

PENGATURAN TEGANGAN PADA AUTOTRAFO 3 PHASA BERBASIS MIKROKONTROLER

Nurandi Triarsunu ¹, Indhana Sudiharto ², Suryono ³

¹ Mahasiswa D3 Jurusan Teknik Elektro Industri

² Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

³ Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email: 3areSunu@gmail.com

ABSTRAK

Autotrafo adalah salah satu jenis dari transformator yang dapat diatur tegangan *outputnya*. Karena fungsinya itu Autotrafo banyak digunakan dalam interkoneksi tegangan yang berbeda kelas. Pada dasarnya dalam suatu sistem rangkaian listrik, kestabilan *supply* listrik sangat diperlukan. Adanya gangguan dalam *supply* listrik dapat mempengaruhi bahkan merusak suatu sistem rangkaian listrik. Gangguan yang terjadi dapat berbagai macam antara lain *under voltage* atau *over voltage*. *Under voltage* adalah dimana tegangan akan turun dari tegangan nominal selama beberapa saat. Sedangkan *over voltage* adalah dimana tegangan akan naik dari tegangan nominal selama beberapa saat. Jika tegangan ini dihubungkan ke peralatan listrik atau elektronik dimana peralatan-peralatan tersebut membutuhkan tegangan yang konstan/stabil dalam operasionalnya maka hal ini dapat mengganggu operasional dari peralatan-peralatan tersebut atau bahkan dapat merusaknya. Oleh karena itu sistem *supply* tegangan pada peralatan listrik yang baik harus dilengkapi dengan sistem pengamanan dari gangguan yang ada. Berdasarkan unjuk kerja sistem yang telah dibuat menunjukkan bahwa tegangan *output* autotrafo dapat stabil 380 volt dari gangguan *under voltage* dan *over voltage* dengan waktu respon rata-rata 4,4 sekon untuk gangguan *under* dan *over voltage* 5 % dari *setting point* tegangan.

Keywords: Autotrafo, *Under voltage*, *Over voltage*

1. PENDAHULUAN

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang digunakan untuk mengubah besaran tegangan arus listrik bolak-balik (AC), seperti menaikkan atau menurunkan tegangan listrik (volt). Transformator bekerja berdasarkan prinsip fluks listrik dan magnet dimana antara sisi sumber (primer) dan beban (sekunder) tidak terdapat hubungan secara fisik tetapi secara elektromagnetik (induksi-elektromagnet). Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaannya dalam bidang sistem tenaga memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan

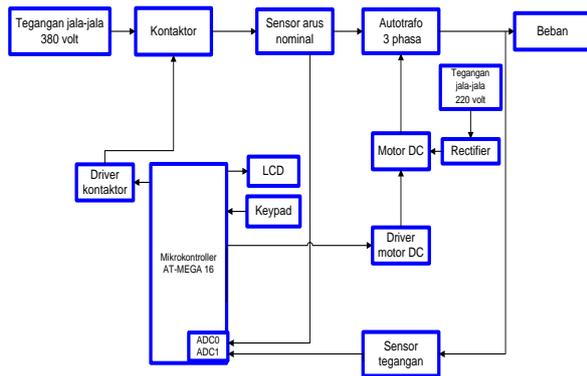
ekonomis untuk pengiriman daya listrik jarak jauh. Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dengan rangkaian yang lain, untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian. Salah satu jenis dari transformator adalah autotrafo. Autotrafo merupakan transformator yang memiliki satu belitan saja. Pada autotrafo sisi primer mempunyai tegangan yang konstan, sedangkan pada sisi sekunder tegangan *outputnya* bisa diatur sesuai dengan tegangan yang diharapkan. Autotrafo berdasarkan jenis sumbernya dibedakan menjadi 2 yaitu autotrafo 1 fasa dan 3 fasa. Keuntungan dari autotransformator adalah ukuran fisiknya yang kecil dan kerugian yang lebih rendah dari pada jenis dua lilitan. Tetapi transformator jenis ini tidak dapat memberikan isolasi secara listrik antara lilitan primer dengan lilitan sekunder. Di dalam dunia industri *supply* tegangan ke peralatan listrik (beban) diharapkan selalu stabil agar peralatan listrik mempunyai *lifetime* yang cukup lama. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dibuat suatu sistem kontrol agar tegangan *output* dari autotrafo ke beban tetap stabil terhadap gangguan yang ada.



Gambar 1 Autotrafo 3 fasa

2. KONFIGURASI SISTEM

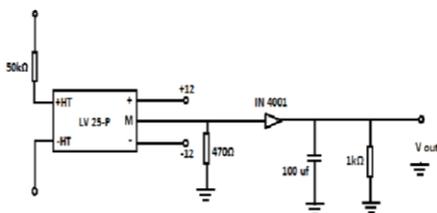
Pada bab ini dibahas mengenai perencanaan perangkat keras yang berhubungan dengan proses penyelesaian Proyek Akhir. Berikut ini dibahas terlebih dahulu tentang blok diagram dari konfigurasi sistem perangkat keras sebelum melangkah ke prinsip dan cara kerja dari perangkat secara keseluruhan.



Gambar 2 Blok diagram sistem

2.1 Perencanaan dan Pembuatan sensor tegangan

Sinyal tegangan yang akan diukur, dilakukan dengan bantuan sensor tegangan yang memiliki keakuratan yang tinggi dengan tipe LV-25 P. Sensor tegangan tipe ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain: Dapat digunakan untuk mengukur tegangan AC maupun DC, memiliki lebar pita yang cukup lebar, memiliki akurasi yang sangat baik. Keluaran dari sensor tegangan ini masih berupa besaran arus, maka untuk mengubah besaran arus kebesaran tegangan harus dipasang resistor antara keluaran dan nilai ground. Jika diinginkan untuk mendapat besaran yang lebih besar, maka keluaran sensor bisa dikuatkan dengan menggunakan penguat operasional. Pada gambar 3.2 merupakan rangkaian dari sensor tegangan LV 25-P.

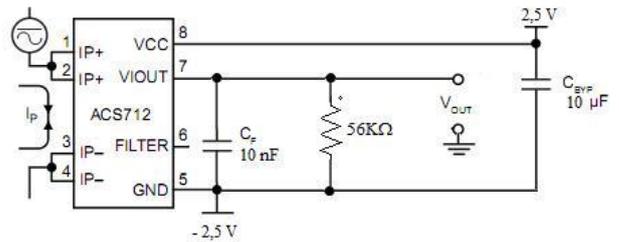


Gambar 3 Rangkaian aplikasi sensor tegangan LV 25-P

2.2 Perencanaan dan Pembuatan sensor arus

Sensor arus ini adalah salah satu produk dari allegro untuk solusi ekonomis dan presisi dalam pengukuran arus AC maupun DC. Sensor ini memiliki presisi, low-offset, dan rangkaian sensor linier hall dengan konduksi tembaga yang ditempatkan dengan permukaan dari aliran arus yang disensor. Ketika arus mengalir pada permukaan konduktor maka akan menghasilkan medan magnet yang dirasakan oleh IC hall effect yang terintegrasi kemudian oleh piranti tersebut dapat dirubah ke tegangan. Sensor ini memungkinkan untuk tidak menggunakan optoisolator karena antara terminal input arus dengan outputnya sudah terisolasi secara kelistrikan. Hal ini karena

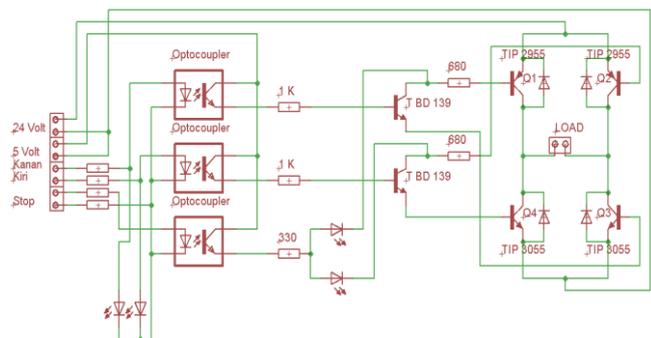
yang dirasakan atau yang disensor adalah efek hall dari arus input yang disensor.



Gambar 4 Rangkaian aplikasi sensor arus ACS 712

2.3 Perencanaan dan Pembuatan Driver motor DC

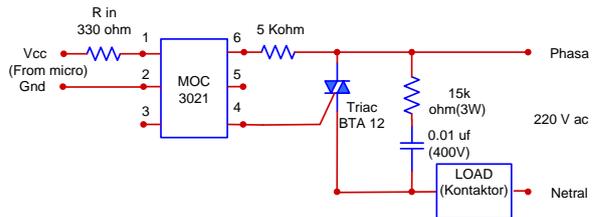
Rangkaian driver dirancang untuk mengaktifkan motor DC sebagai penggerak tuas Autotrafo. Kombinasi rangkaian driver ini dirancang supaya motor DC dapat berputar forward-reverse, menyesuaikan input program yang bekerja berdasar pembacaan sinyal tegangan dan arus oleh sensor tegangan dan arus yang akan diolah di dalam adc internal mikrokontroler. Rangkaian driver ini dilengkapi dengan optoisolator yang berfungsi untuk memisahkan rangkaian kontrol dengan motor dc.



Gambar 5 Rangkaian driver motor DC

2.4 Perencanaan dan Pembuatan Driver Kontaktor

Softswitch ini adalah pengganti relay yang digunakan untuk menyambung dan memutuskan kontaktor. Softswitch ini menggunakan TRIAC (BTA12) dan di drive dengan menggunakan MOC 3021 yang mendapat pulsa dari mikrokontroler. IC MOC 3021 berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian kontrol dengan beban agar rangkain kontrol tetap aman.



Gambar 6 Rangkaian driver kontaktor

3. PENGUJIAN SELURUH SISTEM

3.1 Pengujian sensor tegangan

Hasil dari sensor tegangan menggunakan IC LV 25-P sesuai dengan harapan. Hasil rangkaian sensor tegangan pada Gambar 4.1 memiliki kelinieran yang sangat baik. Hasil dari sensor tegangan ini berupa tegangan AC dan sudah disearahkan untuk dapat digunakan sebagai input dari ADC mikrokontroler. Dan hasil sensor tegangan ini akan dibandingkan dengan nilai seting point tegangan agar dapat menjaga kestabilan tagangan output dari autotrafo.

Tabel 1 Data percobaan sensor tegangan

No.	Vin (V)	Tegangan Sensing Out LV 25-P (Vac)
1.	20	0,353
2.	40	0,654
3.	60	0,946
4.	80	1,238
5.	100	1,529
6.	120	1,81
7.	140	2,1
8.	160	2,379
9.	180	2,673
10.	200	2,962
11.	220	3,239
12.	240	3,526
13.	260	3,806
14.	280	4,08
15.	300	4,38
16.	320	4,65
17.	340	4,95
18.	360	5,21
19.	380	5,44
20.	400	5,75

Pada table 4 di atas adalah hasil pengukuran dari sensor tegangan IC LV 25-P. Pengukuran dilakukan dengan mengubah tegangan input sensor dimulai dari tegangan 20 volt sampai 400 volt dengan step 20 volt. Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa tegangan output hasil sensing tegangan berubah sebesar $\pm 0,3$ volt setiap 20 volt. Hal ini dapat dilihat pada saat pengukuran tegangan input sebesar 20 volt, hasil sensing adalah 0,353 volt. Dan pada saat tegangan input dinaikan menjadi 40 volt, maka hasil sensing juga naik menjadi 0,654 volt.

3.2 Pengujian sensor arus

Dari rangkaian aplikasi IC ACS 712 Gambar 4 di atas, didapatkan hasil output berupa tegangan AC tanpa komponen DC. Setiap perubahan 1 ampere arus input maka hasil output berupa tegangan AC akan berubah tiap 40 mV, seperti pada Tabel 4.2 berikut. Pengukuran dilakukan dengan merubah arus input pada sensor ACS 712 mulai dari 0,5 ampere sampai 5 ampere dengan step 0,5 ampere. Hasil dari sensor

ACS 712 cukup linear untuk setiap perubahan arus inputnya.

Tabel 2 Data percobaan sensor arus ACS 712

No.	Arus AC (Ammeter)	Tegangan Sensing Out ACS
		(Vac)
1	0,5 A	22 mV
2	1 A	42 mV
3	1,5 A	61 mV
4	2 A	81 mV
5	2,5 A	102 mV
6	3 A	122 mV
7	3,5 A	142 mV
8	4 A	165 mV
9	4,5 A	182 mV
10	5 A	200 mV

3.3 Pengujian Driver motor dc

Pada tabel 3 di bawah adalah hasil pengujian dari driver motor DC yang telah dikendalikan oleh mikrokontroler. Output dari mikrokontroler adalah berupa pulsa yang mempunyai logika '0' yang artinya 0 volt dan logika '1' yang artinya 5 volt. Saat semua input dari mikrokontroler berlogika '0' maka respon motor berhenti atau tidak bergerak. Pada saat input kanan berlogika '1' dan input yang lain berlogika '0' maka motor akan berputar ke kanan. Sedangkan pada saat input kiri berlogika '1' dan input yang lain berlogika '0' maka motor akan bergerak ke kiri. Dan yang terakhir pada saat input stop berlogika '1' dan yang lain berlogika '0' maka motor akan berhenti.

Tabel 3 Respon motor DC

KANAN	KIRI	STOP	RESPON
0	0	0	BERHENTI
1	0	0	PUTAR KANAN
0	1	0	PUTAR KIRI
0	0	1	BERHENTI

3.3 Pengujian sistem secara keseluruhan

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pada gambar 7 merupakan hardware sistem secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan mengganggu input dari autotrafo 3 phasa agar dapat melihat respon dari motor dc yang sudah dikopel dengan tuas autotrafo. Pada saat tegangan output dari autotrafo berkurang dari seting point , maka motor dc akan berputar ke kanan dan memutar tuas autotrafo sampai didapat tegangan output dari autotrafo sama dengan seting point. Dan

apabila tegangan output autotrafo melebihi dari *setting point*, maka motor akan berputar ke kiri dan memutar tuas autotrafo sampai didapat tegangan output dari autotrafo sama dengan *setting point*.



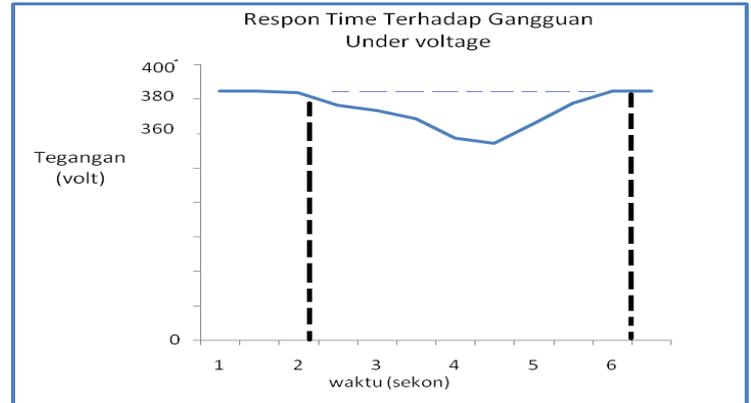
Gambar 7 Hardware sistem

Sistem juga dilengkapi dengan pengaman yaitu kontaktor yang akan bekerja mengamankan sistem apabila terjadi arus lebih dan spike.

Tabel 4 Pengujian *under voltage*

Tegangan setting Autotrafo	Under voltage	Respon time (s)	Tegangan output Atotrafo	% error
380 volt _{L-L}	355 volt	4,3	379,45 volt	0,14
380 volt _{L-L}	360 volt	3,8	378,85 volt	0,30
380 volt _{L-L}	365 volt	3,1	380,95 volt	0,25
380 volt _{L-L}	370 volt	2,5	380,26 volt	0,06
380 volt _{L-L}	375 volt	1,8	381,46 volt	0,38

Pada Tabel 4.6 di atas adalah data pengujian sistem terhadap gangguan *under voltage*. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa sistem sudah berhasil dalam mengatasi gangguan *under voltage*. Sebagai contoh dari setting tegangan 380 volt_{L-L} sistem diganggu dengan *under voltage* sebesar 355 volt, dan hasilnya tegangan *output* autotrafo kembali sebesar 379,45 volt dan membutuhkan waktu selama 4,3 sekon seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Dari data pengujian *under voltage* di atas masih terdapat prosentase *error*. Prosentase *error* terbesar adalah sebesar 0.38 %. Hal ini disebabkan karena desain gearbox yang kurang presisi.

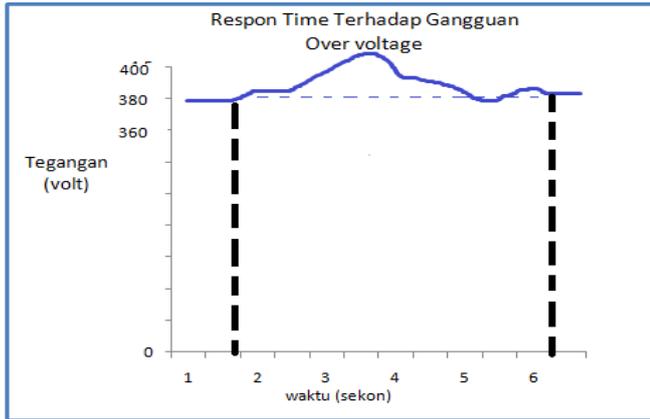


Gambar 4.16 Grafik respon time tegangan output autotrafo terhadap gangguan *under voltage*

Pengujian berikutnya adalah pengujian sistem terhadap gangguan *over voltage*. Pada Tabel 5 di bawah adalah data yang didapat setelah dilakukan pengujian. Sama dengan seperti pengujian *under voltage*, sistem sudah berhasil mengatasi gangguan *over voltage* meskipun masih terdapat prosentase *error*. Sebagai contoh dari setting tegangan 380 volt_{L-L} sistem diganggu dengan *over voltage* sebesar 400 volt, dan hasilnya tegangan *output* autotrafo kembali sebesar 381,65 volt dan membutuhkan waktu sebesar 4,3 sekon seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

Tabel 5 Pengujian *over voltage*

Tegangan setting Autotrafo	Over voltage	Respon time (s)	Tegangan output Atotrafo	% error
380 volt _{L-L}	405 volt	4,7	380,26 volt	0,06
380 volt _{L-L}	400 volt	4,3	381,65 volt	0,43
380 volt _{L-L}	395 volt	3,1	380,95 volt	0,25
380 volt _{L-L}	390 volt	2,4	381,46 volt	0,38
380 volt _{L-L}	385 volt	1,5	379,45 volt	0,14



Tabel 6 Pengujian Over current

Tegangan sebelum trip	Tegangan sesudah trip	Over current setting	Arus beban	Respon pengaman
380 volt	385 volt	1 ampere	1,15 ampere	Trip
380 volt	387 volt	2 ampere	2,03 ampere	Tidak Trip
380 volt	390 volt	3 ampere	3,12 ampere	Trip
380 volt	397 volt	4 ampere	4,15 ampere	Trip
380 volt	402 volt	5 ampere	5,18 ampere	Trip

Pengujian selanjutnya adalah pengujian sistem terhadap gangguan *over current*. Pada sistem telah dipasang sebuah sensor arus yang akan mendeteksi besarnya arus yang menuju ke beban. Apabila arus yang menuju ke beban melebihi dari setting arus maka kontaktor akan bekerja memutus aliran arus ke beban. Pengujian dilakukan dengan membebani autotrafo dengan beban resistor variabel. Pada Tabel 4.8 dapat dilihat data hasil dari pengujian *over current*. Pengujian dilakukan dengan *setting* arus 1 ampere sampai 5 ampere. Pada saat *setting* arus sebesar 3 ampere dan arus yang mengalir ke beban sebesar 3,12 ampere, maka pengaman akan memutus aliran arus ke beban. Sedangkan pada saat *setting* arus sebesar 2 ampere dan arus yang mengalir ke beban sebesar 2.03 ampere, maka pengaman tidak akan memutus aliran arus ke beban karena ada toleransi *over current* sebesar 0,1 dari *setting* arus.

Tabel 4.9 Pengujian Spike

Tegangan setting Autotrafo	Spike setting	Tegangan output Autotrafo	Respon Pengaman
380 volt	1 %	384 volt	Trip
380 volt	2 %	388 volt	Trip
380 volt	3 %	393 volt	Trip
380 volt	4 %	396 volt	Tidak Trip
380 volt	5 %	400 volt	Trip

Selain dilengkapi dengan pengaman *over current* sistem juga dilengkapi dengan pengaman terhadap tegangan lebih sesaat (*spike*). Pada Tabel 4.9 dapat dilihat data pengujian sistem terhadap gangguan *spike*. Pengujian dilakukan dengan menaikkan tegangan input dari autotrafo secara tiba-tiba. Dari data di atas pada saat *setting* spike sebesar 2 % dari *setting* tegangan yaitu sebesar 387,6 volt dan tegangan *output* dari autotrafo sebesar 388 volt, maka pengaman akan aktif karena tegangan output dari autotrafo melebihi dari nominal *setting* spike. Dengan begitu sistem tetap aman apabila terjadi gangguan *spike*. Setelah dilakukan pengujian alat secara keseluruhan didapatkan data-data yang berkorelasi terhadap tujuan dari pembuatan alat ini. Sebelum diberi sistem kontrol, autotrafo tidak akan bisa mempertahankan tegangan outputnya agar tetap stabil saat terjadi gangguan *under voltage* atau *over voltage*. Sedangkan setelah diberi sistem kontrol, autotrafo dapat mempertahankan tegangan outputnya menjadi stabil saat terjadi gangguan *under voltage* atau *over voltage*. Sistem juga dilengkapi dengan pengaman terhadap gangguan *over current* dan *spike*. Jadi pada saat terjadi gangguan *over current* atau *spike* maka alat pengaman dari sistem aktif untuk memutus sistem dengan beban. Dengan demikian beban terhindar dari resiko kerusakan yang disebabkan oleh gangguan *under voltage*, *over voltage*, *over current*, dan *spike*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Tegangan *output* dari autotrafo dapat kembali seperti nilai *setting point* tegangan setelah terjadi gangguan *under* dan *over voltage*. Seperti pada saat terjadi gangguan *under voltage* yang menyebabkan tegangan turun dari 380 volt menjadi 355 volt dan akhirnya tegangan *output* autotrafo kembali menjadi 379,45 volt selama $\pm 4,3$ sekon. Dan pada saat terjadi gangguan *over voltage* dimana tegangan *output* autotrafo naik menjadi 400 volt dari 380 volt dan akhirnya kembali lagi menjadi 381,65 volt selama $\pm 4,3$ sekon.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Aji Saka D.R, "Rancang Bangun Sistem Pengaman Tegangan Dan Frekuensi Dilengkapi Dengan Sistem Monitoring (Hardware)", PENS-ITS, 2008.
2. Arif, Faisyal, "Power Faktor Regulator menggunakan PLC Zelio", PENS-ITS, Surabaya, 2007.
3. Allegro MicroSystems,"Fully Interated, Hall Effect-Base Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conduktor", ACS712, 2006-2009.
4. Indhana Sudiharto, ST, MT. " Sistem Pengaman Tenaga Listrik ", EEPIS, Surabaya, 2009
5. LEM, Voltage Tranducers LV 25-P
6. Mikrokontroler dan LCD diakses dari www.juraganelektro.com pada 25 januari 2011.
7. Optocoupler. Diakses dari www.wizhoe'sblogs.htm. Pada 26 januari 2011.
8. Prosiding seminar pengolahan perangkat nuklir tahun 2008 PTBN-BATAN.
9. www.alldatasheet.com. ATMEGA 16. Diakses pada tanggal 14 januari 2011.
10. Zuhail."Dasar Tenaga Listrik",ITB Bandung,1997.