TUGAS AKHIR

PENGUJIAN KARAKTERISTIK KABEL UTUH NYM 3 x 2.5 mm^2 PADA GEDUNG YANG TERBAKAR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mengikuti sidang sarjana Strata Satu (S-1)

Jurusan Teknik Mesin

Disusun oleh :

Nama : Jericho Pardamean Hutasuhut

NIM : 0951050013

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

JAKARTA

2013

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya yang begitu besar sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi syarat dalam menempuh ujian akhir sarjana Strata satu (S-1) pada jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.

Laporan tugas Akhir ini memang sangat jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dari pembaca sekalian, yang akhirnya buku laporan Tugas Akhir ini nantinya semakin sempurna dan dapat berguna serta bermanfaat untuk kemajuan bersama.

Tugas akhir ini juga dapat terselesaikan berkat bimbingan dan bantuan baik secara moral dan moril dari berbagai pihak, dan pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang saya cintai, yang telah menyemangati saya dan membiayai saya sekolah sampai setinggi ini.
2. Semua saudara saya, yang telah memberikan saya masukan positif dan bantuan dalam bentuk apapun.
3. Ibnu Oktafianto dan Mas Komang sebagai sahabat yang selalu memberikan motifasi dan inspirasi.
4. Bapak Ir. Aryantono M, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I saya dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia.
5. Ibu Ir. Melya D.S, S.Si,MT selaku Dosen Pembimbing II saya.

6. Bapak Ir Kimar Turnip, MS, selaku Pembimbing Akademik saya, yang telah memberikan arahan-arahan dan masukan kepada saya secara tulus dan bijaksana.
7. Bapak Samuel, selaku dosen yang membantu saya dalam pengujian SEM.
8. Bapak Ir. Bambang selaku Kaprodi Teknik Elektro yang memperkenankan saya melakukan pengujian di laboratorium elektro
9. Bapak Ade dan rekan satu angkatan saya di Prodi Teknik Elektro Muhamad selaku pembimbing yang telah membimbing saya dalam pengujian elektrikal
10. Segenap karyawan Fakultas Teknik, terutama Bapak Pudjo yang telah membantu saya dalam segala urusan mengenai pengujian Tugas Akhir saya ini.
11. Keluarga Abang Daniel Sinaga, yang telah mengizinkan saya tinggal di rumahnya selama saya mengerjakan penulisan Tugas Akhir ini.
12. Daniel Sinaga, Leo Panjaitan dan Daniriel Gultom sebagai senior saya di Teknik Mesin UKI sekaligus teman seperjuangan saya dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
13. Mahasiswa Teknik Mesin UKI khususnya Angkatan 2009, yang telah memberikan saya semangat untuk menyelesaikan pengujian untuk Tugas Akhir saya ini.

Jakarta, 17 Agustus 2013

(…….)

Penulis

LEMBAR PENGESAHAN

Nama **: Jericho Pardamean Hutasuhut**

Nim **: 0951050013**

Fakultas/Jurusan **: Teknik Mesin**

Judul **: PENGUJIAN KARAKTERISTIK KABEL UTUH NYM 3 x 2.5 mm^2 PADA GEDUNG YANG TERBAKAR**

Diterima dan disahkan untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) Teknik Mesin.

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing II
(Ir.Aryantono Mortowidjojo P.hD)	(Ir. Melya D.S, S.Si,MT)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

(Ir.Aryantono Mortowidjojo P.hD**)**

LEMBAR PERNYATAAN

Dalam hal ini saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Jericho Pardamean Hutasuhut
NIM	: 0951050013
Institusi/perguruan	: Universitas Kristen Indonesia
Fakultas	: Teknik
Jurusan	: Mesin

Menyatakan :

Dalam tugas akhir dengan topik **PENGUJIAN KARAKTERISTIK KABEL UTUH NYM 3 x 2.5 mm^2 PADA GEDUNG YANG TERBAKAR**

adalah hasil karya saya sendiri.

Dalam hal topik tersebut baru pertama kali dilakukan di Teknik Mesin UKI. Demikian surat pernyataan ini saya buat.

Jakarta, 27 Februari 2013

_____

ABSTRAK

Kabel utuh NYM 3 x 2.5 mm^2 banyak digunakan di dalam aplikasi bidang teknik, terutama sebagai komponen penghantar daya listrik yang akan digunakan pada peralatan. Memiliki standar sifat mekanis dan sifat elektrikal. Sifat mekanis yang disyaratkan berupa uji tarik dan uji metalografi untuk melihat karakteristik material tersebut, serta sifat elektrikal yang disyaratkan berupa uji resistivitas dan konduktivitas untuk mengetahui kemampuan menghantar daya listrik. Melihat pada aplikasi bidang teknik sangatlah diperlukan sehingga dilakukan penelitian mengenai sifat mekanis dan sifat elektrikal kabel utuh dengan perlakuan panas yang dimaksudkan sebagai simulasi kebakaran sesungguhnya. Pada penelitian ini diberikan perlakuan panas dengan temperatur 100ºC, 120ºC, 150ºC, 180ºC, 200ºC dan pendinginan udara, pasir, air sabun, air hujan, campuran dari semuanya, dilakukan pengujian tarik, foto struktur mikro, dan uji resistivitas bahan. Hasil pengujian menunjukkan sifat mekanis kabel dengan perlakuan panas yang berbeda memiliki nilai dari kekuatan tarik dan resistivitas bahan yang berbeda pada setiap spesimen uji. Dengan Temperatur tinggi dan suhu pendinginan yang rendah akan menurunkan kekuatan tariknya serta semakin cepat pendinginannya akan menurunkan resistivitas bahan dan pada analisa struktur mikro perbedaannya akan terlihat.

Kata kunci : Kabel, resistivitas, karakteristik mekanis

ABSTRACT

Completed cable NYM 3 x 2.5 mm2 widely used in the fields of engineering applications, particularly as a conductor of electrical power components that will be used on the equipment. Have a standard mechanical properties and electrical properties. Required mechanical properties such as tensile testing and metallographic test to look at the characteristics of the material, as well as the electrical properties required in the form of resistivity and conductivity test to determine the ability to deliver power. Look at the application engineering is necessary so to do research on the mechanical properties and electrical properties of intact wires with heat treatment is intended as a simulation of real fire. In this study, given the heat treatment at a temperature of 100 º C, 120 º C, 150 º C, 180 º C, 200 º C and cooling air, sand, soapy water, rain water, a mixture of everything, do tensile testing, photo microstructure, and test resistivity material. The test results demonstrate the mechanical properties of wires with different heat treatments have values of tensile strength and resistivity of different materials on each test specimen. With high temperature and low temperature cooling will reduce its strength as well as the rapid cooling will lower the resistivity of the material and the analysis of the microstructure of the difference will be visible.

Key words : Cable, Resistivity, mechanical characteristic

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i

ABSTRAK iii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penulisan 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Sistematika Penulisan 2

BAB II DASAR TEORI

2.1 Kabel 4

2.1.1 Pengertian Penghantar, Kabel Dan Kawat Penghantar 4

2.1.2 Jenis-Jenis Kabel Yang Umum Digunakan[2] 5

2.2 Konstruksi Dan Material Kabel[2] 7

2.2.1 Kriteria Umum Kabel 7

2.2.2 Definisi Tegangan Pengenal 8

2.2.3 Konstruksi Dan Material Kabel NYM 9

2.2.4 Arti Kode Pengenal Kabel NYM[2] 11

2.3 Bahan Konduktor 12

2.3.1 Resistivitas Dan Konduktivitas 12

2.3.2 Faktor Yang Mempengaruhi Resistivitas Penghantar[4] 13

2.3.3 Sifat Bahan Dengan Resistivitas Rendah 14

2.4 Uji Tarik[5] 15

2.5 Uji Metalografi 20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sampel dan Peralatan Pengujian 27

3.1.1 Sampel Pengujian 27

3.1.2 Peralatan Pengujian 28

3.1.2.1 Pengujian Sifat Mekanis dan Mikrostruktur 28

3.1.2.2 Pengujian Resistivitas dan Konduktivitas Kabel Utuh 33

3.1.2.3 Bahan Pendukung Penelitian 34

3.2 Simulasi Radiasi Panas Beserta Pendinginan 35

3.3 Proses Pengujian Sifat Mekanis dan Pengujian Metalografi 39

3.3.1 Uji Tarik 39

3.3.2 Prosedur Uji Tarik 39

3.3.3 Pengujian Metalografi 40

3.3.4 Prosedur Pengujian Metalografi 40

3.4 Pengujian Resistivitas dan Konduktivitas Kabel Utuh 42

3.4.1 Pengujian Resistivitas 42

3.4.2 Prosedur Pengujian 42

3.5 Diagram Alir Pengujian 43

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Hasil Pengujian 45

4.2 Hasil Pengujian Tarik 45

4.2.1 Data Pengujian Tarik 45

4.2.2 Nilai Tegangan Maksimum / *Ultimate Tensile Strength*(σ_u) 47

4.2.3 Nilai Tegangan Patah/*Fracture Strength*(σ_f) 51

4.2.4 Nilai Regangan/*Elongasi*(ε) 55

4.2.5 Nilai Modulus Elastisitas 58

4.3 Hasil Pengujian Elektrikal 62

4.3.1 Data Pengujian Resistivitas 62

4.3.2 Perhitungan Resistivitas Jenis (ρ) 64

4.4 Analisa Karakteristik Struktur Mikro 70

4.4.1 Gambar Struktur Mikro Kabel UtuhPembesaran 25 Kali 70

4.4.1.1 Pendinginan Air Hujan 70

4.4.1.2 Pendinginan Campuran 71

4.4.1.3 Pendinginan Pasir 72

4.4.1.4 Pendinginan Air Sabun 74

4.4.1.5 Pendinginan Udara 75

4.4.2 Gambar Struktur Mikro Selubung PVCPembesaran 500 Kali 77

4.4.2.1 Pendinginan Air Hujan 77

4.4.2.2 Pendinginan Campuran 78

4.4.2.3 Pendinginan Pasir 79

4.4.2.4 Pendinginan Air Sabun 81

4.4.2.5 Pendinginan Udara 82

4.4.3 Gambar Struktur Mikro Selubung PVC Pembesaran 1000 Kali 83

4.4.3.1 Pendinginan Air Hujan 83

4.4.3.2 Pendinginan Campuran 85

4.4.3.3 Pendinginan Pasir 86

4.4.3.4 Pendinginan Air Sabun 87

4.4.4 Gambar Struktur Mikro Kawat Tembaga
Pembesaran 500 Kali 89
4.4.4.1 Pendinginan Air Hujan 89
4.4.4.2 Pendinginan Campuran 90
4.4.4.3 Pendinginan Pasir 91
4.4.4.4 Pendinginan Air Sabun 93
4.4.4.5 Pendinginan Udara 94
4.4.5 Gambar Struktur Mikro Kawat Tembaga
Pembesaran 1000 Kali 95
4.4.5.1 Pendinginan Air Hujan 95
4.4.5.2 Pendinginan Campuran 97
4.4.5.3 Pendinginan Pasir 98
4.4.5.4 Pendinginan Air Sabun 99
4.4.5.5 Pendinginan Udara 101
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 103
5.2 Saran 104
DAFTAR ACUAN 105
DAFTAR PUSTAKA 106

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 : Kabel NYA..... 5
2. Gambar 2.2 : Kabel NYM..... 6
3. Gambar 2.3 : Kabel NYY..... 7
4. Gambar 2.4 : Bagian Kabel NYM..... 9
5. Gambar 2.5 : Mesin Uji Tarik (*Tensile Test*)..... 16
6. Gambar 2.6 : Hasil dan kurva pengujian tarik..... 16
7. Gambar 2.7 : Sampel standar uji tarik E8 ASTM..... 17
8. Gambar 2.8 : Hasil Data Hasil Uji Tarik..... 17
9. Gambar 2.9 : Alat Uji SEM (*Scanning Electron Microscopic*).... 21
10. Gambar 3.1 : Kabel Utuh NYM 3 x 2.5 mm^2..... 27
11. Gambar 3.2 : Peralatan Pemotong..... 28
12. Gambar 3.3 : Oven Pemanas..... 29
13. Gambar 3.4 : Mesin Poles..... 31
14. Gambar 3.5 : Alat Pencetak Dudukan..... 32
15. Gambar 3.6 : Jembatan Wheatstone..... 33
16. Gambar 3.7 : Pemanasan Pada Kabel Temperatur 100ºC..... 35
17. Gambar 3.8 : Pemanasan Pada Kabel Temperatur 120ºC..... 35
18. Gambar 3.9 : Pemanasan Pada Kabel Temperatur 150ºC..... 36
19. Gambar 3.10 : Pemanasan Pada Kabel Temperatur 180ºC..... 36
20. Gambar 3.11 : Pemanasan Pada Kabel Temperatur 200ºC..... 36
21. Gambar 3.12 : Pendinginan Pada Suhu Ruang..... 37
22. Gambar 3.13 : Pendinginan Media Pasir..... 37
23. Gambar 3.14 : Pendinginan Media Air Sabun..... 37

24. Gambar 3.15 : Pendinginan Media Air Hujan..... 38

25. Gambar 3.16 : Pendinginan Media Campuran..... 38

26. Gambar 3.17 : Proses Uji Tarik..... 39

27. Gambar 3.18 : Dudukan Pengujian SEM..... 41

28. Gambar 3.19 : Pengujian Resistivitas..... 42

29. Gambar 4.1 : Grafik Nilai Tegangan Vs Pendinginan..... 50

30. Gambar 4.2 : Grafik Nilai Tegangan Rata-Rata Vs Temperatur Pemanasan..... 50

31. Gambar 4.3 : Grafik Nilai Tegangan Patah Vs Pendinginan..... 54

32. Gambar 4.4 : Grafik Nilai Tegangan Patah Rata-Rata Vs Temperatur Pemanasan..... 54

33. Gambar 4.5 : Grafik Regangan Vs Pendinginan..... 57

34. Gambar 4.6 : Grafik Nilai Tegangan Rata-Rata Vs Temperatur Pemanasan..... 58

35. Gambar 4.7 : Modulus Elastisitas Vs Pendinginan..... 61

36. Gambar 4.8 : Modulus Elastisitas Rata-Rata Vs Temperatur Pemanasan..... 61

37. Gambar 4.9 : Grafik Nilai Resistivitas Bahan Vs Temperatur Pemanasan..... 63

38. Gambar 4.10 : Grafik Nilai Resistivitas Bahan Setelah Uji Tarik Vs Temperatur Pemanasan..... 64

39. Gambar 4.11 : Grafik Perbandingan Nilai Resistivitas Jenis Vs Pendinginan... 67

40. Gambar 4.12 : Grafik Perbandingan Nilai Resistivitas Jenis Vs Pendinginan..... 69
41. Gambar 4.13a : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 100°C..... 70
42. Gambar 4.13b : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 120°C..... 70
43. Gambar 4.13c : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 150°C..... 70
44. Gambar 4.13d : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 180°C..... 70
45. Gambar 4.13e : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 200°C..... 71
46. Gambar 4.13f : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Hujan Kabel Normal..... 71
47. Gambar 4.14a : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 100°C..... 71
48. Gambar 4.14b : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 120°C..... 71
49. Gambar 4.14c : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 150°C..... 72
50. Gambar 4.14d : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 180°C..... 72
51. Gambar 4.14e : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 200°C..... 72

52. Gambar 4.14f : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Campuran Kabel Normal..... 72
53. Gambar 4.15a : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 100°C..... 73
54. Gambar 4.15b : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 120°C..... 73
55. Gambar 4.15c : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 150°C..... 73
56. Gambar 4.15d : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 180°C..... 73
57. Gambar 4.15e : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 200°C..... 73
58. Gambar 4.15f : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Pasir Kabel Normal..... 73
59. Gambar 4.16a : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 100°C..... 74
60. Gambar 4.16b : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 120°C..... 74
61. Gambar 4.16c : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 150°C..... 74
62. Gambar 4.16d : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 180°C..... 74
63. Gambar 4.16e : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 200°C..... 75

64. Gambar 4.16f : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Air Sabun Kabel Normal..... 75
65. Gambar 4.17a : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 100°C..... 75
66. Gambar 4.17b : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 120°C..... 75
67. Gambar 4.17c : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 150°C..... 76
68. Gambar 4.17d : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 180°C..... 76
69. Gambar 4.17e : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 200°C..... 76
70. Gambar 4.17f : Struktur Mikro Kabel Utuh Dengan Perbesaran 25X Dan Pendinginan Udara Kabel Normal..... 76
71. Gambar 4.18a : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 100°C..... 77
72. Gambar 4.18b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 120°C..... 77
73. Gambar 4.18c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 150°C..... 77
74. Gambar 4.18d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 180°C..... 77
75. Gambar 4.18e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 200°C..... 78

76. Gambar 4.18f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Kabel Normal..... . 78
77. Gambar 4.19a : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 100°C..... 78
78. Gambar 4.19b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 120°C..... 78
79. Gambar 4.19c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 150°C..... 79
80. Gambar 4.19d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 180°C..... 79
81. Gambar 4.19e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 200°C..... 79
82. Gambar 4.19f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Kabel Normal..... 79
83. Gambar 4.20a : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 100°C..... 80
84. Gambar 4.20b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 120°C..... 80
85. Gambar 4.20c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 150°C..... 80
86. Gambar 4.20d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 180°C..... 80
87. Gambar 4.20e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 200°C..... 80

88. Gambar 4.20f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Kabel Normal..... 80
89. Gambar 4.21a : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 100°C..... 81
90. Gambar 4.21b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 120°C..... 81
91. Gambar 4.21c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 150°C..... 81
92. Gambar 4.21d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 180°C..... 81
93. Gambar 4.21e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 200°C..... 82
94. Gambar 4.21f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Kabel Normal..... 82
95. Gambar 4.22a : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 100°C..... 82
96. Gambar 4.22b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 120°C..... 82
97. Gambar 4.22c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 150°C..... 83
98. Gambar 4.22d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 180°C..... 83
99. Gambar 4.22e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 200°C..... 83

100. Gambar 4.22f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Kabel Normal..... 83
101. Gambar 4.23a: Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 100°C..... 84
102. Gambar 4.23b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 120°C..... 84
103. Gambar 4.23c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 150°C..... 84
104. Gambar 4.23d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 180°C..... 84
105. Gambar 4.23e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 200°C..... 84
106. Gambar 4.23f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Kabel Normal..... 84
107. Gambar 4.24a : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 100°C..... 85
108. Gambar 4.24b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 120°C..... 85
109. Gambar 4.24c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 150°C..... 85
110. Gambar 4.24d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 180°C..... 85
111. Gambar 4.24e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 200°C..... 86

112. Gambar 4.24f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Kabel Normal..... 86
113. Gambar 4.25a : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 100°C..... 86
114. Gambar 4.25b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 120°C..... 86
115. Gambar 4.25c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 150°C..... 87
116. Gambar 4.25d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 180°C..... 87
117. Gambar 4.25e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 200°C..... 87
118. Gambar 4.25f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Kabel Normal..... 87
119. Gambar 4.26a : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 100°C.... 88
120. Gambar 4.26b : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 120°C.... 88
121. Gambar 4.26c : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 150°C.... 88
122. Gambar 4.26d : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 180°C.... 88
123. Gambar 4.26e : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 200°C.... 88

124. Gambar 4.26f : Struktur Mikro Selubung PVC Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Kabel Normal..... 88
125. Gambar 4.27a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 100°C..... 89
126. Gambar 4.27b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 120°C..... 89
127. Gambar 4.27c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 150°C..... 89
128. Gambar 4.27d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 180°C..... 89
129. Gambar 4.27e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 200°C..... 90
130. Gambar 4.27f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Hujan Kabel Normal..... 90
131. Gambar 4.28a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 100°C..... 90
132. Gambar 4.28b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 120°C..... 90
133. Gambar 4.28c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 150°C..... 91
134. Gambar 4.28d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 180°C..... 91
135. Gambar 4.28e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 200°C..... 91

136. Gambar 4.28f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Campuran Kabel Normal..... 91
137. Gambar 4.29a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 100°C..... 92
138. Gambar 4.29b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 120°C..... 92
139. Gambar 4.29c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 150°C..... 92
140. Gambar 4.29d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 180°C..... 92
141. Gambar 4.29e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 200°C..... 92
142. Gambar 4.29f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Pasir Kabel Normal..... 92
143. Gambar 4.30a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 100°C..... 93
144. Gambar 4.30b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 120°C..... 93
145. Gambar 4.30c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 150°C..... 93
146. Gambar 4.30d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 180°C..... 93
147. Gambar 4.30e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 200°C..... 94

148. Gambar 4.30f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Air Sabun Kabel Normal..... 94
149. Gambar 4.31a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 100°C..... 94
150. Gambar 4.31b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 120°C..... 94
151. Gambar 4.31c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 150°C..... 95
152. Gambar 4.31d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 180°C..... 95
153. Gambar 4.31e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 200°C..... 95
154. Gambar 4.31f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 500X Dan Pendinginan Udara Kabel Normal..... 95
155. Gambar 4.32a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 100°C..... 96
156. Gambar 4.32b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 120°C..... 96
157. Gambar 4.32c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 150°C..... 96
158. Gambar 4.32d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 180°C..... 96
159. Gambar 4.32e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Pemanasan 200°C..... 96

160. Gambar 4.32f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Hujan Kabel Normal..... 96
161. Gambar 4.33a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 100°C..... 97
162. Gambar 4.33b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 120°C..... 97
163. Gambar 4.33c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 150°C..... 97
164. Gambar 4.33d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 180°C..... 97
165. Gambar 4.33e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Pemanasan 200°C..... 98
166. Gambar 4.33f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Campuran Kabel Normal..... 98
167. Gambar 4.34a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 100°C..... 97
168. Gambar 4.34b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 120°C..... 97
169. Gambar 4.34c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 150°C..... 97
170. Gambar 4.34d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 180°C..... 97
171. Gambar 4.34e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 200°C..... 98

172. Gambar 4.34f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Kabel Normal..... 98
173. Gambar 4.35a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 100°C..... 100
174. Gambar 4.35b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 120°C..... 100
175. Gambar 4.35c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 150°C..... 100
176. Gambar 4.35d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 180°C..... 100
177. Gambar 4.35e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Pemanasan 200°C..... 100
178. Gambar 4.35f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Air Sabun Kabel Normal..... 100
179. Gambar 4.36a : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 100°C..... 101
180. Gambar 4.36b : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 120°C..... 101
181. Gambar 4.36c : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 150°C..... 101
182. Gambar 4.36d : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Pasir Pemanasan 180°C..... 101
183. Gambar 4.36e : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Udara Pemanasan 200°C..... 102

184. Gambar 4.36f : Struktur Mikro Kawat Tembaga Kabel Utuh Dengan Perbesaran 1000X Dan Pendinginan Udara Kabel Normal..... 102

DAFTAR TABEL

1. Tabel 4.1 : Hasil Pengujian Tarik Dengan Pemanasan Pada Suhu 100ºC
2. Tabel 4.2 : Hasil Pengujian Tarik Dengan Pemanasan Pada Suhu 120ºC
3. Tabel 4.3 : Hasil Pengujian Tarik Dengan Pemanasan Pada Suhu 150ºC
4. Tabel 4.4 : Hasil Pengujian Tarik Dengan Pemanasan Pada Suhu 180ºC
5. Tabel 4.5 : Hasil Pengujian Tarik Dengan Pemanasan Pada Suhu 200ºC
6. Tabel 4.6 : Nilai Tegangan Maksimum Spesimen Pemanasan Pada Suhu 100ºC
7. Tabel 4.7 : Nilai Tegangan Maksimum Spesimen Pemanasan Pada Suhu 120ºC
8. Tabel 4.8 : Nilai Tegangan Maksimum Spesimen Pemanasan Pada Suhu 150ºC
9. Tabel 4.9 : Nilai Tegangan Maksimum Spesimen Pemanasan Pada Suhu 180ºC
10. Tabel 4.10: Nilai Tegangan Maksimum Spesimen Pemanasan Pada Suhu 200ºC
11. Tabel 4.11: Nilai Tegangan Patah Spesimen Pemanasan Pada Suhu 100ºC
12. Tabel 4.12: Nilai Tegangan Patah Spesimen Pemanasan Pada Suhu 120ºC
13. Tabel 4.13: Nilai Tegangan Patah Spesimen Pemanasan Pada Suhu 150ºC
14. Tabel 4.14: Nilai Tegangan Patah Spesimen Pemanasan Pada Suhu 180ºC
15. Tabel 4.15: Nilai Tegangan Patah Spesimen Pemanasan Pada Suhu 200ºC
16. Tabel 4.16: Nilai Regangan Spesimen Pemanasan Pada Suhu 100ºC
17. Tabel 4.17: Nilai Regangan Spesimen Pemanasan Pada Suhu 120ºC
18. Tabel 4.18: Nilai Regangan Spesimen Pemanasan Pada Suhu 150ºC
19. Tabel 4.19: Nilai Regangan Spesimen Pemanasan Pada Suhu 180ºC
20. Tabel 4.20: Nilai Regangan Spesimen Pemanasan Pada Suhu 200ºC
21. Tabel 4.21: Nilai Modulus Elastisitas Spesimen Pemanasan Pada Suhu 100ºC
22. Tabel 4.22: Nilai Modulus Elastisitas Spesimen Pemanasan Pada Suhu 120ºC
23. Tabel 4.23: Nilai Modulus Elastisitas Spesimen Pemanasan Pada Suhu 150ºC

24. Tabel 4.24: Nilai Modulus Elastisitas Spesimen Pemanasan Pada Suhu 180ºC
25. Tabel 4.25: Nilai Modulus Elastisitas Spesimen Pemanasan Pada Suhu 200ºC
26. Tabel 4.26: Hasil Pengujian Resistivitas Sebelum Uji Tarik
27. Tabel 4.27: Hasil Pengujian Resistivitas Sesudah Uji Tarik
28. Tabel 4.28: Hasil Pengujian Resistivitas Jenis Kabel Utuh Sebelum Uji Tarik Pemanasan 100°C
29. Tabel 4.29: Hasil Pengujian Resistivitas Jenis Kabel Utuh Sebelum Uji Tarik Pemanasan 150°C
30. Tabel 4.30: Hasil Pengujian Resistivitas Jenis Kabel Utuh Sebelum Uji Tarik Pemanasan 200°C
31. Tabel 4.31: Hasil Pengujian Resistivitas Jenis Kabel Utuh Sebelum Uji Tarik Tanpa Pemanasan
32. Tabel 4.32: Hasil Pengujian Resistivitas Jenis Kabel Utuh Sesudah Uji Tarik Pemanasan 100°C
33. Tabel 4.33: Hasil Pengujian Resistivitas Jenis Kabel Utuh Sesudah Uji Tarik Pemanasan 150°C
34. Tabel 4.34: Hasil Pengujian Resistivitas Jenis Kabel Utuh Sesudah Uji Tarik Pemanasan 200°C
35. Tabel 4.35: Hasil Pengujian Resistivitas Jenis Kabel Utuh Sesudah Uji Tarik Tanpa Pemanasan

DAFTAR NOTASI

σ	Tegangan	MPa
P	Beban pada saat pengujian	kgf
A	Luas penampang	mm^2
ε	Regangan	%
ΔL	Perpanjangan	mm
L_0	Panjang awal	mm
E	Modulus Elastisitas	MPa
t	Temperatur	^oC
W	Berat	Kg
d	Diameter	m
V	Tegangan	v
R	Tahanan Bahan	Ω
ρ	Resistivitas Bahan	Ωm
L	Panjang Penghantar	m