



Manutech :

Jurnal Teknologi Manufaktur

Vol. 14, No. 02,(2022) p-ISSN : 2089-5550 e-ISSN : 2621-3397

## Analisis Kekerasan Material Baja S45C Yang Dilakukan Proses Heat Treatment Sebagai Bahan Alternatif Pisau Pencacah Plastik

Ariyanto<sup>1</sup>, Eko yudo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat  
Email : ariyanto2176@gmail.com

Received: 12 September 2022 ; Received in revised form: 20 Oktober 2022; Accepted: 10 November 2022

### Abstract

The Heat treatment process is carried out to change the mechanical properties of a steel. Changes that are expected to produce new better mechanical properties so that they can be applied to a mechanical system. One of the benefits that can be obtained is the increase in the value of the hardness needed. The hardening process carried out on S45C medium carbon steel material containing carbon by 0.45%. The heating process is carried out using an electric oven. The heating process is carried out using an electric oven. The heating process begins with heating the steel at several different temperature levels then followed by a quenching process with several different cooling media. After the quenching process is carried out, the steel is tempered at a temperature of 500°C and measured hardness value using a hardness tester , measurements on the HRA. From several parameters of heat treatment carried out obtained optimal values at a heating temperature of 850°C with brine cooling media. The value of the hardness of the material obtained is 68 HRA. In addition to an increase in the hardness value of steel, there is also a change in the microstructure, the changes in the microstructure that occur are the higher the hardness value of steel, the more the amount of perlite.

**Keywords :** heat treatment; S45C; optimum value; microstructure

### Abstrak

Proses heat treatment dilakukan untuk merubah sifat mekanik suatu logam, Perubahan yang diharapkan akan menghasilkan sifat mekanik baru yang lebih baik sehingga bisa diaplikasikan pada suatu sistem mekanik. Salah satu manfaat yang bisa diperoleh adalah meningkatnya nilai kekerasan yang dibutuhkan. Proses pengerasan yang dilakukan pada material baja karbon sedang S45C yang mengandung karbon sebesar 0,45 %. Proses pemanasan dilakukan dengan menggunakan oven listrik. Proses pemanasan dimulai dengan memanaskan baja pada beberapa level temperatur yang berbeda kemudian diikuti dengan proses quenching dengan beberapa media pendingin yang berbeda. Setelah dilakukan proses quenching selanjutnya baja distemper pada temperature 500°C dan diukur nilai kekerasan dengan menggunakan hardness tester, pengukuran dalam skala HRA. Dari beberapa parameter perlakuan panas yang dilakukan diperoleh nilai optimal pada temperatur pemanasan 850°C dengan media pendingin air garam. Nilai kekerasan material yang diperoleh adalah 68 HRA. Selain terjadi peningkatan nilai kekerasan baja terjadi juga perubahan struktur mikro, perubahan mikrostruktur yang terjadi adalah semakin tinggi nilai kekerasan baja maka jumlah perlit semakin banyak.

**Kata kunci:** heat treatment; S45C; nilai optimum; struktur mikro

## 1. PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Adakalanya baja yang akan digunakan tidak mempunyai tingkat kekerasan yang cukup sesuai dengan kebutuhan. Tingkat kekerasan yang tidak cukup dapat ditingkatkan dengan proses *Heat treatment*. Dengan melakukan proses *Heat treatment* maka akan didapatkan sifat kekerasan baja yang lebih tinggi dari kekerasan awal. Semakin tinggi angka kekerasan maka sifat keuletan akan menjadi rendah dan baja akan menjadi getas, kekerasan dapat diartikan sebagai ukuran daya tahan terhadap deformasi plastik. Agar baja dapat dikeraskan maka baja memerlukan kemampuan kekerasan yang baik. Kemampuan kekerasan merupakan kemampuan bahan untuk dikeraskan [1]. Untuk memperoleh kekerasan dengan tingkat maksimum diperlukan jumlah *martensit* sebanyak 100%. Transformasi lambat dari *austenit* ke *ferrit* dan karbida diperlukan untuk memperoleh peningkatan kekerasan.

*Heat treatment* suatu metode yang digunakan untuk mengubah sifat fisik, dan kadang-kadang sifat kimia dari suatu material [2]. Proses *Heat treatment* pada baja dapat dilakukan dengan cara melakukan kombinasi antara temperatur dan jenis media pendingin [3] atau dapat pula dengan melakukan kombinasi pada jenis media pendingin [4] sehingga diperoleh kekerasan optimum. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperoleh nilai optimum adalah dengan menggunakan metoda Taguchi [5] salah satu penerapannya pada proses produksi sehingga diperoleh kualitas yang lebih baik [6]. atau setting parameter pada proses pemesinan [7]. Akibat proses *Heat treatment* ini akan terjadi perubahan nilai kekerasan dan mikrostruktur pada logam [8], semakin tinggi nilai kekerasan baja yang dikeraskan maka akan diikuti oleh perubahan struktur mikro, perubahan tersebut adalah jumlah persentase fasa perlit, ferrit dan ada fasa baru yaitu *martensit* [1]. Untuk mengurangi tegangan dalam akibat proses *Heat treatment* dapat diikuti oleh proses *tempering* dengan berbagai macam temperatur sesuai dengan kekerasan akhir material yang dibutuhkan [3] pada umumnya berkisar antara 180-650°C. Nilai kekerasan yang tinggi akan berakibat pada nilai keausan semakin rendah [9].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka permasalahan yang perlu dikaji lebih jauh pengaruh kekerasan permukaan terhadap kekerasan dari baja S45C sebagai bahan alternatif dari pisau pencacah plastik bekas yang digunakan di Pt xy dengan proses perlakuan panas menggunakan tiga kombinasi temperatur pemanasan dan tiga kombinasi media pendingin. Dengan dilakukan penelitian ini akan diperoleh nilai kekerasan optimum dari kombinasi parameter temperatur dan media pendingin dan Mendapatkan struktur mikro baja S45C yang diamati dengan Mikroskop.

## 2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yang digunakan untuk pedoman penelitian. Berikut tahapan yang dilakukan :

### 2.1. Persiapan

Langkah awal dimulai dari studi-studi literatur yang didapat dari jurnal ilmiah. Internet dan *text book*. Selanjutnya data-data studi literatur dipelajari dan dijadikan referensi untuk melakukan penelitian.

### 2.2. Material

Material yang digunakan adalah baja S45C yang diperoleh dari pasar dengan komposisi 0.42-0.48 C, 0.15-0.35 Si, 0.6-0.9 Mn, 0.03 P, 0.035 S. Baja ini dilakukan proses pemesinan hingga diperoleh ukuran benda kerja 10 mm x 10 mm x 20 mm.

### 2.3. Melakukan optimasi dengan Taguchi

Desain eksperimen merupakan salah satu metode statistik yang digunakan sebagai alat untuk meningkatkan dan melakukan perbaikan kualitas. Desain dapat didefinisikan sebagai rangkaian uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output. Salah satu jenis rancangan eksperimen adalah Taguchi. Tahapan-tahapan utama pada eksperimen taguchi [13] : perencanaan, pelaksanaan, dan analisa. Pada pelaksanaan eksperimen taguchi menggunakan matriks ortogonal, dan penentuan matriks ortogonal dapat dilakukan dengan mendefinisikan jumlah faktor dan level, menentukan derajat kebebasan, memilih matrik ortoghonal, ortogonalitas dan rangkaian matrik ortogonal. Matrik ortogonal yang sesuai adalah matrik ortogonal yang mempunyai nilai derajat kebebasan sama atau lebih besar dari derajat kebebasan eksperimen yang dilakukan . Dalam penelitian ini menggunakan 2 faktor dan 3 level yaitu : Faktor Temperatur dengan 3 level dan Media Pendingin

dengan 3 level, lihat Tabel 1. Dari jumlah faktor dan level diperoleh derajat kebebasan untuk Faktor temperatur  $3-1 = 2$ , Faktor Media Pendingin  $3-1 = 2$ , total derajat kebebasan  $2 + 2 = 4$  derajat kebebasan. Penelitian ini menggunakan tiga level maka matrik ortogonal yang paling sesuai adalah  $L_9(3^4) = 4 \times (3-1) = 8$  derajat kebebasan karena derajat kebebasan matrik ortogonal lebih besar dari derajat kebebasan eksperimen. Pengulangan sampel dilakukan sebanyak tiga kali. Matrik ortogonal yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Faktor Kontrol Dan Level Yang Digunakan

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2	Level 3
A	Temperatur	800°C	840°C	880°C
B	Media Pendingin	Air Laut	Air garam	Oli

Tabel 2. Matrik Ortogonal Eksperimen

Matrik ortogonal $L_9(3^4)$ Eksperimen	Replika (HRA)		Rata-rata (HRA)	Variance	S/N ratio
	A	B			
1	1	1			
2	1	2			
3	1	3			
4	2	1			
5	2	2			
6	2	3			
7	3	1			
8	3	2			
9	3	3			

Setelah penentuan matrik ortogonal selanjutnya menentukan target karakteristik kualitas. Target karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Larger is better* (terbesar adalah yang terbaik) dapat diartikan nilai kekerasan terbesar adalah nilai yang terbaik. Performa target karakteristik dapat diukur menggunakan rasio S/N. Selain rasio S/N diperlukan nilai rata-rata ( $\mu$ ) prediksi yang diperoleh dari eksperimen dan akan dibandingkan dengan nilai rata-rata sebenarnya (hasil optimasi), hasil yang diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan berada pada kisaran rata-rata eksperimen (rata-rata prediksi). Pengujian rata-rata eksperimen dan optimalisasi dapat dilakukan dengan menggunakan uji t 1-sample t [10] dengan tingkat keyakinan 95%. Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang digunakan adalah :

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Tolak  $H_0$  apabila  $t > t_{\alpha}$  (atau  $t > -t_{\alpha}$ ) Untuk memperoleh nilai rasio s/n dan rata-rata prediksi menggunakan persamaan [5].

Rasio S/N

$$S/N = -10 \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (1)$$

Rata-rata prediksi

$$\mu = \hat{y} + (A_i - \bar{y}) + (B_j - \bar{y}) \hat{y} \quad (2)$$

#### 2.4. Proses Heat treatment

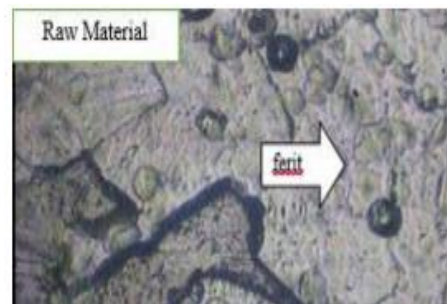
Proses *Heat treatment* yang dilakukan ada dua, yang pertama melakukan proses pemanasan hingga suhu austenite di 800°C, 840°C dan 880°C yang kemudian diikuti dengan pendinginan cepat (*quenching*) pada media air laut, air garam (kandungan garam 25%) dan oli dan diikuti dengan proses *tempering* pada suhu 500°C. Proses pemanasan benda kerja menggunakan Oven listrik. Hasil proses *heat treatment* diukur nilai kekerasan dengan mesin uji kekerasan. Holding time yang digunakan selama 40 menit.

## 2.5. Pengamatan struktur Mikro

Struktur mikro adalah suatu bentuk susunan struktur yang terbentuk pada material logam dan ukurannya sangat kecil dan tidak beraturan, bentuknya berbeda-beda tergantung pada unsur dan proses yang dialami pada saat pembentukannya. Untuk dapat mengamati struktur Mikro dapat menggunakan alat bantu mikroskop seperti pada gambar 1 dengan pembesaran yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Pengamatan yang dapat dilakukan antara lain untuk melihat ferrit, perlit dan sementit [3]. Dibawah ini adalah pengertian ferrit, perlit dan sementit dan martensit [11].

### a. Ferrit

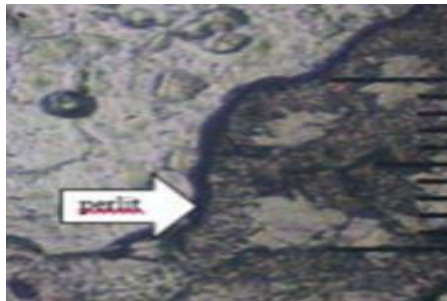
Ferrit di sebut juga dengan besi alfa mempunyai sifat lunak dan ulet, dalam keadaan murni kekuatan tariknya kurang dari 310 Mpa, bersifat feromagnetik pada suhu dibawah 770°C, berat jenis ferrit adalah 7,88 g/cm<sup>3</sup> [1].



Gambar 1. Struktur ferrit [11].

### b. Perlit

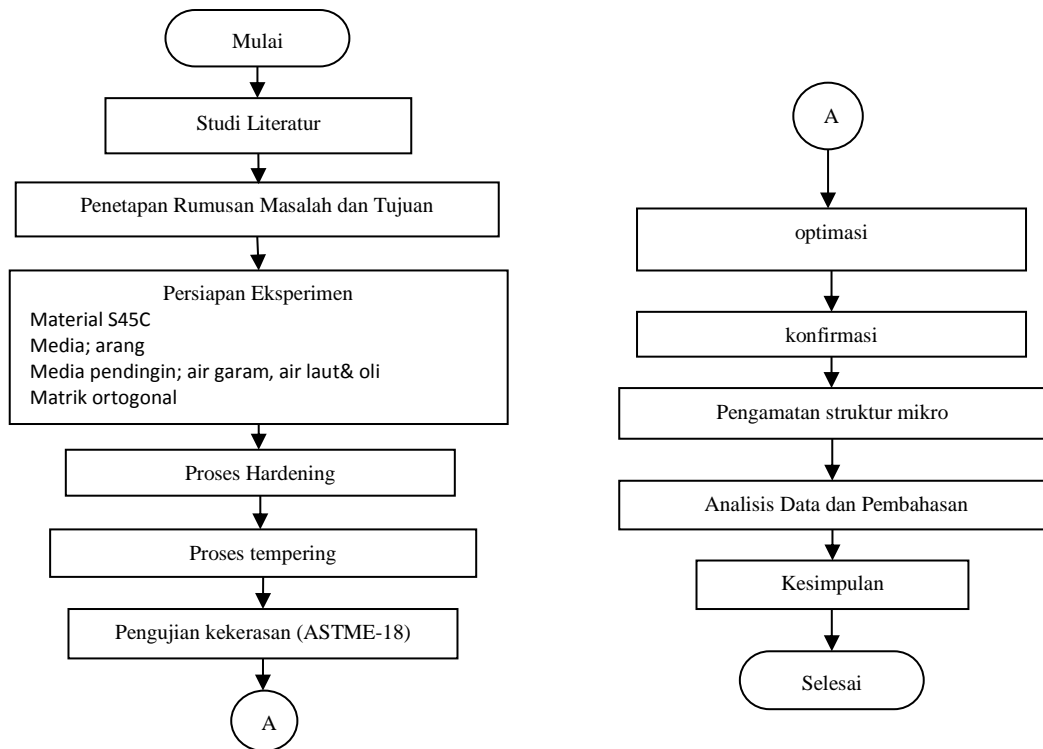
Perlit adalah campuran khusus yang terbentuk dari dua buah fasa sewaktu *austenit* dengan komposisi eutektoid bertransformasi menjadi *ferrit* dan karbida [1].



Gambar 2. Struktur perlit [11].

## 2.6. Analisis

Analisis dilakukan dengan cara melihat hasil heat treatment yang paling optimal setelah dilakukan eksperimen dan diikuti dengan pengamatan struktur mikro berdasarkan referensi-referensi yang diperoleh sebelumnya. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

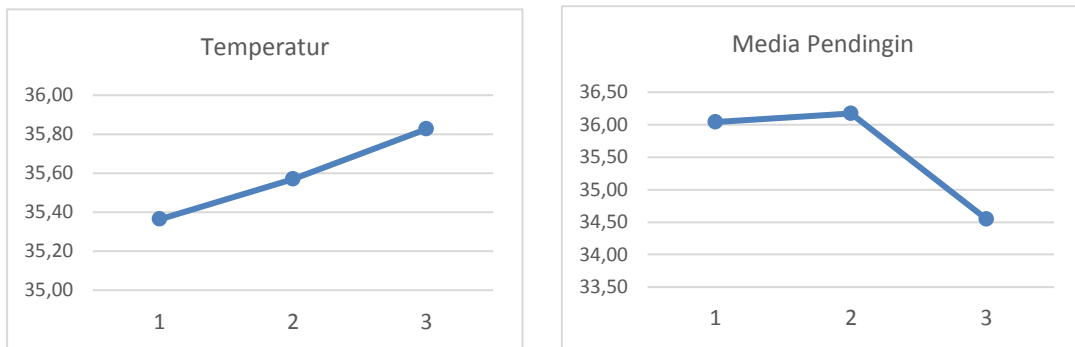
#### 3.1. Analisis kekerasan

Sebelum dilakukan eksperimen ditentukan terlebih dahulu Faktor kontrol dan level yang akan digunakan. Eksperimen ini menggunakan dua faktor kontrol yaitu temperatur dan media pendingin, masing masing faktor mempunyai tiga level. Untuk faktor kontrol temperatur terdiri dari pemanasan pada temperatur 800°C, 840°C dan 880°C. Faktor kontrol media pendingin terdiri dari air laut, air garam dan oli. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 2. Matrik ortogonal yang digunakan dipilih  $L_9(3^4)$ . Pemilihan matrik ortogonal berdasarkan derajat kebebasan eksperimen. Setelah dilakukan penentuan ortogonal selanjutnya dilakukan eksperimen sesuai dengan kombinasi antara faktor-faktor dan level-level yang ada, nilai kekerasan yang digunakan adalah nilai rata-rata. Bentuk matrik ortogonal, nilai kekerasan, variance dan ratio S/N dapat dilihat pada tabel 3. Ratio S/N yang digunakan adalah *Larger is Better*. *Larger Is Better* dapat dihitung dengan persamaan 1. Nilai –nilai yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan aplikasi pengolah data.

Tabel 3. Hasil Eksperimen

Matrik ortogonal $L_9(3^4)$ Eksperimen	Replika (HRA)		Rata-rata (HRA)	Variance	S/N ratio			
	A	B						
1	1	1	62,46	62,6	62,76	62,61	0,02	35,93
2	1	2	59,53	57,5	59,86	58,96	1,63	35,41
3	1	3	54,63	55,26	54,03	54,64	0,38	34,75
4	2	1	64,36	60,1	60,7	61,72	5,32	35,80
5	2	2	68,8	65,4	66,33	66,84	3,09	36,50
6	2	3	55,96	48,9	53,7	52,85	13,00	34,42
7	3	1	65,9	63,6	68,7	66,07	6,52	36,39
8	3	2	62,76	71,3	70,03	68,03	21,23	36,61
9	3	3	51,5	54,06	53,43	53,00	1,78	34,48

Berdasarkan nilai ratio *S/N Larger is better* yang telah diplot pada Gambar 4 terlihat bahwa untuk nilai optimum pada temperatur tertinggi yaitu 880°C dan media pendingin yang digunakan adalah air garam.



Gambar 4. Diagram Optimasi Temperature Dan Media Pendingin

Parameter yang telah dihitung kemudian dilakukan prediksi untuk memperoleh nilai rata-rata dengan persamaan 2 diperoleh nilai rata rata 66,45 HRA.

Nilai-nilai optimum hasil perhitungan selanjutnya digunakan untuk uji konfirmasi dengan cara memanaskan kembali baja S45C dengan menggunakan nilai parameter optimum. pengulangan yang dilakukan sebanyak 3 kali dan dirata-ratakan. Hasil yang diperoleh dari pengujian konfirmasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Benda uji	Nilai kekerasan (HRA)
1	68,63
2	67,93
3	62,93
Rata-rata	66,50

Untuk mengetahui apakah nilai optimasi sudah sama dengan nilai uji konfirmasi maka dilakukan uji t dengan tingkat keyakinan 95%. Pengujian dilakukan dengan menggunakan aplikasi pengolah data. Hypotesis yang digunakan adalah

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

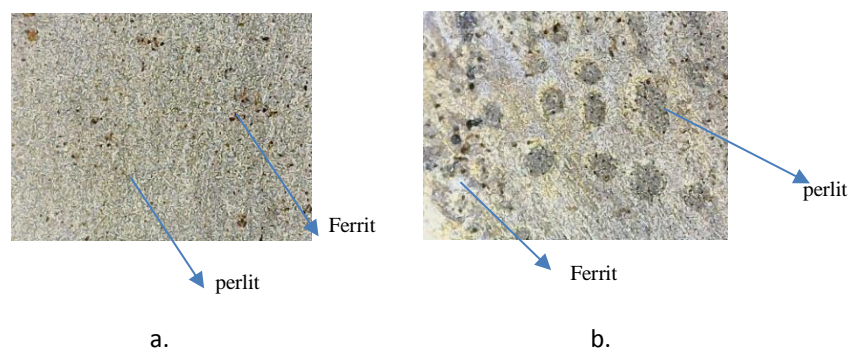
Tolak  $H_0$  jika t Tabel lebih kecil dari t Hitung. Dari hasil perhitungan uji t diperoleh nilai t uji 0,02 dan nilai t Tabel 2,91. Nilai t uji lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai t Tabel sehingga gagal tolak  $H_0$ . Jadi dapat dikatakan bahwa rata-rata sampel sama dengan rata-rata optimasi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut yang merupakan perhitungan uji T dengan menggunakan aplikasi pengolah data.

	Variable 1	Variable 2
Mean	66,45	66,50
t Hitung	0,024763648	
t Tabel	2,91998558	

### 3.2. Analisis Struktur Mikro

Setelah dilakukan proses *Heat treatment* baja S45C kemudian di poles hingga permukaannya menjadi halus dilanjutkan dengan proses eksa menggunakan cairan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Hasil eksa tersebut diamati dengan menggunakan mikroskop digital. Hasil pengamatan pada struktur mikro terlihat ada warna yang gelap dan ada warna yang lebih terang. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5 (a) menunjukkan baja S45C yang belum dilakukan proses *Heat treatment* mempunyai nilai kekerasan 53,4 HRA, pada gambar 5 (b) baja S45C yang telah mengalami proses *Heat treatment* mempunyai nilai kekerasan 68,03 HRA.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nizam Effendi [12] bahwa baja S45C yang belum dikeraskan mempunyai struktur mikro ferrit (berwarna lebih terang) dan perlit (berwarna lebih gelap, sedangkan yang telah mengalami proses pengerasan mempunyai struktur mikro Ferrit (berwarna lebih terang) dan martensit (berwarna lebih gelap). Pada penelitian yang dilakukan oleh Khalid dkk [13] menemukan bahwa baja S45C yang belum dilakukan proses pengerasan mempunyai struktur mikro ferrit (berwarna lebih terang) dan perlit (berwarna lebih gelap) dan baja S45C yang setelah dilakukan proses *pengerasan dan dilakukan penemperan pada temperature 500 °C terdiri dari* terdiri dari ferrit (berwarna lebih terang) dan perlit (berwarna lebih gelap). Jadi pada baja yang belum dilakukan proses pengerasan mempunyai struktur mikro ferrit dan perlit, yang sudah mengalami proses pengerasan mempunyai struktur mikro Ferrit dan perlit. Walaupun demikian tetap terjadi peningkatan nilai kekerasan yang terjadi. Peningkatan kekerasan tersebut adalah 14,63 HRA.



Gambar 5. Struktur mikro baja S45C yang diamati dengan mikroskop digital. a) Tanpa perlakuan, (b) Dengan *Heat treatment* 880°C media pendingin air garam dan *quenching* 500°C

### 4. SIMPULAN

Material S45C yang digunakan merupakan baja *mild steel* yang mempunyai komposisi sebagai berikut C = 0.45 %, Si = 0.25 %, Mn = 0,75 %, P = 0.018 %, S = 0.004%, Cr = 0.01 %, Ni = 0.01 %, Cu = 0.007 %. Untuk memperoleh nilai kekerasan yang optimum dilakukan eksperimen dengan menggunakan metoda *taguchi*. Hasil Eksperimen diperoleh nilai optimum kekerasan jika baja S45C dipanaskan pada temperatur 880°C dan menggunakan media pendingin air garam dengan kandungan garam 25 %. Jika dilihat dari struktur mikro yang dihasilkan diperoleh peningkatan jumlah perlit jika kekerasan yang terjadi pada baja S45C meningkat. Perlit terdiri dari *ferrit* dan *sementite*. Dari hasil penelitian ini diperoleh kekerasan tertinggi pada media pendingin air garam dengan jumlah persentase garam 25%, untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian dengan merubah persentase kadar garam.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. L. H. Vlack, *Elements of Materials Science and Engineering*, Jakarta: Erlangga, 1986.
- [2]. "[https://id.wikipedia.org/wiki/Perlakuan\\_panas,](https://id.wikipedia.org/wiki/Perlakuan_panas)" Oktober 2021. [Online]. [Diakses September 2021].
- [3]. Agung, "Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Heat Treatment Baja S45C Dengan Beberapa Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro," *Jurnal Teknik Mesin UBL*, pp. 1-4, 2017.
- [4]. Subagiyo, Asrori dan A. Lisa, "Analisis Kekerasan Baja S45C Hasil Hardening Dengan Variasi Media Pendingin," *Info Teknik*, pp. 43-54, 2018.
- [5]. I. Soejanto, *Desain Eksperimen dengan Metoda Taguchi*, Yogyakarta: Garaha Ilmu, 2009.
- [6]. H. Putri dan E. Yurida, "Penerapan Metoda Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD, XY Malang," *Journal of Industrial Engineering and Management System*, pp. 13-25, 2020.
- [7]. R. Farizi, W. K. Bayu, A. S. Tri dan N. Pradita, "Penerapan Metode Taguchi untuk Optimasi Setting Parameter CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Material," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur*, vol. 2, pp. 49-60, 2020.
- [8]. R. R, H. A, Y. F. M, R. S. A, P. S. E, A. N. V, G. B, A. S dan D. S, "Pengaruh Hardening Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Baja AISI 1045," *Jurnal JMMME*, pp. 14-18, 2020.
- [9]. Sumpena, H. Hb. Sukarjo, W. dan S. S. Pramana, "Analisa Kekerasan dan Keausan Cylinder Sleeve dari Besi Cor Kelabu," *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, vol. 5, pp. 97-103, 2021.
- [10]. Q. Abdul, K. Ratna dan D. I. Agus, "Studi Pengaruh Temperatur Proses Austemper Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketahanan Korosi Paduan Fe-5,2AL-0,6C," *Jurnal Cendekia Mekanika*, pp. 57-64, 2020.
- [11]. N. Effendi, "Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja S45c Pada Pengelasan Smaw Dengan Variasi Media Quench," *JIPTEK*, vol. 12, pp. 30-37, 2019.
- [12]. Khalid, Khardiman dan N. Viktor, "Pengaruh Variasi Temperatur Tempering Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisik Baja AISI 1045 Sebagai Bahan Pisau Mesin Pencacah PLAastik," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 12, pp. 19-25, 2020.
- [13]. N. Iriawan dan S. P. Astuti, *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*, Yogyakarta: ANDI, 2006.