**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERING TERHADAP KEKERASAN DAN METALOGRAFI PADA STAINLESS STEEL SEBAGAI MATERIAL ALAT KESEHATAN**

**Nur Kholis1\*, Helmy Purwanto1**

\*1Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236

\*Email: nurkholis@unwahas.ac.id

**Abstract**

*Dalam Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi suhu tempering terhadap struktur mikro dan kekerasan pada stainless stell DIN 4021 sebagai material produk alat kesehatan. Pada material baja stainless steel dilakukan proses heat treatment terlebih dahulu dengan suhu 1025 oC dengan waktu penahanan 25 menit dan dilakukan quenching. Material baja stainlees stell setelah dilakukan Heat treatment, dilakukan tahap selanjutnya yaitu tempering dengan variasi suhu 200oC, 400oC dan 600oC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses heat treatment bisa meningkatkan nilai kekerasan material. Nilai kekerasan raw material adalah 22 HRC, setelah dilakukan heat treatment meningkat menjadi 50 HRC. Parameter tempering nilai kekerasan tertinggi adalah 47 HRC pada variasi tempering suhu 200oC, dan parameter tempering dengan nilai terendah adalah 43 HRC pada variasi suhu 600oC. Hasil pengujian struktur mikro menggunakan Optical Microscopy menunjukan bahwa menghasilkan struktur ferit, pearlit, dan martensit. semakin tinggi suhu tempering, maka semakin besar luas area dan dimensi partikelnya.*

***Keywords:*** *Stainless steel, Struktur Mikro, Kekerasan*

1. **PENDAHULUAN**

*Stainless steel* atau baja tahan karat, disebut sebagai 'logam ajaib' yang ada di sekitar kita. Material stainless steel juga memiliki sifat mekanis yang baik dan ketahanan korosi yang baik. Dalam berbagai aplikasi mulai dari barang rumah tangga sehari-hari hingga aplikasi Boiler, *Automotif*, *biomedis* dan industri-industri kimia(Karci, Kaçar and Gündüz, 2009) (Abbasi, Luo and Owens, 2018). Pada zaman dulu *stainless steel* digunakan untuk menghasilkan yang produk terbaik dan produk paling tahan lama. Pada waktu itu bahan atau produk dari *stainless steel* hanya dapat dibeli atau hanya bisa diakses oleh masyarakat kelas atas. Seiring berjalannya waktu produksi dan penerapan produk dari bahan *stainless steel* meningkat serta ketersediaannya menjadi lebih banyak dan dibutuhkan orang-orang sekitar. Maka Perkembangan ilmu teknologinya yang semakin hari semakin maju pesat sangat berpengaruh besar terhadap dunia industri, terutama industri yang menghasilkan alat-alat kesehatan. Produksi alat kesehatan terutama untuk perawatan gigi dan mulut. Alat-alat ini sebagian besar menggunakan logam *stainless steel* sebagai material bakunya, oleh karena harus tahan terhadap korosi(Candelária and Pinedo, 2003). Maka diperlukan sebuah perlakuan khusus agar logam tersebut dapat digunakan dan dapat dimanfaatkan dengan baik. Perlakuan panas kepada *raw material* sangat diperlukan agar sifat material yang lunak dapat ditingkatkan nilai kekerasannya dan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan(Smallman and BiShop, 1999)(Hariningsih, Sumpena and Sukarjo, 2020). Perlakuan panas merupakan perpaduan antara pemanasan dan pendinginan logam padat dalam kurun waktu tertentu untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu(Purboputro, 2017). Nilai kekerasan yang diijinkan untuk alat kesehatan berstandart ISO 13485 adalah 43 ± 3 HRC (Pankiewicz *et al.*, 2016).

Proses perlakuan panas/ *hardening, quenching* dan *tempering* mengubah struktur mikro awal yang dimiliki baja sebelum dilakukan proses perlakuan panas, dari struktur karbon dapat berubah menjadi *martensit, perlit* maupun *bainit*. Perubahan struktur mikro ini merubah pula sifat fisik dan sifat mekaniknya, oleh karena itu diperlukan kajian lebih mendalam mengenai perubahan tersebut, khususnya pada baja *stainless steel* sebagai material produk alat kesehatan(Hryniewicz, Rokosz and Filippi, 2009).

Berdasarkan beberapa uraian literatur diatas, peneliti terfokus pada menganalisa dan mengetahui hubungan antara pengaruh suhu *tempering* terhadap nilai kekerasan material. Dan juga untuk mengetahui dan menganalisa hubungan antara pengaruh suhu *tempering* terhadap perubahan struktur mikro dengan menggunakan Optical Microscopy Proses penelitian mengarah pada variasi *suhu tempering* rendah yaitu 200oC, sedang 400oC, tinggi 600oC tanpa adanya penahanan suhu *tempering* atau *holding time*(Jiang, Gong and Tu, 2010)*.*

1. **METODOLOGY PENELITIAN**

Adapun langkah – langkah yang peneliti lakukan dalam eksperimen adalah dari persiapan bahan baku, pemotongan sample, memasukan sample ke ruamg *furnace* guna dilakukan perlakuan panas, dilanjutkan dengan *quenching*, dan memasukan kembali sample ke ruang *furnace* guna dilakukan *tempering* sesuai dengan parameter. Pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro dilakukan untuk melihat perubahan baik secara mekanik dan fisis. Sebagaimana terlihat sample spesimen uji bisa dilihat pada gambar 1.

|  |
| --- |
|  |

**Gambar 1**. Sample potongan spesimen

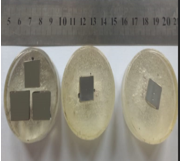
Pada gambar 1, (a) Bahan utama material yang digunakan untuk penelitian ini adalah baja *stainless steel* DIN 4021, mempunyai kandungan unsur C 0.16 – 0.25%, Si 1, Mn 1.5, Cr 12-14, Mo 0, Ni 0.25.

Pada penelitian kali ini peneliti melakukan perlakuan panas dengan suhu 1025°C dilakukan ditungku pemanas dengan waktu penahanan 20 menit dan di *quenching.* Dengan pendinginan yang cepat ini akan diperoleh bentuk martensit yang keras. Tungku pemanas dan tempering sebagaimana bisa dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Tungku perlakuan panasdan tempering

Proses selanjutnya adalah melakukan proses *tempering* dengan variasi suhu 200°C, 400°C, 600°C. Semua spesimen yang telah selesai dilakukan proses *hardening tempering*, selanjutnya adalah melakukan beberapa pengujian kekerasan material dan struktur mikro. Pengujian kekerasan dilakukan untuk menguji kekerasan guna mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui susunan fasa pada suatu benda uji atau spesimen. Sebelum semua spesimen masuk ke tahap pengujian, ada beberapa tahapan yang harus dilalui. Tahapan yang harus dilalui adalah *mounting*, *grindhing*, *poleshing, etching*(Oddy and Scott, 1992(Kisasoz, Karaaslan and Bayrak, 2017. Semua proses preparasi terlihat pada gambar 4.



**Gambar 4**. proses *mounting*

Pada gambar 4. menunjukkan proses *mounting* material dengan tujuan agar lebih mudah melakukan proses pemolesan. Proses *etching* dengan menggunakan cairan kimia yaitu HNo3, HCl dan alkohol(Kisasoz, Karaaslan and Bayrak, 2017).

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Di dalam penelitian ini dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan *Rockwell Hardness* skala C pada setiap material(ASTM E18/18M-11, 2018). Pengujian struktur mikro dengan menggunakan *Optical microscopy* pada setiap material, dengan perbesaran 200 X dan perbesaran 400 X .

* 1. **Hasil uji kekerasan (*rockwell hardness*)**

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kekerasan

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **NO** | **Spesimen** | **Pengujian (HRC)** | | | Rata-rata |
| 1 | 2 | 3 |
| **1** | Raw Material | 22 | 21 | 23 | 22 |
| **2** | Hardening 1025oC | 49 | 50 | 51 | 50 |
| **3** | Hardening 1025oC,Temp 200oC | 47 | 48 | 46 | 47 |
| **4** | Hardening 1025oC,Temp 400oC | 44 | 43 | 45 | 44 |
| **5** | Hardening 1025oC,Temp 600oC | 41 | 45 | 43 | 43 |



**Gambar 5.** Grafik Nilai Kekerasan

Pada Gambar 5 dan tabel 1 dapat dilihat bahwa proses *hardening* dan *quenching* dapat meningkatkan kekerasan material *Stainless Steel* DIN 4021. Material awal yang mempunyai nilai kekerasan 22 HRC meningkat menjadi 50 HRC(Prifiharni *et al.*, 2017). Pada suhu hardening 1025oC nilai kekerasannya meningkat menjadi 50 HRC, ini disebabkan karena adanya perlakuan panas diatas suhu austenitisasi disertai pendinginan dengan cepat, maka didalam proses itulah terjadi transformasi fasa ferit dan pearlit ke fasa martensit(Isfahany, Saghafian and Borhani, 2011). Pada proses tempering suhu 200oC nilai kekerasanya 47 adanya sedikit penurunan nilai kekerasan dibandingkan material hardening 1025oC, ini disebabkan karena suhu temper yang rendah sehingga transformasi fasa berjalan cepat menuju martensit finish sampai terbentuk fasa martensit temper dan ini dibuktikan dengan nilai kekerasan masih tinggi.

**3.2. Struktur mikro**

**3.2.1. *Optical microscophy***

1. ***Raw* material**

Pada hasil pengujian struktur mikro untuk *raw* material terlihat dengan jelas struktur yang dihasilkan adalah struktur *ferit* dan struktur *pearlit*. Struktur *ferit* adalah yang berwarna putih, bentuknya kasar dan biasanya struktur ferit ini kadar karbon maksimalnya 0.025% terjadi pada suhu 723oC serta sifat lunak, ulet dan memiliki struktur kristal *Body Center Cubic* (BCC)(Fang, Chen and Fu, 2014). Sedangkan struktur *pearlit* yaitu yang berwarna abu-abu dan besar-besar ( *coarse pearlite*). Struktur pearlit ini terbentuk dari gabungan 2 fasa yaitu fasa ferit dan fasa sementit. Pengamatan struktur mikro memakai alat *Optical Microscopy* dengan perbesaran 200 kali dan 400 kali. Hasil pengujian pengamatan struktur mikro pada *raw* material seperti diperlihatkan pada Gambar 6.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\1. KULIAH S2\Metodologi Riset\sitasi tugas\MIKRO Kholis\raw x 200.jpg  a | D:\1. KULIAH S2\5. Metodologi Riset\Tugas semester 1\Tugas MR fix\mikro baru\raw material.jpg  b |

**Gambar 6**. Struktur mikro Raw material, a. 200 x perbesaran, b. 400 x perbesaran

1. **Material *hardening* 1025oC**

|  |  |
| --- | --- |
| D:\1. KULIAH S2\5. Metodologi Riset\sitasi tugas\tugas MR fix\MIKRO Kholis\heat 1050 x 200.jpg  a | D:\1. KULIAH S2\5. Metodologi Riset\Tugas semester 1\Tugas MR fix\mikro baru\heat 1050.jpg  b |

**Gambar 7.** Struktur Mikro Material *Hardening* 1025o C, a. 200 x perbesaran, b. 400 x perbesaran

Pada Gambar 7 adalah hasil pengujian struktur mikro pada baja *stainless steel* yang telah di *hardening*. Material dilakukan hardening dengan suhu 1025o C disertai dengan holding time 20 menit. Hasil struktur mikronya adalah berupa struktur ferit lembut dan rapat (warna terang) dan struktur mikro pearlit lembut dan rapat juga (warna abu-abu) serta juga struktur mikro *martensit*.

1. **Material *hardening, tempering***

Material setelah dilakukan hardening dengan suhu 1025o C disertai holding time 20 menit dan diquenching. Maka material tersebut dilakukan tempering dan dilakukan pengujian struktur mikro. Hasil pengujian struktur mikro pada material telah dilakukan *Tempering* pada temperatur 200oC, 400oC, 600oC. sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\1. KULIAH S2\Metodologi Riset\sitasi tugas\MIKRO Kholis\temper 200 x 200.jpg | D:\1. KULIAH S2\5. Metodologi Riset\Tugas semester 1\Tugas MR fix\mikro baru\temper 200.jpg |

(a)

|  |  |
| --- | --- |
| D:\1. KULIAH S2\Metodologi Riset\sitasi tugas\MIKRO Kholis\temper 400 x 200.jpg | D:\1. KULIAH S2\5. Metodologi Riset\Tugas semester 1\Tugas MR fix\mikro baru\temper 400.jpg |

(b)

|  |  |
| --- | --- |
| D:\1. KULIAH S2\Metodologi Riset\sitasi tugas\MIKRO Kholis\temper 600 x 200.jpg | D:\1. KULIAH S2\5. Metodologi Riset\Tugas semester 1\Tugas MR fix\mikro baru\temper 600.jpg |

**(c)**

**Gambar 8**. Hasil struktur mikro material *Tempering,* a) Temper 200o C, b) Temper 400o C, c) Temper 600o C

Pada suhu *tempering* 200°C terlihat bentuk struktur mikro ferit, mikro *pearlit* dan struktur mikro *martensit temper*(Isfahany, Saghafian and Borhani, 2011). Struktur mikro martensit temper merupakan hasil dari fasa *martensit* *hardening* yang telah terurai, oleh karena itu sifatnyapun akan berubah lebih ulet namun tetap ada unsur keras, ini sebagai bukti hasil kekerasan yang ditunjukkan pada tabel 1 yaitu nilai kekerasannya 47 HRC. Struktur mikro pada suhu 200oC didominasi struktur *martensit* temper dan struktur *pearlit* serta susunanya atomnya halus dan lebih rapat. Hasil struktur mikro ini tidak jauh beda dengan hasil material yang di*hardening*. Maka temperatur *temper* di bawah 200◦C tidak memiliki efek signifikan pada struktur mikro dan sifat mekanik(Sayed and Kheirandish, 2012). Hasil pengujian mikro pada suhu *tempering* 400oC adalah struktur mikro *ferit*, struktur *pearlit* dan sedikit *martensit* temper. Pada suhu temper 400oC didominasi Struktur mikro *ferit* dan *pearlit*. Pada suhu *tempering* 600oC menghasilkan struktur mikro *ferit* dan *pearlit*. Fasa *ferit* dan fasa *pearlit* terbentuk dari transformasi fasa austenit karena mengalami laju pendinginan yang lambat.

1. **KESIMPULAN**

Hasil nilai kekerasan *raw* material yang tadinya 22 HRC menjadi 50 HRC setelah lakukan *hardening*, peningkatan nilai kekerasan disebabkan perubahan transformasi fasa pearlit dan ferrit ke fasa martensit yang mempunyai sifat keras dan getas. Pada proses *tempering* nilai kekerasan tertinggi pada suhu tempering 200oC yaitu 47 HRC. Sedangkan nilai terendah pada suhu *tempering* 600oC yaitu 43 HRC. Hasil yang terbaik adalah pada variabel suhu 200°C yaitu sebesar 47 HRC. Hasil pengujian struktur mikro menggunakan *Optical Microscopy* dapat diketahui bahwa struktur mikro *raw* material baja *stainless steel* DIN 4021 didominasi oleh struktur ferit dan pearlit. Hal ini disebabkan karena baja *stainless steel* DIN 4021 merupakan baja stainless steel dengan komposisi karbon 0.16 sampai 0.25%. Proses *hardening* mengubah struktur penyusun baja *stainless steel* DIN 4021 menjadi *pearlit* dan *martensit*. Struktur martensitnya berbentuk bilah/ Lath, kecil-kecil dan rapat. Proses *tempering* merubah struktur martensit yang tadinya mendominasi menjadi martensitnya berkurang 30% sehingga menurunkan nilai kekerasannya walaupun tidak signifikan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Abbasi, E., Luo, Q. and Owens, D. (2018) ‘A comparison of microstructure and mechanical properties of low-alloy-medium-carbon steels after quench-hardening’, *Materials Science and Engineering A*. doi: 10.1016/j.msea.2018.04.012.

ASTM E18/18M-11 (2018) ‘Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials’, *ASTM International*. doi: 10.1520/E0018-17E01.

Candelária, A. F. and Pinedo, C. E. (2003) ‘Influence of the heat treatment on the corrosion resistance of the martensitic stainless steel type AISI 420’, *Journal of Materials Science Letters*, 22(16), pp. 1151–1153. doi: 10.1023/A:1025179128333.

Fang, S., Chen, W. and Fu, Z. (2014) ‘Microstructure and mechanical properties of twinned Al0.5CrFeNiCo0.3C0.2 high entropy alloy processed by mechanical alloying and spark plasma sintering’, *Materials and Design*. doi: 10.1016/j.matdes.2013.08.099.

Hariningsih, Sumpena and Sukarjo, H. (2020) ‘The effectivity of used-oil as quenching medium of 42-CrMo4 steel for automotive materials’, *Applied Research and Smart Technology*, 1(1). doi: https://doi.org/10.23917/arstech.v1i1.11.

Hryniewicz, T., Rokosz, K. and Filippi, M. (2009) ‘Biomaterial studies on AISI 316L stainless steel after magnetoelectropolishing’, *Materials*. doi: 10.3390/ma2010129.

Isfahany, A. N., Saghafian, H. and Borhani, G. (2011) ‘The effect of heat treatment on mechanical properties and corrosion behavior of AISI420 martensitic stainless steel’, *Journal of Alloys and Compounds*, 509(9), pp. 3931–3936. doi: 10.1016/j.jallcom.2010.12.174.

Jiang, W., Gong, J. M. and Tu, S. T. (2010) ‘Effect of holding time on vacuum brazing for a stainless steel plate-fin structure’, *Materials and Design*. doi: 10.1016/j.matdes.2009.11.001.

Karci, F., Kaçar, R. and Gündüz, S. (2009) ‘The effect of process parameter on the properties of spot welded cold deformed AISI304 grade austenitic stainless steel’, *Journal of Materials Processing Technology*. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2008.09.030.

Kisasoz, A., Karaaslan, A. and Bayrak, Y. (2017) ‘Effect of etching methods in metallographic studies of duplex stainless steel 2205’, *Metal Science and Heat Treatment*. doi: 10.1007/s11041-017-0081-5.

Oddy, A. and Scott, D. A. (1992) ‘Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals’, *Studies in Conservation*. doi: 10.2307/1506361.

Pankiewicz, T. *et al.* (2016) ‘Medical Devices Regulation’, in *Bacterial Nanocellulose: From Biotechnology to Bio-Economy*. doi: 10.1016/B978-0-444-63458-0.00010-X.

Prifiharni, S. *et al.* (2017) ‘Strukturmikro, Kekerasan, Dan Ketahanan Korosi Baja Tahan Karat Martensitik 13cr3mo3ni Hasil Quench-Temper Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Austenisasi’, *Metalurgi*. doi: 10.14203/metalurgi.v27i2.348.

Purboputro, P. I. (2017) ‘Peningkatan Kekakuan Pegas Daun Dengan Cara Quenching’, *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 10(1), pp. 15–21. doi: 10.23917/mesin.v10i1.3186.

Sayed, A. A. and Kheirandish, S. (2012) ‘Affect of the tempering temperature on the microstructure and mechanical properties of dual phase steels’, *Materials Science and Engineering A*. doi: 10.1016/j.msea.2011.10.056.

Smallman, R. E. and BiShop, R. J. (1999) ‘Chapter 13 - Biomaterials’, *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering (Sixth edition)*, pp. 394–405. doi: http://dx.doi.org/10.1016/B978-075064564-5/50013-6.