	0.23	1396.2
6	75	199	0.31	1396.8
7	100	185	0.37	1404.6
8	125	161	0.45	1417.8
9	140	146	0.47	1427.4
10	160	0	0	1400

Tabel.2 C = 16 - 29 μ F

NO	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	RPM
1	0	248	0	1393.8
2	15	235	0.08	1392.6
3	25	231	0.09	1392
4	40	220	0.18	1393.8
5	60	211	0.23	1395
6	75	208	0.31	1398.6
7	100	200	0.38	1402.2
8	125	196	0.45	1405.4
9	140	189	0.47	1410.2
10	160	176	0.51	1408
11	200	0	0	1400

Tabel.3 C = 16 - 40 μ F

NO	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	RPM
1	0	235	0	1249.2
2	15	225	0,07	1248.6
3	25	220	0,09	1249.6
4	40	212	0,18	1251.6
5	60	206	0,32	1254
6	75	200	0,31	1258.8
7	100	196	0,39	1260.2
8	125	192	0,49	1268.4
9	140	188	0,52	1272.4
10	160	184	0,59	1278.2
11	200	182	0,69	1327.2
12	225	178	0,74	1354.2
13	250	176	0,37	1392
14	275	172	0.24	1400

5. Pengolahan data.

Data pengujian pada ketiga tabel diatas memperlihatkan hubungan antara daya, tegangan dan putaran generator induksi pada masing-masing konfigurasi C1 dan C2. Pada kondisi riilnya generator harus bekerja pada putaran yang konstan.

Untuk menghasilkan tegangan dengan frekuensi 50 Hz sesuai jumlah kutub generator yaitu 4 maka generator harus bekerja pada putaran 1500 rpm secara konstan pada semua kondisi beban. Karna keterbatasan peralatan pada lab maka kondisi ini tidak dapat tercapai Dengan demikian data pengujian generator dapat dikonversikan pada putaran 1500 rpm dengan suatu asumsi bahwa tidak terjadi kejenuhan pada inti rotor dalam menghasilkan eksitasi medan (Irving.L.Kosow. Electric Machinery and Transformer 1971).

Data pengujian generator yang dikonversikan pada putaran 1500 rpm adalah tegangan pada masing-masing daya beban. Data tersebut sebagai berikut;

1). C = 16 :20 μ F

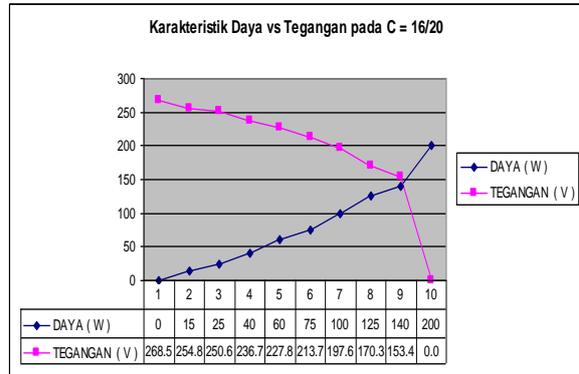
Data Pengujian					Data yang dikonversikan		
NO	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	RPM	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	RPM
1	0	250	0	1396.8	0	268.5	1500
2	15	237	0.08	1395	15	254.8	1500
3	25	233	0.10	1394.4	25	250.6	1500
4	40	220	0.18	1394	40	236.7	1500
5	60	212	0.23	1396.2	60	227.8	1500
6	75	199	0.31	1396.8	75	213.7	1500
7	100	185	0.37	1404.6	100	197.6	1500
8	125	161	0.45	1417.8	125	170.3	1500
9	140	146	0.47	1427.4	140	153.4	1500
10	200	0	0	1400	200	0.0	1500

2). $C = 16 : 29\mu F$

Data Pengujian					Data yang dikonversikan		
NO	DAYA	TEGANGAN	ARUS	RPM	DAYA	TEGANGAN	RPM
	(W)	(V)	(A)		(W)	(V)	
1	0	248	0	1393.8	0	266.90	1500
2	15	235	0.08	1392.6	15	253.12	1500
3	25	231	0.09	1392	25	248.92	1500
4	40	220	0.18	1393.8	40	236.76	1500
5	60	211	0.23	1395	60	226.88	1500
6	75	208	0.31	1398.6	75	223.08	1500
7	100	200	0.38	1402.2	100	213.95	1500
8	125	196	0.45	1405.4	125	209.19	1500
9	140	189	0.47	1410.2	140	201.04	1500
10	160	176	0.51	1408	160	187.50	1500
11	200	0	0	1400	200	0.00	1500

daya dan tegangan out put generator. Karakteristik masing-masing dapat dilihat sebagai berikut :

Kondisi I : $C1 = 16 \mu F$ dan $C2 = 20 \mu F$

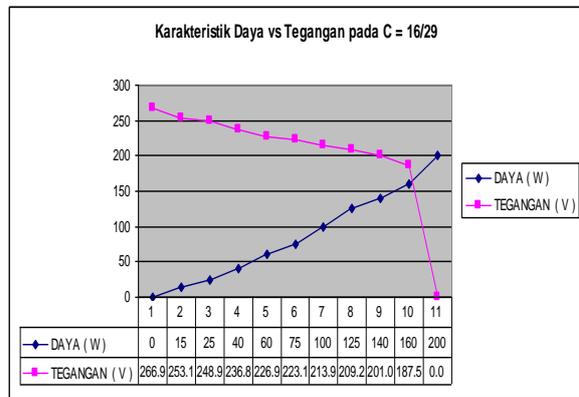


Gambar 6.1 a Karakteristik Daya

3). $C = 16 : 40\mu F$

Data Pengujian					Data yang dikonversikan		
NO	DAYA	TEGANGAN	ARUS	RPM	DAYA	TEGANGAN	RPM
	(W)	(V)	(A)		(W)	(V)	
1	0	235	0	1249.2	0	282.18	1500
2	15	225	0.07	1248.6	15	270.30	1500
3	25	220	0.09	1249.6	25	264.08	1500
4	40	212	0.18	1251.6	40	254.07	1500
5	60	206	0.32	1254	60	246.41	1500
6	75	200	0.31	1258.8	75	238.32	1500
7	100	196	0.39	1260.2	100	233.30	1500
8	125	192	0.49	1268.4	125	227.06	1500
9	140	188	0.52	1272.4	140	221.63	1500
10	160	184	0.59	1278.2	160	215.93	1500
11	200	182	0.69	1327.2	200	205.70	1500
12	225	178	0.74	1354.2	225	197.16	1500
13	250	176	0.37	1392	250	189.66	1500
14	275	172	0.24	1400	275	184.29	1500

Kondisi II . $C1 = 16 \mu F$; $C2 = 29 \mu F$



Gambar 6.1 b Karakteristik Daya

Gambar 6.1a, memperlihatkan karakteristi daya beban versus tegangan yang dikonversikan pada putaran constan 1500 rpm. Pada kondisi ini terlihat bahwa tegangan maksimum adalah 268.5 volt pada beban nol dan tegangan minimal adalah 153 volt pada beban 140 watt .

6. PEMBAHASAN

6.1. Pengaruh kapasitas kondensator terhadap Daya dan Tegangan generator.

Permasalahan utama dalam pengoperasian motor induksi sebagai generator adalah bahwa tidak terdapat regulator tegangan yang aktif. Bila kecepatan generator dipertahankan konstan maka tegangan out put generator tergantung dari arus kapasitip exitasi rotor dan kapasitas serta faktor daya beban beban generator. Generator induksi dianjurkan untuk hanya melayani beban dengan $\cos\theta$ sama dengan satu. Pada pembahasan ini diasumsikan kecepatan generator adalah konstan 1500 rpm dan dengan demikian tegangan generator merupakan fungsi dari kapasitas kondensator kapasitas daya beban.

Dalam pelaksanaan pengujian generator dilakukan pada tiga kapasitas kondensator yang berbeda. Hal ini untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap

Daya nominal yang dapat dihasilkan generator pada kondisi ini adalah 75 watt pada tegangan 213.7 V. Sebagai catatan bahwa daya motor yang digunakan sebagai generator induksi sesuai yang tertera pada name plate adalah 300 watt dan daya maksimum yang dapat dihasilkan adalah $0.8 \times 300 \text{ watt} = 240 \text{ watt}$ [Nigel smith 2001]. Pada kondisi ini regulasi tegangan dapat ditentukan sbb :

$$\text{Reg tegangan} = \frac{V_{nom} - V_{beban}}{V_{nom}} \times 100\%$$

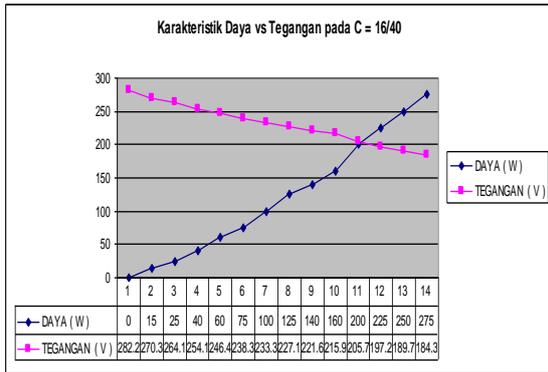
$$= \frac{220 - 213.7}{220} \times 100\%$$

$$= 2.86 \% \text{ pada beban 75 watt}$$

Pada gbr 6.1 b, karakteristik daya pada kondisi II, disini kapasitاس kondensator C1 = 16 μF dan C2 = 29 μF . Disini terlihat bahwa tegangan maksimum 266.9 pada beban nol dan tegangan minimal adalah 187.5 volt pada beban 160 watt. Daya nominal yang dapat dihasilkan generator adalah 125 watt pada tegangan 209.2 volt.

$$\text{Reg tegangan} = \frac{220 - 209}{220} \times 100\% = 5\%$$

Pada beban 125 watt



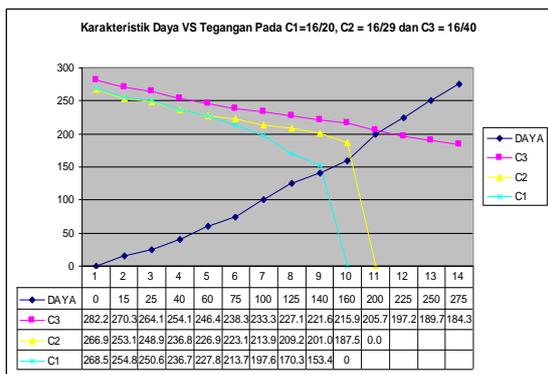
Gbr 6.2 Karakteristik Daya

Pada kondisi gbr 6.2 diatas ini kapasitاس kondensator C1 = 16 μF dan C2 = 40 μF . Tegangan maksimum yang dapat dicapai adalah 282.2 volt pada beban nol dan tegangan minimum 184.3 volt pada beban pada beban 275 watt. Daya nominal yang dapat dihasilkan oleh generator adalah 200 Watt pada tegangan 205.7 volt

$$\text{Reg Tegangan} = \frac{220 - 205.7}{220} \times 100\% = 6.5\%$$

6.2. Penentuan kapasitاس dan konfigurasi kondensator yang optimal.

Untuk menentukan konfigurasi kapasitاس kondensator yang optimal maka karakteristik ketiga kondisi diatas diplot pada satu kurva seperti terlihat pada gambar 6.3 berikut ini



Dari karakteristik daya dan tegangan pada gambar 6.3 diatas terlihat bahwa hubungan antara daya dan tegangan untuk masing- masing konfigurasi kondensator seperti yang ditunjukkan pada tabel 7. berikut ini.

Tabel 7. Hubungan Antara Daya Dan Tegangan

Daya (Watt)	Vc1 (Volt)	Vc2 (Volt)	Vc3 (Volt)
75	213.7	223.1	238.3
100	197.6	213.9	233.3
125	170.3	209.2	227.1
140	153.4	201.0	221.6
160	0.0	187.5	215.9
200		0.0	205.7

Dari tabel diatas konfigurasi kapasitاس kondensator yang optimal adalah C3 yaitu C1 = 16μ F dan C2 = 40 μ F dengan daya out put generator yang dihasilkan adalah 200 watt pada tegangan 205.7 volt.

7. PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Dengan memperhatikan uraian pada bab-bab sebelumnya dari penulisan ini maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Motor induksi untuk dapat digunakan sebagai generator induksi harus memenuhi minimal 2 persyaratan yaitu (1) torsi harus dibuat negatif dan (2) ketersediaan sumber tegangan kapasitip
2. Motor induksi bila digunakan sebagai generator induksi memiliki beberapa keunggulan seperti ketersediaan dan ketahanan yang tinggi, harga yang relatif murah dan biaya operasional yang rendah
3. Konfigurasi kapasitاس kondensator yang optimal ditentukan sesuai kapasitاس daya generator yang diinginkan melalui suatu rangkaian pengujian dan pada penulisan ini konfigurasi kondensator yang optimal adalah : C1 = 16μ F dan C2 = 40 μ F
4. Jenis kapasitor yang digunakan adalah jenis kapasitor jalan (*running capacitor*) dengan tegangan kerja nominal adalah $\sqrt{3}$ x tegangan sumber

7.2 Saran

Beberapa hal yang disarankan pada penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam mengoperasikan generator induksi pada saat start maupun mematikan generator seluruh beban harus dilepaskan.
2. Beban generator induksi dianjurkan memiliki $\cos \theta$ yang tinggi oleh karena $\cos \theta$ yang rendah memperkecil tegangan kapasitip generator dan akan memperkecil eksitasi medan

DAFTAR PUSTAKA

1. A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley ; 1997 ;Mesin
Mesin Listrik ; Erlangga ; Jakarta
2. Ekanayake Dr; 2002; Small hydro schems ; Power
Engineering Journal; Aprill 2002
3. Nigel smith 2001 ; Power Electrical Engineering;
Commonwealth and Tyndall Research. Srilanka
4. Irving.L. Kosow. 1971. Electric Machinery and
Transformer. Prentce. Inc. Englewood Cliffs. New
Jersey
5. Zuhail 1988 ; Dasar Teknik Tenaga Listrik dan
Elektronika Daya ; Gramedia ; Jakarta

