

**PENELITIAN TUGAS AKHIR**  
**ANALISA PENGARUH PROSES ANNEALING TERADAP KEKERASAN**  
**DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA ST60 DENGAN VARIASI**  
**TEMPERATUR 750°, 800°, 850°, 900°C DAN HOLDING TIME 15 MENIT,**  
**30 MENIT, 45 MENIT,DAN 60 MENIT.**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi S1**  
**Pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**oleh :**

**Gatot Tri Sambodo**  
**(D200140038)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2021**

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA PENGARUH PROSES ANNEALING TERADAP KEKERASAN  
DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA ST60 DENGAN VARIASI  
TEMPERATUR 750°, 800°, 850°, 900°C DAN HOLDING TIME 15 MENIT,  
30 MENIT, 45 MENIT,DAN 60 MENIT.**

## **PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**Gatot Tri Sambodo**

D200140038

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



**(Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T)**

**NIK. 436**

## HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH PROSES ANNEALING TERADAP KEKERASAN  
DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA ST60 DENGAN VARIASI  
TEMPERATUR 750°, 800°, 850°, 900°C DAN HOLDING TIME 15 MENIT,  
30 MENIT, 45 MENIT, DAN 60 MENIT**

OLEH

**GATOT TRI SAMBODO**

**D200 140 038**

Telah dipertahankan didepan dewan penguji

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Rabu, 27 januari 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

**Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T**  
(Ketua Dewan Penguji)

(  )

**Ir Sunardi Wiyono, M.T**  
(Anggota I Dewan Penguji)

(  )

**Bambang Waluyo Febriantoko, ST, MT**  
(Anggota II Dwan Penguji)

(  )

**Dekan**



**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D**  
**NIK. 682**

## **PENYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 November 2020

Yang Menyatakan



Gatot Tri Sambodo

**PENGARUH PROSES ANNEALING TERADAP KEKERASAN DAN  
STRUKTUR MIKRO PADA BAJA ST 60 DENGAN VARIASI  
TEMPERATUR 750°, 800°, 850°, 900°C DAN HOLDING TIME 15 MENIT,  
30 MENIT, 45 MENIT,DAN 60 MENIT.**

**Abstrak**

Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh variasi temperatur dan waktu tahan terhadap kekerasan dan struktur mikro dari baja ST 60 pada proses annealing. Proses annealing banyak digunakan untuk menghilangkan tegangan sisa pada proses produksi sehingga baja menjadi lebih ulet. pada penelitian ini menggunakan temperature (750°C),(800°C),(850°C) dan (900°C).dalam penelitian ini proses annealing dengan waktu tahan 15 menit ,30 menit,45 menit,60 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada temperatur 750°C dan waktu tahan 15 menit ,30 menit,45 menit,60 menit. nilai kekerasannya memiliki rata-rata 62 HRA. pada temperatur 800°C dengan waktu tahan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit rata-rata nilai kekerasannya adalah 59,67 HRA. lalu pada temperatur 850°C dengan waktu tahan 15 menit , 30 menit, 45 menit, 60 menit rata- rata nilai kekerasannya 53,67 HRA dan pada temperatur 900°C dengan temperatur 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit adalah 53 HRA. Untuk raw material memiliki rata- rata nilai kekerasan 66,7 HRA. jadi raw material setelah mengalami proses annealing mengalami penurunan.dengan demikian semakin tinggi suhu dan waktu tahan pada proses annealing mempengaruhi tingkat kekerasan material.

**Kata kunci :** Annealing , Waktu Tahan , Struktur Mikro, Kekerasan

**Abstract**

This research was conducted to investigate the effect of temperature and holding time variations on the hardness and microstructure of ST 60 steel in the annealing process. The annealing process is widely used to remove residual stresses in the production process so that steel becomes more ductile. in this study using

temperatures (750 ° C), (800 ° C), (850 ° C) and (900 ° C). In this study the annealing process was held with a holding time of 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes. The results of this study indicate that at a temperature of 750 ° C and holding time 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes. the hardness value has an average of 62 HRA. at a temperature of 800 ° C with a holding time of 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes the average hardness value was 59.67 HRA. then at a temperature of 850 ° C with a holding time of 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes the average hardness value is 53.67 HRA and at a temperature of 900 ° C with a temperature of 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes is 53 HRA. Raw material has an average hardness value of 66.7 HRA. so the raw material after experiencing the annealing process has decreased. Thus the higher the temperature and holding time in the annealing process affects the hardness of the material.

**Keywords:** Annealing, Holding Time, Microstruktur, Hardness

## 1. PENDAHULUAN

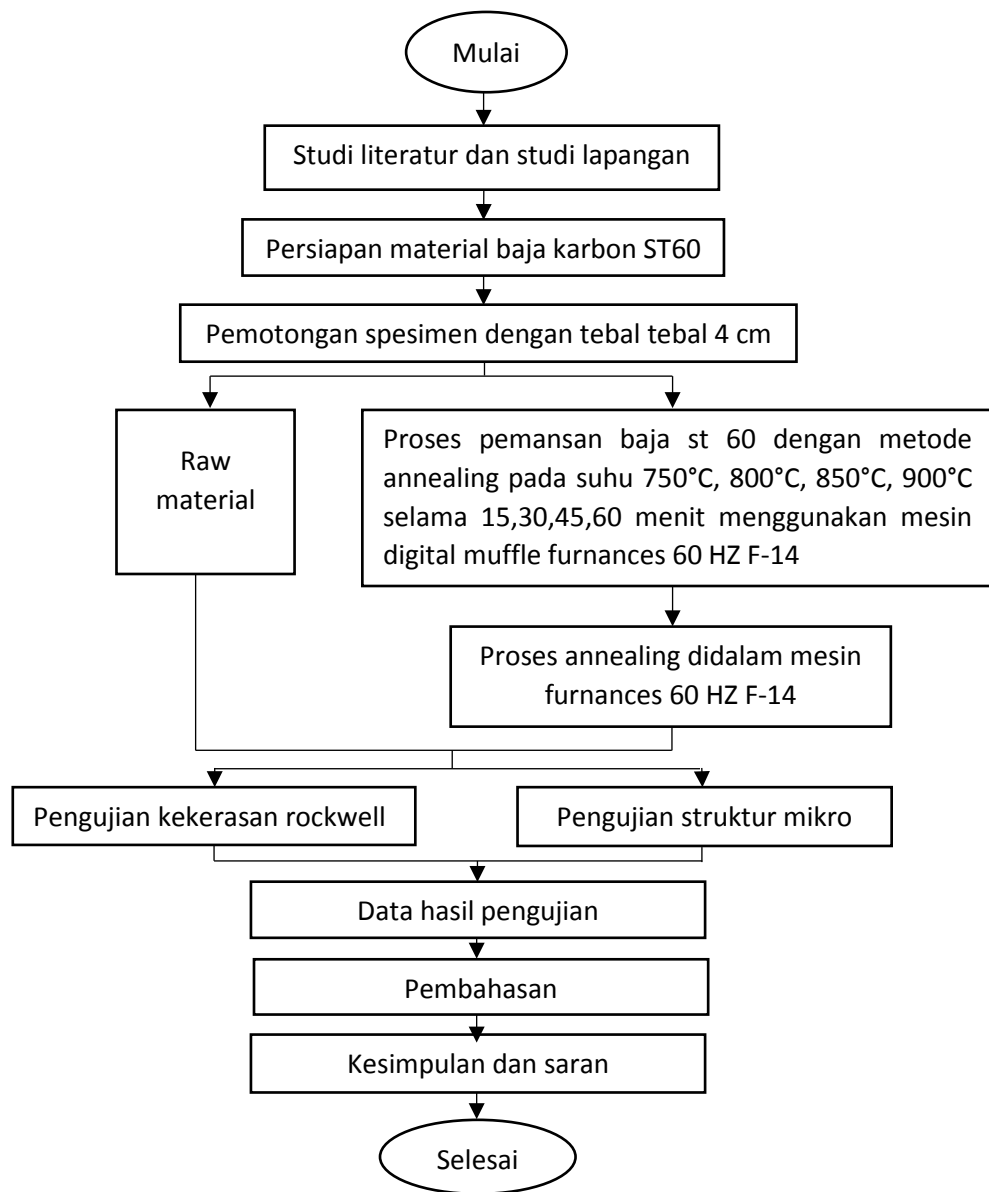
Di era globalisasi sekarang ini perkembangan teknologi menjadi salah satu perhatian kalangan dunia. Keberadaan teknologi sendiri sangat berpengaruh pada dunia industri, diantaranya penggunaan bahan logam sebagai bahan baku produksi dan bahan operasionalnya. Dalam aplikasi operasionalnya tersebut, tentunya baja harus memiliki struktur yang kuat, karena semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha agar logam lebih tahan terhadap gesekan adalah dengan cara proses perlakuan panas (*heat treatment*), hal ini memegang peranan penting dalam upaya peningkatan kekerasan baja sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, pemilihan jenis bahan juga perlu diperhatikan sesuai dengan fungsinya secara umum *heat treatment* bisa dilakukan dengan banyak cara, misalnya saja pemanasan sampai suhu tertentu dan mempertahankannya (*holding time*) untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata. Menurut Amstead, (1997) “ perlakuan panas adalah suatu proses pemansan dan

pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis logam tersebut”. Perlakuan panas pada logam bertujuan memperbaiki sifat-sifat mekanis, memperbaiki kemampuan logam untuk pengerjaan mesin, meningkatkan ketahanan korosi, meningkatkan ketahanan panas, dan mengubah sifat mekanik, maupun magnetis pada logam. Adapun berbagai faktor dalam proses perlakuan panas terhadap material logam baja yang mempengaruhi hasil perlakuan panas tersebut meliputi : Temperatur pada saat perlakuan panas (*heat treatment*), waktu penahan (*holding time*), serta media pendingin (*annealing*). Untuk mendapatkan hasil yang dapat sesuai kebutuhan, dapat dilakukan variasi berupa variasi lamanya waktu penahan (*holding time*) pada saat *heat treatment*.

Istiqbaliah, H &, Rhohman, F (2016), melakukan penelitian tentang analisa pengaruh temperatur annealing pada sambungan las terhadap kekerasan baja ST 37. Penelitian ini menggunakan baja ST 37 yang mengandung komposisi 0,118% C, 99,310% Fe, 0,375 Mn dan beberapa unsur paduan yang lainnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode penelitian eksperimen. Pengelasan menggunakan las busur listrik. Kemudian dilakukan perlakuan panas annealing pada suhu 450°C, 550°C dan 650°C dan waktu penahanan (*holding time*) 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Kemudian didinginkan menggunakan media pendingin udara ruangan selama 3 jam. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan kenaikan temperatur annealing dan waktu penahanan (*holding time*) mempengaruhi tingkat kekerasan pada titik – titik pengujian terutama pada sambungan las (logam las). Semakin tinggi temperatur annealing dan waktu penahanan (*holding time*) akan menurunkan tingkat kekerasan sehingga sambungan las akan memiliki tingkat kekerasan yang menurun daripada daerah lainnya. Pada pengujian di titik 3 menunjukkan pada temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (*holding time*) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 73,6 HRB sedangkan pada temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (*holding time*) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 86,87 HRB.

## 2. METODE

### 2.1 Langkah Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir penelitian

Langkah-langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mencari referensi mengenai proses Annealing baja karbon, pengujian foto mikro, pengujian kekerasan baik dari buku, jurnal-jurnal, situs internet, maupun dari tugas akhir terdahulu.

2. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini.
3. Pemilihan standart sebagai acuan dalam penelitian ini yang meliputi ukuran specimen, proses penelitian dan proses pengujian.
4. Pemotongan specimen dengan ukuran diameter 25 mm x tebal 4 mm.
5. Proses pemanasan baja karbon dengan temperature 750,800,850,900°C selama 15,30,45,60 menit
6. Setelah proses pemanasan selanjutnya melakukan proses *anealing* dengan cara mendinginkan secara perlahan didalam mesin furnaces
7. Melakukan uji komposisi, foto mikro dan uji kekerasan *rockwell*.
8. Hasil pengujian yang sudah didapat dianalisa dan kemudian diberikan kesimpulan dari apa yang didapat dari pengujian spesimen ini.

## 2.2 Alat dan Bahan

### 2.1.1Alat

Adapun peralatan yang akan digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut;

1. Tungku Pemanas (*Furnace Naber*)

Tungku pemanas digunakan untuk memanaskan spesimen agar menjadi lunak. Tungku pemanas ini dilengkapi dengan pengatur temperatur dan waktu yang sesuai dengan kebutuhan. Mesin Digital Muffle Furnaces 60 Hz F-14 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Tungku Pemanas/*Furnace Naber*

## 2. Cawan keramik

Cawan kramik digukana untuk wadah spesimen yg akan dimasukan kedalam mesin pemanas atau Muffle furnaces dilihat pada gambar 3



Gambar 3 Cawan Keramik

## 3. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter spesimen yang akan digunakan dalam penelitian. Jangka sorong dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Jangka sorong

## 4. Penjepit

Penjepit untuk mengangkat spesimen yang telah dipanaskan dari furnace naber. Gambar penjepit dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Penjepit untuk mengeluarkan spesimen

#### 5. Stopwatch

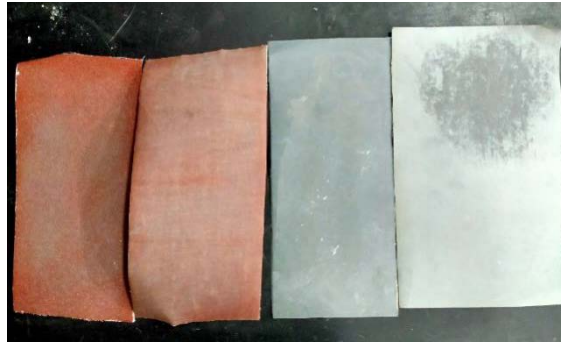
Untuk mengukur waktu penahanan saat pemasan baja karbon dalam furnace maka digunakan *stopwatch*. *Stopwatch* dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 *Stopwatch*

#### 6. Amplas

Amplas sebagai alat bantu untuk menghaluskan material setelah selesai dipotong dan juga sebagai penghalus material yang akan di uji metalografi. Amplas dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Amplas

#### 7. Autosol

Autosol sebagai bahan pembantu untuk memoles agar spesimen bersi dan mengkilap. Contoh autosol dapat dilihat pada 8.



Gambar 8 Autosol

#### 8. Alat Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan (*Hardeness Tester*) dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Alat yang digunakan untuk pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan rockwell. Alat uji rockwell dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Alat uji kekerasan rockwell

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin Spektrometer *Thermo* ARL 3560 OES dan memberikan hasil pembacaan secara otomatis kandungan komposisi kimia pada material sebelum mengalami heat treatment dan setelah mengalami heat treatment yang ditunjukkan pada table 1.

Tabel 1 Pengujian komposisi kimia

| Unsur | Hasil Uji (%) |
|-------|---------------|
| Fe    | 96,9025       |
| C     | 0,40          |
| Si    | 0,21          |
| S     | 0,013         |
| P     | 0,0015        |
| Mn    | 0,70          |
| Ni    | 0,02          |
| Cr    | 0,99          |
| Mo    | 0,163         |
| Cu    | 0,60          |

Dari hasil pengujian komposisi kimia material setelah dilakukan proses annealing maka termasuk golongan baja karbon sedang ( $0,3 > C > 0,6\%C$ ), dengan penyusun utama Besi (Fe) sebesar 96,9025% berpengaruh pada kekuatan dan kekerasan. Karbon (C) 0,40% bertambah nilai kekerasan baja sebesar 0,1241% dengan sebelum diberi perlakuan *carburizing* dan *quenching* 0,4%. Silika (Si) sebesar 0,2040% menambah kekuatan baja. Mangan (Mn) sebesar 0,7376% untuk memperbaiki dan meningkatkan kekuatan, kekerasan dan keuletan. Phospor (P) sebesar 0,0138% menjadikan baja lebih getas. Sulfat (S) sebesar 0,0057%

meningkatkan sifat mampu mesin. Khrom (Cr) sebesar 0,3326% meningkatkan kekuatan tarik, mampu keras, tahan korosi serta tahan pada suhu tinggi. Molibdenum (Mo) sebesar 0,0205% menambah ketahanan terhadap suhu tinggi. Nikel (Ni) sebesar 0,0281% meningkatkan sifat keuletan dan tahan karat. Tembaga (Cu) sebesar 0,0462% meningkatkan daya penghantar listrik, daya hantar panas dan tahan karat.

### **3.2 Pengujian Struktur Mikro**

Dari pengujian struktur mikro dilakukan dengan mengambil foto mikro permukaan pada raw material sebelum melalui proses *annealing* dan sesudah melalui proses *annealing* yang berupa silinder baja dengan diameter 25 mm dan tebal 4 mm.

Pada proses *annealing* dengan temperature 750°C dengan waktu tahan 15,30,45,60 menit jumlah ferit lebih banyak dibandingkan dengan perlit. Pada hasil uji mikro tersebut struktur martensit sudah mulai menghilang karena adanya pendinginan yang lambat. Kekerasan pun juga mulai menurun dibandingkan dengan *raw material*.

Pada proses *annealing* dengan temperature 800°C dengan waktu tahan 15,30,45,60 menit jumlah ferit lebih banyak dibandingkan dengan perlit, dan juga semakin tinggi suhu dan waktu tahan nya semakin banyak terbentuk nya ferit.

Lalu pada *annealing* temperature 850°C dan 900°C dengan waktu tahan yang sama yaitu 15,30,45,60 menit jumlah perlit menurun dan jumlah ferit meningkat menjadi lebih banyak, hasil uji struktur mikro menunjukkan martensit, menurun drastis dibandingkan dengan sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh temperature yang lebih tinggi dari sebelumnya. Semakin tinggi temperatur dan waktu tahan di gunakan maka jumlah perlit akan akan menurun sehingga proses perlit menjadi martensit akan semakin sedikit pada proses *annealing* baja karbon ST 60.

### **3.3 Pengujian Kekerasan Rockwell**

Kekerasan permukaan material di uji dengan menggunakan metode Hardness Rockwell. Pada uji Hardness Rockwell digunakan skala A dengan

beban (P) major 60 kgf. Pengujian dilakukan pada 17 spesimen yaitu diantaranya *raw material* dan setelah mengalami proses *annealing* dengan temperature 750,800,850,900°C dan waktu tahan 15,30,45,60 menit . Pengujian diatas dilakukan pada masing-masing bahan uji sebanyak 3 titik sampel kemudian diambil nilai rata-ratanya. Hasil kekerasan pada baja karbon sebelum dan sesudah *annealing* Hasil kekerasan pada baja karbon sebelum dan sesudah *annealing* dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 1 Hasil uji kekerasan sebelum dan sesudah *annealing* 750°C.

| No        | Raw Material | Annealing 750°C 15 menit | Annealing 750°C 30 menit | Annealing 750°C 45 menit | Annealing 750°C 60 menit |
|-----------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|           | HRA          | HRA                      | HRA                      | HRA                      | HRA                      |
| 1         | 65           | 59,6                     | 57,7                     | 57,3                     | 56,3                     |
| 2         | 68           | 57,5                     | 57,6                     | 57,6                     | 57,8                     |
| 3         | 67           | 57,2                     | 57,4                     | 57,8                     | 57,3                     |
| Rata-rata | <b>66,7</b>  | <b>58,1</b>              | <b>57,5</b>              | <b>57,5</b>              | <b>57,1</b>              |

Tabel 2 Hasil uji kekerasan sebelum dan sesudah *annealing* 800°C.

| No        | Raw Material | Annealing 800°C 15 menit | Annealing 800°C 30 menit | Annealing 800°C 45 menit | Annealing 800°C 60 menit |
|-----------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|           | HRA          | HRA                      | HRA                      | HRA                      | HRA                      |
| 1         | 65           | 55,7                     | 54,4                     | 54,7                     | 53,3                     |
| 2         | 68           | 54,5                     | 55,3                     | 54,6                     | 52,8                     |
| 3         | 67           | 56,2                     | 55                       | 54                       | 52,3                     |
| Rata-rata | <b>66,7</b>  | <b>55,5</b>              | <b>54,9</b>              | <b>54,4</b>              | <b>52,8</b>              |

Tabel 3 Hasil uji kekerasan sebelum dan sesudah *annealing* 850°C.

| No        | Raw Material | Annealing 850°C<br>15 menit | Annealing 850°C<br>30 menit | Annealing 850°C<br>45 menit | Annealing 850°C<br>60 menit |
|-----------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|           | HRA          | HRA                         | HRA                         | HRA                         | HRA                         |
| 1         | 65           | 52                          | 51,1                        | 50,6                        | 50,6                        |
| 2         | 68           | 51,5                        | 51                          | 50,6                        | 50,5                        |
| 3         | 67           | 51,2                        | 50,9                        | 50,2                        | 50                          |
| Rata-rata | <b>66,7</b>  | <b>51,5</b>                 | <b>51</b>                   | <b>50,4</b>                 | <b>50,3</b>                 |

Tabel 4 Hasil uji kekerasan sebelum dan sesudah *annealing* 900°C.

| No        | Raw Material | Annealing 900°C<br>15 menit | Annealing 900°C<br>30 menit | Annealing 900°C<br>45 menit | Annealing 900°C<br>60 menit |
|-----------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|           | HRA          | HRA                         | HRA                         | HRA                         | HRA                         |
| 1         | 65           | 51,2                        | 50,3                        | 49,9                        | 49,1                        |
| 2         | 68           | 50,4                        | 50,3                        | 50,1                        | 48,2                        |
| 3         | 67           | 50,2                        | 50                          | 50                          | 48,3                        |
| Rata-rata | <b>66,7</b>  | <b>50,2</b>                 | <b>50,2</b>                 | <b>50</b>                   | <b>48,5</b>                 |

#### 4. PENUUTP

##### 4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis data hasil pengamatan komposisi kimia ,struktur mikro ,dan kekerasan ,*Rockwell*,dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian kekerasan *Rockwell* ,nilai kekerasan raw material 66,7 HRA nilai kekerasan menurun setelah material di beri perlakuan *annealing* dengan temperature 750°C sebesar 58,1 HRA, pada temperature

800°C sebesar 55,5 HRA, pada temperatur 850°C sebesar 51,5 HRA dan pada temperatur 900°C sebesar 50,2 HRA dengan demikian dapat disimpulkan semakin tinggi temperatur dapat mempengaruhi kekerasan material.

2. Pengujian struktur mikro raw material lebih banyak perlit dibandingkan dengan ferit, sedangkan pada proses annealing lebih banyak Kristal ferit dibandingkan Kristal perlit. Hal ini menunjukkan bahwa benda kerja baja mengalami perubahan kekerasan setelah mengalami proses annealing.

#### 4.2 Saran

Pada penelitian ini, bahwa masih banyak terdapat kekurangan oleh karena itu penulis memberikan beberapa saran

1. Dalam pemilihan bahan lebih diperhatikan lagi agar sesuai dengan syarat dan ketentuan yang ingin dicapai
2. Pada saat proses pemanasan dan annealing dapat memperhatikan kelengkapan yang sesuai dengan standar pengujian
3. Pada saat melakukan pengujian annealing, kekerasan, struktur mikro sebaiknya saat persiapan pengujian lebih diperhatikan lagi standar pengujian sehingga menghemat waktu dalam pengujian dan memperoleh hasil yang baik dan memuaskan

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. dalam Wibowo, B.T., 2006. **Pengaruh Temperatur Dengan Quenching Dengan Media Pendingin Oli Mesin Sae 40 Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Baja St 60**, Skripsi Universitas Negeri Semarang.
- Azimi, Muhammad., Bukhari., Ariefia. (2020). **Analisa Pengaruh Holding Time Pada Proses Perlakuan Panas Annealing Baja Aisi 1050 Hasil Pengelasan Smaw**, jurnal Teknik mesin, politeknik negeri loksumawe, 4(2), 119–124.
- Gundara, G. (2016). **Karakteristik Kelelahan Baja Karbon S 45 C Dianil dengan Suhu 850° selama Satu Jam**, jurnal Teknik mesin universitas Muhammadiyah tasikmalaya, 1(1), 25–28.
- Istiqbaliah, H., & Rhojman, F. (2016). **Pengaruh Variasi Temperatur Annealing Terhadap Kekerasan Sambungan Baja St 37**, jurnal teknik

mesin universitas nusantara PGRI kediri.

- Khalid, A., Cahyadi, R., & Kapioro, P. (2014). **Analisa Pengaruh Beda Temperatur Pada Mikrostruktur Baja Carbon St 42**, jurnal intekna politeknik negeri Banjarmasin.
- Koswara, E. Dalam Mersilia , A., 2016 **Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Dan Annealing Dengan Media Air Garam Dan Oli Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun Aisi 6135**, Universitas Lampung.
- Nugroho, Lanal, S. (2017). **Pengaruh Proses Annealing Terhadap Perubahan Kekerasan Pengaruh Proses Annealing Dan Struktur Mikro Pada Pipa Sa 179**, skripsi institut sepuluh november Surabaya.
- Vessels, P., Bar, R. (2015). **Standard Test Methods For Rockwell Hardness Of Metallic Materials 1 , 2**. <https://doi.org/10.1520/E0018-15.2>
- Weriono. (2018). **Karakteristik Proses Full Annealing Dengan Variasi Media Quench Terhadap Kekuatan Mekanik Aisi**, unitex sekolah tinggi teknologi pekan baru 11(2), 166-174.
- William D. Callister, J. (2007). **Materials Science And Engineering** .In Journal Of Materials Science ( Seventh Ed, Vol 26).