

Dasar-dasar

Teknik Pengujian Tegangan Tinggi

Edisi Ketiga

Bonggas L. Tobing



PENERBIT ERLANGGA

Jl. H. Baping Raya No. 100

Ciracas, Jakarta 13740

<http://www.erlangga.co.id>

(Anggota IKAPI)

Daftar Isi

<i>Daftar Isi</i>	v
<i>Tentang Penulis</i>	ix
<i>Prakata Edisi Pertama</i>	x
<i>Prakata Edisi Ketiga</i>	xi
<i>Kata Pengantar</i>	xii
<i>Daftar Lambang dan Satuan</i>	xiii

Bab 1 Pendahuluan

1

1.1	Hubungan Tegangan Penyaluran dengan Rugi-Rugi Daya	1
1.2	Masalah Penerapan Tegangan Tinggi pada Transmisi	3
1.3	Bidang Studi Teknik Tegangan Tinggi	5
1.4	Teknik Pengujian Tegangan Tinggi	6

Bab 2 Pengujian Tegangan Tinggi

7

2.1	Istilah Umum Pengujian Tegangan Tinggi	7
	<i>Objek Uji</i>	7
	<i>Peluhan</i>	8
2.2	Tujuan Pengujian Tegangan Tinggi	10
2.3	Jenis Pengujian	11
2.4	Tegangan Pengujian	12
2.5	Suasana Pengujian	13
2.6	Efek Kondisi Udara	15
2.7	Penataan Objek Uji	17
2.8	Evaluasi Hasil Pengujian	18
	<i>Klasifikasi Pengujian</i>	19
	<i>Evaluasi Hasil Pengujian Isolasi Eksternal</i>	22

Bab 3 Sifat-sifat Listrik Material Isolasi

23

3.1	Sistem Isolasi	23
3.2	Kekuatan Dielektrik	26

3.3	Mekanisme Tembus Listrik Udara	26
	<i>Teori Townsend</i>	27
	<i>Teori Streamer</i>	28
	<i>Waktu Tunda</i>	29
3.4	Konduktansi	30
3.5	Rugi-Rugi Dielektrik	31
	<i>Proses Terjadinya Rugi-Rugi Dielektrik</i>	31
	<i>Pendekatan Untuk Menghitung Rugi-Rugi Dielektrik</i>	34
3.6	Peluahan Parsial	36
3.7	Resistansi Isolasi	40
3.8	Kekuatan Kerak Dielektrik	44

Bab 4 Pembangkit Tegangan Tinggi AC

4.1	Trafo Uji	45
4.2	Kuat Medan Elektrik pada Isolasi Trafo Uji	47
4.3	Konstruksi Trafo Uji	49
	<i>Profil dan Isolasi Trafo Uji</i>	50
	<i>Belitan Trafo Uji</i>	51
4.4	Rangkaian Ekuivalen Trafo Uji	54
4.5	Peninggian Tegangan Sekunder	55
4.6	Trafo Uji Susunan Kaskade	56
4.7	Kompensasi Arus Kapasitif	58
4.8	Trafo Tesla	59
4.9	Trafo Resonansi	61

Bab 5 Pembangkit Tegangan Tinggi DC

5.1	Dioda Tegangan Tinggi	63
5.2	Penyearah Setengah Gelombang	65
5.3	Penyearah Villard	68
5.4	Penyearah Greinacher	69

Bab 6 Pembangkit Tegangan dan Arus Tinggi Impuls

6.1	Bentuk Tegangan Impuls Standar	72
6.2	Sela Picu	75
	<i>Sela Picu Elektro-Mekanik</i>	75
	<i>Sela Picu Elektronik</i>	75
6.3	Generator Impuls RLC	76
	<i>Prinsip Kerja Generator Impuls RLC</i>	76
	<i>Nilai Maksimum dan Efisiensi Tegangan</i>	79
	<i>Menentukan Nilai R, L, dan C</i>	79
6.4	Generator Impuls RC	83
6.5	Generator Impuls Rangkaian Marx	85
6.6	Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Terpotong	86
6.7	Generator Arus Tinggi Impuls	87
	<i>Arus Tinggi Impuls Standar</i>	87
	<i>Generator Arus Tinggi Impuls Petir</i>	87
	<i>Generator Arus Tinggi Impuls Hubung-Buka</i>	90

Bab 7 Pengukuran Tegangan dan Arus Tinggi

91

7.1	Alat Ukur Elektroda Bola Standar	91
	<i>Prinsip Kerja</i>	91
	<i>Tata Letak Elektroda Pengukuran</i>	94
	<i>Tabel Standar</i>	95
	<i>Pengaruh Atmosfer</i>	95
	<i>Sifat-sifat Pengukuran</i>	96
7.2	Trafo Ukur Tegangan	97
7.3	Pembagi Tegangan Kapasitif	98
	Z_m Terhubung Secara Seri Dengan Kabel Ukur	100
	Z_m Terhubung Secara Kompon Dengan Kabel Ukur	101
7.4	Pembagi Tegangan Resistif	102
	<i>Impedansi Matching Pada Terminal Input Kabel Ukur</i>	104
	<i>Impedansi Matching Pada Terminal Output Kabel Ukur</i>	106
	<i>Impedansi Matching Pada Terminal Input dan Output Kabel Ukur</i>	107
7.5	Alat Ukur Chubb dan Fortescue	108
7.6	Alat Ukur Elektrostatik	110
7.7	Metode Pengukuran Puncak Tegangan	112
7.8	Pengukuran dengan Mikroammeter	114
7.9	Pengukuran dengan Elektroda Batang-batang	115
7.10	Pengukuran Arus Tinggi Impuls	116
	<i>Metode Resistor Shunt Beresistansi Rendah</i>	116
	<i>Metode Kumparan Rogowski</i>	118

Bab 8 Pengujian Material Isolasi

121

8.1	Pengukuran Faktor Rugi-rugi Dielektrik ($T_g \delta$)	121
8.2	Pengukuran Resistansi Material Isolasi Padat	123
	<i>Metode Pengukuran Langsung</i>	123
	<i>Metode Pengukuran Tidak Langsung</i>	125
8.3	Pengukuran Konduktivitas Material Isolasi Cair	127
8.4	Pengukuran Peluahan Parsial	130
	<i>Sinyal Masukan Alat Ukur Peluahan Parsial</i>	131
	<i>Pengukuran Langsung</i>	133
	<i>Pengukuran Tidak Langsung</i>	134
	<i>Pengukuran Jembatan Setimbang</i>	135
8.5	Pengukuran Kekuatan Kerak Material Isolasi	136
8.6	Pengukuran Kekuatan Dielektrik	136
	<i>Pengukuran Kekuatan Dielektrik Material Isolasi Padat</i>	137
	<i>Pengukuran Kekuatan Dielektrik Material Isolasi Gas</i>	141
	<i>Pengukuran Kekuatan Dielektrik Material Isolasi Cair</i>	142

Bab 9 Pengujian Peralatan Tenaga Listrik

144

9.1	Jenis Pengujian Peralatan Tenaga Listrik	144
9.2	Pengujian Mesin-mesin Listrik	145
	<i>Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi AC</i>	145
	<i>Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi Impuls</i>	148
	<i>Pengukuran Resistansi Isolasi</i>	149
9.3	Pengujian Trafo Daya	150
	<i>Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi AC</i>	150

	Pengukuran Ketahanan Tegangan Tinggi Impuls	153
	Pengukuran $T_g \delta$	155
	Pengukuran Resistansi Isolasi	157
	Pengukuran Tegangan Tembus Minyak Trafo	158
9.4	Pengujian Isolator	158
	Pengujian Lompatan Api AC	159
	Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi AC	159
	Pengujian Tegangan Tembus AC	160
	Pengujian Lompatan Api Impuls	160
	Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi Impuls	161
	Pengukuran Distribusi Tegangan pada Isolator Rantai	163
9.5	Pengujian Kabel	168
	Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi AC	168
	Pengukuran $T_g \delta$	169
	Pengukuran Peluahan Parsial	169
	Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi Impuls	170
	Pengukuran Resistansi Isolasi	171
9.6	Pengujian Arester	172
	Pengujian Lompatan Api AC	172
	Pengujian Lompatan Api Impuls 100%	172
	Pengujian Lompatan Api Muka Gelombang	172
9.7	Pengujian Bushing	172
	Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi AC	173
	Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi Impuls Petir	173
	Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi Impuls Hubung-Buka	175
	Pengukuran $T_g \delta$	175
	Pengukuran Peluahan Parsial	177
	Pengujian Peluahan Terlihat	177
9.8	Pengujian Peralatan Hubung Buka	178
	Kondisi Umum Pengujian	178
	Pengujian Ketahanan Tegangan AC dan Impuls	179
	Pengujian Normal	180
	Pengujian Khusus	182
	Pengujian Polusi Tiruan	184
	Pengujian Peluahan Sebagian	184
	Pengujian Perangkat Bantu dan Kendali	185
	Pengujian Periksa Kondisi	185
Lampiran 1	Sifat-sifat Listrik Material Isolasi	186
Lampiran 2	Tegangan Tembus Impuls Negatif $V_{50\mu V}$ AC 50 Hz dan DC, Elektroda Bola-bola dengan Satu Elektroda Ditanahkan	187
Lampiran 3	Tegangan Tembus Impuls Positif $V_{50\mu V}$ Elektroda Bola-bola dengan Satu Elektroda Ditanahkan	189
Lampiran 4	Tingkat Tegangan Pengujian Trafo $V_m > 170$ kV (IEC 60076-3)	191
Lampiran 5	Tegangan Pengujian Ketahanan Tegangan Tinggi AC Trafo dengan Induksi (IEC 60076-3)	192
Lampiran 6	Tingkat Isolasi Standar (Tabel 3 IEC 60071-1)	194
	Daftar Pustaka	195
	Indeks	197