
Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Pada Proses *Annealing*

Ferdian Maulid Rahmawan⁽¹⁾, Suhardiman⁽²⁾
Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia, 28711
ferdhikece28@gmail.com, suhardiman@polbeng.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi suhu terhadap nilai kekerasan baja karbon pada proses annealing. Tujuannya adalah untuk mengetahui perbandingan kekerasan rockwell baja karbon dari variasi suhu heat treatment pada proses annealing. Annealing adalah salah satu metode perlakuan panas (heat treatment) yang digunakan untuk menurunkan nilai kekerasan pada baja yang memiliki nilai kekerasan yang tinggi dan perlu di beri perlakuan khusus untuk menurunkan kekerasan baja tersebut. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan terendah terdapat pada suhu 900°C yaitu sebesar 30,41 HRA dari 51,22 HRA dengan jumlah penurunan sebanyak 19,81 HRA dan perubahan penurunan sebesar 40,6%, sedangkan nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada suhu 600°C yaitu sebesar 45,7 HRA dari 54,3 HRA dengan penurunan sebanyak 8,6 HRA dan perubahan sebesar 15,8 %. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu perlakuan panas pada proses annealing, maka nilai kekerasan baja karbon akan semakin menurun.

Kata kunci: Annealing, Baja Karbon, Heat treatment, Kekerasan Rockwell, Suhu

PENDAHULUAN

Baja karbon telah menjadi material yang banyak digunakan dalam berbagai industri, termasuk otomotif dan manufaktur, karena sifat mekanisnya yang baik dan biaya produksi yang relatif rendah. Baja memiliki sifat ulet, kuat dan keras, bergantung dari seberapa banyak kandungan karbon yang ada didalam baja tersebut. Hal itu dikarenakan Baja memiliki unsur utama besi (Fe) dan karbon (C), dan bisa dipadukan lagi dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti dan sebagainya. Sifat ini dibutuhkan untuk komponen mesin yang saling bergesekan atau karena fungsinya harus mempunyai kekerasan tertentu (Setyawan dkk., 2018)

Proses pembubutan adalah salah satu metode yang umum digunakan dalam pembuatan komponen dari baja karbon. Namun, kualitas permukaan komponen yang dihasilkan seringkali menjadi perhatian utama dalam proses ini. Salah satu hal yang menjadi perhatian dari kualitas produk adalah nilai kekasaran permukaan produk ataupun material tersebut.

Pada skripsi yang ditulis oleh (Listyawan, 2018) dan (Wasito, 2018) terdapat studi kasus yaitu kondisi pahat HSS yang rusak dan aus karena pemakanan atau gesekan terhadap benda kerja. Dapat dirangkum pada penelitian ini bahwasanya pada hasil akhir pembubutan, kekasaran benda kerja

berbanding lurus dengan ausnya pahat HSS. Kekasaran adalah salah satu faktor penilaian kualitas produk, semakin rendah tingkat kekasaran maka kualitas produk akan semakin meningkat. Namun disisi lain tingginya nilai kekasaran juga menyebabkan keausan karena gesekan antar komponen. Kekerasan adalah faktor yang mempengaruhi tingkat kekasaran material. Hal ini juga disampaikan oleh Rizal & Ismardi (2017) semakin besar harga kekerasan benda kerja maka permukaan benda kerja akan semakin kasar, sedangkan semakin rendah harga kekerasan maka benda kerja akan semakin halus.

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu proses manufaktur yang melibatkan pemanasan dan pendinginan material logam atau paduan untuk mengubah sifat-sifat fisik dan mekanisnya. Proses ini mencakup tahap pemanasan hingga suhu tertentu, mempertahankan suhu tersebut untuk periode waktu yang ditentukan, dan kemudian pendinginan secara terkendali. Perlakuan panas adalah faktor yang dapat mempengaruhi kekerasan dan kekasaran permukaan pada proses pembubutan.

Annealing adalah salah satu metode perlakuan panas yang cocok digunakan untuk menurunkan kekerasan material dengan pendinginannya yang lambat. Beberapa faktor yang mempengaruhi perlakuan panas adalah suhu pemanasan, waktu tahan pemanasan dan media pendingin yang

digunakan. Oleh karena itu, penulis mengambil judul “Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Pada Proses *Annealing*” yang memiliki tujuan mempermudah proses permesinan dan mengurangi kekasaran material pada proses permesinan dengan cara melakukan pelunakan pada spesimen menggunakan metode perlakuan panas *annealing* dengan variasi suhu *heat treatment*.

1. METODE

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon ST 48, untuk memastikan baja tersebut dilakukan pengujian tarik. Dari pengujian menunjukkan bahwa baja tersebut merupakan baja karbon ST 48 karena memiliki kekuatan tarik sebesar 48 kg/mm^2 .

Metode penelitian yang digunakan ialah metode penelitian eksperimen yang dimana penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi suhu pada proses *annealing* terhadap kekerasan baja karbon dengan cara membandingkan data kekerasan setiap suhu pada proses *annealing* yaitu 600°C , 700°C , 800°C dan 900°C . Tungku yang digunakan pada penelitian kali ini adalah tungku yang ada dilaboratorium uji bahan Politeknik Negeri Bengkalis dengan jenis kontrol otomatis.

Variabel tetap pada penelitian ini adalah media pendingin dan waktu tahan (*holding time*), sedangkan variabel bebasnya adalah variasi suhu *furnace*. Media pendingin yang digunakan yaitu pendinginan didalam tungku secara tertutup hingga suhu ruangan dan waktu tahan yang digunakan selama 1 jam. Untuk mendapatkan data diatas yaitu dilakukan eksperimen dengan melakukan perlakuan panas pada baja karbon ST 48 dengan metode *annealing*.

Adapun prosedur penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan antara lain sebagai berikut:

1. Persiapan spesimen uji berupa baja karbon ST 48 sebanyak 4 buah yang sudah sesuai dengan dimensinya.
2. Spesimen uji baja karbon dibersihkan menggunakan ampelas dan pemoles kemudian menggunakan ampelas panas diambil dulu data kekerasan awal, kemudian lakukanlah proses *heat treatment*.
3. Masukkan spesimen uji kedalam *furnace*, dan *furnace* ditutup, nyalakan *furnace* tunggu hingga mencapai variasi suhu 600°C , 700°C , 800°C dan 900°C , dengan waktu penahan 1 jam. kemudian setelah proses tersebut matikan *furnace*, lalu lakukan pendinginan didalam tungku sampai dingin (suhu ruangan).
4. Lalu bukalah *furnace* dan ambil spesimen uji menggunakan sarung tangan dan gancu (penjepit).
5. Kemudian spesimen uji tersebut dibersihkan dari sisa-sisa proses *heat treatment* dengan menggunakan ampelas dan pemoles salah satu

sisi hingga bersih untuk proses pengujian kekerasan.

Adapun alat utama yang digunakan yaitu *furnace* dan mesin uji kekerasan rockwell. Sedangkan alat pendukung yaitu penjepit, jangka sorong, majun dan ampelas, sedangkan bahan yang digunakan yaitu material baja karbon ST 48 dan autosol.



Gambar 1 Mesin uji kekerasan rockwell



Gambar 2 Tungku pemanasan



Gambar 3 Jangka sorong



Gambar 4 Material baja karbon ST 48

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil data mentah kemudian diolah untuk dianalisis :

2.1 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell dengan Temperatur 600°C

Tabel 1 Hasil uji kekerasan dengan suhu 700°C

| Titik Pengujian | Beban Total | Kekerasan (HRA) | |
|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | Sebelum | Sesudah |
| 1 | 60 kgf | 52,6 | 44,0 |
| 2 | 60 kgf | 51,4 | 44,8 |
| 3 | 60 kgf | 52,6 | 45,5 |
| 4 | 60 kgf | 53,8 | 45,1 |
| 5 | 60 kgf | 54,2 | 45,6 |
| 6 | 60 kgf | 50,0 | 46,0 |
| 7 | 60 kgf | 50,5 | 45,5 |
| 8 | 60 kgf | 52,4 | 45,7 |
| 9 | 60 kgf | 50,5 | 45,8 |
| 10 | 60 kgf | 52,4 | 45,5 |
| 11 | 60 kgf | 51,3 | 46,5 |
| 12 | 60 kgf | 51,0 | 45,8 |
| 13 | 60 kgf | 50,8 | 46,0 |
| 14 | 60 kgf | 50,5 | 45,8 |
| 15 | 60 kgf | 51,0 | 46,0 |
| 16 | 60 kgf | 53,6 | 46,3 |
| 17 | 60 kgf | 53,0 | 46,0 |
| 18 | 60 kgf | 52,0 | 46,0 |
| 19 | 60 kgf | 52,5 | 46,1 |
| 20 | 60 kgf | 51,3 | 46,5 |
| Rata-rata | | 54,3 | 45,7 |

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kekerasan pada spesimen dengan suhu pemanasan 600°C sebesar 45,7 HRA dari 54,3 HRA dengan penurunan sebesar 8,6 HRA dan perubahan sebesar 15,8 %. Pada eksperimen dengan suhu pemanasan 600°C dapat disimpulkan belum terlihat signifikan perubahannya.

2.2 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell dengan Temperatur 700°C

Tabel 2 Hasil uji kekerasan dengan suhu 700°C

| Titik Pengujian | Beban Total | Kekerasan (HRA) | |
|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | Sebelum | Sesudah |
| 1 | 60 kgf | 52,8 | 40,8 |
| 2 | 60 kgf | 52,5 | 42,0 |
| 3 | 60 kgf | 52,1 | 42,5 |
| 4 | 60 kgf | 51,3 | 42,3 |
| 5 | 60 kgf | 53,0 | 42,0 |
| 6 | 60 kgf | 50,6 | 42,5 |
| 7 | 60 kgf | 50,0 | 42,2 |
| 8 | 60 kgf | 50,5 | 43,0 |
| 9 | 60 kgf | 50,0 | 42,8 |
| 10 | 60 kgf | 51,4 | 43,0 |
| 11 | 60 kgf | 51,0 | 42,0 |
| 12 | 60 kgf | 51,0 | 43,0 |
| 13 | 60 kgf | 51,9 | 43,0 |
| 14 | 60 kgf | 51,4 | 43,0 |
| 15 | 60 kgf | 51,0 | 42,5 |
| 16 | 60 kgf | 52,5 | 42,8 |
| 17 | 60 kgf | 52,0 | 43,0 |
| 18 | 60 kgf | 52,0 | 42,0 |
| 19 | 60 kgf | 52,5 | 42,7 |
| 20 | 60 kgf | 50,5 | 43,0 |
| Rata-rata | | 51,5 | 42,5 |

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kekerasan pada spesimen 2 dengan suhu 700°C sebesar 42,5 HRA dari 51,5 HRA dengan penurunan sebesar 9 HRA dan perubahan sebesar 17,4 %. Pada eksperimen dengan suhu pemanasan 700°C dapat disimpulkan belum terlihat signifikan perubahannya.

2.3 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell dengan Temperatur 800°C

Tabel 3 Hasil uji kekerasan dengan suhu 800°C

| Titik Pengujian | Beban Total | Kekerasan (HRA) | |
|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | Sebelum | Sesudah |
| 1 | 60 kgf | 51,0 | 38,0 |
| 2 | 60 kgf | 52,0 | 36,4 |
| 3 | 60 kgf | 51,8 | 37,8 |
| 4 | 60 kgf | 51,4 | 37,9 |
| 5 | 60 kgf | 50,5 | 36,8 |
| 6 | 60 kgf | 52,5 | 37,0 |
| 7 | 60 kgf | 52,4 | 37,0 |
| 8 | 60 kgf | 53,0 | 37,9 |
| 9 | 60 kgf | 52,5 | 37,9 |
| 10 | 60 kgf | 51,0 | 36,6 |
| 11 | 60 kgf | 51,9 | 37,4 |
| 12 | 60 kgf | 52,4 | 37,9 |
| 13 | 60 kgf | 51,0 | 37,0 |
| 14 | 60 kgf | 51,6 | 37,6 |
| 15 | 60 kgf | 51,0 | 36,6 |
| 16 | 60 kgf | 51,0 | 38,0 |
| 17 | 60 kgf | 50,4 | 38,5 |
| 18 | 60 kgf | 51,0 | 35,0 |
| 19 | 60 kgf | 50,5 | 38,0 |
| 20 | 60 kgf | 50,5 | 38,0 |
| Rata-rata | | 51,52 | 37,3 |

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kekerasan pada spesimen 2 dengan suhu 800°C sebesar 37,3 HRA dari 51,52 HRA dengan penurunan sebesar 14,22 HRA dan perubahan sebesar 27,6 %. Pada eksperimen dengan suhu pemanasan 800°C dapat disimpulkan sudah mulai terlihat signifikan perubahannya.

2.4 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell dengan Temperatur 900°C

Berikut adalah hasil uji kekerasan *rockwell* baik sebelum diberi perlakuan panas maupun sesudah :

Tabel 4 Hasil uji kekerasan dengan suhu 900°C

| Titik Pengujian | Beban Total | Kekerasan (HRA) | |
|------------------|-------------|-----------------|--------------|
| | | Sebelum | Sesudah |
| 1 | 60 kgf | 50,3 | 31,2 |
| 2 | 60 kgf | 51,0 | 30,5 |
| 3 | 60 kgf | 51,1 | 29,0 |
| 4 | 60 kgf | 51,9 | 30,0 |
| 5 | 60 kgf | 51,2 | 32,0 |
| 6 | 60 kgf | 50,9 | 29,0 |
| 7 | 60 kgf | 50,5 | 31,6 |
| 8 | 60 kgf | 51,0 | 30,7 |
| 9 | 60 kgf | 51,3 | 30,4 |
| 10 | 60 kgf | 51,6 | 30,2 |
| 11 | 60 kgf | 52,4 | 30,6 |
| 12 | 60 kgf | 51,8 | 32,0 |
| 13 | 60 kgf | 51,3 | 31,4 |
| 14 | 60 kgf | 51,1 | 32,0 |
| 15 | 60 kgf | 50,9 | 31,0 |
| 16 | 60 kgf | 50,9 | 30,6 |
| 17 | 60 kgf | 51,4 | 29,0 |
| 18 | 60 kgf | 51,7 | 28,5 |
| 19 | 60 kgf | 51,9 | 29,5 |
| 20 | 60 kgf | 50,2 | 29,0 |
| Rata-rata | | 51,22 | 30,41 |

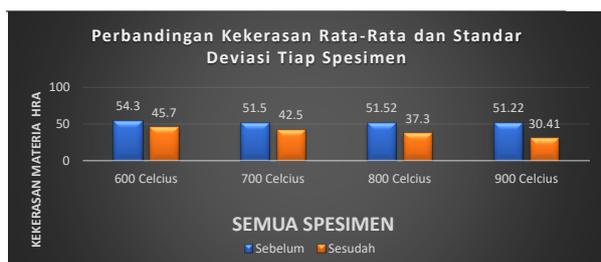
Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kekerasan pada spesimen 1 dengan suhu 900°C sebesar 30,41 HRA dari 50,22 HRA dengan penurunan sebesar 19,81 HRA dan perubahan sebesar 40,6 %. Pada eksperimen dengan suhu pemanasan 900°C dapat disimpulkan sangat signifikan perubahannya.

2.5 Hasil Grafik Perbandingan Kekerasan Tiap Spesimen

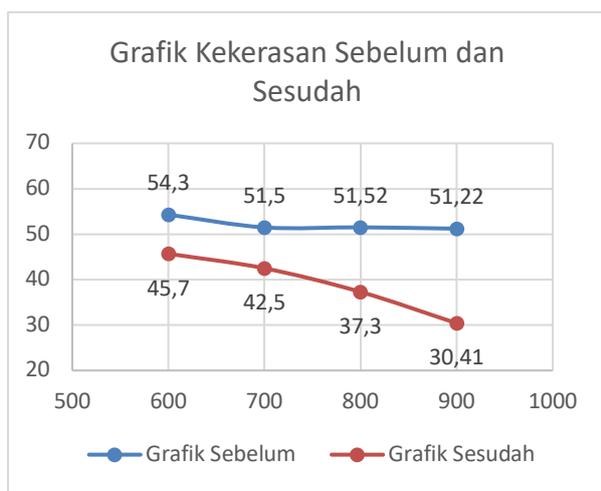
Tabel 5. Perbandingan kekerasan Tiap Spesimen

| Suhu | Kekerasan n sebelum | Kekerasan n sesudah | Perubahan n (%) |
|-------|---------------------|---------------------|-----------------|
| 600°C | 54,3 HRA | 45,7 HRA | 15,8 |
| 700°C | 51,5 HRA | 42,5 HRA | 17,4 |
| 800°C | 51,5 HRA | 37,3 HRA | 27,6 |

900°C 51,2 HRA 30,4 HRA 40,6



Gambar 5 Perbandingan kekerasan sebelum dan sesudah

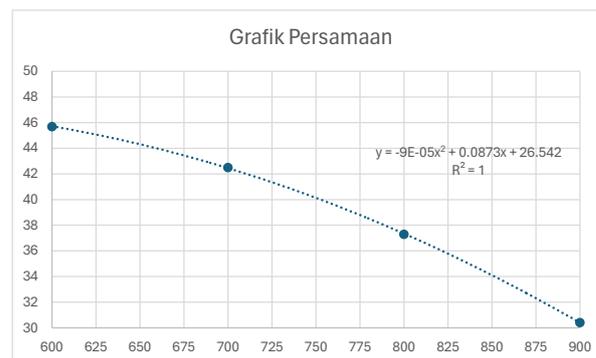


Gambar 6. Grafik kekerasan sebelum dan sesudah proses *annealing*

Pada tabel 5, gambar 1 dan 2 diperoleh hasil penelitian untuk proses *heat treatment annealing* baja karbon ST 48 dengan variasi suhu dan dengan waktu penahanan masing-masing 1 jam setelah mencapai suhu target. adapun nilai kekerasan sebelum proses *annealing* spesimen 1 51,22 HRA setelah proses *annealing* dengan suhu 900°C nilai kekerasannya menjadi 30,41 HRA, pada spesimen 2 51,5 HRA setelah proses *annealing* dengan suhu 700°C nilai kekerasannya menjadi 42,5 HRA, pada spesimen 3 51,52 HRA setelah proses *annealing* dengan suhu 800°C nilai kekerasannya menjadi 37,3 HRA, pada spesimen 4 54,3 HRA setelah dilakukan proses *annealing* dengan suhu 600°C nilai kekerasannya menjadi 45,7 HRA.

Adapun penurunan nilai kekerasan paling tinggi pada proses *annealing* terdapat pada spesimen 1 dengan suhu *heat treatment* 900°C yaitu sebesar 30,41 HRA dari 51,22 HRA dengan jumlah penurunann sebesar 19,81 HRA atau perubahan penurunan sebesar 40,6%. Sedangkan penurunan nilai kekerasan paling rendah pada proses *annealing* terdapat pada spesimen 4 dengan suhu *heat treatment* 600°C yaitu sebesar 54,3 HRA dari 45,7

HRA dengan penurunan sebesar 8,6 HRA atau perubahan penurunan sebesar 15,8%.



Gambar 7 Grafik persamaan

Pada gambar 4.7 diperoleh grafik persamaan yaitu $y = -9E-05x^2 + 0.0873x + 26.542$ yang bisa digunakan untuk memprediksi kekerasan pada suhu yang akan kita cari dengan contoh ingin mencari suhu yang tidak ada di data kita yaitu 850 °C dengan menggunakan persamaan grafik diatas mendapatkan hasil kekerasannya yaitu 35,72 HRA.



Gambar 8 Grafik perubahan kekerasan setiap spesimen (%)

Pada gambar 4 dapat disimpulkan bahwa material yang diperlakukan panas dengan metode *annealing* akan mengalami penurunan kekerasan yang semakin signifikan seiring dengan peningkatan suhu *heat treatment*. Pada suhu 600°C, terjadi penurunan kekerasan sebesar 15,80%, pada suhu 700°C sebesar 17,40%, pada suhu 800°C sebesar 27,60%, dan pada suhu 900°C sebesar 40,60%. Hal ini juga disampaikan oleh Trihutomo (2014) bahwasanya nilai kekerasan mengalami penurunan seiring semakin tingginya temperatur annealing.

3. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat dikatakan sesuai dengan tujuan penelitian yaitu mengetahui pengaruh variasi suhu terhadap kekerasan pada proses *annealing* dan melunakkan baja karbon ST 48 dimana pada proses *annealing* setiap variasi suhu

memiliki tingkat penurunan kekerasan material yang berbeda.

Tingkat kekerasan baja ST 48 dari variasi suhu *heat treatment*, maka di peroleh penurunan kekerasan yang tertinggi pada suhu 900°C dengan nilai kekerasan rata-rata 30,41 HRA dari 51,22 HRA dengan penurunan sebesar 19,81 HRA atau perubahan penurunan sebesar 40,6%. Kerasnya spesimen dipengaruhi oleh variasi suhu pada proses *annealing* semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan semakin rata pembentukan ulang struktur material dan akan semakin lunak dengan pendinginan didalam tungku dengan posisi tertutup hingga suhu ruangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu pada penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Listyawan, Y. (2018). Aalisa Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Permukaan Benda Kerja Menggunakan Pahat Bubut HSS Pada Pembubutan Baja ST 40. Politeknik Negeri Bengkalis.
- Rizal, Y., & Ismardi. (2017). Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Kekerasan (Hardness) Pada Roda Gigi Tarik Sepeda Motor Honda. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pangaraian, 139–144.
- Setyawan, D., Rhohman, F., & Mufarrih, Am. (2018). Pengaruh Proses Perlakuan Panas Terhadap Penggunaan Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Material ST 41. Jurnal Mesin Nusantara, Volume1,10–18.
<https://doi.org/10.29407/jmn.v1i1.12291>
- Trihutomo, P. (2014). Pengaruh Proses Annealing Pada Hasil Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah. Jurnal Teknik mesin (Vol. 22, Nomor 1).
- Wasito, D. (2018). Analisa Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Temperatur Mata Pahat HSS Dengan Benda Kerja Baja ST 37. Politeknik Negeri Bengkalis.