

# **SKRIPSI**

**ANALISA PENGARUH HEAT TREATMENT DAN VARIASI  
KECEPATAN PUTARAN PADA PENGELASAN GESEK BAJA  
AISI 1045 / S45C TERHADAP KEKUATAN TARIK  
STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN**



**Disusun Oleh :**

**M A BUQI RIZKY DWI PUTRA**

**1811 015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1**

**FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**

# **SKRIPSI**

## **ANALISA PENGARUH HEAT TREATMENT DAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN PADA PENGELASAN GESEK BAJA AISI 1045 / S45C TERHADAP KEKUATAN TARIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
(ST) Jurusan Teknik Mesin.**

**Disusun Oleh :**

**M A BUQI RIZKY DWI PUTRA**

**1811 015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1**

**FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2022/2023**



# SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH HEAT TREATMENT DAN VARIASI  
KECEPATAN PUTARAN PADA PENGELASAN GESEK BAJA  
AISI 1045 / S45C TERHADAP KEKUATAN TARIK  
STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN**



**Disusun Oleh :**

**M A BUQI RIZKY DWI PUTRA**

**1811 015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1**

**FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Skripsi

**ANALISA PENGARUH HEAT TREATMENT DAN VARIASI  
KECEPATAN PUTARAN PADA PENGELASAN GESEK BAJA AISI 1045  
/ S45C TERHADAP KEKUATAN TARIK STRUKTUR MIKRO DAN  
KEKERASAN**



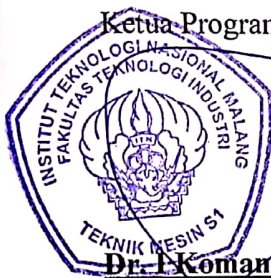
Disusun Oleh :

**NAMA : M A BUQI RIZKY DWI PUTRA**

**NIM : 1811 015**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1



**Dr. Komang Astana Widi, ST., MT.**

**NIP. P. 1030400405**

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

**Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng**

**NIP. P. 1031500492**





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : M A Buqi Rizky Dwi Putra  
NIM : 18.11.015  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Heat Treatment dan Variasi Kecepatan Putaran Pada Pengelasan Gesek Baja AISI 1045 / S45C Terhadap Kekuatan Tarik Struktur Mikro dan Kekerasan.

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari/Tanggal : Selasa 31 Januari 2023

Dengan Nilai :

**Panitia Penguji Skripsi**

**Ketua**

Prodi Teknik Mesin S-1

**Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.**  
NIP.Y.1030400405

**Sekretaris**

Prodi Teknik Mesin S-1

**Febi Rahmadiano, ST., MT.**  
NIP.Y.1031500490

**Anggota Penguji,**

**Penguji 1**

**Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT.**  
NIP.P.1032100599

**Penguji 2**

**Tito Arif Sutrisno, S.Pd., MT.**  
NIP. P. 1032100589

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M A Buqi Rizky Dwi Putra  
NIM : 1811 015  
Prodi : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknik Industri  
Asal Kampus : Institut Teknologi Nasional Malang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis skripsi yang saya buat dengan judul "**Analisa Pengaruh Heat Treatment Dan Variasi Kecepatan Putaran Pada Pengelasan Gesek Baja AISI 1045/ S45C Terhadap Kekuatan Tarik Struktur Mikro dan Kekerasan**" adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan hasil duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur baik sepenuhnya maupun sebagian dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 15 Februari 2023



**M A Buqi Rizky Dwi Putra**  
**NIM. 1811 015**

## LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI










Nama : M A Buqi Rizky Dwi Putra

NIM : 1811 015

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Heat Treatment Dan Variasi Kecepatan Putaran Pada Pengelasan Gesek Baja AISI 1045 / S45C Terhadap Kekuatan Tarik Struktur Mikro Dan Kekerasan.

Dosen Pembimbing : Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng

No	Materi Bimbingan	Waktu	Paraf
1	- Pengajuan Judul - Penentuan Tempat Pengujian	30 September 2022	
2	- Konsultasi BAB I , II , III - Sitasi Kutipan - Daftar Pustaka	03 Oktober 2022	
3	- Konsultasi BAB I Pendahuluan - Format Daftar Pustaka (APA)	05 Oktober 2022	
4	- Penjadwalan Seminar Proposal - Konsultasi BAB II Tinjauan Pustaka	21 Oktober 2022	
5	- Konsultasi BAB III Metode Penelitian - Revisi PPT dan Cara Presentasi	01 November 2022	
6	- Konsultasi BAB IV Hasil Penelitian - Revisi Daftar Pustaka	29 November 2022	
7	- Konsultasi BAB IV Analisa Penelitian - Konsultasi BAB V Kesimpulan - Penjadwalan Seminar Hasil	16 Desember 2022	
8	- Revisi Penyusunan PPT - Konsultasi BAB V Kesimpulan	21 Desember 2022	
9	- Pengajuan Komprehensif - Persyaratan Komprehensif	03 Januari 2023	



## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : M A Buqi Rizky Dwi Putra  
NIM : 1811 015  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Heat Treatment Dan Variasi Kecepatan Putaran Pada Pengelasan Gesek Baja AISI 1045 / S45C Terhadap Kekuatan Tarik Struktur Mikro Dan Kekerasan.  
Dosen Pembimbing : Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng

Tanggal Pengajuan Skripsi : 30 September 2022  
Tanggal Penyelesaian Skripsi : 31 Januari 2023  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai :

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen Pembimbing



**Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng**  
NIP. P. 1031500492

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah- Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi dengan judul “Analisa Pengaruh Heat Treatment Dan Variasi Kecepatan Putaran Pada Pengelasan Gesek Baja AISI 1045 Terhadap Kekuatan Tarik, Struktur Mikro dan Kekerasan” yang di buat untuk melengkapi persyaratan lulus S-1 Sarjana Teknik Mesin di Program Studi Teknik Mesin S1 Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis menyadari dalam penulisan proposal skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik dan tepat waktu tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bimbingan, dukungan dan bantuannya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr I Komang Astana Widi, ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan, masukan dan nasehat yang sangat bermanfaat kepada penulis.
4. Bapak Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT sebagai Penguji I dan Bapak Tito Arif Sutrisno, S.Pd., MT sebagai Penguji II yang telah memeriksa, memberi masukan atas segala kekurangan dan memberikan nilai pada karya tulis skripsi yang telah dibuat penulis.
5. Rekan-rekan yang telah banyak membantu selama proses penyusunan laporan ini hingga selesai.
6. Orang tua penulis yang telah banyak memberi dukungan baik moral, material dan spiritual.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam pengumpulan dan pengujian data.
8. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Proposal Skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna.

Oleh karena itu penulis meminta maaf apabila ada kesalahan dalam penulisan. Untuk itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca sangat penulis harapkan.

Semoga Proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca.

Malang, 10 Maret 2023

Penulis,

**M. A. Buqi Rizky Dwi Putra**

**NIM. 1811 015**

**Analisa Pengaruh Heat Treatment dan Variasi  
Kecepatan Putaran Pada Pengelasan Gesek  
Baja AISI 1045 Terhadap Kekuatan Tarik Struktur Mikro dan Kekerasan.**

*M. A. B. Rizky Dwi Putra<sup>1</sup>, G. Adityo Pohan<sup>2</sup>*

*Teknik Mesin SI, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia*

*Email: [muhammadagusbuqi@gmail.com](mailto:muhammadagusbuqi@gmail.com)*

**Abstract**

Kemajuan Teknologi di era globalisasi 4.0 yang sangat pesat di segala aspek ilmu pengetahuan, khususnya dalam ilmu metalurgi material. Namun hingga saat ini, dalam suatu pekerjaan berat yang membutuhkan bantuan alat berat masih sering di temukan kegagalan kerja baik yang di sebabkan oleh tingkat keamanan maupun dari segi material. Hal ini biasa terjadi sebab gagalnya sambungan las dan penggunaan material yang tidak tepat atau sifat yang di butuhkan dalam suatu kerja tidak memenuhi kriteria dan perlunya perlakuan khusus untuk mencapai sifat yang dibutuhkan. Perlakuan pada material khususnya perlakuan panas sering diabaikan dan dianggap menghambat kinerja karena harus melalui beberapa proses yang cukup rumit. Hal ini yang mendorong peneliti untuk mengambil judul (Analisa Pengaruh Heat Treatment dan Variasi Kecepatan Putaran Pada Pengelasan Gesek Baja AISI1045 / S45C Terhadap Uji Tarik Struktur Mikro dan Kekerasan)

Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai kekerasan pada daerah sambungan las specimen dengan treatment 800°C lebih baik yaitu 233,2 HV dari pada nilai kekerasan pada daerah sambungan las specimen tanpa diberlakukan perlakuan panas yaitu 197,3 HV, pada bagian HAZ nilai kekerasan specimen tanpa perlakuan panas lebih tinggi yaitu 273,3 HV dibandingkan nilai kekerasan spesimen dengan perlakuan perlakuan panas yaitu 199,6 HV. Didapatkan kesenjangan nilai kekerasan yang cukup besar pada bagian-bagian tertentu dari specimen tanpa perlakuan panas, hal ini mempengaruhi nilai kekuatan tarik dan sifat yang dimiliki specimen, Dimana pada specimen tanpa perlakuan memiliki struktur mikro patah getas pada daerah las dengan perpatahan tidak disertai dengan penambahan panjang dengan nilai tegangan luluh 307,8 Mpa dengan tegangan maksimum 334,4 Mpa. Pada specimen dengan perlakuan panas didapatkan nilai tegangan luluh 268,4 Mpa dan nilai tegangan maksimum 272,6 Mpa patah pada bagian HAZ dengan struktur perpatahan patah ulet yang disertai dengan penambahan panjang sebelum perpatahan.

**Keywords** Friction Welding, Heat Treatment, Nilai Kekerasan, Tegangan dan Regangan, Baja AISI1045, Struktur Mikro, Mikro SEM-EDS, Mikroskop Optik.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN DEPAN</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	iv
<b>LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI</b> .....	v
<b>LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.6 Sistematika Penyusunan</b> .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1 Baja Karbon</b> .....	6
<b>2.1.1 Diagram Fe<sub>3</sub>C</b> .....	6
<b>2.1.2 Hubungan Antara Kandungan Karbon dan Kegunaannya Pada Baja</b> .....	8



2.1.3 Jenis-Jenis Baja.....	8
2.1.4 Baja AISI 1045 / S45C .....	10
2.2 Pengelasan ( <i>Welding</i> ).....	13
2.2.1 Proses Dasar Pengelasan.....	13
2.2.2 Pengelasan Gesek ( <i>Friction Welding</i> ).....	14
2.2.3 Daerah Sambungan <i>Welding</i> .....	16
2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan Las Gesek ( <i>Friction Welding</i> ).....	17
2.3 Perlakuan Panas ( <i>Heat Treatment</i> ).....	17
2.3.1 <i>Hardening</i> .....	19
2.3.2 Tempering .....	20
2.3.3 Aneling.....	21
2.3.4 Normalizing .....	22
2.3.5 Prinsip Kerja <i>hardening</i> .....	22
2.4 Pengujian Tarik .....	24
2.4.1 Spesimen Pengujian Tarik .....	26
2.5 Pengujian Kekerasan.....	27
2.5.1 Dasar-Dasar Pengujian Kekerasan.....	27
2.5.2 Metode <i>Hardness Test</i> .....	28
2.5.3 Metode Pengujian <i>Vickers</i> .....	28
2.5.4 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> .....	28
2.5.5 Pengujian Kekerasan <i>Mikro Vickers</i> .....	30
2.6 Pengujian Struktur Mikro.....	30
2.6.1 Mikro Optik .....	31

2.6.2 SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	32
---	----

2.6.3 EDX ( <i>Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> ).....	34
--	----

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Kerangka Konsep .....	35
---------------------------	----

3.1.1 Penjelasan Kerangka Konsep.....	36
---------------------------------------	----

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
---------------------------------------	----

3.2.1 Waktu Penelitian .....	36
------------------------------	----

3.2.2 Tempat Penelitian .....	37
-------------------------------	----

3.3 Bahan dan Alat Pengujian.....	37
-----------------------------------	----

3.4 Variable Penelitian .....	38
-------------------------------	----

3.4.1 Variabel Bebas .....	38
----------------------------	----

3.4.2 Variabel Terikat .....	39
------------------------------	----

3.4.3 Variabel Kontrol .....	39
------------------------------	----

3.5 Prosedur Pengujian .....	39
------------------------------	----

3.5.1 Proses Pengelasan .....	39
-------------------------------	----

3.5.2 Perlakuan Panas <i>Hardening</i> .....	42
--	----

3.5.3 Proses Pengujian Tarik.....	43
-----------------------------------	----

3.5.4 Proses Pengujian Kekerasan .....	44
--	----

3.5.5 Proses Pengujian Struktur Mikro .....	46
---	----

### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Data Hasil Pengujian.....	49
-------------------------------	----

4.2 Analisa dan Pembahasan.....	53
---------------------------------	----

4.2.1 Analisa dan Pembahasan Data Pengujian Kekerasan .....	53
---	----

4.2.2 Analisa dan Pembahasan Data Pengujian Tarik .....	54
4.2.3 Pembahasan Pengujian Struktur Mikro Optik .....	56
4.2.4 Pembahasan Struktur Mikro Dengan SEM-EDAX .....	58

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran.....	63

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kadar Karbon dan Kegunaan.....	8
<b>Tabel 2.2</b> Komposisi Baja AISI 1045 .....	11
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Mekanik Baja AISI 1045 .....	11
<b>Tabel 3.1</b> <i>Heat Treatment Hardening</i> 800°C.....	42
<b>Tabel 3.2</b> Pengujian Tegangan Tarik.....	44
<b>Tabel 3.3</b> Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> .....	45
<b>Tabel 3.4</b> Penjelasan Jenis Sinyal <i>Detector</i> SEM.....	47
<b>Tabel 3.5</b> Pengamatan Struktur Mikro Dengan Metode SEM-EDAX .....	48
<b>Tabel 4.1</b> Spesifikasi Pengelasan Gesek Baja AISI 1045 .....	49
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pembentukan Spesimen Baja AISI 1045 .....	49
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Perhitungan Pengujian Kekerasan Micro Vicker .....	50
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Tarik Baja AISI 1045 .....	50
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengujian Tarik Baja AISI 1045 .....	51
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Pengujian Struktur Micro Optik.....	51
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Pengujian Photo SEM-EDAX.....	52
<b>Tabel 4.8</b> Pengujian Struktur Dengan Mikro Optik.....	56
<b>Tabel 4.9</b> Spektrum Rpm1200 Treatment 800° .....	60
<b>Tabel 4.10</b> Spektrum Rpm1800 Treatment 800° .....	60
<b>Tabel 4.11</b> Spektrum Rpm1200 Non-Treatment .....	60
<b>Tabel 4.12</b> Spektrum Rpm1800 Non-Treatment .....	61

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Diagram Fe dan Fe <sub>3</sub> C.....	7
<b>Gambar 2.2</b> Tahapan <i>Welding</i> .....	15
<b>Gambar 2.3</b> Skema <i>Direct Drive Welding</i> .....	16
<b>Gambar 2.4</b> Struktur Mikro Logam Hasil <i>Welding</i> .....	16
<b>Gambar 2.5</b> Diagram Daerah Pemanasan Proses Perlakuan Panas .....	19
<b>Gambar 2.6</b> Diagram TTT <i>Time Temperature Transformation</i> .....	23
<b>Gambar 2.7</b> Diagram Laju Pendinginan Sesuai Media.....	24
<b>Gambar 2.8</b> Skema Peralatan Yang Digunakan Dalam Uji Tarik .....	26
<b>Gambar 2.9</b> Prinsip Pengukuran Kekerasan Micro Vickers .....	29
<b>Gambar 2.10</b> Tipe-Tipe Lekukan Piramida Intan .....	30
<b>Gambar 2.11</b> Prinsip Kerja SEM .....	32
<b>Gambar 2.12</b> Skema SEM.....	33
<b>Gambar 3.1</b> Meteran Gulung .....	37
<b>Gambar 3.2</b> <i>Vernier Caliper</i> .....	37
<b>Gambar 3.3</b> Gerinda Tangan.....	38
<b>Gambar 3.4</b> Amplas .....	38
<b>Gambar 3.5</b> Pemanasan Bahan Yang Akan Di Las .....	40
<b>Gambar 3.6</b> Pengecekan RPM Spindel.....	40
<b>Gambar 3.7</b> Proses Pemanasan Permukaan Dengan Gesekan.....	41
<b>Gambar 3.8</b> Proses Pengelasan Gesek Baja AISI 1045 .....	41
<b>Gambar 3.9</b> Baja AISI 1045 Hasil Pengelasan Gesek .....	41
<b>Gambar 3.10</b> Treatment Spesimen A B .....	42



<b>Gambar 3.11</b> Persiapan Furnace Spesimen A B .....	42
<b>Gambar 3.12</b> Pembentukan Spesimen Uji Tarik.....	43
<b>Gambar 3.13</b> Spesimen Sudah Terbentuk.....	43
<b>Gambar 3.14</b> Pemasangan Spesimen Pada Mesin Uji Trik .....	43
<b>Gambar 3.15</b> Penyetelan Mesin Pengujian Tarik .....	43
<b>Gambar 3.16</b> Penyetelan Spesimen Pada Pengujian Kekerasan .....	44
<b>Gambar 3.17</b> Penyetelan Posisi Indentor .....	45
<b>Gambar 4.1</b> Diagram Perbandingan Kekerasan Pada Tiap Titik Spesimen .....	53
<b>Gambar 4.2</b> Diagram Perbandingan Tegangan Luluh .....	55
<b>Gambar 4.3</b> Diagram Perbandingan Tegangan Maximum .....	55
<b>Gambar 4.4</b> Letak Perpatahan Spesimen Uji Tarik.....	56
<b>Gambar 4.5</b> Analisa SEM $\mu\text{m}$ 100 Dengan Pembesaran 500x Hardening $800^\circ$ .....	58
<b>Gambar 4.6</b> Analisa SEM $\mu\text{m}$ 100 Dengan Pembesaran 500x Non-Treatment.....	58
<b>Gambar 4.7</b> Spektrum EDS $\mu\text{60}$ Hardening $800^\circ$ .....	59
<b>Gambar 4.8</b> Spektrum EDS $\mu\text{60}$ Non-Treatment .....	59