

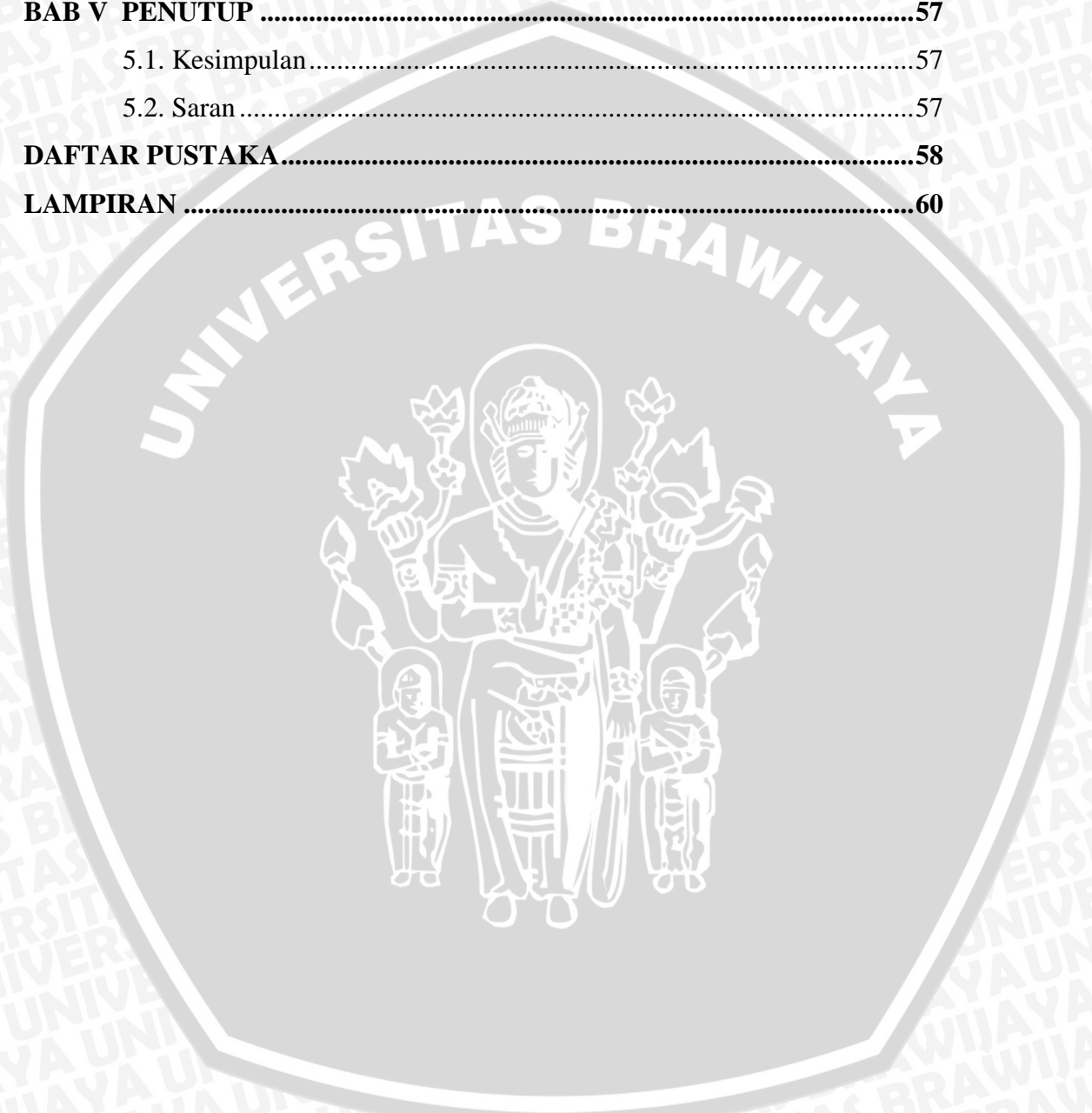
## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Ruang Lingkup .....	3
1.5. Tujuan.....	3
1.6. Manfaat.....	3
1.7. Sistematika Pembahasan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Umum .....	5
2.2. Tegangan Lebih .....	5
2.3. Arester .....	5
2.3.1. Arester Sela Udara .....	7
2.3.2. Elektroda.....	8
2.4. Faktor Efisiensi dan Karakteristik Bentuk Geometri Elektroda.....	9
2.5. Pengaruh Bentuk Geometri Terhadap Tegangan Tembus.....	10
2.6. Hukum Perbesaran ( <i>Enlargement Law</i> ) .....	12
2.7. Karakteristik Tegangan Potong Arester .....	14
2.7.1. Pemotongan Tegangan Lebih .....	15
2.7.2. Pengujian Volt-Time Curve Arester .....	15



2.7.3. <i>Basic Insulation Level</i> (BIL) dan Koordinasi Isolasi.....	16
2.8. Tegangan Impuls .....	18
2.8.1. Bentuk Gelombang Tegangan Tinggi Impuls.....	18
2.8.2. Bentuk Gelombang Tegangan Impuls 1,2/50 $\mu$ s .....	19
2.8.3. Parameter Tegangan Tinggi Impuls.....	19
2.8.4. Pembangkitan Tegangan Tinggi Impuls .....	20
2.9. Penentuan Nilai Probabilitas dan Distribusi Normal (Gauss) .....	21
3.1. Studi Literatur.....	25
3.2. Pengumpulan Data.....	25
3.3. Perencanaan Arester PCB.....	25
3.3.1. Pemilihan Bentuk Elektroda .....	25
3.3.2. Variabel Penelitian.....	26
3.4. Realisasi Arester PCB .....	27
3.5. Simulasi dan Perhitungan .....	28
3.6. Komponen-Komponen Tegangan Tinggi Impuls.....	28
3.7. Pengujian Arester PCB ( <i>Printed Circuit Board</i> ).....	29
3.7.1. Objek Uji (Arestes PCB).....	29
3.7.2. Sistem Pengujian Arester PCB .....	30
3.8. Analisis Data.....	31
3.9. Kesimpulan dan Saran .....	31
<b>BAB IV PERANCANGAN, PENGUJIAN DAN ANALISIS.....</b>	<b>32</b>
4.1. Umum .....	32
4.2. Spesifikasi Arester PCB .....	32
4.2.1. Penentuan Dimensi Arester PCB.....	32
4.2.2. Karakteristik Pengaruh Jarak Sela Terhadap Tegangan Tembus.....	33
4.2.3. Perkiraan Tegangan Tembus pada Elektroda Sela Udara.....	34
4.2.4. Karakteristik Pengaruh Perbesaran Terhadap Tegangan Tembus.....	34
4.3. Analisis Distribusi Medan Listrik pada Sela Udara .....	36
4.4. Efisiensi Medan Listrik terhadap Perbesaran Jarak Sela.....	38
4.5. Perancangan Arester PCB .....	39
4.6. Pengujian Arester PCB ( <i>Printed Circuit Board</i> ).....	42
4.6.1. Peralatan.....	42

4.6.2. Prosedur Pengujian .....	42
4.6.3. Karakteristik volt-waktu Arester PCB.....	44
4.6.4. Pengujian Ketahanan Arester PCB Terhadap Tegangan AC ( <i>Alternating Current</i> ).....	51
4.6.5. Probabilitas Tembus pada Pengujian Arester PCB.....	51
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>57</b>
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>60</b>



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Kategori tegangan ketahanan surja dan tingkat pemotongan tegangan oleh arester dan kelas arester .....	6
Gambar 2. 2	Susunan elektroda dan distribusi medan .....	11
Gambar 2. 3	Distribusi homogenitas medan dengan FEMM .....	12
Gambar 2. 4	Perbesaran dimensi elektroda .....	13
Gambar 2. 5	Lengkung volt-waktu .....	16
Gambar 2. 6	Karakteristik tegangan impuls-waktu .....	17
Gambar 2. 7	Instalasi arester dan peralatan yang dilindungi .....	18
Gambar 2. 8	Bentuk gelombang tegangan tinggi impuls.....	19
Gambar 2. 9	Parameter tegangan impuls .....	20
Gambar 2. 10	Diagram rangkaian dasar pembangkit tegangan tinggi impuls.....	20
Gambar 2. 11	Probabilitas distribusi Gauss.....	22
Gambar 3. 1	Diagram Alir Metode Pengerjaan Penelitian .....	24
Gambar 3. 2	Objek Uji.....	26
Gambar 3. 3	Diagram alir pembuatan arester PCB .....	27
Gambar 3. 4	Komponen tegangan tinggi impuls .....	28
Gambar 3. 5	Desain arester PCB .....	29
Gambar 3. 6	Sistem pengujian arester PCB.....	30
Gambar 3. 7	Rangkaian pengujian arester PCB.....	30
Gambar 4. 1	Desain gambar pengujian tembus terhadap Jarak Sela .....	33
Gambar 4. 2	Grafik hubungan antara jarak sela dengan Vimpuls potong .....	34
Gambar 4. 3	Desain Gambar Pengujian Tembus Terhadap Perbesaran Elektroda.....	35
Gambar 4. 4	Grafik hubungan antara perbesaran dengan $V_d$ (kV) .....	35
Gambar 4.5	Pendefinisian dimensi dan parameter material untuk simulasi medan listrik menggunakan FEMM 4.2 .....	36
Gambar 4. 6	Garis-garis equipotensial hasil simulasi.....	37
Gambar 4. 7	Hasil simulasi grafik kuat medan listrik ( <i>Magnitude of Field Intensity,  E </i> ) garis uji pada pinggir elektroda .....	38
Gambar 4. 8	Bentuk Geometri Rancang Bangun Arester .....	39
Gambar 4. 9	Jarak sela yang digunakan untuk perancangan .....	40

Gambar 4. 10 Hasil desain rancang bangun arester PCB ..... 41

Gambar 4. 11 Hasil rancang bangun arester PCB tiga fasa ..... 41

Gambar 4. 12 Pengawatan pada rangkaian pengujian ..... 42

Gambar 4. 13 Komponen dan rangkaian pada papan uji ..... 43

Gambar 4. 14 Gelombang sebelum arester PCB terpasang ..... 44

Gambar 4. 15 Gelombang pemotongan tegangan lebih oleh arester PCB..... 44

Gambar 4. 16 Grafik karakteristik v-t arester PCB pada titik uji fasa R-G sela 0,8 mm 46

Gambar 4. 17 Grafik karakteristik v-t arester PCB pada titik uji fasa S-G sela 0,8 mm 46

Gambar 4. 18 Grafik karakteristik v-t arester PCB pada titik uji fasa T-G sela 0,8 mm 47

Gambar 4. 19 Grafik karakteristik v-t arester PCB pada titik uji netral-G sela 0,8 mm 47

Gambar 4. 20 Grafik karakteristik v-t arester PCB pada titik uji fasa R-G sela 0,9 mm 49

Gambar 4. 21 Grafik karakteristik v-t arester PCB pada titik uji fasa T-G sela 0,9 mm 49

Gambar 4. 22 Grafik karakteristik v-t arester PCB pada titik uji fasa T-G sela 0,9 mm 50

Gambar 4. 23 Grafik karakteristik v-t arester PCB pada titik uji netral-G sela 0,9 mm 50

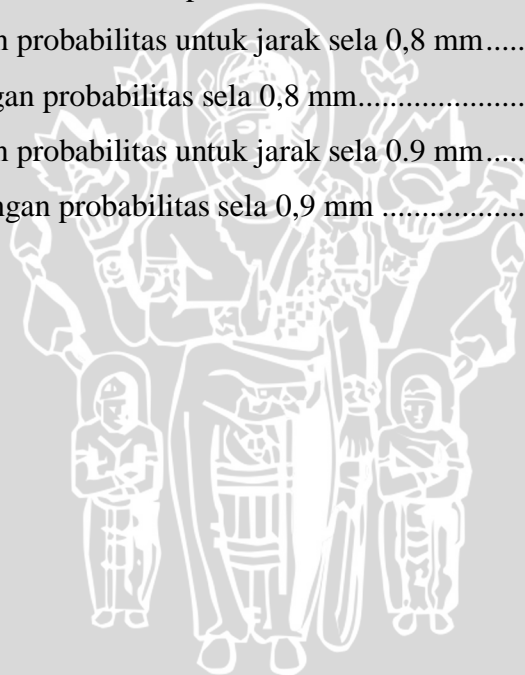
Gambar 4. 24 Grafik probabilitas tembus dengan kurva distribusi normal sela 0,8 mm 53

Gambar 4. 25 Grafik probabilitas tembus dengan kurva distribusi normal sela 0,9 mm 56



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Perbandingan sifat jenis logam.....	8
Tabel 2. 2	Fungsi kerja beberapa jenis logam.....	8
Tabel 2. 3	Perbandingan kekonduksian elektrik.....	9
Tabel 4. 1	Pengaruh jarak sela terhadap Uimpuls potong .....	33
Tabel 4. 2	Pengaruh perbesaran elektroda terhadap pemotongan tegangan impuls .....	35
Tabel 4. 3	Efisiensi medan pada jarak sela yang berbeda .....	39
Tabel 4. 4	Konfigurasi dimensi elektroda.....	41
Tabel 4. 5	Hasil pengujian Arester PCB pada sela 0,8mm.....	45
Tabel 4. 6	Hasil pengujian Arester PCB pada Sela 0,9 mm .....	48
Tabel 4. 7	Hasil pengujian probabilitas untuk jarak sela 0,8 mm.....	51
Tabel 4. 8	Hasil perhitungan probabilitas sela 0,8 mm.....	52
Tabel 4. 9	Hasil pengujian probabilitas untuk jarak sela 0.9 mm.....	54
Tabel 4. 10	Hasil perhitungan probabilitas sela 0,9 mm .....	55



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Gambar gelombang impuls terpotong .....	60
Lampiran 2	Gambar eqipotensial dan grafik kuat medan listrik simulasi FEMM 4.2 ..	61
Lampiran 3	Foto arester PCB ( <i>Printed Circuit Board</i> ) .....	63
Lampiran 4	Foto pengujian arester PCB.....	64



## RINGKASAN

**Desinta Ayu Woro Hendraswari.** Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2014. *Rancang Bangun Pemotong Surja Tegangan pada kWh Meter Tiga Fasa Menggunakan PCB (Printed Circuit Board)*. Dosen pembimbing: Drs.Ir. Moch. Dhofir, MT, Dr.Ir. Harry Soekotjo Dahlan, M.Sc.

Penelitian ini menguraikan tentang “Rancang Bangun Pemotong Surja Tegangan pada kWh Meter Tiga Fasa Menggunakan PCB (*Printed Circuit Board*)”. Arestor tiga fasa ini dapat digunakan pada kategori III yang memiliki tegangan ketahanan impuls 4 kV. Arestor tegangan rendah untuk catu daya 380 V/50 Hz dapat berupa susunan elektroda sela udara. Agar efisien, ekonomis, dan sederhana dalam rekayasanya, maka dibuat arester tiga fasa dari bahan PCB (*Printed Circuit Board*). Metode yang digunakan adalah perencanaan arester, pengujian, dan analisis. Arestor direncanakan sebagai peralatan pelindung surja tegangan untuk peralatan tegangan rendah 380 V/50 Hz dengan tingkat proteksi 4 kV impuls. Perencanaan arester meliputi bentuk geometri elektroda, jarak sela elektroda, dan perbesaran (panjang sela) elektroda. Dalam penelitian ini, elektroda sela udara yang dirancang menggunakan pendekatan perkiraan tegangan tembus kemudian disimulasikan menggunakan FEMM 4.2 untuk mengetahui efisiensi keseragaman arester PCB. Selanjutnya dilakukan pengujian dan analisis yang meliputi karakteristik v-t, ketahanan arester PCB terhadap tegangan AC, probabilitas tembus arester PCB. Sebagai hasil akhir, dalam skripsi ini disimpulkan bahwa pada karakteristik v-t arester PCB tiga fasa dengan bentuk geometri, jarak sela (s), dan perbesaran (panjang sela) ini dapat memotong 4 kV impuls sesaat sebelum puncak impuls. Selain itu, arester PCB tiga fasa dapat kepastian tembus lebih dari 95% yaitu 4 kV.

Kata kunci : *Tegangan impuls, arester PCB, FEMM 4.2, v-t curve, probabilitas tegangan tembus.*



## SUMMARY

**Desinta Ayu Woro Hendraswari.** Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, January 2014, *Design and Implementation of Voltage Surge Cutter in Three Phase kWh Meter Using the PCB (Printed Circuit Board)*, Academic Supervisor : Drs.Ir. Moch. Dhofir, MT, Dr.Ir. Harry Soekotjo Dahlan,M.Sc.

This study describes the "Design and Implementation of Voltage Surge cutter on Three Phase kWh Meter Using the PCB (*Printed Circuit Board*)". This three-phase arrester can be used in the third category that have impulse withstand voltage 4 kV. Arrester for low-voltage power supply 380 V/50 Hz can be an array of air between the electrodes. To be efficient, economical, and simple in its engineering, the three-phase arrester made of materials of PCB (*Printed Circuit Board*). The method used is planning arrester, testing, and analysis. Arrester is planned as a voltage surge protective devices for low-voltage equipment 380 V/50 Hz with 4 kV impulse protection level. Planning of arrester includes electrode geometry, the distance between the electrodes, and magnification (length between) electrodes. In this study, the air between the electrodes were designed using the approach approximate breakdown voltage then simulated using FEMM 4.2 to determine the efficiency of PCB arrester uniformity. Further testing and analysis covering v-t characteristics, resistance to AC voltage arrester PCB, PCB arrester probabilities translucent. As a final result, in this paper concluded that the characteristics of three-phase PCB vt arrester with geometric shapes, the distance between (s), and magnification (length between) can be cut 4 kV impulse just before the peak of the impulse. In addition, three-phase arrester PCB certainty can penetrate more than 95% which is 4 kV.

Keyword : *Voltage impulse, arrester PCB, FEMM 4.2, v-t curve, probability of breakdown voltage.*

