

# Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Media *Quenching* Pada Proses *Hardening* Terhadap Kekerasan Permukaan Dan Tingkat Distorsi Baja AISI 1045

Fikry Fauzi Rachman, Umen Rumendi

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
 Jl.Kanayakan No.21-Dago, Bandung – 40135  
 Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649  
 Email : [Fikri\\_fr@yahoo.co.id](mailto:Fikri_fr@yahoo.co.id)

## Abstrak

Penelitian ini menyajikan pengaruh temperatur media *quenching* terhadap distorsi, kekerasan dan struktur mikro pada baja AISI 1045 (1.1730). Baja AISI 1045 sering digunakan material untuk komponen mesin. Konsentrasi kandungan unsur baja AISI 1045 adalah 0,43 % C, 0,7 % Mn Dan 0,3 % Si. Distorsi merupakan salah satu jenis deformasi yang terjadi setelah melalui proses *hardening*. Temperatur media *quenching* sering diabaikan dalam tahapan proses *hardening* sehingga tidak diketahui pengaruhnya terhadap hasil dari proses *hardening*. Sehingga dilakukan penelitian pengaruh temperatur media *quenching* terhadap distorsi, kekerasan dan struktur mikro. Metode penelitian ini menggunakan poros lurus sebagai spesimen pengujian. Enam sampel poros yang memiliki dimensi 350mm x Ø28mm akan dipanaskan sampai temperatur 850°C dan *holding time* selama 15 menit dan kemudian di-*quenching* dalam tiga temperatur yang berbeda. Media *quenching* yang digunakan yaitu berupa air. Temperatur media *quenching* adalah 2°C, 26°C dan 60°C. Parameter tetap yang ditentukan dalam penelitian ini adalah bentuk dan dimensi spesimen, waktu penahanan proses pengerasan (*holding time*), temperatur *hardening*, volume media *quenching* dan jenis media *quenching*. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur media *quenching* terhadap distorsi, kekerasan, dan struktur mikro pada proses *hardening* material baja AISI 1045. Hasil percobaan menunjukkan tingkat distorsi maksimum terjadi pada benda kerja yang di-*quenching* dengan menggunakan air yang dipanaskan sampai 60 °C yaitu sebesar 3,42 mm kemudian dengan air+ es (2 °C) sebesar 3.21 mm dan air temperatur ruangan (26°C) yaitu 1,5 mm. Sedangkan untuk pencapaian kekerasan dan struktur mikro relatif sama yaitu 58-60 HRC dan struktur yang terbentuk full *martensite*. Dari Hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa temperatur media *quenching* air tidak berpengaruh terhadap pembentukan struktur mikro dan kekerasan namun berpengaruh terhadap tingkat distorsi yang terjadi. Media *quenching* air dengan temperatur ruangan menghasilkan tingkat distorsi paling rendah.

**Kata Kunci :** *quenching*, distorsi, *hardening*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Material AISI 1045 (1.1730) merupakan salah satu jenis material yang sering digunakan terutama untuk pembuatan komponen mesin baik berupa poros ataupun roda gigi. Material AISI 1045 memiliki kandungan karbon berkisar antara 0.42-0.50% C, 0.6-0.9% Mn, 0.04% P(max), dan 0.05% S(max) (Totten, 2006). Untuk menunjang fungsi dari benda kerjaterkadang dibutuhkan proses *hardening*. Tingkat kekerasan dari proses *hardening* terkadang tidak sesuai dengan yang diharapkan bahkan dapat terjadi distorsi pada benda kerja yang di-harden. Pada proses *hardening* umumnya temperatur media *quenching* (untuk AISI 1045 berupa air) umumnya diabaikan sehingga tidak diketahui apakah temperatur media

*quenching* air berpengaruh terhadap kekerasan, tingkat distorsi dan struktur mikro yang terbentuk.

Dari beberapa pengalaman yang ditemui dilapangan, ditemukan beberapa masalah pada material AISI 1045(1.1730) dimana masalah yang umum ditemui yaitu tingkat distorsi yang berupa bengkok yang besar akibat dari proses *hardening* dari temperatur 830°C didinginkan secara cepat dengan media *quenching* air pada temperatur normal. Mengetahui apakah pengaruh dari dari temperatur media *quenching* berdampak pada kondisi kekerasan dan tingkat distorsi maka pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan memvariasikan temperatur media *quenching* dan temperatur *hardening* yang konstan.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur media *quenching* air terhadap tingkat kekerasan permukaan, distorsi (kebengkokkan) yang terjadi dan struktur mikro pada baja AISI 1045 serta untuk mencari temperatur media *quenching* air yang tepat untuk mengeraskan baja AISI 1045 terhadap ketercapaian kekerasan dan tingkat distorsi yang rendah

## 2. Kajian Pustaka

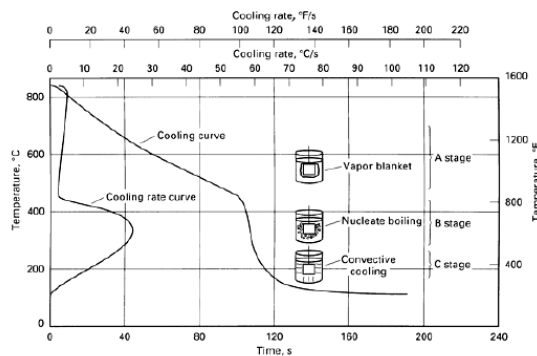
### 2.1. Material AISI 1045

Material AISI 1045 merupakan salah satu jenis material yang termasuk medium carbon steel. Berdasar tabel *Standard Carbon Steel Composition with SAE-AISI and Corresponding UNS Designation*, batas kandungan unsur untuk baja AISI 1045 yaitu 0.42-0.5% C, 0.6-0.9% Mn, 0.04% P (max), dan 0.05% S (max) (Totten, 2006).

### 2.2. Quenching

*Quenching* adalah proses pendinginan logam secara cepat dari temperatur *austenite* (815-870°C). Proses *quenching* pada baja bertujuan untuk mengontrol pembentukan *martensite* pada struktur mikro. Keberhasilan proses *hardening* dilihat dari tercapainya kekerasan, ketangguhan, kekuatan, struktur mikro serta residual stress, distorsi dan kemungkiannya retak yang rendah.

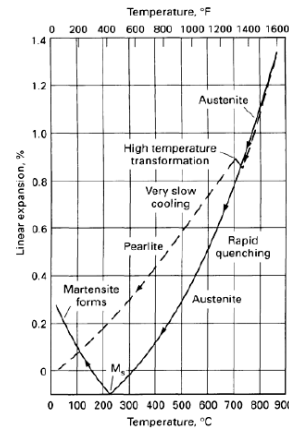
Proses *quenching* terdiri dari tiga tahap yaitu tahap pertama pembentukan lapisan uap (vapor blanket stage), tahap kedua yaitu nucleating of boiling stage dan tahap ketiga yaitu convection stage (Totten, 2006).



Gambar 1. Tahapan proses *quenching* (ASM International, 1991)

### 2.3. Distorsi

Distorsi merupakan salah satu akibat dari proses pendinginan. Pada proses pendinginan dan transformasi terjadi perubahan dimensi secara linier seperti ditunjukkan pada oleh gambar 2.



Gambar 2. Perubahan dimensi linier akibat pendinginan (ASM International, 1991)

Distorsi terjadi akibat dari tiga fenomena yaitu warping, thermal conductivity dan *martensite* form (ASM International, 1991).

- *Warping* terjadi akibat ketidakseragaman panas. Sehingga penyusutan tidak terjadi secara bersamaan.
- *Thermally conductivity* terjadi akibat ketidakseragaman proses pendinginan.
- *Martensite* form, distorsi terjadi akibat pembentukan *martensite*.

### 2.4. Struktur Mikro

Baja memiliki bermacam-macam struktur mikro antara lain (Singh, 2008):

- *Ferrite*, yaitu struktur mikro pada baja yang memiliki sifat lunak, ulet dan magnetik.
- *Cementite* / besi karbida, merupakan struktur yang keras dan rapuh.
- *Pearlite*, merupakan struktur mikro perpaduan antara *ferrite* dengan *cementite*. Sifat yang terbentuk tergantung dari perbandingan antara *ferrite* dan *cementite* yang dikandung.

- Ledeburite, struktur yang umumnya ditemukan pada besi cor yang terdiri dari struktur austenit dan *cementite*.
- *Bainite*, merupakan struktur yang campuran antara *ferrite* dan *cementite* dan memiliki struktur kristal lebih halus dibanding pearlite. Hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron.
- *Martensite*, yaitu struktur yang terbentuk akibat proses pendinginan cepat dari temperatur *austenite*.

2.5. Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor adalah Perbandingan antara banyaknya kalor  $\Delta Q$  yang dibutuhkan oleh benda untuk menaikkan temperturnya sebesar  $\Delta T$  (Furoidah, 1994). Berikut adalah persamaannya:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana C merupakan kapasitas kalor. Dimana kapasitas kalor hasil kali dari masaa dengan kalor jenis (c).

$$c = \frac{\text{kapasitas kalor}}{\text{massa}} = \frac{C}{m} \dots \dots \dots (2)$$

Sehingga hubungan antara kapasitas kalor dengan kalor jenis:

$$Q = C \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta T \dots \dots \dots (3)$$

Hubungan kalor dengan perubahan wujud :

$$Q = m \cdot L \dots \dots \dots (4)$$

Dimana L adalah kalor laten yaitu kalor yang diserap atau dikeluarkan per satuan massa benda. Adapun hubungan kalor dengan asas black :

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}} \dots \dots \dots (5)$$

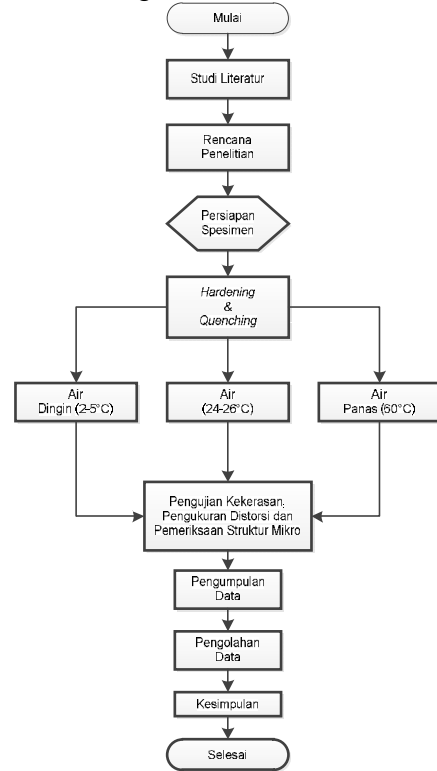
$$Q_1 = Q_2 \dots \dots \dots (6)$$

atau

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (T_1 - T_a) = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_a - T_2) \dots \dots \dots (7)$$

3. Methodology Penelitian

3.1. Diagram Alir Penelitian

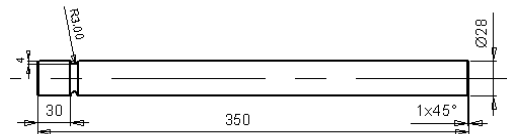


Gambar 3. Diagram alir penelitian

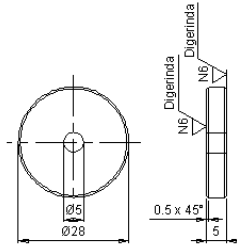
3.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dalam beberapa tahap :

1. Merencanakan penelitian meliputi menghitung volume media *quenching* minimum serta dan menentukan perbandingan air dengan es agar mendapatkan temperatur berkisar antara 2-5°C. Volume media *quenching* minimum yaitu 15 L (alat yang tersedia 22 L) dan perbandingan air dan es 12,7L: 9,3L.
2. Melakukan pembuatan spesimen sesuai dengan gambar :

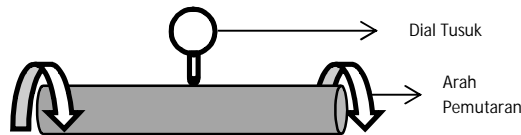


Gambar 4. Benda kerja pengujian distorsi



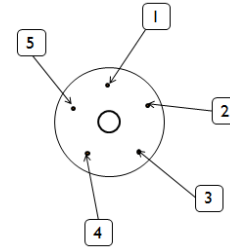
Gambar 5. Benda kerja pengujian kekerasan dan pemeriksaan struktur mikro

- Melakukan pengukuran distorsi awal sebelum dilakukan proses *hardening*. Proses pengukuran distorsi dilakukan dengan menggunakan *between center* pada mesin bubut. Pengukuran dilakukan dengan memutar benda kerja pada satu titik. Pergerakan maksimum pada dial jarum menandakan besar distorsi yang terjadi.



Gambar 6. Pengukuran distorsi

- Melakukan proses pemanasan benda kerja sampai temperatur 850°C diikuti dengan waktu penahanan (*holding time*) 15 menit. Kemudian melakukan proses *quenching* benda kerja pada masing-masing media *quenching* yang telah ditentukan.
- Melakukan pengukuran distorsi awal setelah dilakukan proses *hardening*. Proses pengukuran distorsi dilakukan menggunakan mesin yang sama saat pengukuran awal dilakukan
- Melakukan pengujian kekerasan *rockwell C* pada setiap benda kerja yang telah ditentukan. Proses pengujian kekerasan dilakukan sebanyak lima titik.



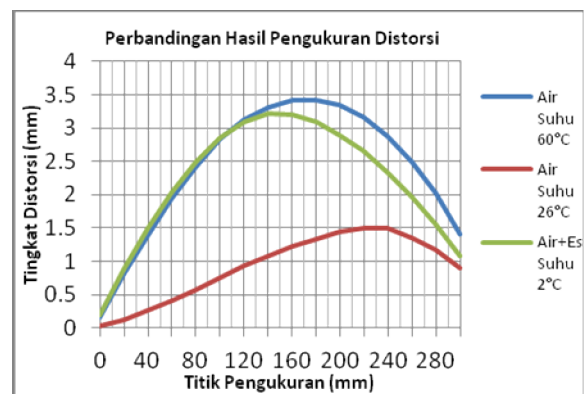
Gambar 7. Titik pengujian kekerasan

- Melakukan pemeriksaan struktur mikro. Sebelum dilakukan pemeriksaan struktur mikro, benda kerja dilakukan proses *polishing* secara bertahap dengan menggunakan amplas 120,180,240, 280, 400, 600, 800, 1000, dan 1200. Kemudian di-polish dengan alumina setelah dilakukan proses etsa dengan cairan  $HNO_3$ .
- Melakukan pengujian *microvikers* untuk menguji kekerasan struktur mikro yang terbentuk sehingga dapat ditentukan jenis struktur mikro yang terbentuk dilihat dari hasil pengujian kekerasan yang diperoleh.

#### 4. Hasil Dan Pembahasan

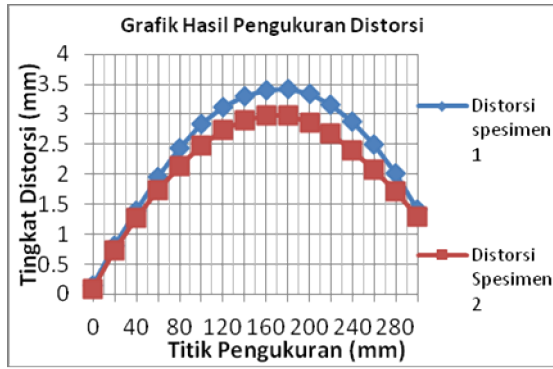
##### 4.1. Hasil Pengukuran Distorsi

Dari masing-masing media *quenching* memiliki tingkat tingkat distorsi tertinggi, jika dibandingkan dapat dilihat pada gambar berikut:

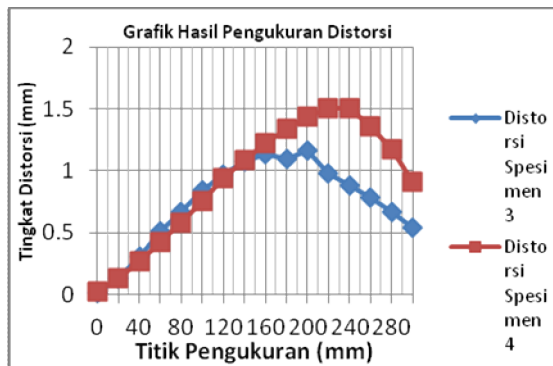


Gambar 8. Pebandingan tingkat distorsi dari masing-masing media *quenching*.

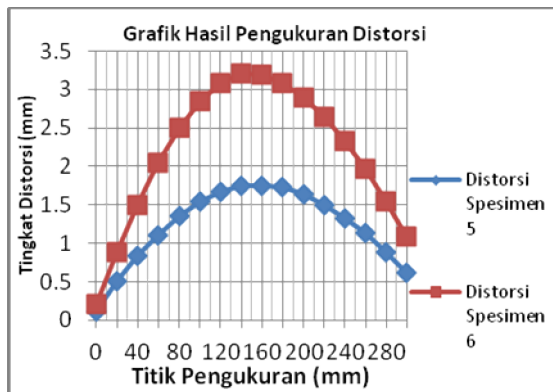
Sedangkan untuk hasil pengukuran distorsi dari masing-masing benda kerja adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Distorsi spesimen 1 dan 2 (di-*quench* air temperatur 60°C)



Gambar 10. Distorsi spesimen 3 dan 4 (di-*quench* di air temperatur 26°C)



Gambar 11. Distorsi spesimen 5 dan 6 (di-*quench* di air+es temperatur 2°C)

Tingkat distorsi terbesar diperoleh dari benda kerja yang di-*quench* di air temperatur 60°C dengan tingkat distorsi yang terjadi yaitu 3.42 mm. Pada saat proses *quenching* permukaan luar benda kerja mengalami pendinginan lebih cepat daripada bagian dalam benda kerja. Temperatur media *quenching* yang tinggi memungkinkan penyusutan dibagian luar lambat sehingga

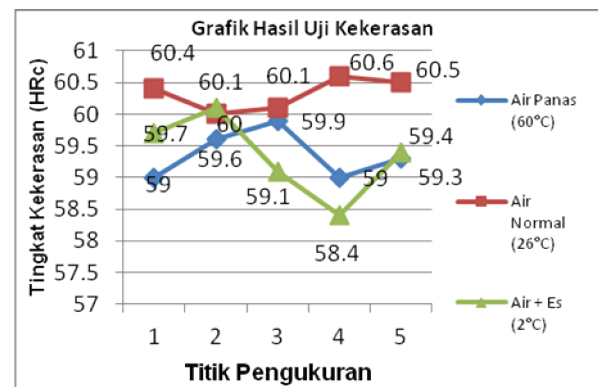
penyusutan dipermukaan bagian luar masih memungkinkan dipengaruhi penyusutan yang terjadi pada bagian dalam benda kerja. Sedangkan pada media *quenching* air normal diperoleh distorsi 1.5mm, kemungkinan kecepatan penyusutan yang terjadi pada bagian permukaan dan bagian dalam tidak terlalu signifikan. Pada benda kerja yang di-*quench* dengan air+es suhu 2°C, tingkat distorsi yang terjadi yaitu 3.21mm. Temperatur media *quenching* yang rendah mengakibatkan penurunan suhu permukaan benda sangat cepat sehingga dengan rendahnya temperatur permukaan dan temperatur media *quenching*, *shrinkage* yang terjadi dipermukaan relatif lebih sulit terpengaruh oleh *shrinkage* yang terjadi di bagian dalam benda kerja.

#### 4.2. Pengujian Kekerasan

Berikut adalah hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan *rockwell C*.

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan

No benda	Temperatur	1	2	3	4	5	Rata*
1	Air Panas (60°C)	58.8	58.9	57.9	58.4	58.6	58.52
		59	59.6	59.9	59	59.3	59.36
3	Air Normal (26°C)	60.1	58.3	59.3	59.7	60.3	59.54
		60.4	60	60.1	60.6	60.5	60.32
5	Air + Es (2°C)	59.7	60.1	59.1	58.4	59.4	59.34
		59.4	58.2	58.2	59.9	59.6	59.06

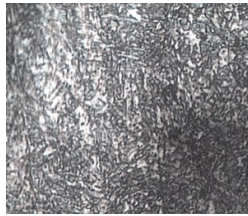


Gambar 12. Grafik perbandingan kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan, kekerasan yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Sehingga jika dilihat dari grafik perbandingan kekerasan, temperatur media *quenching* tidak berpengaruh terhadap ketercapaian kekerasan.

#### 4.3. Pemeriksaan Struktur Mikro

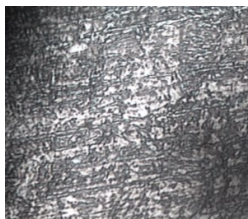
Berikut adalah hasil pemeriksaan struktur mikro :



Gambar 13. Struktur Mikro hasil di-*quench* media air yang dipanaskan 60°C, perbesaran 2000x



Gambar 14. Struktur Mikro hasil *quench* media air temperatur 26°C, perbesaran 2000x



Gambar 15. Struktur Mikro hasil *quenching* media air+es dengan temperatur 2°C, perbesaran 2000x

Dilihat pemeriksaan struktur mikro, struktur mikro yang terbentuk berupa garis-garis hitam yang tersebar merata di semua bagian benda kerja. Setelah dilakukan pengujian dengan *microvickers*, tingkat kekerasan yang dihasilkan yaitu 723 HV (gambar 13), 610 HV (gambar 14) dan 709 HV (gambar 15). Dilihat dari penyebaran dan tingkat kekerasan yang dihasilkan, kemungkinan struktur mikro yang terbentuk ialah *full martensite*.

### 5. Kesimpulan Dan Saran

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Temperatur media *quenching* tidak berpengaruh terhadap pencapaian kekerasan dan struktur mikro tapi

berpengaruh signifikan terhadap distorsi yang terjadi, dimana distorsi maksimum terjadi pada temperatur media *quenching* yang tinggi (60°C)

- Temperatur media *quenching* yang menghasilkan tingkat distorsi yang rendah dan tingkat kekerasan yang tinggi yaitu media *quenching* dengan temperatur ruangan (26°C).

#### 5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan proses *quenching* dengan menggunakan metode agitasi dengan memvariasikan kecepatan agitasi untuk mendapatkan kecepatan yang tepat sehingga dapat mempertahankan temperatur media *quenching* agar temperatur media *quenching* masih berada pada temperatur ruangan.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terima kasih kepada Bapak Umen Rumendi ST.,MT. selaku pembimbing dalam pembuatan tugas ahirdan proses penelitian yang telah dilakukan.

### Daftar Pustaka

- [1] ASM International. (1991). *ASM Handbook Volume 4 Heat Treating*. ASM Handbook Committee.
- [2] ASM International. (2004). *ASM Metal Handbook Vol.9 Metallography And Microstructure*. ASM Handbook Committee.
- [3] ASTM. (1997). *ASTM E 92 – 82 :Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials1*. USA: ASTM International.
- [4] ASTM. (2006). *E 18-00 :Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials1,2*. United States: ASTM International.
- [5] Callister, W. D. (2006). *Materials Science And Engineering An Introduction Seventh Edition*. New York: Jhon Willey & Sons, Inc.
- [6] Fontana, M. G. (1987). *Corrosion Engineering Third Engineering*. New York: Mc Graw Hill.

- [7] Furoidah, I. (1994). *Fisika Dasar 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [8] Halliday, D. (2011). *Principles of Physics Ninth Edition*. New Jersey: Jhon Willey and Son Ltd.
- [9] Herrmann, K. (2011). *Hardness Testing Principles And Applications*. USA: ASM International.
- [10] Jati, B. M. (2008). *Fisika Dasar: Untuk Mahasiswa Ilmu Eksakta & Teknik*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- [11] Singh, D. (2008). *Fundamentals of Manufacturing Engineering*. Boca Raton: CRC Press.
- [12] Totten, G. E. (2006). *Steel Heat Treatment Handbook, Second Edition - 2 Volume (Metallurgy and Technologies)*. Boca Raton: CRC Press.