

MENINGKATKAN KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH UNTUK TERALIS PENJARA MELALUI PROSES KARBURASI PADAT

Rizky Tri Iswanto¹, Umen Rumendi, S.T., M.T.²

¹Teknik Mesin dan Manufaktur Polman Bandung

²Teknik Manufaktur Polman Bandung

Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135

Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649

Email: rizkytriiswanto@yahoo.com

Umen_rumendi2012@yahoo.com

Abstrak

Banyaknya kasus kaburnya narapidana dengan cara memotong teralis atau jeruji penjara dengan menggunakan gergaji, lebih disebabkan bahan teralis penjara yang kekerasannya rendah sehingga teralis penjara mudah sekali untuk digergaji. Kondisi seperti ini merupakan sebuah peluang besar yang bisa dilakukan penelitian tentang kemungkinan dibuat teralis alternatif dengan menggunakan jenis material lain yang direkayasa melalui proses *heat treatment* sehingga kualitas teralis atau jeruji penjara lebih kuat. Teralis penjara di Indonesia rata-rata menggunakan baja st-37 kecuali penjara-penjara zaman dulu peninggalan Belanda. Penelitian ini bertujuan ingin membuat material alternatif teralis penjara yang lebih tahan gesek dan tahan terhadap korosi. Dengan menggunakan spesimen uji *low carbon steel St 37* dalam bentuk silinder Ø22x80 mm yang dibuat melalui proses perlakuan panas dengan metode proses karburasi padat, *hardening*, *quenching* dan *tempering*. Adapun pengujian setelah *hardening* berupa pengujian kekerasan, distribusi kekerasan, struktur mikro dan uji korosi. Proses perlakuan panas menggunakan karburasi padat pada suhu 925°C dengan *holding time* 2,5 jam, dilanjutkan dengan proses *hardening* pada suhu 870°C dan *diquench* pada media air serta *ditemper* pada suhu 350°C. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa setelah dikeraskan spesimen memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari 127,3 HV menjadi 510 HV. Pada Pengujian struktur mikro terbentuk struktur martensite yang menandakan spesimen memiliki kekerasan yang tinggi dari sebelumnya. Pada pengujian keausan dengan memotong spesimen teralis menggunakan gergaji. Baja st 37 sebelum proses karburasi membutuhkan waktu 45 menit untuk memotongnya sedangkan baja st 37 setelah proses karburasi dalam waktu 45 menit tidak bisa dipotong dan hanya membentuk garis kecil. Hasil Pengujian korosi menunjukkan ketahanan korosi yang lebih baik setelah dikeraskan yaitu dengan laju korosi sebesar 0,725 mm/tahun. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah membuat teralis atau jeruji penjara dengan kualitas yang baik, yaitu lebih keras sehingga tidak bisa dipotong dengan gergaji dan tahan terhadap korosi.

Kata kunci: Teralis Penjara, *low carbon steel St 37*, karburasi padat, pengujian.

1. Pendahuluan

Banyaknya kasus tahanan yang kabur dari penjara dengan cara menggergaji teralis penjara. Pada umumnya teralis penjara berbahan material St37 dan hanya dilapisi cat. Namun jika teralis penjara itu sebelumnya dibuat melalui proses karburasi padat kekerasan permukaannya akan meningkat.

Karburasi Padat adalah pelapisan karbon pada baja rendah penelitian ini menggunakan campuran arang batok kelapa dan BaCO₃ untuk meningkatkan kekerasan pada permukaannya sehingga teralis penjara akan menjadi lebih keras dan sulit untuk digergaji.

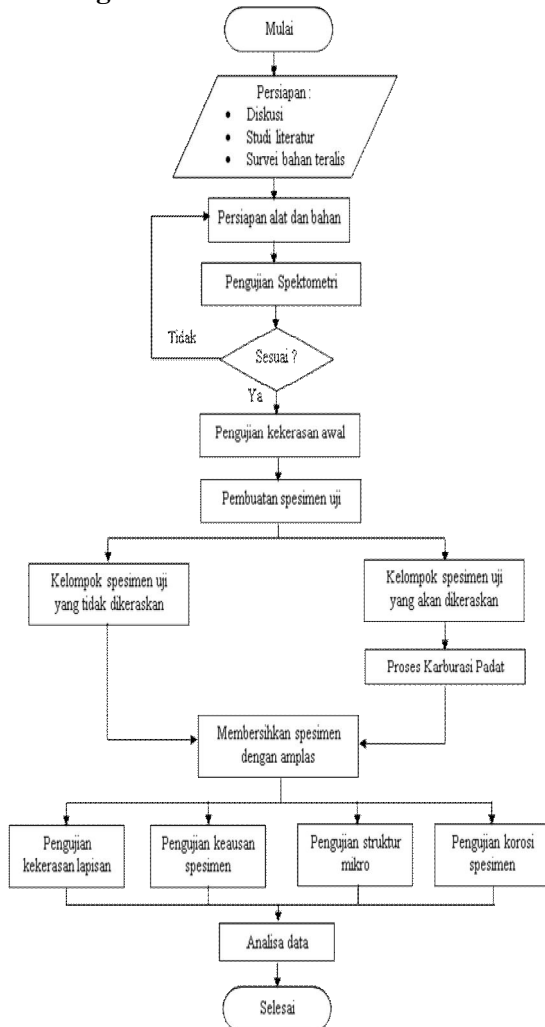
Sampel teralis penjara didapat dari penjara Kebon Waru. Dibuat berupa spesimen untuk mengetahui kandungan material yang terdapat pada teralis penjara dengan pengujian Spektometri. Kemudian spesimen teralis penjara dikeraskan melalui proses karburasi padat, *direct hardening*, *quenching* dengan media air dan *ditemper* pada suhu 300°C. Terakhir akan dilakukan pengujian sebelum dan setelah spesimen teralis penjara diproses karburasi padat.

Dengan adanya teralis penjara yang telah diproses dengan karburasi padat, permukaan teralis penjara menjadi lebih keras dan tahan

terhadap korosi untuk peningkatan kualitas teralis penjara yang ada di Indonesia.

2. Metodologi Penelitian (Bold, 12 TNR)

2.1 Diagram Alir Penelitian



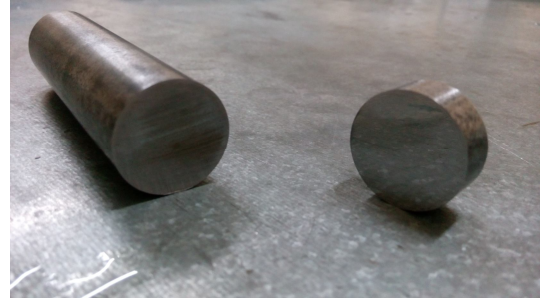
Gambar 2.1 Diagram Alir

Diagram alir penelitian ini menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian mulai dari persiapan alat dan bahan sampai dengan pengujian akhir untuk mendapatkan data hasil pengujian pada spesimen sebelum dan setelah dikeraskan untuk kemudian dianalisa dan diambil kesimpulan.

2.2 Pembuatan Spesimen

Sampel penelitian terbagi menjadi 2 kelompok yaitu sampel yang belum dan sudah dikeraskan berupa spesimen. Spesimen terbagi menjadi 2 yaitu spesimen dengan dimensi $\text{Ø}22 \times 80$ mm untuk pengujian keausan, kekerasan dan korosi dan spesimen dengan

dimensi $\text{Ø}22 \times 20$ mm dengan bagian ujung yang sudah dipoles pada mesin poles dengan amplas no. 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200 untuk pengujian spektrometri dan struktur mikro.



Gambar 2.2 Spesimen dimensi $\text{Ø}22 \times 80$ mm dan $\text{Ø}22 \times 20$ mm

2.3 Pengujian Awal

Pengujian awal dengan 2 cara yaitu Pengujian Spektometri untuk mengetahui kandungan pada material teralis penjara dan Pengujian Kekerasan pada permukaan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material teralis penjara sebelum dikeraskan.

2.4 Proses Karburasi Padat

Karburasi padat adalah proses penambahan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dibanding dengan dinding bagian dalam sehingga kekerasan permukaannya meningkat dengan menggunakan media arang batok kelapa dan BaCO_3 10%. Proses ini dilakukan di laboratorium *heat treatment* Polman Bandung. Temperatur yang digunakan yaitu 925°C sesuai pada standar ASM Vol. 4 Heat Treating halaman 751 dengan *holding time* selama 4 jam.

Kemudian dilakukan *direct hardening* dengan menurunkan suhu tungku menjadi 870°C dan *holding time* selama 30 menit. Setelah selesai diquenching dengan media air dan ditemper warna menggunakan suhu 300°C hingga spesimen berwarna kebiruan.

2.5 Proses Pengujian

Pengujian terdiri dari 4 yaitu:

1. Pengujian Kekerasan mengikuti standar ASTM E 18-00 (*Standard Test Method for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic*

Materials) dan ASTM E92 – 82 (*Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*).

Cara pengujian dengan alat *Hardness Rockwell Digital* atau *Vickers*. Untuk benda yang belum dikeraskan menggunakan satuan HRB untuk yang sudah dikeraskan menggunakan satuan HRC. Penitikan dengan indentor pada permukaan spesimen yang sudah dikeraskan sebanyak 5 titik atau lebih baik 10 titik.



Gambar 2.3 *Hardness Rockwell Digital*

2. Pengujian Keausan dengan cara memotong spesimen menggunakan gergaji untuk membandingkan berapa lama waktu yang dibutuhkan hingga terpotong pada spesimen yang belum dan sudah dikeraskan.



Gambar 2.4 Spesimen yang digergaji

3. Pengujian Struktur Mikro berdasarkan pada standar ASTM E3-01 (*Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens*). Untuk melihat struktur yang terbentuk pada spesimen sebelum dan setelah dikeraskan.

Spesimen dimensi $\phi 22 \times 20 \text{ mm}$ dipoles dengan mesin poles menggunakan amplas nomor 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200. Kemudian permukaan spesimen diberi cairan etsa, keringkan lalu spesimen diuji menggunakan Mikroskop Optik dengan perbesaran 100x, 400x, 1000x dan 2000x.

4. Pengujian Korosi menurut (Callister, 1984). Cara pengujiannya dengan merendam 2 kelompok spesimen pada wadah dengan campuran air dan HCL 4% selama 15 menit kemudian timbang berat spesimen untuk mengukur berat sebelum dan sesudah pengujian korosi untuk mengetahui laju korosinya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui ketahanan spesimen terhadap korosi sebelum dan setelah dikeraskan.



Gambar 2.5 Spesimen yang dimasukkan kedalam wadah berisi campuran HCL dan air

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tabel Hasil Uji Spektometri

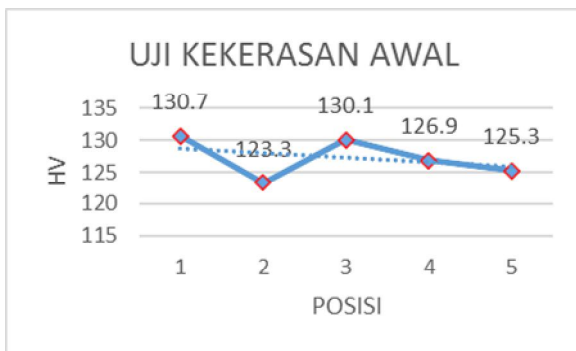
No	Nama Unsur	Simbol	Prosentase Berat (%)
1	Iron	Fe	99.090
2	Manganese	Mn	0.571
3	Carbon	C	0.081
4	Silicion	Si	0.191
5	Chromium	Cr	0.015
6	Nickel	Ni	0.006
7	Tungsten	W	0.002
8	Phosphorus	P	0.018
9	Sulfur	S	0.013
10	Copper	Cu	0.003

Berdasarkan hasil uji komposisi yang dilaksanakan di laboratorium Foundry Polman Bandung tercantum dalam tabel, baja yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam baja karbon rendah.

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan

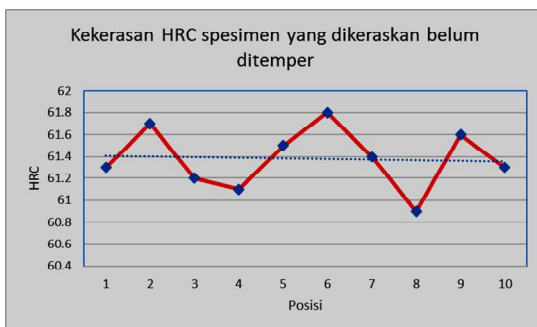
Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen awal (*low carbon steel St37* dimensi Ø22x80 mm). Uji kekerasan dilakukan pada 5 titik secara acak pada permukaan uji spesimen.

3.2.1 Grafik Hasil Uji Kekerasan Spesimen Awal



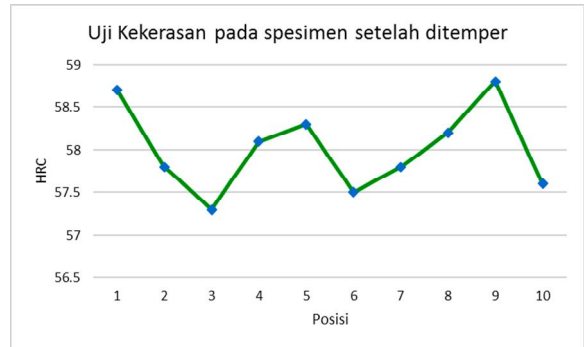
Berdasarkan hasil pengujian kekerasan menggunakan satuan HRB dan menggunakan beban 200kgf memiliki kekerasan awal dengan rata-rata sebesar 127,3 HV atau setara dengan 71 HRB. Hal ini menunjukkan bahwa spesimen yang diuji merupakan baja karbon rendah.

3.2.2 Grafik Hasil Uji Kekerasan Spesimen Setelah dikeraskan sebelum ditemper



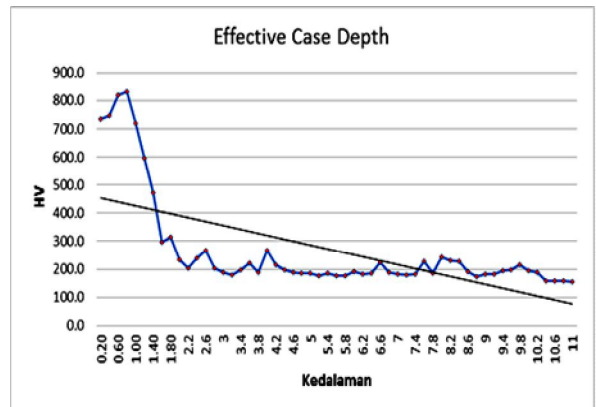
Berdasarkan hasil pengujian untuk spesimen yang sudah dikeraskan sebelum proses temper memiliki kekerasan rata-rata sebesar 61,38 HRC atau sekitar ±720 HV.

3.2.3 Grafik Hasil Uji Kekerasan Spesimen Setelah dikeraskan setelah ditemper



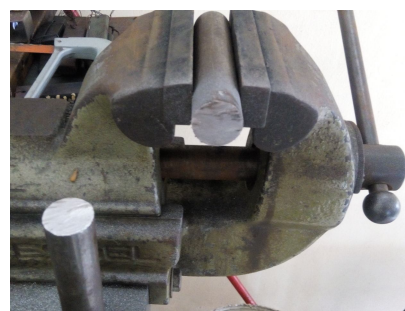
Berdasarkan hasil pengujian kekerasan menggunakan satuan HRC dan menggunakan beban 200kgf memiliki kekerasan dengan rata-rata sebesar 510 HV atau setara dengan 58,01 HRC.

3.2.4 Hasil Uji distribusi Kekerasan Spesimen Setelah dikeraskan



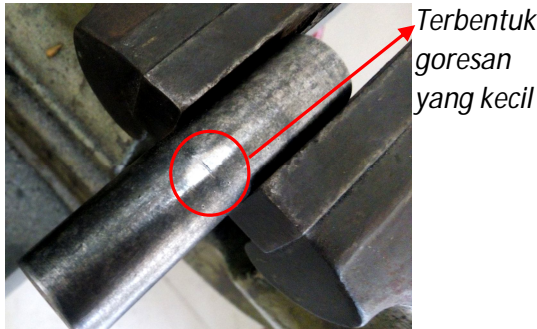
Setelah dilakukan uji Vickers pada 55 titik didapat rata-rata kekerasannya sebesar 265 HV dan untuk lapisan karbon yang terbentuk dengan kedalaman sekitar ±1,2 mm dilihat dari hasil kekerasan pada 596 HV.

3.3 Hasil Pengujian Keausan



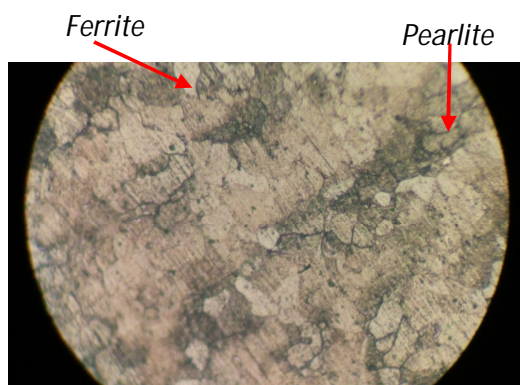
Gambar 3.1 Hasil pemotongan spesimen yang belum dikeraskan dengan gergaji

Berdasarkan hasil pengujian keausan, spesimen awal memerlukan waktu 45 menit sampai terpotong dan untuk spesimen yang sudah dikeraskan dalam waktu 45 menit digergaji hanya membentuk goresan kecil seperti gambar dibawah ini.



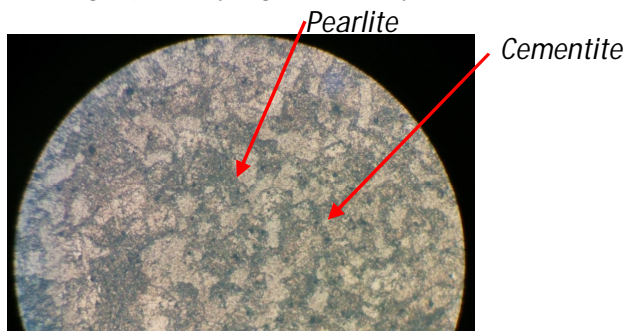
Gambar 3.2 Hasil pemotongan spesimen yang sudah dikeraskan dengan gergaji

3.4 Hasil Pengujian Struktur Mikro



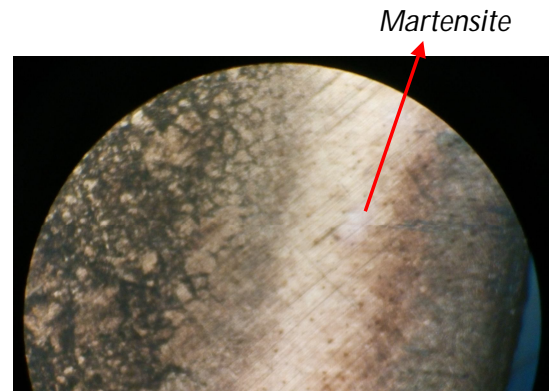
Gambar 3.3 Struktur Mikro perbesaran 400x spesimen yang belum dikeraskan

Hasil dari gambar menunjukan struktur yang terbentuk adalah *ferrite* dan *pearlite* merupakan daerah hypoeutectoid dimana baja masih lunak. Hal ini menunjukkan spesimen dapat dilakukan *treatment* karena kandungan *ferrite* yang masih banyak.



Gambar 3.4 Gambar Struktur Mikro perbesaran 400x spesimen yang sudah dikeraskan

Hasil dari gambar menunjukkan daerah *hypereutectoid* dengan adanya kandungan *cementite* dan *pearlite*. *Cementite* menandakan adanya kandungan karbon yang masuk kedalam spesimen.



Gambar 3.5 Perbesaran 400x spesimen yang sudah dikeraskan pada daerah tepi

Hasil dari gambar menunjukkan terbentuknya struktur *martensite* pada daerah tepi setelah proses *quenching* pada media air.

3.5 Hasil Pengujian Korosi

Hasil pengujian korosi menunjukkan untuk spesimen yang belum dikeraskan berat sebelum pengujian 240,1 gram dan sesudah pengujian 230,8 gram. Untuk benda yang sudah dikeraskan berat sebelum pengujian 249,3 gram dan sesudah pengujian 249,2 gram. Kemudian dihitung laju korosinya dengan perhitungan.

$$V_k = \frac{K \times M}{A \times t \times D} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

V_k = laju korosi ($mm^3/tahun$)

A = laus permukaan specimen mula-mula (mm^2)

t = lama waktu pengujian korosi (sekon)

D = berat jenis specimen mula- mula (gr^3/mm^3)

M = pengukuran berat specimen akibat uji korosi (gram)

K = konstanta perubahan satuan mm^3/s menjadi $mm^3/tahun$ (32258064,52)

Ketahanan Korosi Relatif	Korosi (mm/tahun)
Luar biasa	< 0,02
Baik sekali	0,02 – 0,15
Baik	0,15 – 0,5
Cukup	0,5 – 1,25
Jelek	1,25 – 5
Jelek sekali	> 5

Gambar 3.7 Rumus dan satuan ketahanan korosi relatif

-Sebelum dikeraskan:

$$\blacktriangleright V_k = \frac{K \times M}{A \times t \times D} = \frac{32258064,52 \times 0,3}{6289,46 \times 900 \times 0,786} = 2,175 \text{ mm/tahun}$$

-Setelah dikeraskan:

$$\blacktriangleright V_k = \frac{K \times M}{A \times t \times D} = \frac{32258064,52 \times 0,1}{6289,46 \times 900 \times 0,786} = 0,725 \text{ mm/tahun}$$

Hasilnya menunjukkan pada spesimen yang telah dikeraskan memiliki ketahanan terhadap korosi yang lebih baik dibandingkan dengan yang belum dikeraskan sesuai pada tabel ketahanan korosi relatif.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji kekerasan menunjukkan peningkatan kekerasan untuk benda yang telah dikeraskan. Dari kekerasan sebelum dikeraskan rata-rata sebesar 127,3 HV menjadi 510 HV setelah dikeraskan.
2. Hasil Uji keausan menunjukkan spesimen yang belum dikeraskan memerlukan waktu ± 45 menit untuk dipotong menggunakan gergaji secara manual dan untuk spesimen yang sudah dikeraskan dipotong juga menggunakan gergaji dengan waktu yang sama hanya membentuk goresan kecil.
3. Hasil Uji struktur mikro menunjukkan pembentukan struktur cementite setelah dikeraskan yang menandakan spesimen memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada spesimen yang sebelumnya dikeraskan.
4. Hasil Uji korosi menunjukkan benda yang dikeraskan memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dengan perhitungan laju korosi sebesar 0,725mm/tahun (termasuk dalam kategori cukup) dibandingkan dengan spesimen yang belum dikeraskan laju korosinya sebesar 2,175mm/tahun (termasuk dalam kategori jelek).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Pak Umen Rumendi, S.T., M.T. yang telah membimbing penulis selama proses penelitian, keluarga dan teman-teman yang telah memberikan sumbangan penting dalam proses penulisan.

Referensi/Daftar Pustaka

- [1] ASM Metal Hand Book Volume 4 Heat Treating (1991).
- [2] Sofiyudin, Ahmad A. 2007. Pengaruh Suhu *Carburizing*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [3] ASTM E18 – 00 (*Standard Test Method for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials*), ASTM International, Amerika.
- [4] ASTM E92 – 82 (*Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*), ASTM International, Amerika.
- [5] ASTM E3 – 01 (*Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens*), ASTM International, Amerika.
- [6] Callister, W. D., Jr, 1984, *Introduction to Material Science and Engineering*, John Willey and Sons, New York.