

PENGARUH PROSES *QUENCHING* OLI TERSIKULASI TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN NILAI KEKERASAN *VICKERS* PADA MATERIAL *MOLDING PUNCHING*

Ahmad Rizza¹ dan Rusiyanto²

¹Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Semarang
ahmadrizza@students.unnes.ac.id

ABSTRAK: Penelitian ini dilatar belakangi oleh Industri manufaktur pengolahan *sheet metal* sangat berkembang dalam pembuatan *flange* rotor pada motor listrik. Pengerjaan *sheet metal* menggunakan pisau potong berbentuk profil (*molding punching*). Material *tool punching* harus memiliki sifat baja yang keras dan tangguh. Membentuk material yang tangguh material memerlukan sebuah perlakuan *heat treatment* dengan memanaskan hingga suhu austenit kemudian diinginkan secara cepat dengan fluida cair disebut *quenching*. Hal yang mempengaruhi proses ini pendinginan adalah waktu penahan dan laju aliran media pendingin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada baja K110, K460 dan K945 dan peningkatan nilai kekerasan *vickers* sebelum dan sesudah perlakuan *quenching* dengan menggunakan *quenching* tersirkulasi. Penelitian ini menggunakan metode experiment untuk mencari perlakuan *quenching* oli yang tersirkulasi dan hasil meliputi data foto struktur mikro dan tingkat nilai kekerasan *vickers*. Guna menguji seberapa perubahan yang terjadi ada material *punching* (baja K110, K460 dan K945) setelah diberi perlakuan *quenching* oli tersirkulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *quenching* oli tersirkulasi terhadap material *punching* (baja K110, K460 dan K945) merubah struktur baja dari struktur ferit dan perlit berubah menjadi struktur martensit dan bainit. Semakin cepat laju aliran *quenching* struktur terbentuk struktur martensit semakin besar. Nilai kekerasan mengalami kenaikan yang pada setiap bahan *punching*. Material K110 meningkat 200,77%, material K460 meningkat 287,88% dan material K945 meningkat 31,63% dari raw material masing-masing. Peningkatan tertinggi pada perlakuan *quenching* oli tersirkulasi dengan laju aliran $Q_3 = 0,921$ m/s. Simpulan pada penelitian ini yaitu perlakuan *quenching* oli tersirkulasi sangat berpengaruh pada struktur mikro dan kekerasan *vickers*. Laju aliran semakin cepat akan meningkatkan perubahan struktur dan meningkatkan nilai kekerasan *vickers*.

Kata kunci: laju aliran *quenching*, *punching*, struktur mikro, dan kekerasan *vickers*.

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur dalam pengolahan *sheet metal* sangat berkembang di

dunia, proses pembuatan produk *sheet metal* menjadi sebuah produk rumah tangga maupun komponen bidang industri. Proses pengolahan sederhana

dari *sheet metal* berupa pemotongan membentuk profil ataupun membuat sebuah lubang. Pembuatan profil dan lubang pada *sheet metal* dapat menggunakan mesin bor ataupun mesin pemotong yang memerlukan waktu lebih lama, sehingga munculah beberapa teknologi proses pengerjaan *sheet metal*.

Pengerjaan *sheet metal* dengan menggunakan alat potong tekan dapat mempercepat proses produksi. Konsepnya menggunakan pisau potong berbentuk profil yang diinginkan disebut *molding punching*. Teknologi *punching* adalah proses pemotongan dengan cara menggantung yang menggunakan *tool punching* atau *molding punching*. Proses tersebut dapat mempercepat produksi *sheet metal* menjadi *part-part* dari *flange* rotor pada motor listrik (Teguh Wiyono, 2010: 2). Material *tool punching* untuk pemotong harus memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari bahan yang dipotong.

Material *tool punching* harus memiliki sifat baja yang keras untuk memotong *sheet material*. Baja yang dipakai untuk memotong *sheet material* dengan kandungan carbon diantara 0,3% sampai dengan 1,6% dan mengandung beberapa unsur paduan lainnya. Unsur paduan yang terkandung dalam baja tersebut mempunyai kelebihan sifat mekanis diantaranya kekerasan, ketahanan abrasi, kemampuan potong dan kekerasan pada temperatur yang tinggi sangat baik digunakan sebagai *tool punching*. Pembuatan dari *tool punching* harus menggunakan baja dengan memiliki sifat fisis yang tangguh (Franz Horman Azzy, 2014: 6-10). Membuat sifat fisis yang tangguh material memerlukan sebuah perlakuan *heat treatment*.

Perlakuan panas atau *heat treatment* merupakan suatu cara untuk meningkatkan nilai kekerasan pada suatu material. Perlakuan panas logam dapat digunakan dengan memanaskan

hingga titik tertentu kemudian diinginkan secara cepat dengan suatu fluida gas maupun fluida cair disebut *quenching*. Proses pendinginan yang dilakukan dengan secara cepat dapat meningkatkan kadar karbon sampai dengan 0,6%. Kadar karbon yang tinggi akan membuat sebuah baja semakin keras (Surdia dan Saito, 1999: 82). Proses *quenching* akan mengubah sifat material dari sifat aslinya. Perlakuan pemanasan yang dilakukan pada logam akan mengubah struktur mikro material dari aslinya.

Pendinginan setelah mengalami perlakuan pemanasan, dengan secara cepat dengan menggunakan fluida dingin disebut dengan proses *quenching*. Peningkatan kekerasan dapat dilakukan dengan proses *quenching*. Perlakuan percepatan pendinginan dari temperatur yang tinggi akan merubah sifat sebuah baja dari *austenite* menjadi *bainite* dan *martensite*. Perubahan tersebut akan menghasilkan baja yang memiliki tingkat kekerasan dan kekuatan yang tinggi. Perlakuan *quenching* dengan kecepatan pendinginan yang kritis akan menghasilkan pengerasan pada baja yang maksimal (Agus Pramono, 2011: 34). Hal yang mempengaruhi proses ini pendinginan adalah waktu penahan dan laju aliran media pendingin.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui struktur mikro dan nilai kekerasan *vickers* dari bahan material spesial K110, K460 dan K945 dengan perlakuan variasi media *quenching oli* serta pengaruh laju aliran media *quenching*.

Material baja dengan kandungan karbon sebesar 0,3% sampai dengan 0,7% termasuk klarifikasi baja karbon sedang, baja dengan kandungan karbon sebesar 0,7% sampai dengan 1,7% termasuk klarifikasi baja karbon tinggi (Smallman dan Bishop, 2000: 326-327). Material baja K110 memiliki kandungan karbon sebesar 1,53% dan material K460

memiliki kandungan karbon 0,91 % termasuk pada baja karbon tinggi. Material K945 masuk pada klarifikasi baja karbon sedang, karena memiliki kandungan karbon 0,48%.

Quenching adalah perlakuan panas dengan mempercepat laju pendinginan dalam suatu media pendingin. Hal ini dilakukan untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras dari sifat aslinya. Untuk pendinginan baja karbon sedang dan rendah biasanya menggunakan media air untuk laju pendinginan yang cepat. Dan untuk baja karbon tinggi menggunakan media pendingin oli, untuk media oli laju pendinginannya lebih lambat daripada media air. Media angin digunakan untuk laju pendinginan yang paling lambat. (Setiawan, 2012: 2).

Minyak / oli merupakan senyawa yang terbentuk dari senyawa hidrokarbon yang memiliki nilai viskositas yang cukup tinggi di bandingkan pendinginan yang lain. Minyak / oli memiliki partikel-partikel yang bergerak lambat meninggalkan permukaan kalor dan pada akhirnya gradient suhu, dan membentuk partikel paling kecil. (Koestoer, 2002:138). Viskositas ditunjukkan dengan simbol SAE.

2. METODE

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mencari perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali (Sugiyono, 2002: 72). Perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu proses *quenching* oli tersirkulasi dan hasil yang di dapatkan berupa foto struktur mikro dan, tingkat nilai kekerasan *vickers* material *punching* Material *punching* yang di vasi asikan dari baja K110, baja K460 dan, baja K945. Perlakuan *quenching* menggunakan media oli SAE 20 dengan di variasikan kecepatan aliran $Q_0 = 0$ m/s, $Q_1 = 0,396$ m/s, $Q_2 = 0,659$ m/s dan, $Q_3 = 0,921$ m/s. Observasi dan analisis

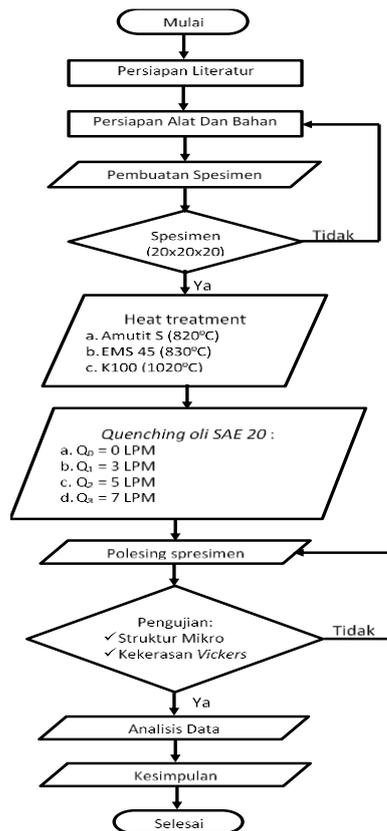
dilakukan setelah semua material baja di kenai proses *quenching* oli tersirkulasi dan kemudian setiap sampel variasi akan di uji foto struktur mikro dan nilai kekerasan *vickers*.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data deskriptif. mendiskripsikan interaksi perbedaan material *punching* dan dikenai perlakuan *quenching* oli dengan laju aliran yang bervariasi.

Adapun alat dan bahan penelitian yang digunakan selama proses penelitian:

1. Baja K110
2. Baja K460
3. Baja K945
4. Oli SAE 20
5. Mesin milling
6. Oven pemanas
7. Instalasi *quenching*
circulation
8. Mesin poles
9. Ampas 400, 800, 1000,
2000, 3000, 5000
10. Cairan etsa
11. Alat Uji struktur mikro
12. Alat Uji kekerasan

Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif dengan hasil pengujian struktur mikro dan nilai kekerasan *vickers* dari perlakuan *quenching* tersirkulasi dengan variasi kecepatan aliran dan material baja. Menurut Sugiyono (2012: 207-208) statistik deskriptif adalah analisis data dengan cara mendiskripsikannya yang telah dikumpulkan dengan maksud menghasilkan berupa kesimpulan.



Gambar 4. Diagram alur penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro pembesaran 500x dengan etsa netal 5% baik raw material dan setelah proses *quenching* tersirkulasi pada material *punching*.

Struktur mikro raw material K110 (Gambar 2a) didominasi struktur ferit dan perlit. Struktur ferit ditunjukkan pada bagian yang berwarna putih ataupun yang lebih terang. Struktur perlit ditunjukkan pada bagian yang berwarna hitam atau lebih gelap. Bitiran perlit lebih keras karena mengandung karbon dan struktur ferit lebih lunak.

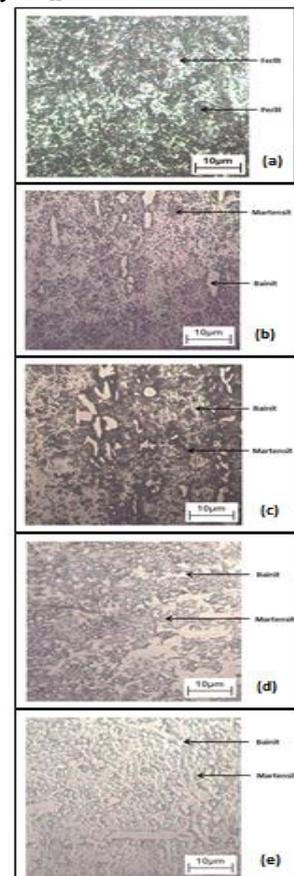
Struktur mikro dari spesimen K110 yang di *quenching* dengan laju aliran 0 m/s dapat dilihat pada (Gambar 2b) adalah struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

Struktur mikro dari spesimen K110 yang di *quenching* dengan laju aliran 0,396

m/s dapat dilihat pada (Gambar 2c) adalah struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

Struktur mikro dari spesimen K110 yang di *quenching* dengan laju aliran 0,659 m/s dapat dilihat pada (Gambar 2d) adalah struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

Struktur mikro dari spesimen K110 yang di *quenching* dengan laju aliran 0,921 m/s dapat dilihat pada (Gambar 2e) adalah struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna hitam.



Gambar 2. Struktur mikro baja K110 raw material (a), Q₀(b), Q₁(c), Q₂(d) dan Q₃ (e), suhu austenit = 1020°C, holding time = 30 menit. pembesaran 500x

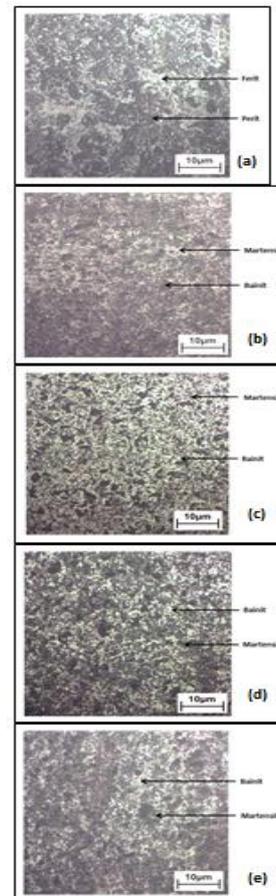
Struktur mikro raw material K460 (Gambar 3a) yaitu struktur ferit dan perlit. Struktur ferit ditunjukkan pada bagian yang berwarna putih ataupun yang lebih terang. Struktur perlit di tunjukan pada bagian yang berwarna hitam atau lebih gelap. Bitiran perlit lebih keras karena mengandung karbon dan struktur ferit lebih lunak.

Struktur mikro dari spesimen K460 yang di *quenching* dengan laju aliran 0 m/s dapat di lihat pada (Gambar 3b). Struktur dominasi struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit di tunjukan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

Struktur mikro dari spesimen K460 yang di *quenching* dengan laju aliran 0,396 m/s dapat di lihat pada (Gambar 3c). Struktur yang di dapat berupa dominasi struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit di tunjukan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

Struktur mikro dari spesimen K460 yang di *quenching* dengan laju aliran 0,659 m/s dapat di lihat pada (Gambar 3d) struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit di tunjukan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

struktur mikro dari spesimen K460 yang di *quenching* dengan laju aliran 0,921 m/s dapat di lihat pada (Gambar 3e). Struktur yang di dapat berupa dominasi struktur bainit dan martensit.



Gambar 3. Struktur mikro baja K460 raw material (a), Q₀(b), Q₁(c), Q₂(d) dan Q₃(e), suhu austenit = 820°C, holding time = 30 menit. pembesaran 500x

Struktur mikro raw material K945 (Gambar 4a) dominasi struktur ferit dan perlit. Struktur ferit ditunjukkan pada bagian yang berwarna putih ataupun yang lebih terang. Struktur perlit di tunjukan pada bagian yang berwarna hitam atau lebih gelap. Bitiran perlit lebih keras karena mengandung karbon dan struktur ferit lebih lunak.

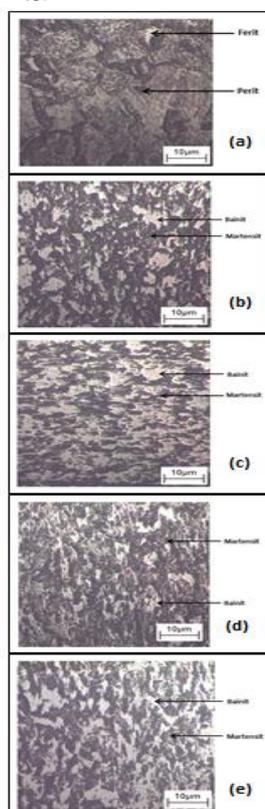
K110 yang di *quenching* dengan laju aliran 0 m/s dapat di lihat pada (Gambar 4b). Struktur dominasi struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit di tunjukan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

struktur mikro dari spesimen K945 yang di *quenching* dengan laju aliran 0,396 m/s dapat di lihat pada (Gambar 4c).

Struktur yang di dapat berupa dominasi struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit di tunjukan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

struktur mikro dari spesimen K945 yang di *quenching* dengan laju aliran 0,659 m/s dapat di lihat pada (Gambar 4d). Struktur yang di dapat berupa dominasi struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit di tunjukan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

struktur mikro dari spesimen K945 yang di *quenching* dengan media pendingin oli SAE 20 dengan laju aliran 0,921 m/s dapat di lihat pada (Gambar 4e). Struktur yang di dapat berupa dominasi struktur bainit dan martensit. Struktur bainit ditunjukkan pada bagian gambar yang berwarna putih. Struktur martensit di tunjukan pada bagian gambar yang berwarna hitam.

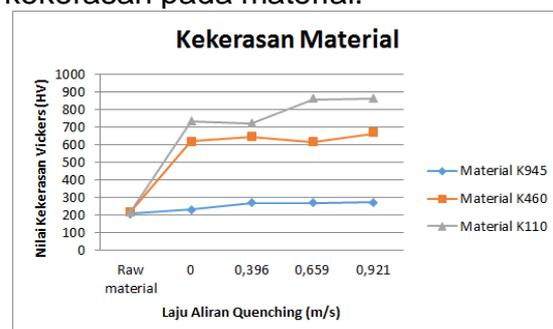


Gambar 4. Struktur mikro baja K945 raw material (a), Q₀(b), Q₁(c), Q₂(d) dan

Q₃ (e), suhu austenit = 830°C, holding time = 30 menit. pembesaran 500x

Struktur mikro pada K945, K 460 dan K110 terjadi tranformasi struktur dari ferlit dan perlit menjadi bainit dan martensit. Tranformasi struktur bainit terbentuk pada fasa fasa austenit dan di dinginkan secara cepat hingga suhu 250 -500°C. Struktur bainit terlihat lebih terang dan berbentuk garis garis seperti jarum-jarum. Bila pembentukan struktur martensit proses pemanasan hingga suhu austenite dan di lakukan pendinginan cepat hingga suhu tertentu dan dapat di lihat pada diagarm CCT. Pada diagram CCT K460 menunjukan struktur martensit terbentuk pada suhu 250°C sampai 200°C pada waktu pendinginan 6 menit. Selaras dengan penelitian Septianto dan Yuli (2013: 343-346) bahwa struktur martensit pada proses *quenching* terlihat pada gambar yang berwarna gelap. Struktur terbentuk dikarenakan pemanasan dari suhu austenite dan didinginkan secara cepat menggunakan air dan oli SAE 20.

Perlakuan *quenching* dengan menggunakan Oli SAE 20 bertransformasi martensit yang lebih dominan. Sedangkan pada penelitian Sardjono (2012) pada pengamatan metagografi menunjukan struktru yang terbentuk dari prosen perlakuan panas yaitu fasa Martensit dan bainit pada baja JIS G 4051 *grade* S45C dengan kandungan C=0,45%. Struktur martensit yang dominansi bainit meningkatkan kekerasan pada material.



Gambar 5. Grafik nilai kekerasan vickers

Dalam penelitian ini peningkatan kekerasan pada material K 945 terbukti meningkat pada setiap variasi laju aliran *quenching*. Dimana hasil di jelas kan pada grafik Gambar 4.18 dengan tanpa aliran $Q_0= 0$ m/s peningkatan 10,82% Peningkatan kekerasan selaras dengan penelitian yuri, dkk (2016:82) proses pemanasan material mencapai suhu austenite dan di dinginkan dengan media oli dapat meningkatkan kekerasan suatu material. Material S45C mengalami peningkatan 1 BHN, dengan kata lain mengalami peningkatan 1,13 % dari raw material.

Material K 945 bila di *quenching* oli dengan menggunakan laju aliran mengalami peningkatan kekerasan mencapai 28,46% pada $Q_1=0,396$, 28,97% pada $Q_2=0,659$ m/s dan 31,63% pada $Q_3 = 0,921$ m/s dari nilai raw material K945. Selaras dengan penelitian Sri Nugroho dan gunawan Dwi H (2005:22) menjelaskan *quenching* tersirkulasi dengan koefisien laju percepatan aliran terbukti efektif pada proses *quenching* guna mendapatkan nilai kekerasan. Di karenakan semakin tinggi laju aliran dalam proses pendinginan meningkatkan koefisien perpindahan panas pada material pada proses pendinginan. Semakin cepat perpindahan panas semakin cepat tranformasi fasa pada material.

Proses *quenching* oli SAE 20 dengan laju aliran pada material K460 dapat meningkatkan kekerasan. Peningkatan kekerasan dengan menggunakan laju aliran mengalami peningkatan $Q_1=224,32$ %, $Q_2= 287,51\%$, $Q_3=287,88\%$ dari raw material K 460. Peningkatan kekerasan dikarenakan perpindahan panas dari spesimen ke media pendingin lebih cepat. Selaras dengan penelitian Pramono (2011:34-37) dengan penelitian *quenching* agitasi meningkatkan kekerasan material. Aliran laju pendinginan yang di

tembakkan dari bawah akan menghasilkan aliran turbulen di sekeliling material, sehingga perpindahan panas pada specimen ke media *quenching* lebih cepat dan menghilangkan timbulnya gelembung udara pada permukaan material. Hal ini mepersingkat proses pendinginan dan mempercepat tranformasi struktur baja. kekerasan pada material K 110 adalah 221,49 HV, mengalami peningkatan kekerasan dengan peroses *quenching* sebesar 180,81%. Peningkat kekerasan dikarenakan perlakuan panas di atas suhu austenite dan di dinginkan secara cepat membuat perubahan fasa. Perubahan fasa dari ferit dan perlit menjadi fasa austenite dan fasa karbida. Selaras dengan penelitian yang dilakukan Sumaraw (2010:71-73) dengan menggunakan baja CrMoV dengan kandungan karbon 1,4 %, termasuk kategori baja karbon tinggi setara dengan material K110. Peningkatan kekerasan dari raw material 278,42 di beri perlakuan *quenching* dengan menggunakan media oli meningkat menjadi 848,62. Peningkatan mencapi 2,05 kali dari raw material. Peningkatan kekerasan dikarenakan perubahan fasa dari material.

Proses *quenching* oli SAE 20 dengan laju aliran pada material K110 dapat meningkatkan kekerasan. Peningkatan kekerasan dengan menggunakan laju aliran $V_1= 191,39\%$, $V_2= 179.92\%$, $V_3= 200.77\%$ dari raw material K110. Selaras dengan penelitian Sri Nugroho dan gunawan Dwi H (2005:22) menjelaskan *quenching* tersirkulasi dengan koefisien laju percepatan aliran terbukti efektif pada proses *quenching* guna mendapatkan nilai kekerasan. Di karenakan semakin tinggi laju aliran dalam proses pendinginan meningkatkan koefisien perpindahan panas pada material pada proses pendinginan. Semakin cepat

perpindahan panas semakin cepat transformasi fasa pada material.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pada baja K 945, K460 dan, K110 didominasi fasa martensit dan bainit setelah diberi perlakuan *quenching*.
- b. Kekerasan setiap material meningkat dengan perbedaan variasi *quenching*, pada material K945 sebesar 31,63%, K460 sebesar 287,88% dan K110 sebesar 200,77% dari raw material.
- c. Pengaruh variasi laju aliran media *quenching* berpengaruh pada pembentukan struktur mikro dan kekerasan *Vickers*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardian A, 2010. *Teori Pembentukan Bahan*. Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Arvind G., Suryawanshi. 2017, *Design Study of Piercing And AlCrN Coating For Precision Piercing And Production Efficiency*. International journal of Engineerpunching Applied Sciences an Technology. 2/2455-2143:111-114
- Koestoer, R A. 2002. Perpindahan Kalor untuk Mahasiswa Teknik. Jakarta: Salemba Teknika.
- Nugroho, Sri dan Gunawan, D, H. 2005. Pengaruh Media *quenching* Air tersirkulasi (*Circilated Water*) terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan pada Baja AISI 1045. Surakarta: jurnal FKIP UNS
- Pramono, Agus. 2011. Karakteristik Mekanik Proses *Hardening* Baja Aisi 1045 Media *Quenching* Untuk Aplikasi *Sprochet* Rantai. Banten: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra 5/1:32-38
- Sarjono, K., 2012. Pengaruh *Hardening* Pada Baja Jis G 4051 Grade S45c Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 11(2).
- Septianto, B.A. and Setiyorini, Y., 2013. Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), pp.F342-F347.
- Setiawan, Hera. 2012. Pengaruh Proses *Heat Treatment* pada Kekerasan Material *Special K* (K100). Kudus : E-Jurnal Teknik Mesin UMK 2/1:1-11
- Smallman R. E. Dan R. J. Bishop. 2000. *Metalurgi Fisik Modeen dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga
- Sumardjati Prih, dkk. 2008. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung Alfabet.
- Sumaraw, Elvis A. 2010. Pengaruh Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Baja CrMoV dengan Media Quench yang Berbeda. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*. Vol 5 no. 2
- Surdia, T dan Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Trhutomo, prihanto. 2015. Analisis Kekerasan Pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah Hasil Proses *Hardening* Dengan Media Pendingin yang Berbeda. *Jurnal Teknik Mesin*. Volume 23, 3: 28-34
- Wattimena, dan Louhenapessy, j. 2014. Pengaruh *Holding Time* dan *Queanching* terhadap Kekerasan Baja Karbon St 37 pada Proses *Pack Carburizing* menggunakan Arang Batok Pala. 11/1: 11663-1171
- Wiyono, Teguh. 2010. Sistem Cara Pemotongan Plat. Surakarta : Jurnal Polteknoains. 9/1:1-11
- Viskositas Oli sebagai Cairan Pendingin terhadap Sifat Mekanis pada Proses *Quenching* Baja ST 60. Yogyakarta:

Jurnal teknik Politeknik LPP.
Vol.5:2088-3676