

## ANALISIS PROSES *TEMPERING* PADA BAJA DENGAN KANDUNGAN KARBON 0,46% HASIL *SPRAY QUENCH*

**Sumidi, Helmy Purwanto<sup>1</sup>, S.M. Bondan Respati<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang  
Jl. Menoreh tengah X/22. Email: [Sumedi\\_boy@yahoo.com](mailto:Sumedi_boy@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Perlakuan panas merupakan kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada baja/logam atau paduan. Salah satu metode perlakuan panas tersebut adalah dengan proses quenching dan tempering. Proses tempering dilakukan pada baja dengan kandungan 0,46% yang telah dilakukan proses spray quench pada suhu 900°C selama 90 menit dengan pendinginan pada suhu kamar pada variasi holding time 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Hasil Analisa menunjukkan ukuran butir spesimen yang di tempering menjadi lebih besar dan semakin besar seiring dengan penambahan waktu holding time. Kekerasan baja karbon sedang mengalami peningkatan setelah perlakuan pemanasan uji spray quenching, benda uji yang terkena panas langsung (sisi depan) kekerasannya lebih tinggi dibandingkan permukaan yang tidak terkena panas secara langsung (sisi belakang). Sedangkan setelah mengalami perlakuan pemanasan uji tempering nilai kekerasannya akan turun. Untuk mendapatkan nilai kekerasan baja yang optimal perlu diperhatikan temperature pemanasan dan holding time. Dimana semakin lama holding time pada uji tempering akan mengakibatkan temper martensit lebih seragam dan merata.*

**Kata Kunci:** *Tempering*, baja karbon sedang, *holding time*, struktur mikro, dan kekerasan

### PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu dan teknologi semakin maju, contohnya teknologi pada logam *ferro*. Logam *ferro* mempunyai sifat-sifat kuat, liat, keras, penghantar listrik dan panas, serta mempunyai titik cair tinggi. Setiap jenis logam *ferro* juga mempunyai kemampuan yang berbeda, tergantung dari komposisi kimia penyusunnya dan perlakuannya (Amanto, 2003)

Bahan logam *ferro* sebelum atau sesudah dibuat suatu komponen atau konstruksi dapat diberikan perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas adalah proses pemanasan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan menurut cara tertentu, sehingga sifat bahan menjadi lebih sesuai dengan syarat kebutuhan desain. Jenis-jenis *heat treatment* yaitu *quenching*, *annealing*, *normalizing*, dan *tempering*. Kebutuhan desain juga memerlukan keuletan, kekerasan, tahan terhadap korosi, tahan terhadap perubahan suhu, dan lain-lain.

Seiring dengan perkembangan dunia industri yang semakin maju, mendorong para pelaku dunia industri untuk meningkatkan kebutuhan penggunaan dari hasil pengerasan baja yang dibutuhkan konsumen. Perkembangan teknologi terutama dalam pengerasan logam mengalami kemajuan yang sangat pesat. Untuk memenuhi tuntutan konsumen dalam teknik pengerasan logam ini, peneliti mencoba mengangkat permasalahan pengerasan dan sekaligus peningkatan keuletan dan ketangguhan logam pada Baja Karbon Sedang.

Logam *ferro* adalah logam besi (*Fe*) atau logam yang mengandung unsur besi didalamnya. Logam *ferro* merupakan paduan unsur kimia ya Alasan yang mendasari peneliti mengambil Baja Karbon Sedang karena baja tersebut banyak dipergunakan dalam bidang teknik atau industri. Baja karbon sedang yang telah dilakukan proses *spray quenching* ini memiliki kekerasan yang tinggi sehingga cocok untuk komponen yang membutuhkan kekerasan dan ketahanan terhadap gesekan. Untuk menghasilkan suatu produk yang menuntut keuletan dan tahan terhadap gesekan perlu dilakukan proses pemanasan ulang atau *temper*. Proses *tempering* yaitu proses memanaskan kembali baja yang sudah dikeraskan dengan proses *quenching* yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa (*residual stress*) dari proses *quenching*

Berdasarkan latar belakang yang ada, dapat diambil rumusan masalah yaitu bagaimana hasil proses *tempering* baja karbon sedang yang telah dikeraskan melalui *spray quenching* untuk dapat diaplikasikan dalam konstruksi mesin atau industry.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisa :

- a. Pengaruh *tempering* dengan suhu pemanasan 600°C pada variasi penahanan 30 menit, 60 menit, dan 90 menit baja karbon sedang hasil proses *spray quenching* terhadap struktur mikro.

- b. Pengaruh *tempering* dengan suhu pemanasan 600°C pada variasi penahanan 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Baja karbon sedang hasil proses *spray quenching* terhadap kekerasan.

Ruang lingkup pembahasan dalam masalah ini meliputi (tiga) pokok pembicaraan yaitu :

- Bahan yang akan diuji adalah baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0,46%
- Proses *tempering* dilakukan setelah benda uji dilakukan proses *spray quenching* pada suhu 900°C selama 90 menit dengan pendinginan secara cepat.
- Analisa struktur foto mikro dengan menggunakan mikroskop optik. Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Brinell*.

## METODOLOGI

### Alat Penelitian

- Blander Las Potong atau *Cutting Torch*
- Gasl LPG dan Oksigen
- Tempat Material  
Tempat Material digunakan untuk meletakkan benda uji pada pada proses *spray quenching*. Tempat material untuk spray quench seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tempat material

- Dapur Pemanas  
Dapur Pemanas digunakan untuk memanaskan benda uji pada pada proses *tempering*. Dapur pemanas seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Dapur Pemanas

- Stop Watch
- Thermometer Infrared
- Alat Uji Kekerasan (Brinell)
- Mesin Poles
- Metal Polish
- Kain Lap
- Bahan Kimia
- FotoMikro (Mikroskop Metalografi Tipe XSZ-107 BN)

### Bahan Penelitian

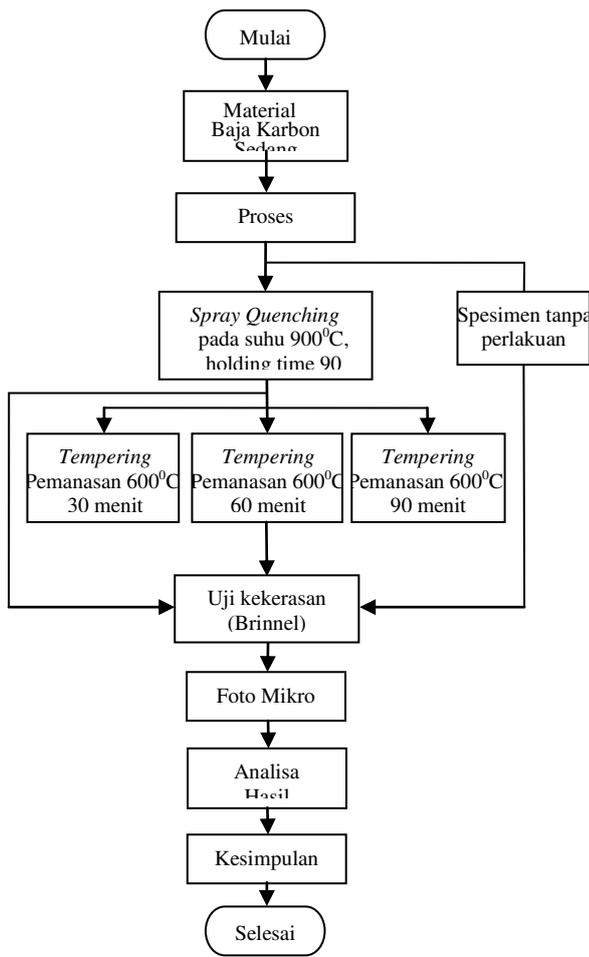
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon sedang ASTM E-112 dengan kadar karbon 0,460 %C dengan komposisi bahan kimia seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data komposisi paduan benda uji

Unsur	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu
%	0,460	0,710	0,230	0,019	0,007	0,010	0,090	0,060

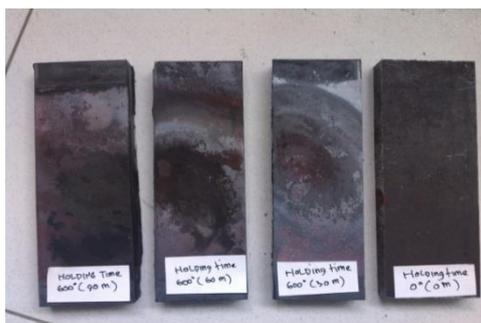
Bahan dalam penelitian ini dibuat dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 100 mm dan ketebalan 13 mm.

Sedangkan alur penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alur penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Hasil Tempering**



Gambar 4. Hasil Tempering

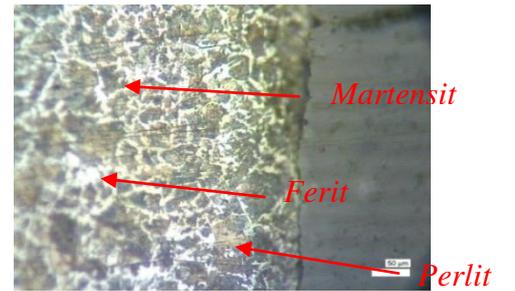
Gambar 4. menunjukkan hasil spesimen yang telah dilakukan proses *tempering*, dimana terlihat kondisi yang berbeda. Sisi spesimen yang ter-*tempering* terlihat warnanya merah kecoklatan, sedangkan sisi spesimen yang tidak ter-*tempering* terlihat berwarna coklat pekat.

Perubahan warna pada baja di sebabkan karena adanya perubahan suhu pada baja. Warna tersebut merupakan lapisan tipis yang membentuk lapisan oksidasi pada permukaan benda dan berubah mulai suhu 200<sup>0</sup>C, lalu setiap suhu berubah warna lapisan oksidasi pun berubah.

**Hasil Foto Mikro**

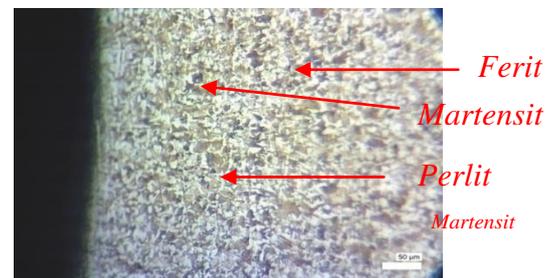
Hasil fotomikro seperti ditunjukkan pada gambar 5 hingga gambar 8.

a. Spesimen Tanpa Perlakuan.



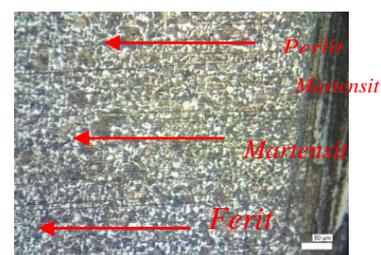
Gambar 5. Struktur Mikro Raw Material

b. Spesimen dengan perlakuan *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit.



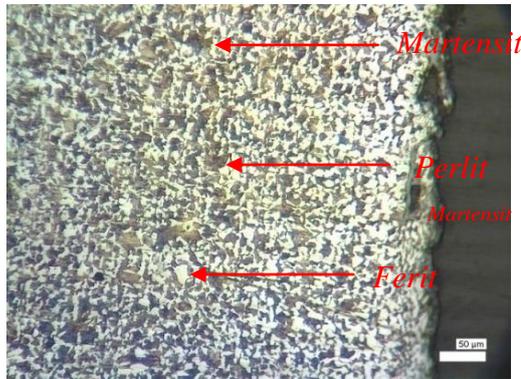
Gambar 6. Struktur Mikro *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit

c. Spesimen dengan perlakuan *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit kemudian *tempering* 600<sup>0</sup>C selama 30 menit.



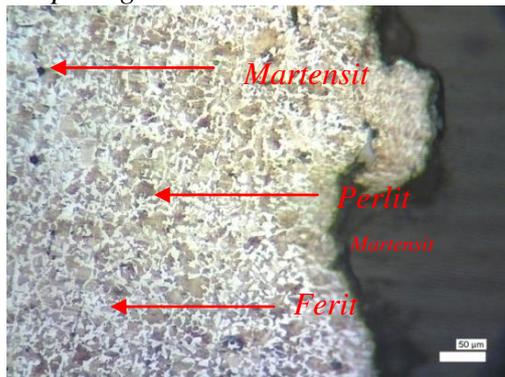
Gambar 7. Struktur Mikro *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit kemudian *tempering* 600<sup>0</sup>C selama 30 menit

- d. Spesimen dengan perlakuan *spray quenching* 900°C 90 menit kemudian *tempering* 600°C selama 60 menit.



**Gambar 8. Struktur Mikro *spray quenching* 900°C 90 menit kemudian *tempering* 600°C selama 60 menit**

- e. Spesimen dengan perlakuan *spray quenching* 900°C 90 menit kemudian *tempering* 600°C selama 90 menit.



**Gambar 9. Struktur Mikro *spray quenching* 900°C 90 menit kemudian *tempering* 600°C selama 90 menit**

**Keterangan Foto Mikro :**

Struktur mikro ini dilihat dengan Mikroskop Metalografi Tipe XSZ-107 BN dengan pembesaran 50µm.

Raw material mempunyai struktur mikro yang terdiri dari fasa *ferrit*, *martensit* dan *perlit*. Fasa ini akan bertransformasi menjadi *ferrit* dan *martensit temper* setelah mengalami proses *quenching* dan *tempering*, dimana fasa *ferrit* (terang), fasa *perlit* (abu-abu) dan *martensit* (gelap). Adapun bentuk batas butirnya adalah berbentuk oval, dimana ukuran butir setelah proses *spray quenching* menjadi lebih kecil dan setelah melalui uji *tempering* menjadi besar

dari ukuran butir setelah proses *spray quenching*. Kemudian apabila waktu penahanan *tempering* lebih panjang, maka butir yang terjadi akan membesar.

Setelah mengalami proses *spray quenching*, struktur pada benda uji akan mengalami fasa *martensit* dimana sifat logam akan menjadi keras dan getas. *Martensit* terbentuk jika fasa *austenit* melalui proses pendinginan yang sangat cepat (*rapid cooling*) ke temperatur ruang. Sedangkan jika dilakukan pendinginan secara normal (*slow cooling*) akan terjadi perubahan fasa dari *austenit* menjadi *ferrit*.

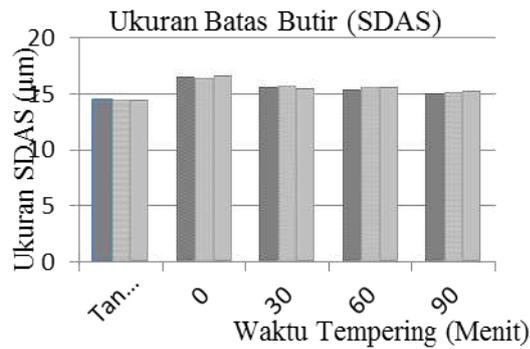
Temperatur yang semakin tinggi dapat menyebabkan terjadinya perubahan fasa dari *ferrit* atau *perlit* menjadi *austenit*, yaitu fasa di mana semua karbon bebas (C) larut dalam logam. Jika baja didinginkan secara lambat, karbon bebas (C) akan berdifusi keluar sehingga *austenit* akan menjadi *ferrit* dan *perlit*. Tetapi jika dari fasa *austenit* kemudian dilakukan pendinginan yang cepat, *austenit* akan menjadi fasa yang sangat keras yang disebut *martensit*.

Untuk mendapatkan nilai kekerasan baja yang optimal perlu diperhatikan *temperature* pemanasan dan *holding time*. Dimana semakin lama *holding time* pada uji *tempering* akan mengakibatkan *temper martensit* lebih seragam dan merata.

**SDAS**

**Tabel 2. Hasil pengukuran rata-rata SDAS**

NO	Nama Specimen	Waktu Tempering (menit)	Depan (µm)	Tengah (µm)	Belakang (µm)
1	Tanpa Treatment	00	14,5	14,5	14,5
2	<i>quenching</i> 900°C 90 menit	00	16,5	16,4	16,7
3	<i>quenching</i> 900°C 90 menit & <i>tempering</i> 600°C	30	15,6	15,7	15,5
4	<i>quenching</i> 900°C 90 menit, & <i>tempering</i> 600°C	60	15,4	15,6	15,6
5	<i>quenching</i> 900°C 90 menit & <i>tempering</i> 600°C	90	15,1	15,5	15,3



**Gambar 10. Grafik rata-rata batas butir (SDAS)**

Tabel 2 dan Gambar 10 adalah rata rata hasil pengukuran SDAS, menunjukkan bahwa rata-rata SDAS benda uji tanpa *treatment* adalah sebesar 15,5 µm. Sedangkan ukuran SDAS benda uji dengan perlakuan *spray quenching* 900°C 90 menit adalah sebesar 16,5 µm ; 16,4 µm ; dan 16,7 µm. Kemudian ukuran SDAS benda uji dengan perlakuan *spray quenching* 900°C 90 menit kemudian *tempering* 600°C 30 menit yaitu sebesar 15,1 µm; 15,2 µm; dan 15,0 µm. Sedangkan ukuran SDAS bagian benda uji dengan perlakuan *spray quenching* 900°C 90 menit dan *tempering* 600°C 60 menit yaitu sebesar 14,9 µm; 15,1 µm; dan 115,1 µm. dan ukuran SDAS bagian benda uji dengan perlakuan *spray quenching* 900°C 90 menit dan *tempering* 600°C 90 menit yaitu sebesar 14,6 µm ; 14,7 µm; dan 14,8 µm.

### Hasil Uji Kekerasan

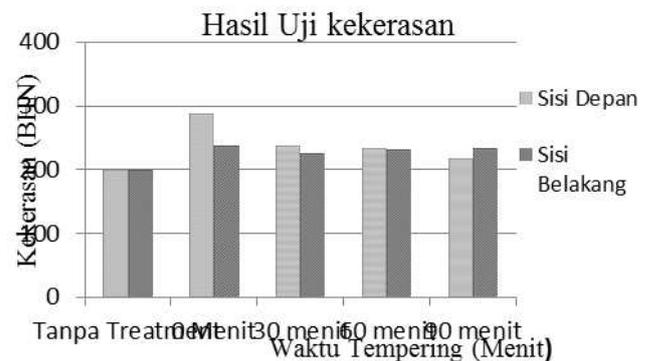
Hasil pengujian brinell pada setiap sisi spesimen ditunjukkan pada tabel 3 dan 4 serta gambar 11.

**Tabel 3. Hasil uji kekerasan Brinell sisi Depan**

No	Bahan Uji	Waktu Tempering (menit)	Kekerasan (BHN)					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1	Tanpa Treatment	0 menit	204	193	195	204	200	199,2
2	Quenching 900°C 90 menit	0 menit	307	297	301	276	263	288,8
3	Quenching 900°C 90 menit, & tempering 600°C	30 menit	225	229	235	249	254	238,4
4	Quenching 900°C 90 menit, & tempering 600°C	60 menit	229	240	236	239	224	233,6
5	Quenching 900°C 90 menit, & tempering 600°C	90 menit	204	193	195	204	200	218,4

**Tabel 4. Hasil uji kekerasan Brinell sisi Belakang**

No	Bahan Uji	Waktu Tempering (menit)	Kekerasan (BHN)					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1	Tanpa Treatment	0 menit	204	193	195	204	200	199,2
2	Quenching 900°C 90 menit	0 menit	235	249	254	227	225	238
3	Quenching 900°C 90 menit, & tempering 600°C	30 menit	234	224	231	221	214	224,8
4	Quenching 900°C 90 menit, & tempering 600°C	60 menit	234	230	227	228	236	231
5	Quenching 900°C 90 menit, & tempering 600°C	90 menit	240	235	235	225	231	233,2



**Gambar 11. Grafik Nilai Kekerasan**

Dalam tabel 3 dan 4 serta gambar 11 terlihat bahwa benda uji yang tidak melalui pemanasan uji *spray quenching* dan *tempering* mempunyai nilai kekerasan rata-rata sebesar 199,2 BHN pada bagian depan dan belakang.

Benda uji yang diperlakukan dengan pemanasan uji *spray quenching* 900°C 90 menit mempunyai kekerasan pada bagian depan dengan rata-rata 288,8 BHN dan bagian belakang mempunyai nilai kekerasan rata-rata 238 BHN. Meningkat 44,9% untuk bagian sisi atas, sedangkan bagian sisi belakang meningkat 19,5% dibandingkan *raw material* atau benda uji tanpa perlakuan panas.

Benda uji yang diperlakukan dengan pemanasan uji *spray quenching* 900°C 90 menit dan *tempering* 600°C 30 menit mempunyai kekerasan pada bagian depan dengan rata-rata 238,4 BHN dan bagian belakang mempunyai nilai kekerasan rata-rata 224,8 BHN. Menurun 18,6% untuk bagian sisi depan sedangkan bagian sisi belakang menurun 5,5% dibandingkan benda uji dengan pemanasan uji *spray quenching* 900°C 90 menit.

Benda uji yang diperlakukan dengan pemanasan uji *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit dan *tempering* 600<sup>0</sup>C 60 menit mempunyai kekerasan pada bagian depan dengan rata-rata 233,6 BHN dan bagian belakang mempunyai nilai kekerasan rata-rata 231 BHN. Menurun 2,01% untuk bagian sisi depan, sedangkan bagian sisi belakang menurun 2,8% dibandingkan benda uji dengan pemanasan uji *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit dan *tempering* 600<sup>0</sup>C 30 menit.

Benda uji yang diperlakukan dengan pemanasan uji *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit dan *tempering* 600<sup>0</sup>C 90 menit mempunyai kekerasan pada bagian depan dengan rata-rata 218,4 BHN dan bagian belakang mempunyai nilai kekerasan rata-rata 233,2 BHN. Menurun 6,5% untuk bagian sisi depan, sedangkan bagian sisi belakang menurun 1% dibandingkan benda uji dengan pemanasan uji *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit dan *tempering* 600<sup>0</sup>C 60 menit.

Pada gambar 10. menunjukkan nilai kekerasan tertinggi (paling keras) adalah benda uji dengan perlakuan pemanasan uji *spray quenching* 900<sup>0</sup>C 90 menit pada sisi depan atau yang terkena panas secara langsung yaitu nilai kekerasan rata-rata 292,8 BHN.

Dari data tersebut menunjukkan adanya peningkatan kekerasan pada benda uji yang tanpa perlakuan ke benda uji yang di *spray quenching* lalu mengalami penurunan kekerasan setelah benda uji di *tempering*.

Melihat nilai kekerasan benda uji bahan logam baja karbon sedang antara yang tanpa perlakuan dengan yang mengalami perlakuan, nilainya berbeda. Setelah mengalami perlakuan pemanasan uji *spray quenching* nilai kekerasannya semakin tinggi. Sedangkan setelah mengalami perlakuan pemanasan uji *tempering* nilai kekerasannya semakin turun, dan lama waktu pemanasan uji *tempering* juga berpengaruh terhadap nilai kekerasan benda uji dimana semakin lama waktu perlakuan panas uji *tempering* akan mengakibatkan benda uji semakin turun nilai kekerasannya (semakin lunak). Hal ini di sebabkan karena terjadi perubahan *martensit* menjadi fase *tempermartensit* dan *austenit* sisa dapat dilihat dalam Tabel 3, dan 4, serta Gambar 11. Grafik Nilai Kekerasan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian dan analisis data serta pembahasan tentang pengujian baja karbon sedang dengan alat uji *spray quenching* dan *tempering* maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

- a. Ukuran butir pada struktur mikro setelah proses *spray quenching* menjadi lebih kecildan setelah melalui uji *tempering* menjadi besar dari ukuran butir setelah proses *spray quenching*. Struktur mikro yang terlihat pada benda uji adalah *fasa ferrit* (terang), *fasa perlit* (abu-abu) dan *martensit* (gelap). Adapun bentuk batas butirnya adalah berbentuk oval. Kemudian apabila waktu penahanan (*holding time*) *tempering* lebih panjang, maka butir yang terjadi akan membesar dan lebih seragam.
- b. Kekerasan Baja Karbon sedang mengalami peningkatan setelah perlakuan pemanasan uji *spray quenching*, benda uji yang terkena panas langsung (sisi depan) kekerasannya lebih tinggi dibandingkan permukaan yang tidak terkena panas secara langsung (sisi belakang). Sedangkan setelah mengalami perlakuan pemanasan uji *tempering* nilai kekerasannya akan turun.
- c. Dari hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan kekerasan dari *Raw Material* ke benda uji yang di *spray quenching* lalu mengalami penurunan kekerasan setelah benda uji di *tempering*. Lama waktu (*holding time*) pemanasan uji *tempering* juga berpengaruh terhadap nilai kekerasan benda uji dimana semakin lama waktu perlakuan panas uji *tempering* akan mengakibatkan benda uji semakin turun nilai kekerasannya.
- d. Untuk mendapatkan nilai kekerasan baja yang optimal perlu diperhatikan temperaturpemanasan dan *holding time*. Dimana semakin lama *holding time* pada uji *tempering* akan mengakibatkan *temper martensit* lebih seragam dan merata.

## DAFTAR PUSTAKA

- AmantoHaridanDaryanto, 2003. *IlmuBahan*, Jakarta : SemarangGrafika Offset.
- DjaprieSriati, 2000. *MetalurgiFisik Modern danRekayasaBahan*, Jakarta : Erlangga.
- H. S. Hasan, 2011. *Heat Transfer Coefficients during Quenching of Steels*. University of Cambridge.
- KP Shah, 2010. *The Hand Book on Mechanical Maintenance*. University of Minnesota.

- Mozumder, A. 2006. *The Quasi-Ballistic Model of Electron Mobility in Liquid HydroCarbon : Effect of an External Electric Field.* *chem.phys.left.* 420 : 277-280
- Surdia, T., dan Saito, S., 2005. *PengetahuanBahanTeknik.* Jakarta : PradnyaParamita.