

## Pengaruh Waktu Temper Terhadap Mikro Struktur dan Sifat Mekanis Pada Baja Karbon

Fransis Nico Pratama<sup>1</sup>, Sutrisna<sup>2,\*</sup>, Angger Bagus Prasetyo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
JL. Babarsari Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 55281

\*Corresponding author: [sutrisna@itny.ac.id](mailto:sutrisna@itny.ac.id).

### Abstract

*Low carbon steel is steel with a carbon content between 0.1-0.3% of the total weight of alloy steel. The purpose of this study was to study the effect of time on the microstructure and mechanical properties of low carbon steel. The testing process carried out was initially connected until the austenizing temperature (900°C) was held for 1 hour then cooled with air, after that the tempering temperature was 200°C with time variations of 25 minutes, 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes, 75 minutes, then in the open air. From the low carbon steel test, the results of the chemical composition test show that the main elements are iron (Fe) 98.3555 %, Manganese (Mn) 0.6433, and Silicon (Si) 0.1961% so that it shows an alloy of Fe-Mn-Si. The content of other alloying elements such as Nickel (Ni) 0.0781%, Carbon (C) 0.1721%, Molybdenum (Mo) 0.0077%, Wolfram (W) 0.0001%, Phosphorus (P) 0.0443%, Copper (Cu) 0.1918%, Nitrogen (N) 0.0131%, Plumbum (Pb) 0.0003% Antimony (Sb) 0.0038%, Cobalt (Co) 0.0081%. The results of photos of the microstructure on the raw material of the specimen and after the tempering process of 200°C with variations in the time of the structure are pearlite and ferrite. The results of the Vickers hardness test show that the highest hardness value is found in the raw material of 203.80 kg/mm<sup>2</sup>. And the results of the tensile test, the highest stress value of 790,79 Mpa was found in the 200°C tempering process with a time of 45 minutes.*

**Keywords:** low carbon steel, tempering, micro structure, mechanical properties of the.

### Abstrak

Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon antara 0,1-0,3% dari keseluruhan berat baja paduan. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh waktu temper terhadap mikro struktur dan sifat mekanis pada baja karbon rendah. Proses pengujian yang dilakukan mula mula dipanaskan sampai suhu austenisasi (900°C) ditahan selama 1 jam kemudian di dinginkan dengan air, setelah itu di temper pada suhu 200°C dengan variasi waktu 25 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, kemudian didinginkan di udara bebas. Dari pengujian baja karbon rendah, menunjukkan hasil pengujian komposisi kimia dengan unsur utama besi (Fe) 98,3555 %, Mangan (Mn) 0,6433, dan Silikon (Si) 0,1961% sehingga menunjukkan paduan Fe-Mn-Si. Kadar unsur paduan lain seperti Nikel (Ni) 0,0781%, Karbon (C) 0,1721%, Molibdenum (Mo) 0,0077%, Wolfram (W) 0,0001%, Fosfor (P) 0,0443%, Tembaga (Cu) 0,1918%, Nitrogen (N) 0,0131%, Plumbum (Pb) 0,0003% Antimon (Sb) 0,0038%, Kobalt (Co) 0,0081%. Hasil foto struktur mikro pada spesimen raw material maupun setelah proses temper 200°C dengan variasi waktu strukturnya perlit dan ferit. Hasil pengujian kekerasan vickers menunjukkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada raw material sebesar 203,80 kg/mm<sup>2</sup>. Dan hasil pengujian tarik nilai tegangan tertinggi yaitu 790,79 Mpa terdapat pada proses temper 200°C dengan waktu 45 menit.

**Kata kunci:** baja karbon rendah, temper, mikro struktur, sifat mekanis bahan.

---

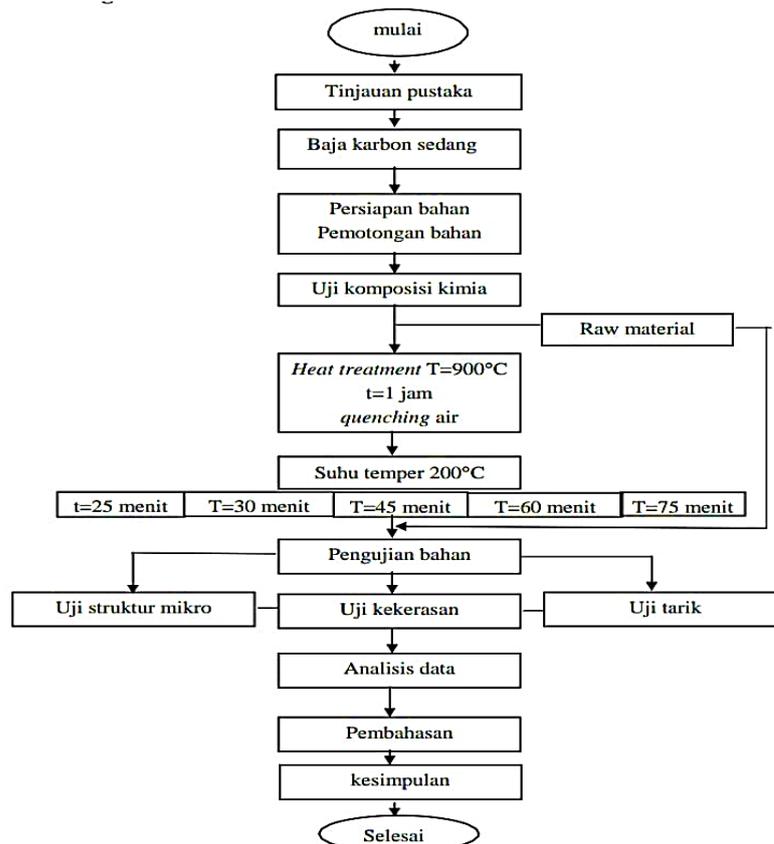
## PENDAHULUAN

Penggunaan baja karbon dalam dunia industri manufaktur sangatlah umum, baja karbon digunakan mulai dari komponen mesin penunjang produksi hingga barang yang diproduksi oleh perusahaan. Penggunaan baja karbon sendiri bervariasi sehingga kebutuhan serta spesifikasinya pun berbeda-beda. Baja karbon rendah adalah salah satu logam yang banyak dipakai dalam membuat komponen-komponen konstruksi yang memiliki kekuatan rendah seperti body mobil bentuk struktur (profil I, L, C, H). Karena kandungan karbonnya yang rendah, baja ini memiliki kemudahan untuk dikerjakan dengan menggunakan bermacam-macam peralatan pemrosesan ataupun menggunakan perkakas, yang mampu untuk dibentuk sesuai dengan keinginan dan kebutuhan, karena sifat dari baja tersebut yang lunak dan ulet. Selain itu, untuk harganya terbilang murah dan lebih mudah ditemukan di toko material logam dibandingkan dengan baja jenis lainnya (M Jordi, 2017). Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh waktu temper terhadap mikro struktur dan sifat mekanis pada baja karbon rendah.

## METODE PENELITIAN

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 19 spesimen, 1 spesimen kita lakukan uji komposisi 3 spesimen raw material, 15 spesimen kita lakukan heat treatment 900°C dan ditahan selama 1jam kemudian kita dinginkan menggunakan media pendingin air dan setelah itu kita lakukan proses temper disuhu 200°C untuk variasi waktu 25 menit 3 spesimen, waktu 30 menit 3 spesimen, waktu 45 menit 3 spesimen, waktu 60 menit 3 spesimen, dan waktu 75 menit 3 spesimen, Dan didinginkan di udara bebas selanjutnya masing masing kita lakukan pengujian struktur mikro 1 spesimen untuk waktu 25 menit, 1 spesimen untuk waktu 30 menit, 1 spesimen untuk waktu 45 menit, 1 spesimen untuk waktu 60 menit, dan 1 spesimen untuk waktu 75 menit. Untuk mengetahui unsur apa saja yang terdapat pada setiap bahan uji yang kita lakukan proses tempering dengan variasi waktu 25 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit.

Peralatan yang digunakan yaitu Spectrometer milik PT. Itokoh Ceperindo Klaten, perangkat dapur pemanas untuk proses tempering milik Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta, Mesin amplas milik Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta, Mesin uji struktur mikro (mikroskop optik) milik Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta, Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Mesin Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta, uji tarik dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta, menggunakan alat uji tarik *Universal Tensile Machine* (UTM).



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Pertama kita siapkan spesimen dengan memotong spesimen sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan saat pengujian adapun jumlah spesimen yaitu 19 spesimen. Selesai pemotongan spesimen dilakukan uji komposisi kimia dan setelah itu dipanaskan sampai suhu austenisasi 900°C ditahan 1jam kemudian didinginkan dengan air, dan di temper kembali pada suhu 200°C dengan variasi waktu 25 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, kemudian di dinginkan udara bebas.

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode kekerasan *Vickers* dengan rumus :

$$\text{VHN} = 1,8544 \frac{F}{d^2} \quad (1)$$

Keterangan:

VHN : angka kekerasan *Vickers*

F : beban tekan (kg)

d : diagonal rata-rata (mm)

### Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai keuletan dari suatu bahan adapun rumus yang digunakan adalah:

**Tegangan**

$$\sigma = \frac{p}{A} \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{p \times 1000}{\frac{1}{4}\pi D^2} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{p}{A} \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{p \times 1000}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

Keterangan:

P : Gaya Maksimal (KN)

$\sigma$  : Tegangan (kg/mm<sup>2</sup>)

D : Diameter (mm)

### Regangan

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$L_0$  : Panjang Awal (mm)

$\Delta L$  : Pertambahan Panjang (mm)

$\varepsilon$  : Regangan (%)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

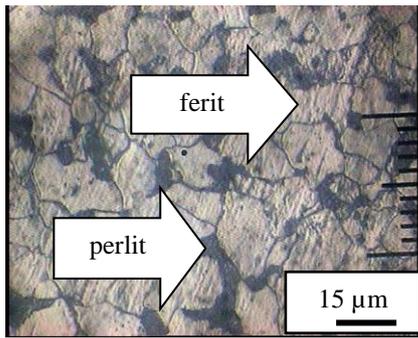
### Uji Komposisi Kimia

Hasil Pengujian komposisi kimia pada penelitian ini yang dilakukan pada baja karbon rendah, dengan menggunakan alat *spectrometer* dapat dilihat pada **Tabel 1**. Dari hasil pengujian komposisi kimia Menunjukkan bahwa unsur utama yaitu besi (Fe) 98,3555 %, Mangan (Mn) 0,6433, dan Silikon (Si)0,1961% sehingga menunjukkan paduan Fe-Mn-Si. Dan kadar unsur paduan lain adalah sebagai berikut Nikel (Ni) 0,0781% Karbon (C) 0,1721% Molibdenum (Mo) 0,0077% *Wolfram* (W) 0,0001 %, *Fosfor* (P) 0,0443 %, Tembaga (Cu) 0,1918 %, Nitrogen (N) 0,0131 %, *Plumbum* (Pb) 0,0003 % Antimon (Sb) 0,0038 %, Kobalt (Co) 0,0081. Pada hasil **Tabel 1**. dengan kadar Karbon (C) 0,1721% menunjukkan baja karbon rendah. Baja karbon rendah mempunyai sifat lunak dan lemah serta ulet dan tangguh, serta mampu mesin dan lasnya baik. Adapun aplikasinya sebagai body mobil, bentuk struktur (Profil I,L,C,H), dan pipa saluran.

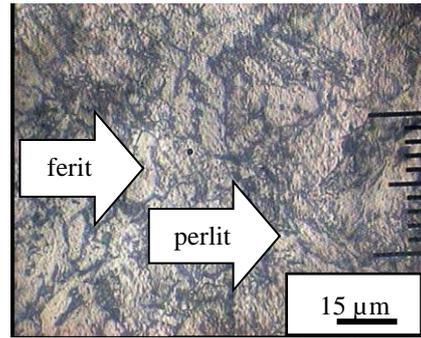
**Tabel 1.** Tabel uji komposisi kimia

No	Unsur	W (% Berat)
1	Fe	98,3555
2	Mn	0,6433
3	C	0,1721
4	Ni	0,0781
5	Si	0,1961
6	Mo	0,0077
7	W	0,0001
8	P	0,0443
9	Cu	0,1918
10	Pb	0,0003
11	N	0,0131
12	Sb	0,0038
13	Co	0,0081
<b>Total</b>		<b>100</b>

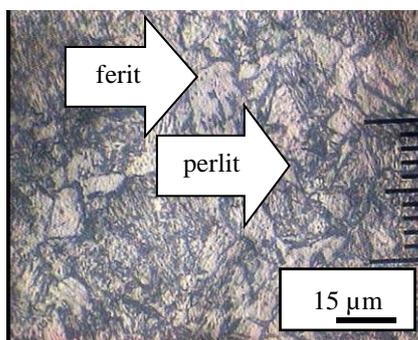
## Hasil Uji Struktur Mikro



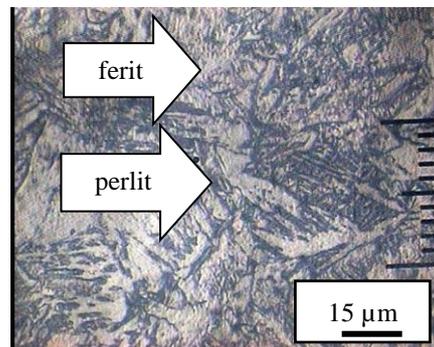
a. Struktur mikro raw material



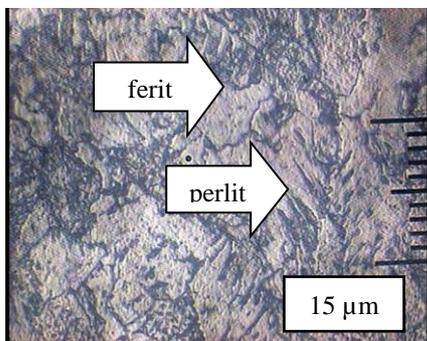
b. Struktur mikro T=200°C dan t = 25 menit



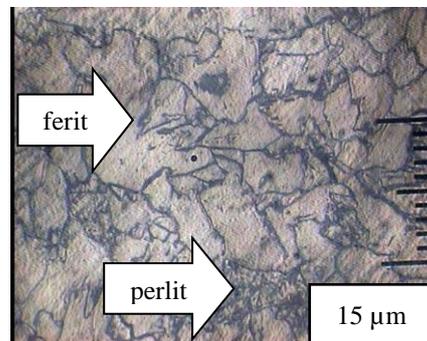
c. Struktur mikro T=200°C dan t = 30 menit



d. Struktur mikro T=200°C dan t = 45 menit



Struktur mikro T=200°C dan t = 60 menit



f. Struktur mikro T=200°C dan t = 75 menit

e.

**Gambar 2.** Hasil pengamatan struktur mikro

Berdasarkan analisis hasil uji *struktur mikro* dapat diambil kesimpulan bahwa baja karbon rendah dengan unsur karbon (C) 0,1721 % *struktur mikro raw material* nya terdiri dari ferrit dan perlit. Setelah dilakukan proses *tempering* 200°C dengan variasi waktu 25 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit *struktur mikro* ferrit dan perlit berubah dari besar menjadi kecil dan halus, disebabkan proses *tempering* dengan variasi waktu yang dilakukan. Hal ini dibuktikan oleh peneliti sebelumnya Suryana, (2016). Menyatakan waktu penahanan *tempering* tidak boleh terlalu lama karena dapat menyebabkan perubahan struktur mikro.

## Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini adalah dengan metode kekerasan *Vickers*. Hasil kekerasan diperoleh dengan cara menghitung beban yang diberikan dibagi dengan nilai rata rata diagonal bekas pijakan piramida intan pada posisi yang duji, untuk menghitung hasil uji

kekerasan *Vickers* (VHN) dapat digunakan rumus kekerasan berdasarkan persamaan 1 sebagai contoh pada spesimen raw material

Titik uji 1 (*raw*)

$$D = \frac{(D1+D2)}{2} = \frac{0,60+0,59}{2} = 0,595 \text{ mm}$$

$$HVN = 1,8544 \frac{F}{D^2} = 1,8544 \frac{40}{0,595^2} = 209,48 \text{ kg/mm}^2$$

Titik uji 2 (*raw*)

$$D = \frac{D1+D2}{2} = \frac{0,61+0,60}{2} = 0,605 \text{ mm}$$

$$HVN = 1,8544 \frac{F}{a^2} = 1,8544 \frac{40}{0,605^2} = 202,61 \text{ kg/mm}^2$$

Titik uji 3 (*raw*)

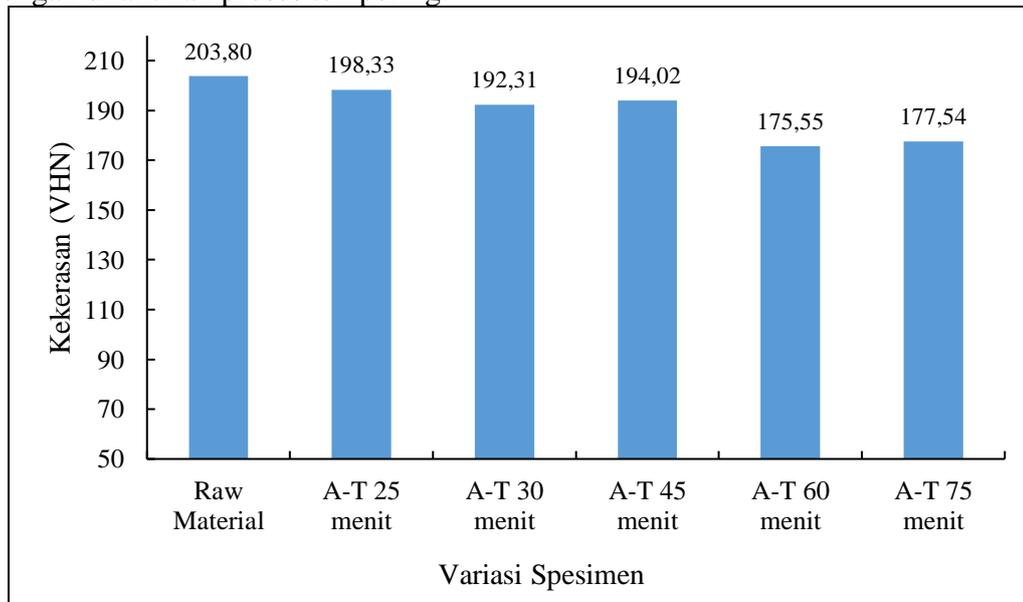
$$D = \frac{D1+D2}{2} = \frac{0,61+0,61}{2} = 0,610 \text{ mm}$$

$$HVN = 1,8544 \frac{F}{D^2} = 1,8544 \frac{40}{0,610^2} = 199,30 \text{ kg/mm}^2$$

Setelah mendapatkan hasil nilai kekerasan masing-masing titik, selanjutnya dihitung nilai rata-rata dengan cara *HVN* dari ketiga titik ditambahkan kemudian dibagi dengan jumlah titik.

$$HVN_{\text{rata-rata}} = \frac{209,48+202,61+199,30}{3} = 203,80 \text{ kg/mm}^2$$

Pada gambar 2 ditunjukkan nilai kekerasan *VHN* rata - rata paling tinggi terdapat pada bagian *raw* material saja. karena struktur perlit yang terdapat pada baja karbon rendah besar – besar sehingga kekerasan tertinggi berada pada *raw* material dan setelah dilakukan proses *tempering* 200°C dengan variasi waktu 25 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit baja karbon rendah mengalami penurunan kekerasannya karena struktur ferit semakin banyak dengan dilakukan proses *tempering*.



**Gambar 3.** Diagram hasil uji kekerasan *vickers*

Dari data nilai kekerasan pada **Gambar 3** diatas dapat disimpulkan bahwa *raw* material memiliki nilai kekerasan rata rata paling tinggi diikuti dengan nilai kekerasan tertinggi dari *Raw* material, 25 menit, 45 menit, 30 menit, 75 menit, dan 60 menit. Disebabkan karena proses

*tempering* dengan variasi waktu yang dilakukan pada baja membuat kekerasan baja menjadi turun sehingga diagram dari hasil kekerasan menjadi turun. Hal ini dibuktikan oleh penelitian sebelumnya Haryadi, (2006) yang menyatakan pengaruh suhu penemperan terhadap sifat-sifat baja adalah apabila suhu temper semakin tinggi maka mempunyai sifat kekerasan yang semakin menurun.

### Hasil Uji Tarik

Pada penelitian ini spesimen uji Tarik baja karbon rendah memiliki panjang 32 mm . Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (persamaan 2)

Tegangan Tarik (*raw*)

$$\sigma = \frac{p}{A} \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{p \times 1000}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

$$\sigma = \frac{(41,58 \times 1000)}{(0,25 \times 3,14 \times 8,88^2)}$$

$$\sigma = 671,72 \text{ kg/mm}^2$$

Regangan Tarik (*raw*)

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \quad \text{atau} \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{7,37}{32} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 23,03\%$$

Hasil data yang sudah didapatkan melalui pengujian spesimen kemudian dihitung seperti cara diatas, penghitungan terus dilakukan untuk semua spesimen hingga spesimen 75 menit. Dan mendapatkan hasil uji tarik berupa tegangan dan regangan bisa dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil pengujian tarik

No.	Variasi Spesimen	Diameter	Pmax	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	ΔL	Tegangan	Regangan
		(mm)	(KN)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(%)
1	Raw Material	8,88	41,58	32	39,37	7,37	671,72	23,03
2	A-T 25 menit	8,81	42,73	32	37,71	5,71	701,31	17,84
3	A-T 30 menit	8,85	38,64	32	37,06	5,06	628,46	15,81
4	A-T 45 menit	8,85	48,62	32	35,44	3,44	790,79	10,75
5	A-T 60 menit	8,84	43,34	32	34,54	2,54	706,50	7,94
6	A-T 75 menit	8,89	45,39	32	36,86	4,80	731,62	15,00

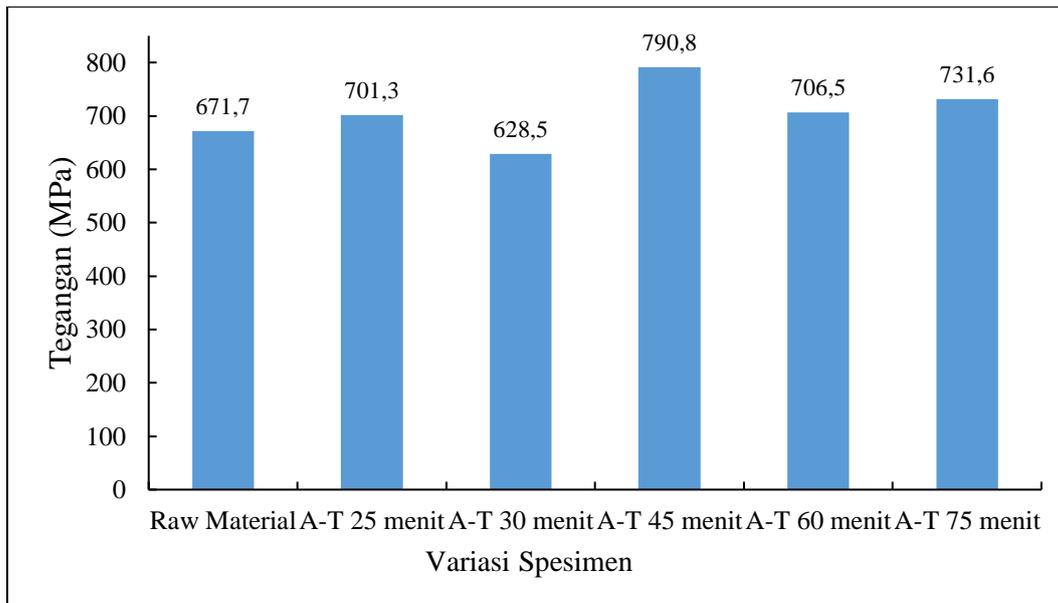
Keterangan :

A-T = *Austenisasi – Tempering*.

Pengujian menggunakan *Universal testing machine*.

Standar spesimen menggunakan ASTM E8.

Dari **tabel 2**. diatas dapat ditunjukkan bahwa spesimen 45 menit lebih tinggi hasil pengujian tariknya yaitu tegangan sebesar 790,79 Mpa regangan 10,75%.



**Gambar 4.** Diagram hasil pengujian tarik

Dari **Gambar 4.** dapat dilihat bahwa nilai tegangan tertinggi terdapat pada proses waktu 45 menit, disebabkan karena struktur perlit yang berubah bentuk panjang panjang akibat dari proses *tempering* dengan variasi waktu yang dilakukan. Sehingga struktur yang ada pada baja karbon rendah berubah bentuk. Hal ini dibuktikan oleh penelitian sebelumnya (Oktavianto, 2020). Menyatakan bahwa yang mempengaruhi tingginya kekuatan tarik dan regangan adalah ketika spesimen dipanaskan pada temperatur tinggi kemudian dilakukan pendinginan cepat. Sehingga menyebabkan terbukanya rongga-rongga yang ada pada permukaan dan menyebabkan ukuran atom-atom mengecil.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa baja yang digunakan termasuk jenis baja karbon rendah dengan kadar karbonnya 0,1721%.
2. Struktur mikro yang terbentuk setelah proses temper maupun pada *raw material* menunjukkan struktur ferit dan perlit.
3. Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers* pada spesimen baja karbon rendah menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada raw material yaitu 203,80 kg/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan menurun seiring dengan naiknya waktu temper pada suhu 200°C.
4. Hasil pengujian kekuatan Tarik nilai tegangan tertinggi yaitu 790,79 Mpa pada proses temper 200°C dengan waktu 45 menit.

## REFERENSI

- Callister, dkk (2001). *Materials Science and Engineering An Introduction*, 3<sup>rd</sup> edition, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Firmansyah (2020) Tensile Test : Pengertian, Prosedur, Acceptance dan Standard june 24, 2020 by firmansyah.
- GD haryadi, (2006). Pengaruh suhu tempering terhadap kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja K-460, vol 8, no 2, april 2006, staf pengajar jurusan teknik mesin ft-undip.

- Imam ahmad suryana, (2016). analisa pengaruh temperatur tempering terhadap struktur mikro dan sifat mekanik baja aar-m201 grade e, repository, jurusan material dan metalurgi, fakultas teknologi industri, Institut teknologi sepuluh nopember,surabaya 2016.
- Jordi, M., Yudo, H., & Jokosisworo, S. (2017). Analisa Pengaruh Proses *Quenching* Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan Smaw. Jurnal Teknik Perkapalan.  
Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 5, No. 1 Januari 2017.
- Muhammad oktavianto, (2020). Studi peningkatan kekerasan serta perubahan struktur mikro pisau perkakas berbahan baja karbon rendah (S09CK) yang di quenching pada cairan arang kayu jati. Naskah publikasi fakultas muhammadiyah surakarta 2020.
- Sidi, Pranowo., Wahyudi, M Thoriq, (2012), Analisi Kekerasan pada Pipa yang Dibengkokkan Akibat Pemanasan, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 3, Hal. 398 - 403