

ANALISA KESERAGAMAN DISTRIBUSI KEKERASAN MATERIAL AISI 4140 PADA PRODUK CORAN CRUSHER TIP.

Reza Yadi Hidayat¹, Achmad Sambas², Epan Abdulah³

¹ Staf Dosen Program Studi Teknik Pengecoran Logam POLMAN-BANDUNG

² Staf Dosen Program Studi Teknik Pengecoran Logam POLMAN-BANDUNG

³ Mahasiswa Program Studi D4 Teknik Pengecoran Logam POLMAN-BANDUNG

Email: reza@polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:

Received:
10 Januari 2022

Accepted:
01 Oktober 2022

Available:
15 Desember 2022

ABSTRAK

Crusher Tip merupakan salah satu komponen dalam mesin shredder yang memiliki fungsi utama sebagai penghancur batuan yang ditambang sebagai bahan baku semen. Fungsi tersebut mengharuskan Crusher Tip memiliki ketangguhan dan ketahanan aus yang tinggi. Beberapa cara telah dilakukan mulai dari mulai dari merekondisi dengan cara pengelasan dan pengembangan pembuatan komponen dengan material yang cocok. Pemilihan material AISI 4140 merupakan hasil kajian penelitian sebelumnya. Namun nilai kekerasan pada penelitian tersebut baru mencapai 25 HRC, dimana nilai tersebut masih dibawah nilai kekerasan yang diinginkan. Nilai kekerasan yang diharapkan untuk material AISI 4140 adalah diatas 40 HRC. Penelitian dilakukan pada produk coran Crusher Tip yang sudah ada, dengan cara mengkaji data penelitian sebelumnya dan melakukan proses ulang perlakuan panas (Repair Heat treatment atau re-heat treatment), dengan memvariasikan parameter temperatur tempering 205°C dan 380°C. Kemudian dianalisa sifat mekanik kekerasan dan struktur mikro yang menunjukkan terjadinya peningkatan kekerasan. Hasil dari penelitian dapat dijadikan referensi bagi proses perlakuan panas yang cocok pada material AISI 4140.

Kata Kunci:

Kekerasan
Crusher Tip
Tempering
Material
Heat treatment

ABSTRACT

Crusher Tip is one component in a shredder machine which has a primary function as a destroyer of mined rock as raw material for cement. The function requires Crusher Tip has toughness and high wear resistance. Several ways have been made ranging from reconditioning by welding and the development of manufacturing components with a suitable material. AISI 4140 material selection is the result of previous studies which concluded that the material is suitable as a material component Crusher Tip. However, the value in the study of violence reaches 25 HRC, where the value is still below the desired hardness value. The expected value of hardness for AISI 4140 material is above 40 HRC. The study was conducted on existing castings product, by reviewing previous research data and will make the process of re-heat treatment (Repair Heat treatment), with a variation of tempering temperature 205oC and 380oC. Then analyzed the mechanical properties and microstructure of materials, shows the increase in hardness. Results of the study can be used as a reference for a suitable heat treatment process on AISI 4140 material.

1 PENDAHULUAN

Crusher tip merupakan komponen mesin penghancur batuan tambang semen. Tuntutan yang harus dimiliki oleh komponen *Crusher Tip* adalah adanya ketahanan terhadap keausan dan ketangguhan yang cukup untuk mengantisipasi gaya impak. Tingkat keausan dapat diperkirakan dari nilai kekerasan yang dimiliki oleh suatu material. Hipotesis bahwa dengan nilai kekerasan yang tinggi maka ketahanan terhadap keausan dari material tersebut adalah tinggi pula [4].

Sebelumnya komponen *Crusher Tip* diperoleh dengan cara diimpor langsung namun ini bukanlah solusi yang baik terutama dalam permasalahan harga dan waktu pengadaannya. Untuk mengantisipasi permasalahan akibat keausan, maka dilakukan proses rekonstruksi pada *Crusher Tip* yaitu dengan memberikan lapisan pengelasan pada bagian yang mengalami keausan.



Gambar 1. Produk coran *Crusher Tip*

Kajian pengembangan produk coran *Crusher Tip* difokuskan pada pemenuhan tuntutan produk. Menurut Reza Y. H, [7]; merupakan hasil kajian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa material yang cocok sebagai bahan komponen *Crusher Tip* adalah kelompok *Ultrahigh-Strength Steels*. Namun nilai kekerasan pada penelitian tersebut baru mencapai 25 HRC, dimana nilai ini belum bisa memenuhi tuntutan utama pada produk coran *Crusher Tip* yaitu nilai kekerasan diatas 40 HRC. Salah satu rekomendasi dari penelitian tersebut adalah perlunya pengkajian lebih lanjut untuk pencapaian nilai kekerasan yang diharapkan.

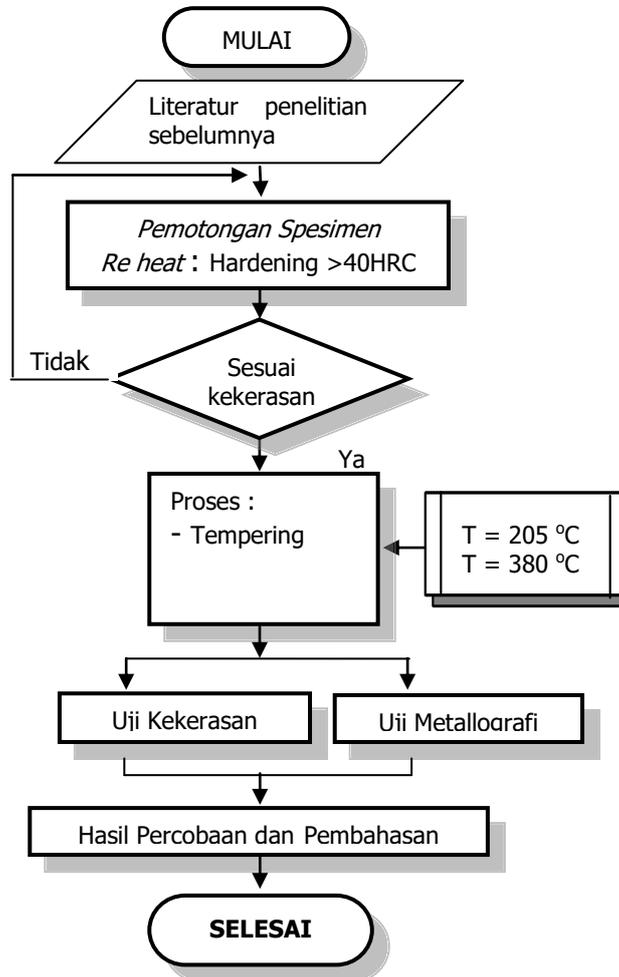
Sedangkan menurut Susri Mizhar [1], kekerasan material AISI 4140 yang telah mengalami proses normalizing memiliki nilai kekerasan 38,2 HRC, kemudian nilai kekerasan naik drastis setelah di hardening menjadi 52 HRC.

Tujuan dari penelitian ini adalah memperbaiki sifat mekanik terutama pada peningkatan nilai kekerasan dan mengamati distribusi kekerasan dari produk coran *Crusher Tip* yang telah mengalami perlakuan panas.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapatkan prosedur proses perlakuan panas dan parameter temperatur tempering yang cocok untuk produk coran dengan material AISI 4140. Sehingga dapat menjadi referensi bagi pengguna.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penyelesaian masalah yang dilakukan dengan mengikuti alur kerja atau *flow chart* seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Alur kerja penelitian

2.1 Data penelitian sebelumnya

Data yang diambil merupakan data yang merupakan parameter yang memungkinkan ketidak tercapaiannya nilai kekerasan, antara lain: komposisi kimia, temperatur *Austenitisasi*, dimensi dan lama waktu penahanan (holding time) serta struktur mikro. Hasil pengujian komposisi dengan *spectrometer* pada produk coran *Crusher Tip* ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan komposisi sampel *Crusher Tip* dan standar AISI 4140

	%C	%Si	%Mn	%Cr	%Mo
AISI 4140	0,38-0,43	0,20-0,35	0,75-1,00	0,80-1,10	0,15-0,25
sampel	0,42	0,22	0,79	0,73	0,24

Hasil pengujian komposisi kimia dengan *spectrometer* menunjukkan kandungan Chromium 0,72% , berada " sedikit dibawah " rentang standard target (yaitu: 0,8 – 1,1%). Sedangkan untuk kandungan Molybdenum yaitu 0,24%, berada pada standar (yaitu: 0,15 – 0,25%). Kandungan Cr menjadi hal yang utama dikarenakan material 4140 merupakan jenis

Chromium – Molybdenum Steels yaitu baja dengan paduan Cr dan Mo. Kedua paduan tersebut mempengaruhi kemampuan proses pengerasannya (*hardenability*).

Hal lain yang dapat dilakukan dalam pengamatan komposisi adalah dengan menghitung Carbon Equivalent (CE). Dari nilai CE dapat menentukan pendekatan terhadap nilai temperatur *Austenitisasi*. Nilai CE dapat di hitung dari persamaan berikut :

$$CE = \%C + \left(\frac{\%Mn + \%Si}{6}\right) + \left(\frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5}\right) + \left(\frac{\%Cu + \%Ni}{15}\right) \quad (1)$$

Diperoleh nilai CE untuk material AISI 4140 adalah 0,78. Bila dilakukan pendekatan karakteristik material pada diagram Fe-C adalah equivalent terhadap baja dengan kandungan karbon 0,78%, yaitu baja *hypereutectoid*.

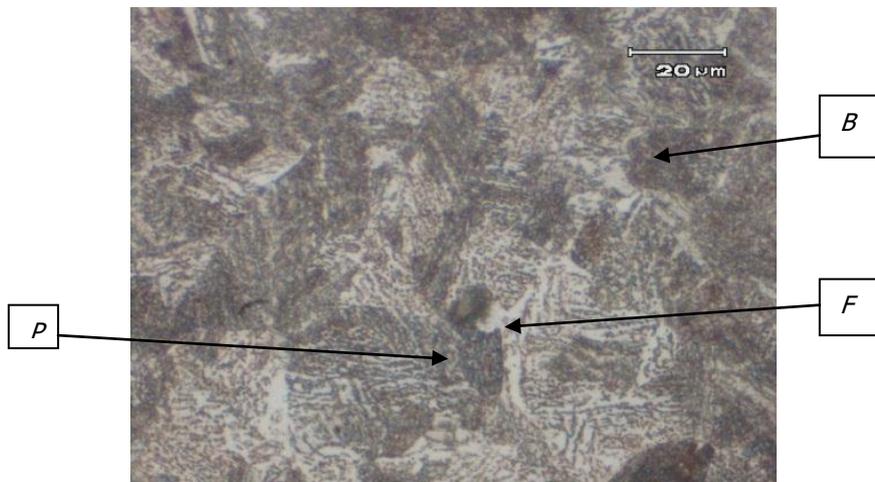
Pada penelitian sebelumnya suhu pemanasan austenitizing yang digunakan adalah 855°C. Waktu penahanan (*holding time*) selama 4 jam. Proses *hardening* dilakukan dengan metode *oil quenching* yaitu proses pendinginan cepat dengan media oli.

Kekerasan rata-rata dari ke-empat sampel adalah 26.5 HRC. Posisi pengujian dilakukan pada ujung kepala *Crusher Tip*. Tabel 2 menunjukkan data kekerasan.

Tabel 2. Nilai kekerasan ujung kepala crusher Tip dari data penelitian sebelumnya[7].

No Sampel	Nilai Kekerasan (HRC)
1	26.1
2	27.9
3	24.5
4	27.8
Rata-rata	26.5

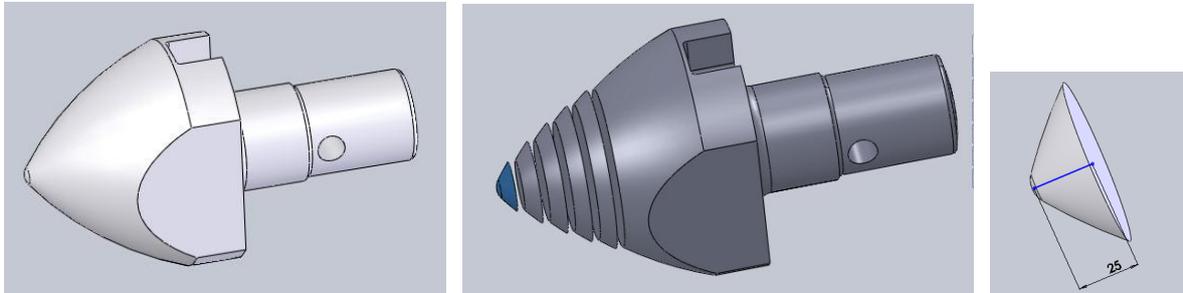
Gambar 3. dibawah, menunjukkan foto struktur mikro pada ujung kepala *crusher Tip*. struktur mikro yang terbentuk adalah *bainite* (B), *ferrite* (F) yang berwarna terang dan *pearlite* (P) dengan garis berwarna gelap.



Gambar 3. Foto struktur mikro pada ujung Crusher Tip yang telah mengalami hardening, nilai kekerasan 26,5 HRC (200x, etsa nital 3%)

2.2 Pengambilan Spesimen

Spesimen diambil pada bagian ujung kepala produk coran *Crusher Tip* dengan pertimbangan bahwa pada bagian ujung ini terjadinya kontak pertama antara batuan silika dan *Crusher Tip*. Tahapan pengambilan spesimen pada Gambar 4.



Gambar 4. Urutan proses pemotongan sampel



Gambar 5. Spesimen *Crusher Tip* ketebalan 15 mm

Jumlah sampel uji adalah 4 buah dari 4 produk coran *Crusher Tip* (Reza YH; ITB 2012)[7].

2.3 Perlakuan panas ulang (re-heat treatment)

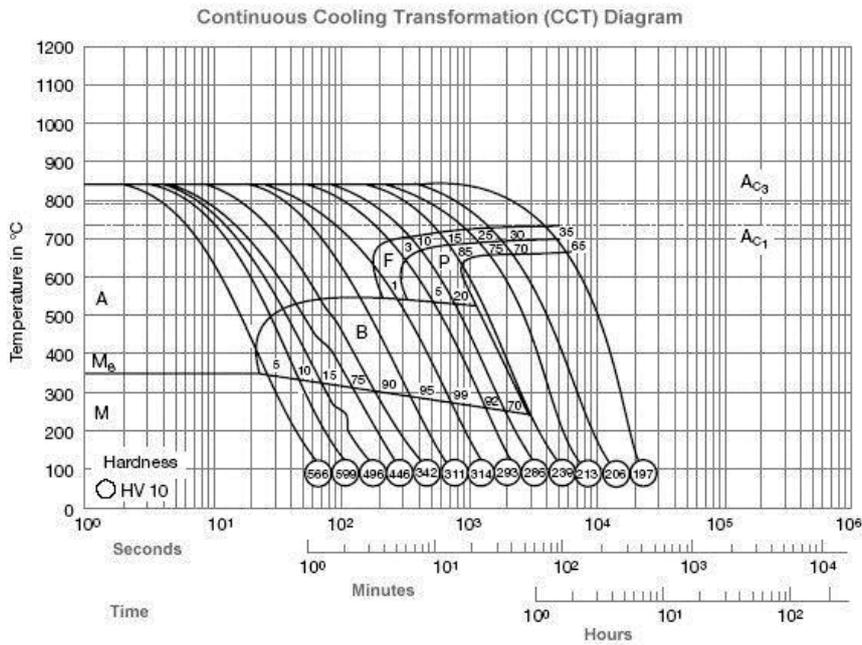
Proses re-heat treatment pada dasarnya sama dengan proses perlakuan panas sebelumnya, dengan mengubah temperatur Austenitisasi menjadi 870°C , *holding time* selama 63 menit, dengan media pendingin oli.

Secara umum untuk baja karbon, temperatur austenit yaitu $300 - 500^{\circ}\text{C}$ diatas tempertur kritis A3 untuk baja hypoeutectoid dan $300 - 500^{\circ}\text{C}$ diatas temperatur kritis A1.

Menurut Susri Mizhar [1], temperatur austenitisasi pada baja 4140 tingkat kekerasan paling tinggi didapat pada temperatur 850°C .

Fasa sekunder yang diharapkan terjadi dengan pendekatan diagram CCT adalah fasa *martensite* dan *bainte* seperti yang di tunjukkan pada gambar 6. Dengan terbentuknya *martensite* diharapkan dapat menjadikan material AISI 4140 menjadi keras dan begitupun relasinya terhadap ketahan aus.

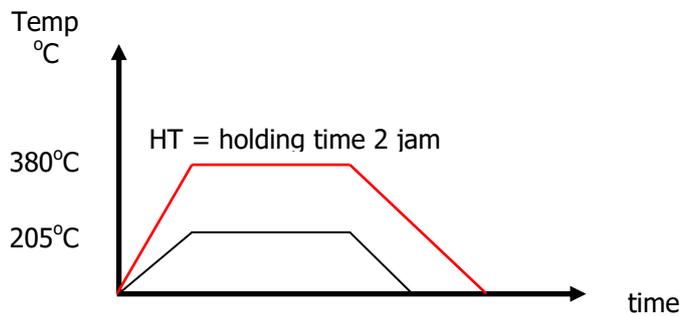
Menurut referensi, suhu pemanasan *austenitizing* untuk produk coran *Crusher tip* diambil dengan pendekatan terhadap material AISI 4140 yaitu $845 - 870^{\circ}\text{C}$, dengan lama penahanan suhu minimal 1 jam atau 15-20 menit dari setiap 25 mm ketebalan spesimen [5].



Gambar 6. Siklus Transformasi fasa proses hardening pada diagram CCT AISI 4140

2.4 Tempering

Proses Tempering dilakukan untuk memperbaiki nilai keuletan pada produk coran *Crusher Tip* yaitu untuk mengantisipasi gaya impact yang mungkin terjadi pada saat pertama ujung kepala *Crusher tip* bersentuhan dengan batuan silika. Namun pada penelitian ini tidak dilakukan pengujian impact, hanya dengan pendekatan dari hipotesis nilai kekerasan yang dihasilkan. Hipotesis tersebut menerangkan bahwa harga impact yang tinggi berbanding terbalik dengan nilai kekerasan yang dimiliki oleh suatu material. Pada produk coran *Crusher Tip* untuk meningkatkan harga impactnya dilakukan dengan proses tempering dengan konsekuensi akan terjadinya penurunan nilai kekerasan. Menurut Karmin [4], tempering pada suhu rendah (150 – 300)°C. Tujuannya: Hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kerapuhan.



Gambar 7. Siklus proses Tempering, masing-masing spesimen dengan Temperatur yang berbeda

Pada penelitian ini dilakukan 2 variasi suhu tempering 205°C dan 380°C. Hal ini dipertimbangkan karena pada suhu tempering tersebut penurunan kekerasan tidak terlalu besar namun memiliki nilai impact yang lebih baik. Sedangkan pada suhu diantara 230 -

370°C tidak direkomendasikan tempering untuk menghindari terjadinya *blue brittleness* atau temper embrittleness.

Menurut referensi [6], lama penahanan pada suhu tempering yaitu 30 menit sampai 2 jam kemudian diikuti dengan pendinginan dengan udara bebas.

3 HASIL

3.1 Hasil Pengujian Kekerasan

Untuk mengetahui perubahan yang terjadi dari proses *hardening* maka dilakukan pengujian kekerasan.

Tabel 2. Nilai kekerasan ujung kepala *crusher Tip* setelah proses *hardening*.

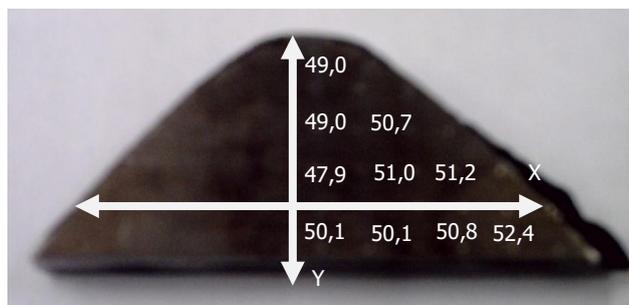
No Sampel	Nilai Kekerasan (HRC)		
	1	2	Rata-rata
1	46,2	43,8	45,00
2	44,3	45,4	44,85
3	45,9	43,6	44,75
4	45,1	44,2	44,65
Rata-rata			44,80

Rata-rata nilai kekerasan permukaan dari 4 sampel adalah 44,8 HRC. Posisi pengujian dilakukan pada ujung kepala *Crusher Tip* sama dengan posisi pengujian sebelum proses *hardening*.

Dari hasil pengujian kekerasan, terlihat terjadinya peningkatan kekerasan yang sebelumnya nilai kekerasan 25 HRC menjadi 44,8 HRC. Menunjukkan bahwa proses *hardening* telah tercapai dengan baik dan sesuai dengan hipotesis untuk produk coran *Crusher Tip* yaitu nilai kekerasan diatas 40 HRC.

3.1.1 Pemetaan nilai kekerasan setelah proses pengerasan (*hardening*)

Pemetaan nilai kekerasan pada spesimen uji no.1 dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan terhadap kedalaman pada ujung kepala produk coran *Crusher Tip*. Pemetaan dilakukan pada ujung kepala *Crusher Tip* dengan jarak antara 10 mm.



Gambar 8. Pemetaan nilai kekerasan pada spesimen no.1 dengan interval jarak pengujian 10mm yang memiliki rata-rata kekerasan 49,9 HRC

Gambar 8. adalah pemetaan pada spesimen dengan titik berat sampel dijadikan sebagai titik tengah atau koordinat 0,0 untuk memudahkan pengamatan pada peta kekerasan sampel uji.

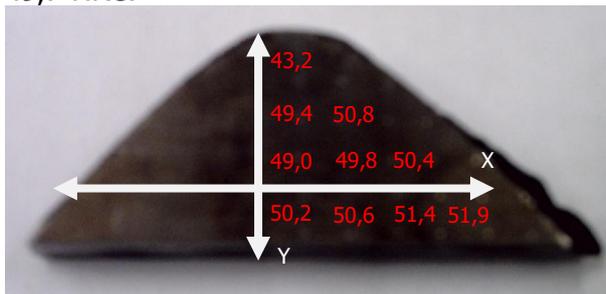
Grafik hasil dari pemetaan menunjukkan bahwa nilai kekerasan mengalami kenaikan dari tengah spesimen menuju ke ujung yang berlaku pada kedua arah sumbu-Y+ dan sumbu-X+. Bila dilihat pada gambar 8. fenomena graduasi nilai kekerasan membentuk grafik U dengan nilai terkecil ada di tengah sampel uji. Hal tersebut dapat disebabkan pada bagian permukaan spesimen mengalami proses pelepasan panas lebih dulu sehingga *martensite* lebih banyak terbentuk pada bagian permukaan spesimen, baik itu ujung sumbu-Y maupun pada sumbu-X.

Sedangkan nilai kekerasan untuk bagian ujung sumbu-Y+ memiliki nilai kekerasan yang paling rendah, hal ini kemungkinan karena panas terpusat di bagian ujung, terjadi konsentrasi panas yang berlebih, sehingga laju pendinginan menjadi lebih lambat dibanding bagian permukaan.

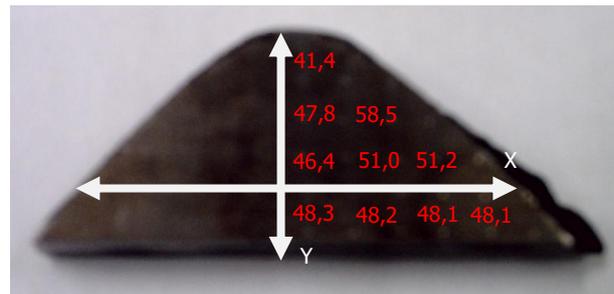
3.1.2 Pemetaan nilai kekerasan setelah proses *tempering*

Tempering 205 °C

Hasil pengujian kekerasan pada spesimen setelah tempering 205°C, menunjukkan adanya sedikit penurunan nilai kekerasan dari rata-rata hasil proses hardening 49,9 HRC menjadi 49,7 HRC.



Gambar 9. Pemetaan nilai kekerasan setelah tempering 205°C penahanan selama 2 jam dengan rata-rata kekerasan 49,7 HRC



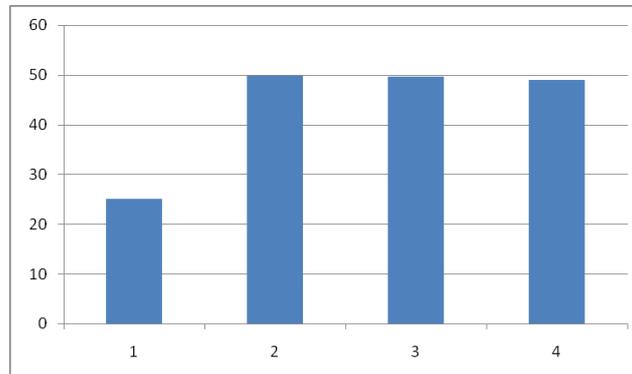
Gambar 10. Pemetaan nilai kekerasan setelah tempering 380°C penahanan selama 2 jam, dengan rata-rata kekerasan 48,9 HRC

Gambar 9. adalah pemetaan pada spesimen hasil proses tempering 205°C. Menunjukkan fenomena yang sama yaitu terbentuknya grafik U (nilai kekerasan semakin tinggi di bagian luar), walaupun ada titik pengujian yang mengalami perubahan nilai yang tidak mengikuti fenomena tersebut.

Gambar 10. adalah pemetaan pada spesimen hasil proses tempering 380°C. Pemetaan hasil proses tempering pun menunjukkan fenomena yang sama yaitu terbentuknya grafik U (nilai kekerasan semakin tinggi di bagian luar).

Hasil pengujian kekerasan pada sampel uji menunjukkan adanya perubahan nilai kekerasan dari sebelum re-heat treatment, begitupun setelah proses tempering. Data yang dapat disimpulkan dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 11. grafik nilai kekerasan pada produk coran *Crusher Tip* yaitu fenomena bahwa produk coran *Crusher Tip* dapat dikeraskan dengan pendekatan terhadap material AISI 4140 dengan mencapai nilai kekerasan diatas 40 HRC dan proses tempering akan menurunkan nilai kekerasan hasil hardening untuk memperoleh sifat yang lebih tahan impact. Untuk harga impact sendiri pembuktiannya harus

dilakukan dengan pengujian impak, namun dengan batasan masalah yang hanya pada ujung kepala produk coran *Crusher Tip* sehingga pengujian impak tidak dapat dilakukan karena batasan ukuran.



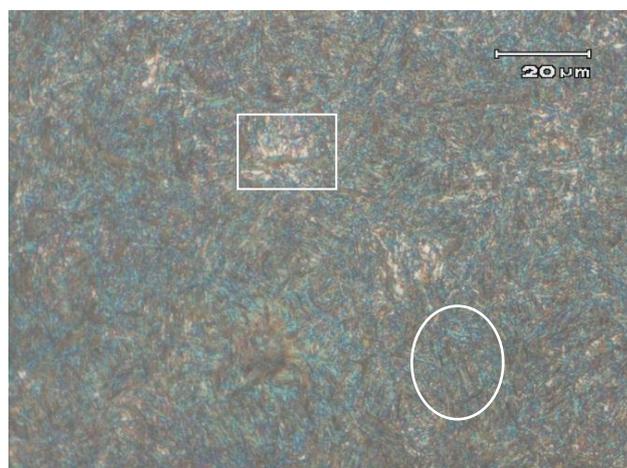
Gambar 11. Grafik nilai kekerasan rata-rata pada produk coran *Crusher Tip* dengan proses heat treatment yang berbeda

Nilai kekerasan pada produk coran *Crusher Tip* masuk pada spesifikasi untuk nilai kekerasan material AISI 4140 yaitu 20-56 HRC. Nilai kekerasan hasil penelitian yang menunjukkan angka 47-50 HRC sudah dapat membuktikan bahwa produk coran *Crusher Tip* ini dapat memenuhi tuntutan minimal kekerasan 40 HRC sehingga pengkajian selanjutnya terhadap produk coran *Crusher Tip* dapat dilakukan untuk lebih membuktikan kelayakan penggunaan produk coran *Crusher Tip* ini dalam kondisi yang sebenarnya.

Dari hasil pemetaan untuk melihat distribusi kekerasan pada bagian dalam. Menunjukkan fenomena yang sama yaitu terbentuknya grafik U (nilai kekerasan semakin tinggi di bagian luar). Hal ini disebabkan karena bagian luar atau permukaan mengalami laju pendinginan yang lebih cepat jika di dibandingkan dengan bagian dalam, sehingga untuk bagian permukaan, kemungkinan terbentuknya *martensit* akan semakin banyak.

3.2 Hasil pengamatan Struktur mikro

3.2.1 Struktur mikro hasil proses pengerasan (hardening)

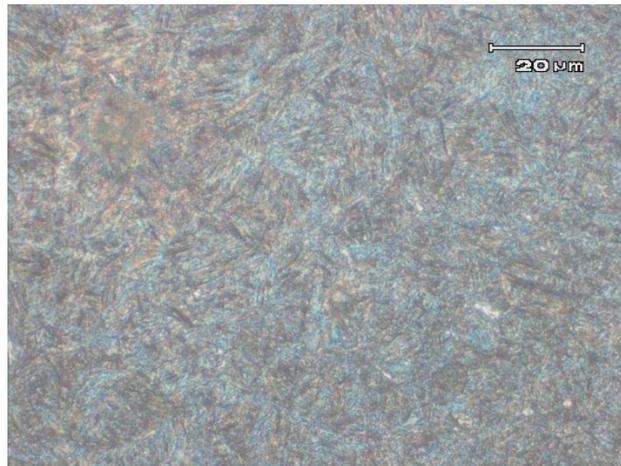


Gambar 12.. Foto mikrostruktur material AISI 4140 setelah hardening pada ujung kepala *Crusher Tip*, matrik yang terbentuk adalah *martensite* (lingkaran) dan *bainite* (kotak), perbesaran 200x, etsa Nital3%.

Transformasi fasa yang terjadi akibat dari proses re-heat treatment dapat diamati melalui pengujian metallograpy, yaitu untuk melihat struktur mikro yang terbentuk pada ujung kepala produk coran Crusher Tip dengan hasil dapat dilihat pada gambar 12.

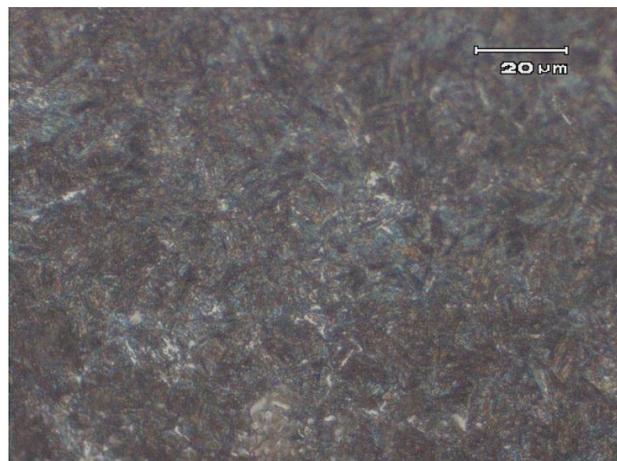
Mikrostruktur didominasi oleh *martensite* , berupa garis-garis tegas yang tidak beraturan menunjukkan terjadinya matrik yang serentak, sedangkan *bainite* terlihat pada bagian dengan butiran yang halus dan merupakan gabungan warna terang.

3.2.2 Struktur mikro hasil proses tempering



Gambar 12. Foto struktur mikro pada specimen setelah *tempering* 205°C dengan matrik *bainite* seperti jarum-jarum yang tersusun beraturan acicular yang lebih dominan (200x, etsa Nital3%)

Gambar 12. menunjukkan gambar struktur mikro pada specimen setelah tempering 205°C dengan matrik *bainite* seperti jarum-jarum yang tersusun beraturan acicular yang lebih dominan, *bainite* terlihat pada bagian dengan butiran yang halus dan merupakan gabungan warna terang *ferrite* dan warna gelap *cementite*. [6]



Gambar 13. Foto mikrostruktur pada specimen setelah tempering 380°C, dengan matrik *bainite* yang lebih dominan (200x, etsa Nital3%)

Gambar 13. merupakan pemetaan pada spesimen hasil proses tempering 380°C. Pemetaan hasil proses tempering pun menunjukkan fenomena yang sama yaitu terbentuknya grafik U (nilai kekerasan semakin tinggi di bagian luar).

4 KESIMPULAN

Peningkatan nilai kekerasan pada produk coran *Crusher Tip* ini dihasilkan dari proses repair heat treatment, memenuhi tuntutan minimal nilai kekerasan 40 HRC. Tempering yang dilakukan tidak menyebabkan penurunan kekerasan yang signifikan.

Peningkatan nilai kekerasan pada spesimen terdistribusi secara baik dan memenuhi tuntutan bahwa bagian dipermukaan lebih keras dibanding bagian tengah. Kedalaman kekerasan yang memenuhi syarat, hingga kedalaman 30 mm.

5 REFERENSI

- [1] Susri Mizhar, "ANALISA KEKERASA DAN STRUKTUR MIKRO TERHADAP VARIASI TEMPERATUR TEMPERING PADA BAJA AISI 4140," *Jurnal Ilmiah "MEKANIK" Teknik Mesin ITM, Vol. 1 No. 2, Desember*, pp. 98-104, 2015.
- [2] Karmin, "pengendalian proses pengerasan baja dengan metoda quenching", *Jurnal Austenit Vol-1 No. 2. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya*, 2009.
- [3] Risno Fendri, Darmawi, Syahrul, Jasman, "ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 4140 AKIBAT PERBEDAAN TEMPERATUR PADA PERLAKUAN PANAS TEMPERING ", *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang*.
- [4] Sutowo, Cahyo, " PENGARUH PROSES HARDENING PADA BAJA HQ 7 AISI 4140 DENGAN MEDIA OLI DAN AIR TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO", *Departement of Machine, Faculty of engineering, Universitas Muhammadiyah Jakarta*
- [5] Krauss, G, *Principles of Heat Treatment of Steel, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1980.*
- [6] Rochim Suratman, *Panduan Proses Perlakuan Panas, Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung, 1994,*
- [7] Yadi Hidayat, Reza, "Pengaruh Tempering Terhadap Sifat Mekanik Material AISI 4140 untuk Komponen "Breaker Tip, 2012" unpublished.

Reza Yadi Hidayat, Achmad Sambas, Epan Abdulah