

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MEDIA PENDINGIN (QUENCHANT) PADA PROSES QUENCH TERHADAP KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO DAN RETAK AKIBAT *QUENCH* (*QUENCH CRACK*) DARI BAJA AISI 1040

Eqmond D. Sitompul¹, Surya Dharma¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, 20155 Medan, Indonesia

Email: ed_sitompul@yahoo.com

ABSTRAK

Retak (crack) selama proses quench merupakan permasalahan yang sering ditemukan. Beberapa hal yang menjadi fokus pengamatan sehingga proses perlakuan panas dapat berhasil, yaitu komposisi kimia baja dan kemampukerasannya, geometri dari komponen, mechanical handling, jenis dari fluida pendingin, temperatur dari fluida pendingin, kondisi dari pendingin, sirkulasi dari media pendingin. Pada produksi masal misalnya produksi baut (bolt) keretakan pada proses quench lebih dominan terjadi pada diameter yang lebih kecil dari As Bar dibandingkan dengan diameter yang lebih besar. Pada penelitian ini, sifat mekanis seperti kekerasan (hardness), sifat fisis seperti mikro struktur dan keretakan dipertimbangkan sebagai fungsi dari kondisi quenching dari baja AISI 1040 berdiameter 25mm setelah proses hardening pada temperatur 850°C dengan pengaruh variasi konsentrasi media pendingin (quenchant) diselidiki. Struktur mikro dari as-quench martensite dan perkembangannya selama Hardening diamati. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya perubahan kekerasan dan struktur mikro serta retak yang terjadi dari spesimen akibat proses hardening terhadap Variasi Konsentrasi Media Pendingin (Quenchant).

Kata Kunci : Hardness, Heat Treatment, Quench ,Quench Crack, Quenchant

PENDAHULUAN.

Baja adalah bahan dasar vital untuk industri, semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan dapur, komponen mesin sampai kerangka gedung dan jembatan menggunakan baja. Salah satu jenis baja yang sering digunakan dalam dunia industri adalah tipe AISI 1040, baja tersebut banyak digunakan pada komponen mesin karena sifat yang dimiliki baja ini adalah tahan aus dan keuletan yang baik.

Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat mekanis (*Mechanical Properties*) logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Mengetahui sifat mekanis logam dari berbagai kondisi pembebanan sangat penting dipertimbangkan untuk aplikasi perhitungan teknik seperti perhitungan untuk pembuatan komponen-komponen mesin. Perubahan sifat

logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam.

Beberapa hal yang menjadi fokus pengamatan sehingga proses perlakuan panas dapat berhasil, seperti komposisi kimia baja dan kemampukerasannya, geometri dari komponen , *mechanical handling*, jenis dari fluida pendingin, temperatur dari fluida pendingin, kondisi dari pendingin, sirkulasi dari media pendingin.

Baja karbon yang dipanaskan sampai temperatur austenisasi kemudian didinginkan secara cepat akan terbentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari struktur perlit maupun ferit, proses ini dikenal dengan *Quenching*. Berbagai mikrostruktur dapat terbentuk pada paduan baja, martensit merupakan yang paling keras dan kuat tetapi getas. Kekerasannya tergantung pada kandungan karbon yang ada pada paduan tersebut. Austenit lebih dari pada martensit, bagaimanapun pada waktu transformasi fasa dengan quenching volumenya akan berkurang. Konsekuensinya, sebagian besar *quenching* akan mengalami

keretakan (*crack*) karena pengaruh internal stress (Callister W.D, 2001).

Pada produksi masal misalnya produksi baut (*bolt*) keretakan pada proses *quench* lebih dominan terjadi pada diameter yang lebih kecil dari *As Bar* dibandingkan dengan diameter yang lebih besar. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh laju pendinginan (*cool rate*) yang berbeda dari material tersebut. Perlu suatu pengetahuan tentang beban *quench* yang terjadi sehingga dapat meminimalkan retak terjadi pada proses hardening. Masalah ini biasanya adalah hasil dari ketidak seimbangan pada bagian dalam tegangan sisa yang dapat mengarah kepada keretakan. Berkisar dari keretakan mikro (*microcracking*) sampai kerusakan bagian terbesar. Dua faktor penting yang mempengaruhi laju pendinginan atau laju saat panas dapat dipindahkan dari suatu bagian baja. Satu adalah kemampuan dari panas untuk berpindah dari bagian dalam ke permukaan spesimen baja, dan yang kedua adalah kemampuan dari media *quenching* melepas panas dari permukaan bagian baja. (Krauss G, 2006).

Martensit adalah fasa tunggal yang tidak seimbang yang terjadi karena transformasi tanpa difusi dari austenit pada proses *Quench*. Struktur FCC (*Face centered cubic*) austenit akan berubah menjadi struktur BCT (*Body Centered Tetragonal*) martensit pada transformasi ini. Karena transformasi martensit tidak melewati proses difusi, maka ia terjadi seketika sehingga laju transformasi martensit adalah tidak bergantung waktu. Konsekuensinya, baja yang telah melalui proses *quench* akan mengalami keretakan (*crack*) karena pengaruh internal stress ataupun tidak

tercapainya kekerasan yang kita inginkan. Retak pada proses *quench* merupakan suatu permasalahan yang sangat mendasar.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki perubahan kekerasan dan struktur mikro serta retak yang terjadi dari baja AISI 1040 as bar diameter 25 mm akibat proses *quenching*

c. Proses *Quenching*

Setelah dilakukan pemanasan dan penahanan kemudian spesimen (AISI/SAE 1040) didinginkan dengan cepat dengan menggunakan media pendingin campuran air dengan polimer (*castrol iloquench*) dengan variasi konsentrasi polimer.

terhadap variasi konsentrasi media pendingin (*quenchant*).

Material dan methodologi

Pada penelitian baja karbon AISI/SAE 1040 berbentuk *as bar* ini, dilakukan persiapan yang mencakup beberapa proses antara lain:

a. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia baja karbon AISI/SAE 1040 *as bar* dilakukan untuk mengetahui unsur karbon dan unsur paduannya seperti Sulfur (S), Posfor (P), Silikon (Si), Mangan (Mn) dan lain lain. Hal ini juga perlu dilakukan untuk mengetahui keaslian bahan yang akan diuji.

b. Proses *Hardening*

Proses hardening diawali dengan persiapan bahan dan dapur pemanas. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan dapur listrik. Spesimen (AISI/SAE 1040) dipanaskan pada temperatur 850°C dan kemudian ditahan selama 1 jam (*holding time*).

Tabel 1. Parameter proses perlakuan panas pada spesimen

Perlakuan Panas	Increase (Jam)	Waktu Penahanan (Jam)	Konsentrasi Media pendingin
Hardening 850 °C	3	1	20%
Hardening 850 °C	3	1	25%
Hardening 850 °C	3	1	30%
Hardening 850 °C	3	1	35%
Hardening 850 °C	3	1	40%

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 2 berikut ini menunjukkan data komposisi kimia unsur-unsur yang ada dalam material spesimen.

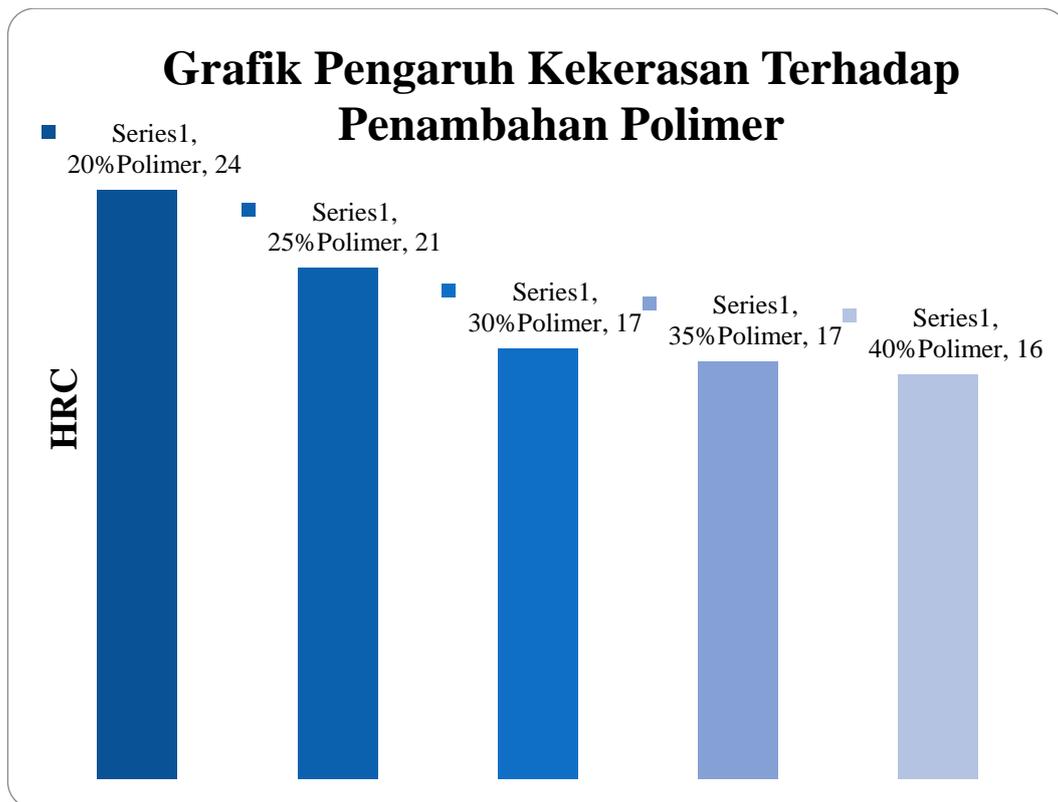
Tabel 2. Komposisi Kimia Baja Karbon AISI/SAE 1040

No.	Nama Unsur	Simbol	Kandungan (%)
1.	Ferro	Fe	98.354
2.	Carbon	C	0.4525
3.	Silicon	Si	0.2313
4.	Sulfur	S	0.0171
5.	Phospor	P	0.0101
6.	Manganese	Mn	0.7562
7.	Nikel	Ni	0.0085
8.	Chromium	Cr	0.1099
9.	Molybden	Mo	0.0056
10.	Vanadium	V	0.0094
11.	Copper	Cu	0.0272
12.	Seng	Sn	0.0011
13.	Alumunim	Al	0.0167

Berdasarkan kandungan karbon dalam material dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan tergolong *medium carbon steel* dengan kadar karbon 0,4525% sesuai dengan standart AISI.

1.2. Hasil Pengujian Kekerasan

Dari Gambar 1. Grafik Kekerasan Versus Penambahan Polimer pada Media Pendingin menunjukkan penurunan kekerasan setelah proses *quench*. Untuk 20% polimer kekerasan 24 HRC, 25% polimer kekerasan 21 HRC, 30% polimer kekerasan 17 HRC, 35% polimer kekerasan 17 HRC dan 40% polimer kekerasan 16 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi polimer dapat menurunkan laju pendinginan (*cool rate*) pada media pendingin yang berakibat pada penurunan kekerasan material.



Gambar 1. Grafik Kekerasan Versus Penambahan Polimer

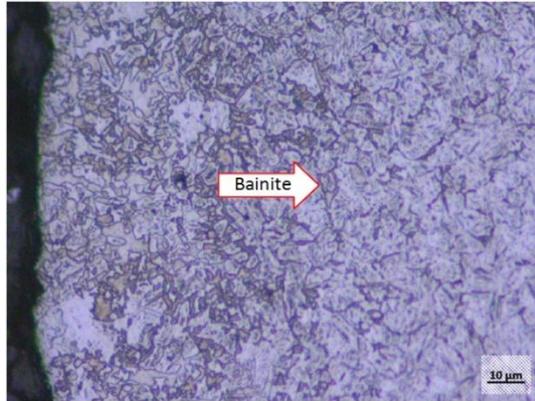
1.3. Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian foto mikro bertujuan untuk mengetahui struktur yang terkandung dalam

spesimen penelitian. Posisi Pengamatan yang dilakukan adalah pada posisi permukaan (*surface*) dengan pembesaran 200x dan pada posisi tengah

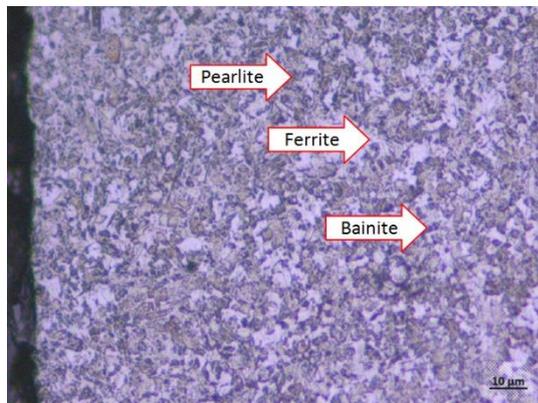
(center) dengan pembesaran 500x untuk tiap jenis spesimen.

1.3.1. Pengamatan Struktur Mikro posisi Surface



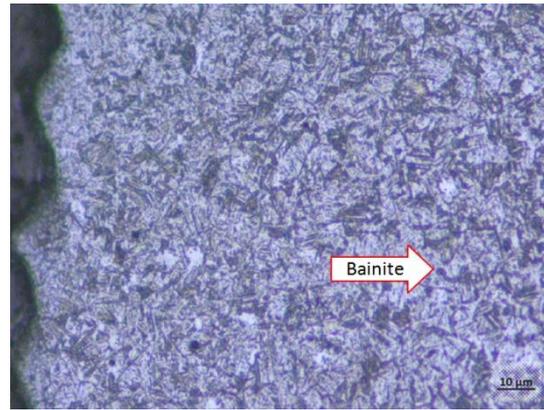
Gambar 2 Struktur mikro spesimen *setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 20% polimer*

Dari gambar 2. diatas terlihat material memiliki struktur mikro *bainite*. Struktur *bainite* tampak berwarna hitam seperti *flake* bersifat keras akibat kandungan karbon yang dimiliki material.



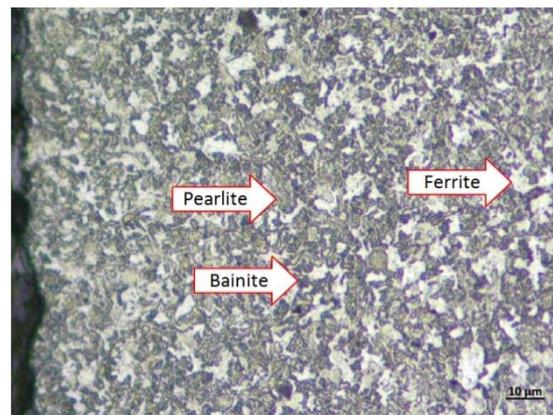
Gambar 3. Struktur mikro spesimen *setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 25% polimer*

Bainite terbentuk karena laju pendinginan yang cepat tetapi masih dibawah kecepatan pendinginan pada proses terbentuknya martensite. Gambar 3. memperlihatkan struktur bainite yang terbentuk akibat proses *quenching* setelah dihardening pada temperatur 850°C. Butir bainite tampak berbentuk seperti poligon. Penyebaran bainite mempengaruhi kekerasan spesimen. Struktur lain yang terbentuk adalah ferrite yang terlihat putih dan pearlite terlihat hitam.



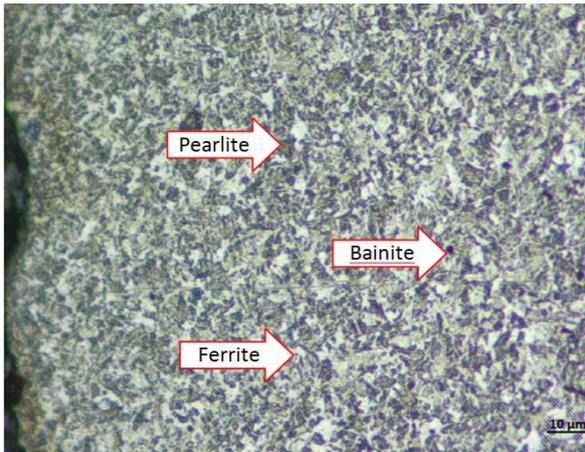
Gambar 4. Struktur mikro spesimen *setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 30% polimer*

Proses *quench* dengan konsentrasi media pendingin 30% polimer pada temperatur 850°C membentuk struktur bainite. Dari gambar 4. terlihat struktur bainite terlihat seperti jarum berwarna gelap berbutir kasar.



Gambar 5. Struktur mikro spesimen *setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 35% polimer*

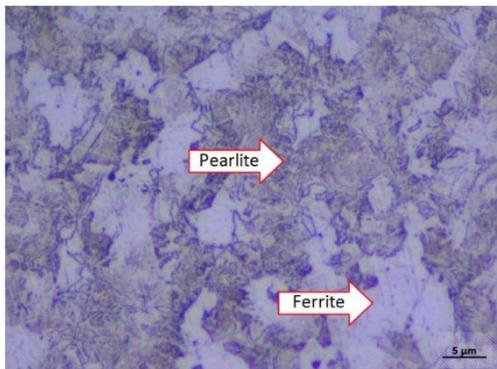
Proses *quench* dengan konsentrasi media pendingin 35% polimer pada temperatur 850°C membentuk struktur ferrite, pearlite dan bainite. Dari Gambar 5. terlihat struktur bainite terlihat seperti jarum berwarna gelap berbutir kasar.



Gambar 6. Struktur mikro spesimen *setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 40% polimer*

Proses *quench* dengan konsentrasi media pendingin 40% polimer pada temperatur 850°C membentuk ferrite, pearlite dan bainite. Dari Gambar 6. terlihat struktur ferrite terlihat berwarna putih cerah dan bainite terlihat seperti poligon berwarna gelap berbutir kasar.

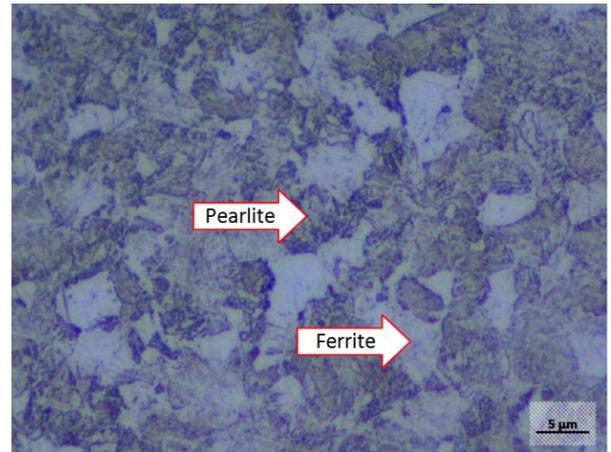
1.3.2. Pengamatan Struktur Mikro posisi Centre



Gambar 7. Struktur mikro spesimen *setelah proses quenching dengan*

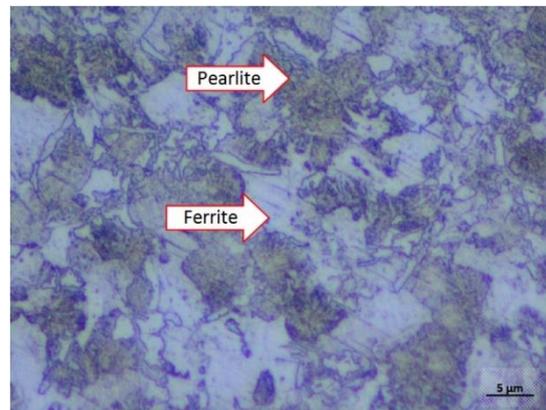
konsentrasi media pendingin 20% polimer

Dari gambar 7. diatas terlihat material memiliki struktur mikro ferit dan pearlit. Struktur ferit tampak berwarna putih sedangkan pearlit terlihat lebih gelap, masing-masing memiliki ukuran butir besar dan kasar. Struktur pearlit bersifat keras akibat kandungan karbon yang dimiliki material, sedangkan ferit memiliki sifat lunak dan liat.



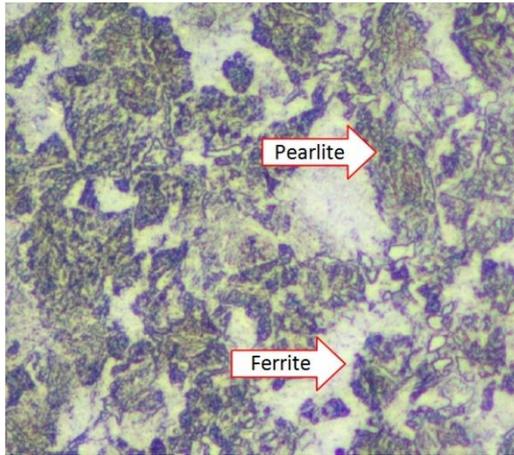
Gambar 8. Struktur mikro spesimen *setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 25% polimer*

Pada daerah tengah (centre) laju pendinginan lebih lambat dibanding pada daerah permukaan (surface) sehingga transformasi austenite ke pearlite dan transformasi austenite ke ferrite terjadi di daerah tengah (centre). Gambar 8. memperlihatkan struktur ferrite dan pearlite yang terbentuk akibat proses *quenching* setelah dihardening pada temperatur 850°C.



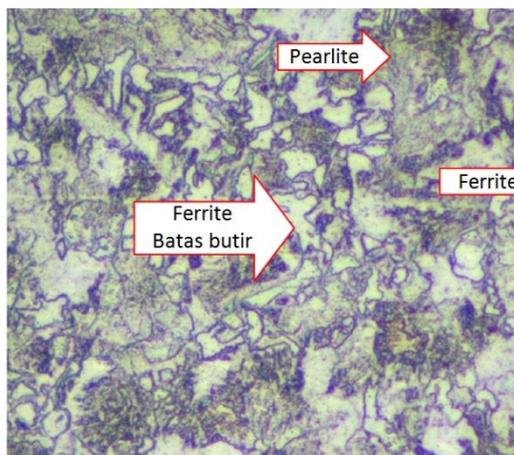
Gambar 9. Struktur mikro specimen setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 30% polimer

Proses *quench* dengan konsentrasi media pendingin 30% polimer pada temperatur 850°C membentuk struktur ferrite dan pearlite. Dari gambar 9. terlihat struktur ferrite memiliki butiran yang lebih besar terlihat berwarna putih cerah dan pearlite terlihat lebih dominan berwarna gelap berbutir kasar.



Gambar 10. Struktur mikro spesimen setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 35% polimer

Proses *quench* dengan konsentrasi media pendingin 35% polimer pada temperatur 850°C membentuk struktur ferrite dan pearlite. Dari Gambar 10. terlihat struktur ferrite terlihat berwarna putih dan pearlite terlihat berwarna gelap berbutir kasar.



Gambar 11. Struktur mikro spesimen setelah proses quenching dengan konsentrasi media pendingin 40% polimer

Proses *quench* dengan konsentrasi media pendingin 40% polimer pada temperatur 850°C membentuk struktur martensite dan bainite. Dari Gambar 11. terlihat struktur ferrite batas butir dominan terlihat berwarna putih cerah dan pearlite terlihat berwarna gelap berbutir kasar.

2. Hasil Pengujian *Dye Penetran Inspection* (DPI)

Tabel 3 Hasil Pengujian *Dye Penetran Inspection*

Konsentrasi Media pendingin	Jumlah Spesimen Uji (buah)	Jumlah Spesimen Retak (buah)
20%	4	0
25%	4	0
30%	4	0
35%	4	0
40%	4	0

Pada pengujian retak terlihat bahwa seluruh spesimen yang di *quench* tidak mengalami keretakan seperti yang terlihat pada tabel 3.



Gambar 12. Proses pengujian DPI dengan penetran



Gambar 13. Proses pengujian DPI dengan developer



Gambar 14. Hasil pengujian DPI

KESIMPULAN

- a. Penambahan konsentrasi polimer pada media pendingin dapat menurunkan kekerasan pada material AISI 1040.
- b. Penambahan konsentrasi sebesar 20% polimer, 25% polimer, 30% polimer, 35% polimer, 40% polimer pada media pendingin untuk proses *quench* menghasilkan fase bainite pada daerah surface dan menghasilkan fasa pearlite dan ferrite pada daerah centre serta ferrite batas butir terbentuk dengan penambahan konsentrasi polimer 40%.
- c. Penambahan konsentrasi sebesar 20% polimer, 25% polimer, 30% polimer, 35% polimer, 40% polimer pada media pendingin untuk proses *quench* tidak mengakibatkan retak pada spesimen uji.

ACKNOWLEDGMENT

Para penulis mengucapkan terimakasih atas dukungan finansial yang diberikan oleh Politeknik Negeri Medan, Medan, Indonesia, di bawah Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UPPM-2017).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM Handbook Committee, 1985, *Metals Handbook*, Volume 9 Edisi 9, *Metallography and Microstructures*, American Society for Metals International, New York
- [2] ASM Handbook Committee, 1991, *Metals Handbook*, Volume 4, *Heat Treating*, American Society for Metals International, New York.
- [3] Amanto. H Dan Daryanto, 1999, "*Ilmu Bahan*", Jakarta: Bumi Aksara.
- [4] Bala. P, Pacyna. J, and Krawczyk, J, 2007, *The kinetics of phase transformations during tempering of low alloy medium carbon steel*, International Scientific Journal of the Committee of Materials Science of the Polish Academy of Sciences vol. 28, no. 2. Feb. 2007, pp. 98-104.
- [5] Dwi haryadi gunawan. 2005. Pengaruh suhu tempering terhadap kekerasan struktur mikro dan kekuatan tarik pada baja k-460. *Rotasi* - Vol.7, no.3. Juli 2005.
- [6] Krauss G, 2006, *Steel Processing, Structure, and Performance*, Ohio.
- [7] Lee, W.S, and Su, T.T., 1999, *Mechanical Properties And Microstructural Features Of Aisi 4340 High-Strength Alloy Steel Under Quenched And Tempered Conditions*, Journal of Materials Processing Technology 87 (1999) 198–206.
- [8] Ndaliman. M. B, 2006, *An Assessment of Mechanical Properties of Medium Carbon Steel under Different Quenching Media*, journal of materials engineering (oct 2006) 100-104.
- [9] Pramono agus. 2011. Karakteristik mekanik proses hardening baja aisi 1045 media quenching untuk aplikasi sprocket rantai. *Jurnal ilmiah teknik mesin*. Vol.5, no.1. april 20
- [10] Schonmentz. G, 1985, "*Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*", Bandung Aksara.
- [11] William D. Callister, Jr. 2001, *Fundamentals of materials Science And Engineering / An Interactive*, John Wiley & Sons, Inc, New York.